

FÍSICA:

ENSINO, “LOCUS”

INSTITUCIONAL E APLICAÇÃO

— estudos compilados —

$$E = mc^2$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$



ADELIO MACHADO DOS SANTOS
CESAR HENRIQUE WANKE



Adelcio Machado dos Santos
Cesar Henrique Wanke

FÍSICA: ENSINO, “LOCUS” INSTITU- CIONAL E APLICAÇÃO

estudos compilados

1ª EDIÇÃO



SÃO LUÍS - 2026



EDITORA NOVUS

SÃO LUÍS - MA - 2026

 WWW.EDITORANOVUS.COM.BR  EDITORANOVUS@GMAIL.COM

Diagramação e Edição

Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte

Eduardo Mendonça Pinheiro

Conteudista

Adelcio Machado dos Santos

Henrique Wanke

Normalização

José Marcelino Nascimento Veiga Júnior

© 2026 Copyright – Direitos reservados. A Editora Novus é detentora dos direitos autorais relativos à edição, diagramação e ao projeto gráfico da presente obra. Os autores permanecem titulares dos direitos autorais de seus respectivos textos. Esta publicação está licenciada sob a Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), permitindo a reprodução, o download e o compartilhamento total ou parcial do conteúdo, desde que a fonte seja devidamente citada, com atribuição obrigatória de autoria, e que a obra seja disponibilizada exclusivamente em Acesso Aberto (Open Access). Não é permitida qualquer forma de alteração, adaptação ou modificação do conteúdo, bem como sua disponibilização em plataformas de acesso restrito ou com finalidade comercial.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S237f

Santos, Adelcio Machado dos

Física: ensino, "locus" institucional e aplicação - estudos compilados. Adelcio Machado dos Santos, Cesar Henrique Wanke. – São Luís: Editora Novus, 2026.

88 f.: il. color.

Publicação digital (e-book) no formato PDF

ISBN: 978-65-84364-73-8

DOI: 10.29327/5895221

1. Física. 2 Ensino de Física. 3 Formação de professores. 4 Inovação científica. 5. Inteligência Artificial. I. Santos, Adelcio Machado dos. II. Wanke, Cesar Henrique. III. Título.

CDU: 53:37

Elaborado por José Marcelino Nascimento Veiga Júnior – CRB 13/320

CONSELHO EDITORIAL

Dr^a Anali Linhares Lima
M.Sc. Alan Jefferson Lima de Moraes
Dr. André Leonardo Demaison Medeiros Maia
Dr^a Anna Christina Sanazario de Oliveira
Dr^a Aurea Maria Barbosa de Sousa
Dr^a Camila Pinheiro Nobre
Dr. Claudio Alves Benassi
Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Dr^a Claudiene Diniz da Silva
Dr. Diogo Guagliardo Neves
M.Sc. Eduardo Oliveira Pereira
Dr^a Elba Pereira Chaves
Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior
M.Sc. Érica Mendonça Pinheiro
Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda
M.Sc. Fernanda Tabita Barroso Zeidan
Dr. George Alberto da Silva Dias
Dr^a Gerbeli de Mattos Salgado Mochel
Dr^a Giselle Cutrim de Oliveira Santos
Dr^a Herlane de Olinda Vieira Barros
Dr^a Ivete Furtado Ribeiro Caldas
M.Sc. José Carlos Durans Pinheiro
M.Sc. Josiney Farias de Araújo

M.Sc. Julianno Pizzano Ayoub
Dr. Leonardo França da Silva
M.Sc. Lucianna Serfaty de Holanda
Dr^a Luciara Bilhalva Corrêa
Dr^a Luana Martins Cantanhede
Dr^a Maria Raimunda Chagas Silva
Dr^a Marina Bezerra Figueiredo
M.Sc. Mayanne Camara Serra
Dr^a Michela Costa Batista
Dr. Moisés dos Santos Rocha
Dr^a Priscila Xavier de Araújo
M.Sc. Ramaiany Carneiro Mesquita
Dr^a Rita de Cássia Silva de Oliveira
M.Sc. Rosany Maria Cunha Aranha
Dr. Saulo José Figueiredo Mendes
Dr^a Samantha Ariadne Alves de Freitas
Dr^a Sandra Imaculada Moreira Neto
M.Sc. Shirley Ribeiro Carvalho
Dr^a Sinara de Fátima Freire dos Santos
M.Sc. Tatiana Mendes Bacellar
Dr^a Thais Roseli Corrêa
Dr^a Thalita Karolline de Queiroz Pereira
M.Sc. Victor Crespo de Oliveira
Dr. Wellinton de Assunção
Dr. William de Jesus Ericeira Mochel Filho

Acesse www.editoranovus.com.br/corpo-editorial-2/ para conhecer os membros do Corpo Editorial

Parecer editorial e avaliação por pares

Os trabalhos que integram esta obra foram submetidos à apreciação do Conselho Editorial da Editora Novus e avaliados por pareceristas externos, por meio do sistema de revisão por pares (peer review), tendo sido considerados aptos para publicação.

Nota editorial: Trata-se de uma produção de caráter independente, na qual os direitos autorais permanecem sob a titularidade de seus respectivos autores. Eventualmente, alguns textos podem apresentar desdobramentos de pesquisas, comunicações ou trabalhos acadêmicos previamente apresentados ou defendidos, cabendo aos autores a observância rigorosa das boas práticas acadêmicas, especialmente no que se refere à prevenção do autoplágio. O conteúdo das obras é de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo, necessariamente, o posicionamento da Editora Novus, dos organizadores, dos revisores ou dos membros do Conselho Editorial.

Livro dedicado ao corpo docente
do Programa de Pós-Graduação
em Desenvolvimento e Sociedade da Uniarp

“O desenvolvimento da ciência e da tecnologia tem sido uma das forças mais poderosas a moldar o destino da humanidade” (EINSTEIN, 2008, p. 98).

EINSTEIN, Albert. *Ideias e opiniões*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2008.

SUMÁRIO

PREÂMBULO	8
Capítulo 1	10
<i>O CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA NA UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA: UMA DISCUSSÃO SOBRE O SEU PAPEL COMO SERVIÇO À EDUCAÇÃO BÁSICA</i>	
Capítulo 2	22
<i>INTRODUÇÃO À FILOSOFIA DA FÍSICA: UMA BREVE DISCUSSÃO</i>	
Capítulo 3	34
<i>METODOLOGIA DO ENSINO DE FÍSICA: DISCUSSÕES TEÓRICO-CONCEITUAIS</i>	
Capítulo 4	46
<i>O ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: CENÁRIOS E PERSPECTIVAS</i>	
Capítulo 5	60
<i>ANÁLISE DA FÍSICA COMO CIÊNCIA FUNDAMENTAL PARA A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</i>	
Capítulo 6	73
<i>A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DO PONTO DE VISTA FILOSÓFICO: UMA BREVE ANÁLISE</i>	
ÍNDICE REMISSIVO	84
BIOGRAFIA DOS AUTORES.....	86

PREÂMBULO

Em preliminar, o livro “Física: Ensino, “Locus” Institucional e Aplicação – Estudos Compilados” nasce do propósito de reunir reflexões, investigações e contribuições voltadas à compreensão da Física em sua dimensão formativa, científica, institucional e prática. Ao organizarmos os estudos aqui apresentados, partimos da convicção de que a Física, área fundamental do conhecimento, ultrapassa a condição de disciplina escolar ou componente curricular isolado, constituindo-se como instrumento essencial para a interpretação dos fenômenos naturais, para o desenvolvimento do pensamento científico e para a compreensão crítica das transformações tecnológicas que marcam a sociedade contemporânea.

De outro vértice, a Física sempre ocupou lugar de relevância na história da ciência, não apenas por explicar leis, movimentos, forças, interações, energia, matéria e demais fenômenos que estruturam o universo observável, mas também por desenvolver modos próprios de pensar, investigar e validar conhecimentos. O estudo da Física contribui para formar sujeitos capazes de observar a realidade com maior rigor, formular hipóteses, interpretar dados, reconhecer relações de causa e efeito e compreender que o conhecimento científico é resultado de processos históricos, metodológicos e institucionais. Nesse sentido, ensinar Física não significa apenas apresentar fórmulas ou resolver problemas matemáticos, mas promover uma forma de leitura do mundo, sustentada pela curiosidade, pela racionalidade, pela experimentação e pela permanente busca de explicações consistentes.

Destarte, ao longo dos textos compilados nesta obra, procuramos evidenciar que o ensino da Física deve ser compreendido em sua complexidade. Trata-se de uma prática que envolve conteúdos conceituais, procedimentos metodológicos, recursos didáticos, formação docente, condições institucionais, políticas educacionais e realidades socioculturais diversas. Cada ambiente de ensino possui características próprias, desafios específicos e possibilidades singulares de construção do conhecimento. Por essa razão, o termo “locus” institucional, presente no título desta obra, assume significado especial. Ele aponta para a necessidade de reconhecer que o conhecimento não se produz nem se transmite em espaço abstrato, mas em instituições concretas, atravessadas por normas, currículos, culturas organizacionais, limitações estruturais, projetos pedagógicos e expectativas sociais.

Outrossim, o “locus” institucional do ensino de Física compreende, portanto, a escola, a universidade, os laboratórios, os centros de pesquisa, os espaços de formação técnica, os ambientes virtuais de aprendizagem e todos os contextos nos quais o conhecimento físico é produzido, mediado, aplicado e ressignificado. É nesse espaço institucional que se estabelecem as relações entre professores e estudantes, entre teoria e prática, entre ciência e sociedade, entre tradição acadêmica e inovação pedagógica. Compreender esse ambiente é fundamental para pensar a qualidade do ensino, a efetividade das metodologias, a pertinência dos conteúdos e a aproximação entre o saber científico e a realidade dos sujeitos em formação.

No entanto, a coletânea se volta à dimensão aplicada da Física, reconhecendo que seus fundamentos estão presentes em inúmeras áreas da vida cotidiana

e profissional. A eletricidade, a mecânica, a termodinâmica, a óptica, a acústica, o eletromagnetismo e tantos outros campos da Física encontram expressão direta nas tecnologias, nos equipamentos, nos sistemas de comunicação, nos processos industriais, nas práticas de saúde, nas engenharias, na arquitetura, na informática e nas soluções voltadas ao desenvolvimento social. Ao abordar a aplicação da Física, buscamos reforçar que o conhecimento científico não permanece restrito aos livros, às salas de aula ou aos laboratórios, mas se projeta sobre a realidade, oferecendo meios para compreendê-la, transformá-la e aperfeiçoá-la.

Por conseguinte, nesse percurso, os estudos aqui reunidos dialogam com diferentes perspectivas, contemplando aspectos pedagógicos, institucionais e aplicados. A diversidade temática que compõe esta obra reflete a própria amplitude da Física e de seu ensino. Há, de um lado, a preocupação com os fundamentos conceituais e com a precisão científica; de outro, a atenção às práticas educacionais, às estratégias de aprendizagem, às dificuldades enfrentadas pelos estudantes e aos modos pelos quais o professor pode tornar o conhecimento mais acessível, significativo e articulado com o cotidiano. Essa articulação entre rigor científico e sensibilidade pedagógica constitui um dos grandes desafios da educação em Física.

Contudo, faz-se mister reconhecer que o ensino da Física ainda adverte escolhos relevantes. Em muitos contextos, a disciplina é percebida pelos estudantes como excessivamente abstrata, distante da realidade ou limitada a procedimentos matemáticos. Tal percepção, embora não corresponda à riqueza da área, revela a importância de práticas pedagógicas capazes de aproximar os conceitos físicos das experiências concretas dos educandos. A experimentação, a contextualização, a resolução de problemas, o uso de tecnologias, a interdisciplinaridade e a valorização do pensamento investigativo são caminhos possíveis para tornar o ensino mais dinâmico e formativo.

Todavia, tais caminhos dependem também de condições institucionais adequadas, de formação docente consistente e de políticas educacionais que valorizem a ciência como dimensão essencial da formação humana.

Ao elaborarmos este livro, compreendemos que a Física deve ser apresentada como ciência viva, em constante construção, marcada por descobertas, revisões, debates e aplicações. Não se trata de um conjunto fechado de verdades imutáveis, mas de uma área que se desenvolve por meio da investigação sistemática e da interação entre teoria, observação e experimentação. Essa compreensão é indispensável para que o ensino da Física contribua para a formação de sujeitos críticos, capazes de distinguir evidências de opiniões, compreender limites e possibilidades do conhecimento científico e participar de forma mais consciente das discussões que envolvem ciência, tecnologia, ambiente e sociedade.

Em epítome, o volume visa a oferecer contributo ao debate acadêmico e educacional, reunindo estudos que possam servir de apoio a professores, pesquisadores, estudantes e demais interessados na área. Seu objetivo não é esgotar as discussões, mas ampliá-las, estimulando novas leituras, novas investigações e novas práticas.

Por final, cada texto aqui reunido representa uma tentativa de compreender melhor o papel da Física nos processos educativos e nas estruturas institucionais que sustentam a produção e a circulação do conhecimento.



Capítulo 1

O CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA NA UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA: UMA DISCUSSÃO SOBRE O SEU PAPEL COMO SERVIÇO À EDUCAÇÃO BÁSICA

THE PHYSICS LICENSE COURSE AT THE COMMUNITY UNIVERSITY: A DISCUSSION ON ITS ROLE AS A SERVICE TO BASIC EDUCATION

RESUMO: Este artigo analisa o papel do curso de Licenciatura em Física ofertado por universidades comunitárias como serviço estratégico à educação básica no Brasil. As universidades comunitárias, mesmo de natureza privada, desempenham funções públicas relevantes, especialmente na formação de professores para áreas críticas como a Física. O estudo discute as características institucionais dessas universidades, os fundamentos da formação docente em Física, os desafios enfrentados e as contribuições efetivas desses cursos para a melhoria da educação científica nas escolas públicas. Argumenta-se que tais cursos não apenas qualificam profissionais, mas também promovem práticas pedagógicas inovadoras, fortalecem o vínculo entre universidade e escola e contribuem para a construção da cidadania científica. Os resultados apontam que, apesar das adversidades – como evasão, desvalorização docente e limitações estruturais –, as universidades comunitárias mantêm seu compromisso social e ampliam o acesso ao conhecimento científico em regiões frequentemente desassistidas pelo Estado. O artigo conclui destacando a urgência de políticas públicas que consolidem a formação docente como uma prioridade nacional e reconheçam as universidades comunitárias como parceiras fundamentais na promoção de uma educação básica de qualidade.

Palavras-chave: licenciatura em Física; universidade comunitária; educação básica; formação docente.

ABSTRACT: This article analyzes the role of the Physics Teacher Education program offered by community universities as a strategic service to basic education in Brazil. Although private in nature, community universities perform relevant public functions, particularly in training teachers for critical areas such as Physics. The study discusses the institutional characteristics of these universities, the foundations of teacher education in Physics, the challenges faced, and the effective contributions of these programs to improving science education in public schools. It argues that such programs not only train professionals but also promote innovative teaching practices, strengthen the relationship between universities and schools, and contribute to the development of scientific citizenship. The results indicate that, despite adversities—such as dropout, teacher devaluation, and structural limitations—community universities uphold their social commitment and expand access to scientific knowledge in regions often neglected by the State. The article concludes by emphasizing the urgency of public policies that consolidate teacher education as a national priority and recognize community universities as key partners in promoting quality basic education.

Keywords: physics teacher education; community university; basic education; teacher training.

1 INTRODUÇÃO

A formação de professores para a educação básica no Brasil tem sido, ao longo das últimas décadas, objeto de intensa discussão no campo das políticas educacionais, especialmente nas áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, nas quais a licenciatura em Física se insere como eixo estratégico. O déficit histórico de profissionais habilitados para lecionar essa disciplina em escolas públicas, aliado a crescente demanda por uma educação científica crítica e de qualidade, evidencia a necessidade de investir em políticas de formação docente articuladas com as realidades locais e regionais. Nesse cenário, as universidades comunitárias ocupam um lugar singular, assumindo não apenas a função de oferecer ensino superior, mas também de se constituírem como espaços de compromisso social, extensão, pesquisa aplicada e contribuição direta à educação básica.

As universidades comunitárias no Brasil surgiram a partir de iniciativas da sociedade civil organizada, especialmente em regiões interioranas ou historicamente afastadas dos grandes centros urbanos, com o propósito de ampliar o acesso ao ensino superior e contribuir com o desenvolvimento local e regional. Essas instituições, embora privadas, não possuem fins lucrativos, o que as diferencia das universidades privadas convencionais. Seu estatuto jurídico e político confere a elas a responsabilidade de articular ensino, pesquisa e extensão com as demandas sociais, econômicas e culturais de seus territórios. Isso faz com que a formação de professores nas universidades comunitárias não seja apenas uma missão institucional, mas uma prática que materializa o compromisso com a democratização do conhecimento e a justiça social.

No âmbito específico da formação em Física, o papel dessas universidades ganha ainda mais relevo diante da escassez de professores qualificados para atuar na educação básica. Segundo dados do Censo Escolar e do Censo da Educação Superior, é recorrente o cenário de disciplinas como Física serem ministradas por profissionais de outras áreas ou por docentes sem formação específica, o que compromete a qualidade do ensino e limita a inserção dos alunos da educação básica em uma cultura científica contemporânea. Ao ofertar cursos de licenciatura em Física, a universidade comunitária atende a uma demanda educacional concreta e urgente, prestando um serviço à sociedade que vai além da sala de aula universitária: contribui diretamente para a melhoria do ensino de Ciências e para a formação cidadã crítica dos estudantes da educação básica.

Entretanto, essa missão adversa diversos reptos, entre os quais avultam:

- a) a baixa demanda pelo curso de licenciatura em Física;
- b) a dificuldade de permanência dos estudantes, por via de regra oriundos de classes populares;
- c) os obstáculos de infraestrutura;
- d) a desvalorização da carreira docente
- e) e, por final, a ausência de políticas públicas robustas de fomento à formação em áreas estratégicas da educação básica.

Destarte, tais fatores configuram conjuntura que impõe limites às universidades comunitárias e, por extensão, aos seus cursos de licenciatura.

Ademais disso, a crescente mercantilização da educação superior e a priorização de cursos tecnólogos ou de curta duração em muitas instituições compro-

metem a sustentabilidade de cursos voltados à formação de professores, especialmente em áreas consideradas de “baixa atratividade” no mercado.

Não obstante, observa-se que, onde estão consolidadas, as universidades comunitárias têm desenvolvido práticas inovadoras, integrando ensino, pesquisa e extensão em projetos voltados para a realidade das escolas públicas locais. Ações como Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) e a Residência Pedagógica, os estágios supervisionados e os projetos de extensão vinculados às licenciaturas demonstram que é possível articular a formação teórica e prática de futuros professores com as necessidades concretas da rede básica de ensino. Tal articulação fortalece a identidade do curso de licenciatura em Física como um agente de transformação educacional, cuja relevância transcende os muros universitários.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo discutir o papel do curso de licenciatura em Física, ofertado no âmbito da universidade comunitária, como um serviço estratégico e essencial à educação básica, particularmente no que tange à formação de professores capacitados, críticos e comprometidos com a melhoria do ensino de Ciências no país. Busca-se compreender como tais cursos se estruturam, quais os principais desafios enfrentados, as contribuições efetivas para a educação básica e as perspectivas futuras no contexto das políticas públicas e do compromisso social da educação superior comunitária. A análise será realizada com base em revisão de literatura, documentos oficiais e referenciais teóricos que tratam da formação docente, da função social da universidade e das particularidades das universidades comunitárias no Brasil.

Desse modo, ao fim, pretende-se oferecer subsídios para uma reflexão crítica sobre a urgência de fortalecer os cursos de licenciatura em Física nas universidades comunitárias, entendendo-os não como simples programas de graduação, mas como expressões de um projeto educativo mais amplo, comprometido com a justiça social, a democratização do conhecimento e a construção de uma sociedade mais equânime e cientificamente letrada.

2 A UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA E SUA FUNÇÃO SOCIAL

A universidade comunitária representa uma categoria singular no cenário educacional brasileiro, situando-se entre o público e o privado, mas com uma identidade institucional própria marcada pelo compromisso com o desenvolvimento regional, a inclusão social e a democratização do ensino superior. Diferentemente das universidades privadas convencionais, essas instituições são constituídas sob princípios de interesse público, não possuem fins lucrativos e são legalmente reconhecidas como integrantes do chamado “Sistema S de ensino não estatal de natureza comunitária”, conforme regulamentação do art. 213 da Constituição Federal de 1988 e da Lei nº 12.881/2013, que instituiu a política nacional das organizações da sociedade civil de interesse público (Santos, 2004).

O conceito de universidade comunitária se ancora em três pilares fundamentais: autonomia universitária, responsabilidade social e reinvestimento de seus resultados institucionais em atividades educacionais, científicas e culturais. Conforme assinala Santos (2004), o modelo comunitário “articula-se com a ideia de universidade como bem público, mesmo quando situada fora da esfera estatal, pois seu horizonte de atuação se define pela promoção da cidadania e pela

participação popular na construção do conhecimento”. Nessa perspectiva, a universidade comunitária não se restringe à função formativa, mas assume uma posição de agente ativo no enfrentamento das desigualdades sociais e na consolidação de um projeto de educação superior ancorado na realidade local.

No contexto brasileiro, as universidades comunitárias surgiram principalmente a partir da década de 1960, em resposta à ausência de políticas públicas que garantissem a expansão do ensino superior para regiões interioranas e economicamente menos favorecidas. Muitas dessas instituições foram criadas por associações civis, fundações ou cooperativas educacionais que buscavam ofertar cursos superiores como forma de promover o desenvolvimento regional. Como destaca Freitag (1980), “o surgimento de instituições de ensino superior vinculadas à comunidade local reflete uma demanda legítima por maior acesso ao saber formal, além de traduzir um projeto político de valorização dos saberes regionais”.

A função social da universidade comunitária manifesta-se de forma ampla, integrando ensino, pesquisa e extensão com as necessidades sociais do território onde está inserida. Nesse sentido, a concepção freireana de educação como prática de liberdade (Freire, 1987) revela-se particularmente relevante, uma vez que essas instituições se constituem como espaços de diálogo com a comunidade, promovendo ações educativas transformadoras e estabelecendo uma relação horizontal com os sujeitos sociais. Essa prática está em consonância com o conceito de “conhecimento situado” proposto por Haraway (1995), segundo o qual a produção científica deve considerar os contextos históricos, sociais e culturais de onde emerge.

A universidade comunitária, portanto, atua não apenas como promotora da formação superior, mas também como indutora de políticas públicas locais, fomentadora de práticas de extensão universitária e multiplicadora de saberes socialmente referenciados. Essa característica torna-se especialmente visível nos cursos de licenciatura, como o de Física, que têm por missão formar professores comprometidos com a transformação da realidade educacional das escolas públicas da região. Conforme afirma Demo (1996), a universidade que se distancia dos problemas concretos da sociedade tende à irrelevância; sua pertinência se mede pela capacidade de transformar conhecimento em ação social significativa.

Contudo, o papel das universidades comunitárias enfrenta desafios significativos, sobretudo em relação ao financiamento, à valorização institucional e à manutenção de cursos estratégicos para a educação básica. O cenário de crescente mercantilização do ensino superior no Brasil, marcado pela expansão de conglomerados educacionais privados e pela lógica da lucratividade, impõe sérios obstáculos às instituições que operam com base no interesse público. Como argumenta Sguissardi (2009), as universidades comunitárias precisam resistir à tendência de mercadorização do ensino, sob pena de perderem sua identidade e comprometerem sua função pública.

Mesmo diante dessas adversidades, as universidades comunitárias seguem desenvolvendo estratégias de fortalecimento institucional, como a integração em redes associativas (a exemplo da Associação Brasileira das Universidades Comunitárias – ABRUC), a ampliação de políticas de permanência estudantil e a valorização de práticas pedagógicas contextualizadas. Estas ações refletem o compromisso dessas instituições com a formação cidadã, a construção de uma

sociedade mais equitativa e o fortalecimento da educação básica por meio da formação qualificada de professores.

Assim, como reitera Santos (2004), compreender o papel da universidade comunitária é essencial para avaliar a contribuição dos cursos de licenciatura, como o de Física, no atendimento às demandas sociais e educacionais das regiões em que estão inseridas. A sua função social, portanto, não se esgota no campo acadêmico, mas se projeta para a sociedade como um todo, constituindo-se em elemento estruturante de um projeto educativo nacional comprometido com a inclusão, a equidade e a justiça social.

3 A FORMAÇÃO DOCENTE EM FÍSICA NO BRASIL

A formação de professores de Física no Brasil está inserida em um contexto histórico e político complexo, marcado por avanços pontuais, retrocessos estruturais e permanentes desafios à consolidação de políticas públicas voltadas à valorização do magistério em áreas de Ciências da Natureza. Historicamente, a Física foi uma das últimas disciplinas a serem incorporadas de forma sistemática à educação básica, especialmente no ensino médio. Isso se reflete, até hoje, na carência de profissionais licenciados e na fragilidade da formação inicial, principalmente em regiões interioranas e periféricas do país.

Nas décadas de 1960 e 1970, com a Reforma Universitária e os investimentos da ditadura civil-militar na modernização da educação superior, os cursos de Licenciatura em Física começaram a se consolidar nas universidades públicas e confessionais, muitas vezes inspirados em modelos tecnicistas. No entanto, como aponta Gatti (2009), a ênfase na formação técnica e disciplinar em detrimento da formação pedagógica contribuiu para um distanciamento entre o saber científico e as práticas educativas concretas das escolas públicas. A fragmentação curricular e a ausência de diálogo entre universidade e escola tornaram-se traços marcantes da formação docente, dificultando a constituição de uma identidade profissional sólida entre os licenciandos.

Além disso, a carreira docente passou a ser marcada por um processo de desvalorização estrutural. Salários incompatíveis com a complexidade do trabalho pedagógico, condições precárias de trabalho e ausência de políticas de carreira contribuíram para o desinteresse pela profissão, sobretudo em áreas como a Física, tradicionalmente associadas a carreiras em setores tecnológicos e industriais. Como afirmam Tardif e Raymond (2000), o trabalho docente não é apenas uma função técnica; trata-se de uma prática social que exige saberes específicos, construídos na articulação entre teoria e prática, entre universidade e escola.

Dados recentes evidenciam a gravidade do problema. Segundo o Censo Escolar de 2022, apenas cerca de 44% dos professores que lecionam Física no ensino médio possuem formação específica na área. Em algumas regiões, como o Norte e o Nordeste, esse índice é ainda menor, chegando a menos de 30%. A presença de professores formados em Matemática, Química, Biologia ou até mesmo em áreas não relacionadas às Ciências da Natureza é uma constante nas redes públicas estaduais, o que compromete a qualidade do ensino e a efetivação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que prevê competências específicas para o ensino de Física em todos os anos do ensino médio.

Nesse cenário, o curso de Licenciatura em Física desempenha um papel estratégico na formação inicial de professores comprometidos com uma educação científica crítica, contextualizada e socialmente referenciada. As Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de licenciatura (Resolução CNE/CP nº 2/2019) reafirmam a importância de uma formação integrada entre conteúdos específicos, fundamentos da educação e práticas pedagógicas. Essa formação deve superar a dicotomia entre teoria e prática e proporcionar ao licenciando experiências formativas que dialoguem com a realidade das escolas públicas (Brasil, 2019).

Contudo, os cursos de licenciatura em Física enfrentam obstáculos estruturais. A baixa procura pelo curso é um dos principais desafios. Conforme levantamento do INEP (2022), o número de ingressantes em cursos de licenciatura em Física tem diminuído significativamente nos últimos dez anos, o que reflete tanto o desinteresse pela carreira docente quanto a percepção social de que se trata de um curso “difícil” e com baixa empregabilidade. Tal fenômeno não é isolado. Ele está diretamente relacionado à ausência de políticas públicas efetivas de valorização da profissão docente, bem como à fragilidade das políticas de permanência estudantil.

Por outro lado, iniciativas como o PIBID e a Residência Pedagógica, coordenadas pela CAPES, têm desempenhado papel relevante no fortalecimento da formação docente em Física. Essas políticas permitem o contato precoce do licenciando com a realidade escolar e promovem o desenvolvimento de práticas pedagógicas fundamentadas em pesquisa e reflexão crítica. Como destaca Pimenta (2006), a prática de ensino deve ser compreendida como momento epistemológico da formação, no qual o professor em formação aprende a pensar pedagogicamente e a intervir na realidade escolar com consciência crítica.

Outro elemento central para a formação docente em Física é a integração entre ensino, pesquisa e extensão. Pode-se mencionar os projetos de iniciação científica, laboratórios didáticos, oficinas de divulgação científica e ações de extensão universitária como instrumentos que enriquecem a formação dos futuros professores e possibilitam a construção de saberes docentes situados. Nóvoa (1992) defende que a profissionalização do magistério passa pela constituição do professor como sujeito da sua própria formação, o que implica autonomia intelectual, reflexividade e compromisso ético-político com a educação pública.

Diante disso, conforme destaca Pimenta (2006) as universidades comunitárias ofertam cursos de licenciatura em Física e assumem um papel relevante não apenas na ampliação do acesso à formação superior, mas na reconfiguração do projeto de formação docente no país. Essas instituições, situadas em contextos locais específicos e marcadas por um ethos comunitário, podem articular melhor a formação teórica com a prática escolar, promovendo ações voltadas para o fortalecimento das redes públicas de ensino.

Desse modo, a formação docente em Física no Brasil permanece como um campo estratégico para o desenvolvimento educacional e científico do país. A partir do entendimento de Tardif e Raymond (2000), sua revitalização depende da articulação entre políticas públicas, valorização da carreira docente, inovação pedagógica e comprometimento institucional com a equidade educacional. A universidade comunitária, nesse processo, pode ser catalisadora de uma nova cultura de formação, mais próxima das realidades escolares e mais alinhada com os desafios da educação básica.

4 O CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA NA UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA

O curso de Licenciatura em Física, ofertado pelas universidades comunitárias, representa um elemento estratégico na estrutura do ensino superior brasileiro, tanto pela sua função formadora quanto pelo compromisso com a melhoria da qualidade da educação básica. Essas instituições, por seu caráter territorial, comunitário e não lucrativo, estão particularmente inseridas em contextos regionais onde a ausência de instituições públicas e a precariedade das redes escolares demandam ações formativas mais incisivas. Nesse sentido, os cursos de Física ofertados por essas universidades não apenas capacitam novos docentes, mas assumem o papel de agente transformador do ecossistema educacional local.

A estrutura curricular dos cursos de licenciatura em Física geralmente contempla três grandes eixos: formação específica, formação pedagógica e prática como componente curricular. O primeiro se refere ao domínio do conhecimento científico, abrangendo disciplinas como mecânica, termodinâmica, eletromagnetismo, óptica, física moderna, matemática, entre outras. O segundo eixo aborda os fundamentos educacionais, como didática, psicologia da educação, políticas públicas educacionais e organização da educação brasileira. Por fim, a prática, regulamentada pela Resolução CNE/CP nº 2/2019, deve ocorrer de forma transversal ao longo do curso, promovendo o contato progressivo do licenciando com o cotidiano escolar e sua complexidade (Brasil, 2019).

A construção curricular dos cursos nas universidades comunitárias se destaca, muitas vezes, por sua sensibilidade às demandas locais. Conforme destaca Santos (2004), a universidade que assume seu compromisso comunitário não deve apenas transmitir conhecimento científico, mas reelaborá-lo à luz das experiências e saberes da comunidade. Essa orientação implica que os cursos de Física desenvolvidos nessas instituições frequentemente incorporam metodologias e temáticas voltadas à realidade sociocultural de seu entorno, o que favorece a formação de professores mais preparados para atuar em contextos desafiadores da educação básica.

Contudo, essa missão enfrenta entraves estruturais. A evasão nos cursos de licenciatura em Física, por exemplo, é um problema persistente, agravado por fatores como a dificuldade do conteúdo, o perfil socioeconômico dos estudantes e a falta de políticas permanentes de apoio estudantil. Muitos alunos são oriundos da própria rede pública e enfrentam dificuldades em matemática e ciências desde o ensino fundamental. A ausência de programas robustos de nivelamento e acompanhamento acadêmico compromete a permanência e o sucesso formativo. De acordo com o INEP (2022), a taxa de conclusão média nos cursos de Física licenciatura é inferior a 40% em muitas instituições privadas e comunitárias.

Apesar desses desafios, as universidades comunitárias têm desenvolvido estratégias inovadoras para qualificar a formação docente em Física. Uma delas é o investimento em espaços de experimentação didática, como laboratórios de ensino de Física, que possibilitam a aprendizagem por meio da prática e promovem o desenvolvimento de habilidades investigativas (Pimenta, 2006). Tais espaços favorecem não apenas a compreensão dos fenômenos físicos, mas também a formação de um repertório didático que os licenciandos podem utilizar em suas futuras práticas docentes.

Além disso, a participação dos estudantes em projetos de extensão e iniciação científica tem sido uma das marcas das universidades comunitárias. Como afirma Demo (1996), a pesquisa é inseparável do aprender; é por meio dela que se desenvolve a autonomia intelectual e o compromisso com a transformação social. Os projetos voltados à divulgação científica em escolas, feiras de ciência, oficinas pedagógicas e formação continuada de professores da educação básica têm se mostrado instrumentos eficazes para aproximar a universidade da realidade educacional local. Esses projetos, quando bem articulados, funcionam como espaços de formação continuada tanto para os futuros docentes quanto para os profissionais já atuantes na rede pública.

Outra característica importante dos cursos de Física em universidades comunitárias é a articulação com políticas públicas federais, como o PIBID e o Programa Residência Pedagógica. Esses programas fortalecem a integração entre universidade e escola, permitindo que os licenciandos tenham vivências práticas que os aproximem das realidades do ensino de Ciências e, mais especificamente, da Física, nas escolas públicas. A presença do universitário na escola desde os primeiros semestres do curso contribui para uma formação mais significativa e reflexiva, além de permitir a ressignificação dos papéis entre teoria e prática (Pimenta, 2006).

A formação ética e política também é uma preocupação presente nos cursos ofertados por essas instituições. Em geral, os projetos pedagógicos incorporam discussões sobre diversidade, inclusão, relações étnico-raciais, meio ambiente, gênero e sexualidade, em consonância com as exigências legais e as demandas da sociedade contemporânea. Isso reforça o papel do professor de Física não apenas como transmissor de conteúdos, mas como educador comprometido com a construção de uma sociedade mais justa e plural. Nóvoa (1992) já advertia que “a formação do professor não se reduz à aquisição de saberes técnicos, mas exige uma tomada de consciência sobre o sentido social e político da docência”.

Nesse contexto, a universidade comunitária assume um lugar de vanguarda ao integrar ensino, pesquisa e extensão em sua proposta formativa, apostando em uma concepção ampliada de educação e em um modelo de formação docente mais dialógico e comprometido com a transformação da realidade. Ainda que enfrentem limitações orçamentárias, concorrência desigual com instituições privadas lucrativas e políticas públicas instáveis, essas universidades mantêm vivo o compromisso com a formação de professores qualificados para a educação básica.

Para Pimenta (2006), a consolidação dos cursos de licenciatura em Física nas universidades comunitárias exige, portanto, políticas públicas de incentivo, investimentos em infraestrutura, apoio à permanência estudantil e reconhecimento social da docência como carreira estratégica para o desenvolvimento do país. Esses cursos não podem ser vistos como espaços isolados, mas como engrenagens fundamentais de um sistema educacional que busca equidade, excelência e compromisso social. Sendo assim, entende-se que investir na formação de professores de Física, ocorre uma resposta imediata a demanda de mercado ou a um requisito legal. Elas reafirmam sua identidade institucional, seu papel público e sua missão social, contribuindo para a constituição de sujeitos críticos, cientificamente letrados e comprometidos com a transformação educacional.

5 CONTRIBUIÇÕES PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA: UMA RELAÇÃO DE SERVIÇO PÚBLICO

O curso de Licenciatura em Física, quando ofertado por universidades comunitárias, constitui uma importante expressão do compromisso público dessas instituições com a promoção da educação básica de qualidade. Mesmo sendo de natureza privada, as universidades comunitárias não têm fins lucrativos e, por isso, têm sua missão institucional voltada ao bem público, o que implica uma responsabilidade social ampliada. Nesse contexto, os cursos de formação de professores – sobretudo em áreas estratégicas e deficitárias como a Física – funcionam como dispositivos de fortalecimento da escola pública e da democratização do acesso ao conhecimento científico.

As contribuições desses cursos para a educação básica podem ser compreendidas sob três grandes dimensões interdependentes: a formação de professores qualificados e comprometidos com a realidade educacional local; o fortalecimento dos vínculos entre universidade e escola por meio de programas e projetos de extensão e prática docente; e a indução de práticas inovadoras de ensino e aprendizagem, capazes de transformar as dinâmicas escolares e promover a cultura científica.

A primeira contribuição fundamental dos cursos de licenciatura em Física está relacionada à formação de professores com sólida base científica, pedagógica e ética. Esses profissionais são preparados para atuar de forma crítica e reflexiva, dominando os conteúdos específicos da Física, mas também compreendendo os fundamentos da educação, os processos de ensino-aprendizagem e a diversidade sociocultural presente nas escolas. De acordo com Tardif (2014), a formação docente precisa ir além da simples transmissão de conteúdos e deve integrar saberes experienciais, curriculares, pedagógicos e contextuais. Nesse sentido, o curso não apenas habilita o licenciado, mas o constitui como sujeito comprometido com a transformação da escola pública, especialmente nas regiões onde a presença do Estado é limitada.

Essa formação, no âmbito da universidade comunitária, é orientada por um ethos institucional que valoriza a inserção territorial, a escuta ativa das comunidades escolares e a corresponsabilidade pelo desenvolvimento social. Como afirmam Santos e Almeida Filho (2008), as universidades que reconhecem sua função social ampliada devem atuar como espaços de problematização das desigualdades e de promoção ativa da equidade, com especial atenção aos territórios periféricos e suas urgências educativas. O licenciado em Física formado nessas instituições é, portanto, também um agente político e cultural que compreende as condições objetivas de seu exercício profissional e se engaja em projetos de melhoria da qualidade do ensino.

A segunda dimensão da contribuição se expressa na relação direta que o curso estabelece com as escolas da educação básica, a partir de ações que integram ensino, pesquisa e extensão. A presença dos licenciandos nas escolas, seja por meio de estágios curriculares obrigatórios, seja por projetos como PIBID e Residência Pedagógica, permite uma troca formativa que beneficia não apenas o futuro docente, mas também os estudantes e os profissionais das escolas parceiras. Como destaca Pimenta (2006), a prática de ensino deve ser compreendida

como uma vivência formadora, crítica e criadora, na qual o estudante aprende a refletir sobre a realidade e a propor alternativas pedagógicas contextualizadas.

Esses programas têm demonstrado resultados concretos na formação do licenciando e na qualificação do ambiente escolar. Os professores atuantes passam a ser estimulados a refletir sobre suas práticas e a dialogar com a universidade; estudantes da educação básica têm acesso a experiências diferenciadas de ensino; e gestores escolares fortalecem vínculos com as instituições de ensino superior, favorecendo uma cultura de formação continuada e de atualização pedagógica. Esse intercâmbio, quando bem conduzido, consolida uma rede de colaboração mútua que transforma tanto a universidade quanto a escola básica.

A terceira contribuição importante diz respeito à possibilidade de induzir mudanças qualitativas na prática pedagógica da Física, uma disciplina que, historicamente, tem sido percebida por muitos estudantes como inacessível, descontextualizada e desmotivadora. Os cursos de licenciatura, ao promoverem a articulação entre teoria e prática, e ao utilizarem metodologias ativas, experimentações didáticas, recursos tecnológicos e abordagens interdisciplinares, contribuem para tornar o ensino de Física mais atrativo e significativo. Conforme explica Moreira (2011), a aprendizagem da Física requer estratégias pedagógicas que mobilizem o pensamento crítico, a curiosidade e a capacidade de relacionar conceitos abstratos com situações concretas do cotidiano.

Nesse sentido, a universidade comunitária exerce um papel de inovação pedagógica, atuando como núcleo gerador de novas metodologias que podem ser transferidas e adaptadas às escolas públicas da região. A realização de feiras de ciências, clubes de Física, oficinas pedagógicas, mostras de experimentos e atividades extracurriculares são exemplos de como a formação docente pode transcender os muros da universidade e irradiar práticas educativas transformadoras no espaço escolar. Além disso, a produção de materiais didáticos contextualizados, muitas vezes desenvolvidos pelos próprios estudantes durante a formação, contribui para o enriquecimento das práticas docentes e para a superação de limitações de recursos comuns nas redes públicas (Moreira, 2011).

Outro aspecto relevante é o estímulo ao pensamento crítico e à cidadania científica. O ensino de Física, quando comprometido com os princípios da educação emancipatória, contribui para formar sujeitos capazes de compreender os fundamentos científicos que estruturam o mundo contemporâneo, questionar verdades estabelecidas e participar de forma ativa da sociedade. A alfabetização científica, como propõem Hodson (1998) e Auler (2002), não deve se restringir à memorização de fórmulas e leis, mas deve engajar os estudantes na problematização das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Essa perspectiva é particularmente importante em contextos de vulnerabilidade social, onde o acesso à ciência e à cultura científica é limitado. Quando formam professores que compreendem a ciência como construção social, plural e historicamente situada, a universidade comunitária amplia as possibilidades de democratização do conhecimento e combate à exclusão cognitiva, que ainda marca parte significativa da população brasileira. Como observa Gouvêa (2014), a ciência ensinada nas escolas precisa dialogar com a vida dos estudantes, com seus contextos e com os desafios do presente, sob pena de tornar-se um saber alienado e desmotivador. Assim sendo, cabe destacar que o curso de Licenciatura em Física, ao contribuir com a formação docente e com a qualificação da

educação básica, atua como verdadeiro serviço público prestado à sociedade. A despeito de sua natureza jurídica privada, a universidade comunitária, ao investir na formação de professores em áreas estratégicas e de baixa atratividade no mercado, cumpre um papel que muitas vezes o Estado não consegue executar plenamente. Isso reforça a necessidade de políticas públicas de fomento e valorização dessas instituições, reconhecendo sua relevância como parte integrante do sistema educacional brasileiro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O curso de Licenciatura em Física ofertado no âmbito das universidades comunitárias evidencia-se como um elo estratégico entre o ensino superior e a educação básica, especialmente em um país marcado por desigualdades regionais, déficit de professores qualificados e desvalorização histórica da carreira docente. As universidades comunitárias, por sua natureza jurídica e missão institucional, operam como agentes públicos não estatais, assumindo o compromisso com a inclusão educacional, o desenvolvimento regional e a justiça cognitiva.

Ao oferecer formação inicial qualificada, dialogar com as realidades locais e estabelecer vínculos sólidos com as escolas públicas por meio de estágios, projetos de extensão, programas federais e inovação pedagógica, esses cursos cumprem um papel fundamental no fortalecimento da educação científica em nível básico. Eles não apenas formam professores, mas promovem a inserção da ciência como elemento estruturante da cidadania, contribuindo para a constituição de sujeitos críticos e socialmente engajados.

Entretanto, os desafios ainda são expressivos: evasão, financiamento insuficiente, desprestígio da profissão docente e pressões mercadológicas impõem limites à sustentabilidade dessas iniciativas. Superar tais obstáculos exige políticas públicas que reconheçam e valorizem a função social das universidades comunitárias e que consolidem os cursos de licenciatura em Física como instrumentos essenciais à construção de um projeto educacional verdadeiramente democrático e emancipador.

REFERÊNCIAS

- AULER, Décio. Alfabetização científica e tecnológica e ensino de Ciências: questões e desafios na perspectiva da Educação Democrática. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 8, n. 2, p. 271-283, 2002.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. Lei nº 12.881, de 12 de novembro de 2013. Institui o marco regulatório das organizações da sociedade civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 nov. 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial de professores para a educação básica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 2019.
- DEMO, Pedro. **Educação e qualidade: o sonho do aluno**. Campinas: Papirus, 1996.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

- FREITAG, Bárbara. **Escola, Estado e sociedade**. São Paulo: Moraes, 1980.
- GATTI, Bernadete A. Formação de professores no Brasil: características e problemas. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 30, n. 109, p. 1355-1379, out./dez. 2009.
- GOUVÊA, Gislene Silva. Ciência, cultura científica e alfabetização científica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 5-20, 2014.
- HARAWAY, Donna. Saberes localizados: a questão da ciência para o feminismo e o privilégio da perspectiva parcial. **Cadernos Pagu**, n. 5, p. 7-41, 1995.
- HODSON, Derek. **Teaching and learning science: towards a personalized approach**. Buckingham: Open University Press, 1998.
- INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Superior 2022: Notas estatísticas**. Brasília, DF: MEC/INEP, 2023.
- MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: da teoria à prática**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- NÓVOA, António (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.
- PIMENTA, Selma Garrido. **Formação de professores: identidade e saberes da docência**. São Paulo: Cortez, 2006.
- SANTOS, Boaventura de Sousa. **A universidade no século XXI: para uma reforma democrática e emancipatória da universidade**. São Paulo: Cortez, 2004.
- SGUISSARDI, Valdemar. **Universidade pública e privada no Brasil: convergências e diferenciações**. Campinas: Autores Associados, 2009.
- TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2014.
- TARDIF, Maurice; RAYMOND, Danielle. Saberes docentes e formação profissional. **Revista Brasileira de Educação**, n. 13, p. 5-24, jan./abr. 2000.



Capítulo 2

INTRODUÇÃO À FILOSOFIA DA FÍSICA: UMA BREVE DISCUSSÃO

INTRODUCTION TO PHYSICAL PHILOSOPHY: A BRIEF DISCUSSION

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo introduzir o campo da Filosofia da Física por meio de uma análise crítica de seus fundamentos conceituais, desafios epistêmicos e implicações ontológicas. Parte-se da compreensão de que a ciência, especialmente a Física, não pode ser inteiramente compreendida sem um exame filosófico das categorias que a estruturam. Nesse sentido, o texto explora, inicialmente, o papel histórico e reflexivo da Filosofia na constituição da racionalidade científica. Em seguida, aborda os principais fundamentos da Filosofia da Física, com destaque para os debates entre realismo, instrumentalismo e estruturalismo. A crise interpretativa da mecânica quântica é analisada em profundidade, enfatizando as tensões entre indeterminação, não localidade e as diversas interpretações possíveis. Por fim, examina-se a revolução conceitual provocada pela teoria da relatividade, com foco na redefinição das noções de tempo, espaço e causalidade. O artigo defende que a Filosofia da Física constitui uma interface indispensável para a compreensão profunda dos modelos científicos, pois oferece os instrumentos conceituais necessários para interpretar suas estruturas e consequências. A Filosofia da Física revela-se, assim, como um campo estratégico e imprescindível no esforço por compreender a realidade em sua complexidade.

Palavras-chave: filosofia da física; realismo científico; mecânica quântica; espaço-tempo.

ABSTRACT: This article aims to introduce the field of Philosophy of Physics through a critical analysis of its conceptual foundations, epistemic challenges, and ontological implications. It begins with the understanding that science—especially Physics—cannot be fully grasped without a philosophical examination of the categories that structure it. In this sense, the text initially explores the historical and reflective role of Philosophy in the constitution of scientific rationality. It then addresses the main foundations of the Philosophy of Physics, highlighting the debates between realism, instrumentalism, and structuralism. The interpretative crisis of quantum mechanics is examined in depth, emphasizing the tensions between indeterminacy, non-locality, and the various possible interpretations. Finally, the conceptual revolution brought by the theory of relativity is analyzed, focusing on the redefinition of the notions of time, space, and causality. The article argues that the Philosophy of Physics is an indispensable interface for a profound understanding of scientific models, as it offers the conceptual tools necessary to interpret their structures and implications. Thus, the Philosophy of Physics emerges as a strategic and essential field in the effort to comprehend reality in its full complexity.

Keywords: philosophy of physics; scientific realism; quantum mechanics; space-time.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história do pensamento ocidental, a Filosofia e a Física caminharam de modo entrelaçado, muitas vezes indistinguíveis. Filósofos como Aristóteles, Demócrito e mais tarde Descartes e Newton, ocuparam-se com questões que hoje seriam consideradas tanto filosóficas quanto científicas. Contudo, à medida que a ciência moderna consolidou métodos empíricos e matemáticos, uma especialização crescente levou à separação entre essas disciplinas. A Física tornou-se cada vez mais técnica e experimental, enquanto a Filosofia passou a ocupar-se das condições de possibilidade do conhecimento e dos fundamentos da linguagem, da lógica e da realidade. Apesar disso, certas questões da Física ultrapassam o escopo meramente empírico e exigem, para sua compreensão plena, um tipo de reflexão conceitual que é tipicamente filosófica. É nesse contexto que surge a Filosofia da Física como campo de investigação próprio, voltado à análise crítica dos fundamentos conceituais, ontológicos e epistemológicos das teorias físicas.

A Filosofia da Física não busca competir com a Física em termos de produção de conhecimento empírico, mas propõe-se a refletir sobre as premissas, os limites e as implicações das teorias científicas. Questões como a natureza do tempo e do espaço, o estatuto ontológico das partículas subatômicas, o papel do observador¹ (colocar uma nota afirmando que observador na física é o instrumento de medida e não uma pessoa) na mecânica quântica, ou ainda o significado das leis da natureza, não encontram respostas exclusivamente nos dados experimentais. Essas perguntas requerem um nível de abstração e argumentação que caracteriza a investigação filosófica. Nesse sentido, a Filosofia da Física se insere na tradição da filosofia da ciência, mas com um foco específico: as teorias físicas fundamentais que estruturam nossa compreensão da realidade natural.

O desenvolvimento da Física no século XX, especialmente com o advento da teoria da relatividade e da mecânica quântica, trouxe à tona paradoxos e rupturas com o senso comum que desafiam a intuição e colocam em xeque concepções tradicionais de realidade. A relatividade de Einstein, ao redefinir os conceitos de espaço e tempo, elimina a noção de simultaneidade absoluta e introduz a ideia de que as medidas físicas dependem do referencial do observador. Já a mecânica quântica, com seu princípio de incerteza e a dualidade onda-partícula, rompe com a noção clássica de determinismo e levanta dilemas profundos sobre a objetividade da observação e a natureza da causalidade. Esses desenvolvimentos impõem à filosofia o desafio de repensar categorias fundamentais como substância, causalidade, tempo e espaço, agora à luz dos dados e modelos fornecidos pela Física contemporânea.

Este artigo tem como objetivo oferecer uma introdução à Filosofia da Física por meio de uma breve discussão de seus fundamentos, temas centrais e desafios atuais. Para tanto, adotaremos uma abordagem conceitual e crítica, apresentando as principais linhas de investigação do campo e as questões que lhe são próprias. Buscaremos também mostrar como o diálogo entre Física e Filosofia não apenas é possível, como é necessário para uma compreensão mais profunda das teorias científicas e de suas implicações ontológicas.

1 Na física, observador não é uma pessoa e sim um instrumento de medida.

Do ponto de vista metodológico, este trabalho se baseia na análise bibliográfica de obras clássicas e contemporâneas que tratam da Filosofia da Física, incluindo autores como Carl Friedrich von Weizsäcker, Bas van Fraassen, Tim Maudlin, James Ladyman, entre outros. A estrutura do texto será composta por cinco seções, além desta introdução. Na seção seguinte, abordaremos o papel fundacional da Filosofia na construção do pensamento científico, destacando sua contribuição histórica e conceitual para o desenvolvimento da Física. Na terceira seção, discutiremos os fundamentos da Filosofia da Física, com foco nos debates epistemológicos e ontológicos em torno das leis físicas e da estrutura teórica das ciências naturais. A quarta seção será dedicada aos desafios filosóficos postos pela mecânica quântica, e a quinta à análise conceitual da teoria da relatividade e suas implicações para o entendimento do tempo e do espaço. Por fim, apresentaremos, nas considerações finais, uma síntese crítica das discussões e possíveis caminhos para futuras investigações.

Com este percurso, pretende-se não apenas introduzir o leitor às questões centrais da Filosofia da Física, mas também destacar sua relevância como campo de reflexão que, embora técnico e por vezes abstrato, permanece intimamente ligado às grandes perguntas que movem o espírito humano: o que é a realidade? Qual o estatuto do conhecimento científico? Existe um mundo independente de nossa observação ou tudo é construído a partir da linguagem e dos modelos? A Filosofia da Física, ao se situar nesse cruzamento entre ciência e reflexão crítica, oferece contribuições fundamentais para repensarmos nossa compreensão do mundo e de nós mesmos.

2 A FILOSOFIA COMO FUNDAMENTO REFLEXIVO DA CIÊNCIA

A ciência, enquanto empreendimento sistemático de produção de conhecimento sobre a realidade, não surge no vácuo. Ao contrário, ela é moldada por pressupostos epistemológicos, ontológicos e metodológicos que frequentemente escapam à análise interna das disciplinas científicas. Nesse sentido, a Filosofia exerce um papel estruturante: ela oferece as bases conceituais e críticas a partir das quais a ciência se constitui como prática racional, articulada e validada por critérios específicos de justificação e verdade.

Historicamente, a emergência da ciência moderna está profundamente enraizada em um solo filosófico. O racionalismo cartesiano, por exemplo, ao propor a dúvida metódica como instrumento para alcançar a certeza, influenciou diretamente o ideal de fundamentação da ciência moderna. Para Descartes, era necessário construir o conhecimento sobre bases indubitáveis, tal como os axiomas na matemática, o que levou à valorização da razão como guia seguro do saber (Descartes, 2000). Paralelamente, o empirismo baconiano destacou o papel da experiência sensível e da indução na construção do saber científico, inaugurando uma vertente metodológica baseada na observação e na experimentação sistemática (Bacon, 1993).

Ambas as tradições filosóficas — racionalista e empirista — convergiram para a constituição do método científico como o conhecemos. Entretanto, os limites e implicações desse método sempre foram objeto de debates filosóficos, sobretudo a partir do século XX, quando a filosofia da ciência se consolidou como campo autônomo. Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos e Paul Feyerabend

desempenharam papéis centrais na problematização da racionalidade científica, questionando a linearidade e o universalismo dos modelos tradicionais de justificação.

Popper, por exemplo, rompeu com a lógica indutivista ao propor o falsificacionismo como critério de demarcação científica. Para ele, não é a verificação, mas a refutação empírica que caracteriza a cientificidade de uma teoria: “toda teoria científica genuína deve ser suscetível de teste e possível refutação” (Popper, 2008). Essa concepção destaca o caráter conjectural do saber científico, reconhecendo a precariedade das generalizações empíricas e o papel ativo da crítica racional.

Por sua vez, Kuhn (2011) introduziu o conceito de “paradigma” para indicar os conjuntos de pressupostos teóricos, metodológicos e normativos que orientam a prática científica em determinados períodos históricos. Segundo o autor, o progresso científico não é cumulativo, mas ocorre por meio de revoluções que substituem paradigmas antigos por novos, resultando em rupturas epistemológicas. Essa visão relativiza a objetividade do conhecimento científico e evidencia sua historicidade e dependência sociocultural.

Complementando essas abordagens, Lakatos (1979) procurou conciliar o rigor popperiano com a historicidade kuhniana, ao propor os “programas de pesquisa científica”, que articulam núcleos teóricos centrais protegidos por cinturões de hipóteses auxiliares. Já Feyerabend (1977), em tom mais radical, rejeitou qualquer modelo único de racionalidade científica, defendendo um pluralismo metodológico sob o lema “anything goes”. Sua crítica à rigidez metodológica teve como objetivo denunciar a autoridade dogmática de certas formas de ciência.

Em meio a essas disputas, a Filosofia reafirma sua função essencial: refletir criticamente sobre os fundamentos, os métodos e os limites do conhecimento científico. Como afirma Bachelard (2006), a ciência não pensa por si mesma, ela precisa ser pensada. A filosofia, portanto, fornece esse lugar reflexivo e metateórico, sendo não apenas uma espectadora da ciência, mas também sua interlocutora e crítica.

No campo específico da Física, essas reflexões tornam-se ainda mais relevantes, uma vez que as teorias contemporâneas frequentemente envolvem entidades e estruturas que desafiam o senso comum e escapam à intuição. A Filosofia da Física, nesse contexto, oferece instrumentos analíticos para questionar, por exemplo, a ontologia do espaço-tempo na relatividade ou a natureza da realidade na mecânica quântica. Como observa Maudlin (2019), as teorias físicas não são meras ferramentas preditivas; elas implicam compromissos ontológicos profundos que precisam ser examinados filosoficamente.

A prática científica, portanto, não pode ser compreendida em sua totalidade sem uma investigação filosófica sobre os conceitos que a sustentam. Feyerabend (1977) observa que a distinção entre observável e teórico, a relação entre modelo e realidade, e os critérios de legitimidade do conhecimento são questões que perpassam o trabalho científico e exigem reflexão crítica constante. Ignorar esse aspecto é reduzir a ciência a uma técnica instrumental desprovida de consciência sobre si mesma.

Desse modo, assim, que a Filosofia constitui o fundamento reflexivo indispensável da ciência, pois é ela que fornece as condições de possibilidade para o pensar científico, problematizando seus pressupostos, suas práticas e seus hori-

zontes de sentido. A articulação entre Filosofia e ciência, longe de ser um exercício abstrato, revela-se como elemento central para a compreensão crítica e aprofundada da racionalidade científica.

3 FUNDAMENTOS DA FILOSOFIA DA FÍSICA

A Filosofia da Física constitui um ramo específico da filosofia da ciência que se debruça sobre os fundamentos, a estrutura e as implicações conceituais das teorias físicas. Seu escopo envolve tanto o exame epistemológico – voltado às formas de justificação, construção e validação do conhecimento físico – quanto o questionamento ontológico – que busca compreender o que as teorias físicas nos dizem, de fato, sobre a realidade. Mais do que uma simples interpretação externa da ciência, trata-se de uma reflexão interna e profunda sobre as bases conceituais que sustentam a física moderna, especialmente em contextos nos quais os avanços científicos desafiam a intuição e a linguagem ordinária (Ladyman; Ross, 2007).

Um dos pilares da Filosofia da Física é o debate sobre o realismo científico. Essa corrente defende que as teorias físicas descrevem, ao menos em parte, uma realidade objetiva e independente do observador. Segundo Ladyman e Ross (2007), os realistas consideram que as entidades teóricas postuladas pelas melhores teorias científicas existem de fato no mundo. Em oposição, os instrumentalistas sustentam que as teorias são apenas instrumentos úteis para organizar observações e prever fenômenos, sem necessariamente corresponderem a uma realidade subjacente. Essa tensão permeia discussões fundamentais, como a interpretação do espaço-tempo na relatividade ou o estatuto das funções de onda na mecânica quântica (Worrall, 1989).

No interior dessa disputa, destaca-se o chamado realismo estrutural, que propõe uma via intermediária entre realismo e instrumentalismo. Para essa corrente, embora não possamos conhecer diretamente a natureza das entidades físicas, podemos conhecer suas relações estruturais, expressas matematicamente nas teorias. Segundo Worrall (1989), o que a ciência preserva ao longo de suas revoluções não são as entidades, mas as estruturas matemáticas que descrevem as relações entre elas. Essa abordagem busca responder ao desafio histórico posto pela constante revisão das teorias científicas ao longo do tempo.

Outro eixo conceitual importante na Filosofia da Física é a noção de lei da natureza. Diferente de simples regularidades empíricas, as leis físicas são entendidas como expressões de necessidade natural, dotadas de universalidade e invariância. Contudo, há intenso debate filosófico sobre o que torna uma lei de fato uma “lei”. Para os necessitaristas, como Armstrong (1983), as leis refletem conexões necessárias entre propriedades; para os regularistas, como Mill (2006), elas são apenas descrições de regularidades observadas no mundo. Essa distinção tem implicações profundas para a ontologia da ciência e para o papel explicativo das teorias físicas.

A Filosofia da Física também se dedica a analisar os conceitos fundamentais que estruturam as teorias físicas. Um exemplo é o conceito de tempo, cuja compreensão foi radicalmente alterada pela teoria da relatividade. Na física clássica, o tempo era concebido como absoluto e linear; com Einstein, passou a ser relativo ao referencial do observador e incorporado ao tecido do espaço-tempo.

Essa transformação gerou debates intensos na filosofia da física sobre a realidade do tempo, sua direção e sua relação com a causalidade. Para Maudlin (2012), a relatividade não elimina a objetividade do tempo, mas nos força a repensá-lo de maneira não intuitiva.

De igual modo, a mecânica quântica desafiou concepções clássicas sobre objetividade e determinismo. O princípio da incerteza de Heisenberg, a superposição de estados e o colapso da função de onda colocaram em xeque a ideia de que partículas possuem propriedades bem definidas independentemente da observação. Isso levou a múltiplas interpretações da teoria quântica, cada uma com diferentes compromissos ontológicos: desde a interpretação de Copenhague, que postula um papel fundamental do observador, até a interpretação dos muitos mundos, que nega o colapso da função de onda e propõe a existência de múltiplos universos (Redhead, 2000).

Além disso, a Filosofia da Física reflete sobre os critérios de legitimidade das teorias. Não basta que uma teoria seja empiricamente adequada; ela também deve apresentar coerência interna, simplicidade, poder explicativo e fecundidade teórica. Mill (2006) observa que essas são qualidades epistêmicas avaliadas tanto por físicos quanto por filósofos, especialmente quando diferentes teorias concorrem para explicar os mesmos fenômenos, como é o caso das tentativas de unificação entre a relatividade geral e a mecânica quântica.

Portanto, os fundamentos da Filosofia da Física envolvem um conjunto articulado de reflexões sobre a natureza do real, a estrutura das teorias, os critérios de cientificidade e as implicações ontológicas da ciência contemporânea. Longe de ser uma abstração paralela à física, a filosofia opera como um campo complementar, que enriquece e aprofunda a compreensão científica por meio da análise crítica e do questionamento conceitual rigoroso. Como afirma Redhead (2000), a Filosofia da Física não é um luxo opcional, mas uma necessidade para a compreensão plena da física moderna.

4 A CRISE QUÂNTICA E OS DESAFIOS FILOSÓFICOS CONTEMPORÂNEOS

A mecânica quântica, formulada nas primeiras décadas do século XX, representa não apenas uma revolução científica, mas também um profundo abalo nos alicerces filosóficos da Física clássica. Diferente das teorias anteriores, que operavam sob o paradigma do determinismo e da objetividade, a mecânica quântica introduz elementos de indeterminação, descontinuidade e dependência do observador (aparato experimental) que desafiam concepções tradicionais sobre a realidade física. Essa ruptura inaugura o que muitos autores chamam de “crise quântica”, uma reconfiguração radical das categorias fundamentais da ontologia e da epistemologia científica.

No cerne dessa crise está o princípio da incerteza, formulado por Heisenberg (1996), segundo o qual não é possível conhecer simultaneamente e com precisão arbitrária certos pares de propriedades físicas de uma partícula, como posição e momento. Em vez de descrever trajetórias definidas, como na mecânica clássica, a teoria quântica trabalha com funções de onda que expressam probabilidades de encontrar uma partícula em determinado estado. Como destaca Heisenberg (1996), a realidade observada depende do aparato experimental e da pergunta

formulada, indicando que a medição não apenas revela, mas participa na determinação do estado do sistema.

Essa constatação levou ao desenvolvimento da interpretação de Copenhague, majoritariamente associada a Niels Bohr, que sustenta que os sistemas quânticos não possuem propriedades definidas antes da medição. Bohr defende que os conceitos clássicos ainda são indispensáveis para descrever os resultados experimentais, mas que entre esses resultados não é possível atribuir realidade objetiva aos estados físicos. Ele propõe o princípio da complementaridade, segundo o qual diferentes aspectos de um sistema (como a dualidade onda-partícula) não são contraditórios, mas complementares, dependendo do contexto da observação (Bohr, 2002).

Essa interpretação, embora dominante por muitas décadas, enfrentou críticas por parte de autores que viam nela um abandono do realismo. Albert Einstein, notoriamente contrário ao caráter probabilístico da mecânica quântica, afirmou que “Deus não joga dados com o universo”, expressando sua insatisfação com uma teoria que renuncia a uma descrição objetiva da realidade (Einstein apud Jammer, 1974). Em resposta, Einstein, Podolsky e Rosen (EPR) formularam, em 1935, um experimento mental destinado a mostrar que a teoria quântica era incompleta, uma vez que permitia ações à distância e violava o princípio da localidade.

A discussão EPR inaugurou um dos debates filosóficos mais significativos do século XX: a compatibilidade entre a mecânica quântica e o realismo local. Em 1964, John Bell formalizou a questão por meio do Teorema de Bell, demonstrando que nenhuma teoria baseada em variáveis ocultas locais poderia reproduzir todas as previsões da mecânica quântica. Experimentos posteriores, como os conduzidos por Alain Aspect na década de 1980, confirmaram essas previsões quânticas, sugerindo que, se há realismo, ele não pode ser local – ou seja, que há correlações instantâneas entre partículas separadas espacialmente (Bell, 2004).

Esses resultados reacenderam o interesse por interpretações alternativas da mecânica quântica, cada uma oferecendo respostas distintas para os paradoxos gerados pela teoria. A interpretação de muitos mundos, proposta por Hugh Everett III em 1957, rejeita o colapso da função de onda e sustenta que todas as possibilidades previstas pela mecânica quântica se realizam, cada uma em um universo paralelo distinto. Essa abordagem resolve o problema da medição ao custo de uma ontologia altamente inflacionada, na qual o universo se ramifica continuamente (Everett, 1973).

Outra alternativa significativa é a interpretação de Bohm, ou teoria da onda piloto, que propõe um modelo determinista não local. Nesse modelo, as partículas possuem posições bem definidas, guiadas por uma função de onda que evolui de acordo com a equação de Schrödinger. A interpretação de Bohm preserva uma ontologia clássica, mas ao preço de incorporar a não localidade como um elemento fundamental da teoria (Bohm, 1989).

A diversidade de interpretações evidencia o fato de que a mecânica quântica, embora extraordinariamente bem-sucedida do ponto de vista preditivo, permanece conceitualmente ambígua. Como argumenta Maudlin (2019), não há uma única teoria quântica, mas uma coleção de interpretações mutuamente incompatíveis que geram os mesmos resultados empíricos. Essa situação desafia diretamente o papel tradicional da física como descritora objetiva da realidade e

reabre questões filosóficas profundas sobre a natureza do conhecimento científico.

Além da questão interpretativa, a crise quântica toca em outros problemas filosóficos centrais, como a relação entre sujeito e objeto, o papel da linguagem na formulação teórica e a própria noção de realidade física. Muitos autores contemporâneos, como Barad (2007), propõem abordagens pós-humanistas inspiradas na física quântica, em que a separação entre observador e observado é vista como uma construção arbitrária. Para Barad, a realidade não é composta de “coisas”, mas de fenômenos, isto é, interações entre sistemas que produzem efeitos mensuráveis em contextos específicos.

A mecânica quântica, assim, desafia não apenas a física clássica, mas também a metafísica ocidental baseada em substâncias, propriedades e causalidade linear. Ela exige um novo vocabulário ontológico e epistemológico que esteja à altura de suas implicações. A Filosofia da Física tem a tarefa crucial de construir esse vocabulário, articulando os achados empíricos com uma compreensão crítica dos modos de existência e de saber implicados nas teorias contemporâneas (Jammer, 1974).

Logo, importante compreender que a crise quântica não é meramente um problema técnico da física, mas um sintoma de transformações mais amplas no modo como compreendemos a realidade. Baseado no que observa Barad (2007), frente a esse desafio, a Filosofia da Física desempenha um papel indispensável, ao oferecer instrumentos conceituais capazes de pensar além dos limites da linguagem científica tradicional, abrindo caminho para novas formas de compreender a natureza e nosso lugar nela.

5 TEMPO, ESPAÇO E RELATIVIDADE: UMA REVOLUÇÃO CONCEITUAL

A teoria da relatividade, formulada por Albert Einstein nas primeiras décadas do século XX, representa uma das mais profundas transformações conceituais da história da ciência. Seu impacto não se restringe à física teórica, estendendo-se ao domínio da filosofia, onde obriga a uma reavaliação de categorias fundamentais como tempo, espaço, simultaneidade, movimento e causalidade. A teoria da relatividade substitui noções clássicas consolidadas desde Newton e impõe novos desafios à compreensão ontológica do universo. Nesse sentido, pode-se dizer que a relatividade não apenas descreve novos fenômenos, mas transforma a própria estrutura da realidade que se pretende conhecer.

Na física clássica, especialmente na mecânica newtoniana, tempo e espaço eram considerados entidades absolutas, universais e independentes do observador. Newton concebia o tempo como “algo que flui de forma uniforme, independentemente de qualquer coisa externa”, e o espaço como o “receptáculo imutável no qual os eventos físicos ocorrem” (Newton, 1991). Essa visão sustentava a ideia de que dois eventos simultâneos para um observador também o seriam para qualquer outro, em qualquer lugar do universo. Era uma concepção intuitiva, coerente com a experiência cotidiana e com o paradigma mecanicista dominante até o século XIX.

Contudo, os avanços experimentais do final do século XIX, como os resultados do experimento de Michelson-Morley, colocaram em xeque a hipótese do

éter luminífero e a constância das medições do tempo e do espaço em diferentes referenciais. Foi nesse contexto que Einstein, em 1905, publicou seu artigo “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”, propondo a teoria da relatividade restrita, baseada em dois postulados: (1) as leis da física são as mesmas para todos os observadores inerciais e (2) a velocidade da luz no vácuo é constante e independe do movimento da fonte ou do observador (Einstein, 2005).

Esses postulados conduziram a conclusões revolucionárias. Uma delas foi a dilatação do tempo: para um observador em movimento, o tempo passa mais devagar em relação a um observador em repouso. Outra foi a contração do espaço: os comprimentos medidos em um referencial em movimento parecem menores. Mas, mais profundamente, a relatividade mostrou que o tempo e o espaço não são entidades separadas e absolutas, mas dimensões interdependentes de uma estrutura unificada chamada espaço-tempo, formulada matematicamente por Hermann Minkowski em 1908. A partir de agora, espaço por si só e tempo por si só estão condenados a desaparecer como sombras; somente uma união dos dois preserva uma realidade independente (Minkowski, 2005).

Essa reconfiguração do tempo e do espaço tem implicações filosóficas consideráveis. Uma delas diz respeito à relatividade da simultaneidade. Dois eventos que ocorrem simultaneamente para um observador podem não ser simultâneos para outro, dependendo de seu estado de movimento. Isso rompe com a ideia de um “presente universal” e desafia concepções tradicionais sobre a ordenação temporal dos eventos. Para filósofos como Reichenbach (1958), esse aspecto da teoria relativística exige uma revisão do conceito de tempo objetivo, colocando em dúvida a noção de passado, presente e futuro como estruturas universais da realidade.

Além disso, a teoria da relatividade permite reinterpretar a relação entre espaço-tempo e causalidade. Na relatividade restrita, os eventos podem ser separados por intervalos “espaço-temporais” que determinam se uma influência causal é possível ou não. Isso introduz limites físicos para a causalidade — a saber, a impossibilidade de transmissão de informações mais rapidamente que a luz — e redefine a malha causal do universo. Já na relatividade geral, formulada por Einstein em 1915, o espaço-tempo deixa de ser um palco passivo e passa a ser uma entidade dinâmica, que interage com a matéria e a energia. A massa curva o espaço-tempo e, por sua vez, essa curvatura determina o movimento dos corpos. Como Einstein (2005, p. 107) sintetiza: “A matéria diz ao espaço-tempo como se curvar, e o espaço-tempo diz à matéria como se mover”.

Essa visão dinâmica do espaço-tempo constitui uma ruptura radical com a ontologia newtoniana, onde o espaço era fixo, absoluto e indiferente à presença da matéria. No modelo relativístico, o espaço-tempo é relacional, moldado por distribuições de energia e matéria, o que aproxima a física de abordagens filosóficas relacionais, como a de Leibniz, que já no século XVII rejeitava o espaço absoluto em favor de um conceito relacional (Leibniz, 1983).

A relatividade geral também levanta novas questões filosóficas sobre a natureza do tempo. Uma delas é o chamado problema da flecha do tempo: enquanto as equações fundamentais da relatividade (assim como as da mecânica clássica e quântica) são simétricas no tempo, a experiência cotidiana nos mostra uma assimetria — o tempo parece “correr” do passado para o futuro. Diversos filósofos e físicos contemporâneos, como Price (1996), argumentam que a assime-

tria temporal é um fenômeno emergente, relacionado à entropia e às condições iniciais do universo, mais do que uma propriedade fundamental das leis físicas.

Outro ponto de debate é a questão do presenteísmo versus eternalismo. O presenteísmo sustenta que apenas o presente é real, enquanto o eternalismo — frequentemente associado à ontologia do espaço-tempo relativístico — defende que passado, presente e futuro são igualmente reais. Essa posição, às vezes chamada de “universo bloco”, sugere que todos os eventos do espaço-tempo coexistem em uma estrutura tetradimensional, e que o fluxo do tempo é uma ilusão subjetiva. Como defende Putnam (1967), a relatividade torna impossível sustentar a tese de que somente o presente é real, pois o conceito de presente não é absoluto.

Essas discussões revelam como a relatividade ultrapassa os limites da física enquanto disciplina empírica e se insere no domínio da metafísica e da epistemologia. Ela exige uma reformulação da noção de realidade física, introduzindo uma concepção ontológica relacional, dinâmica e não intuitiva. De acordo com Reichenbach (1958), a Filosofia da Física, nesse contexto, atua como mediadora entre os modelos formais da ciência e as interpretações conceituais que lhes conferem inteligibilidade.

Outrossim, deve-se destacar que a relatividade não apenas transformou o entendimento do universo, mas também abriu novas possibilidades de integração entre física e cosmologia. A partir dela, tornou-se possível descrever a origem e a evolução do universo como um todo, formulando teorias como o modelo do Big Bang, os buracos negros e a expansão do cosmos. Tais modelos ampliam os horizontes da ciência e também reacendem questões filosóficas fundamentais sobre o começo do tempo, a finitude do universo e os limites da razão humana.

Assim, a teoria da relatividade representa uma autêntica revolução conceitual: ao alterar a estrutura ontológica do tempo e do espaço, ela modifica as bases sobre as quais se constrói a compreensão científica e filosófica da realidade (Einstein, 2005). A Filosofia da Física tem, portanto, a função essencial de explorar essas transformações, fornecendo os instrumentos críticos para pensar as implicações, os limites e os significados mais profundos da ciência contemporânea.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Filosofia da Física configura-se como um campo de investigação essencial para a compreensão profunda das teorias e práticas da física contemporânea. Ao longo deste artigo, buscou-se evidenciar que, para além da formulação matemática e da verificação empírica, as teorias físicas envolvem compromissos ontológicos, epistêmicos e conceituais que exigem reflexão filosófica rigorosa. A partir dessa perspectiva, argumentou-se que a ciência não é um empreendimento neutro ou autossuficiente, mas uma construção racional sustentada por categorias filosóficas fundamentais, tais como causalidade, tempo, espaço, realidade e observação.

As discussões em torno da mecânica quântica e da relatividade mostraram que a Física moderna rompe com o paradigma clássico e desafia concepções intuitivas sobre a natureza do real. A presença de elementos como a indeterminação, a não localidade, a relatividade da simultaneidade e a curvatura do espaço-

-tempo exige não apenas novas ferramentas matemáticas, mas sobretudo novas formas de pensar. A Filosofia da Física, nesse contexto, opera como mediadora crítica entre a abstração teórica e o sentido ontológico dos modelos científicos.

Além de analisar os fundamentos e os impasses interpretativos das teorias físicas, a Filosofia da Física contribui para a clarificação de suas implicações e limitações. Ela permite indagar, por exemplo, se a realidade é tal como descrita por nossas teorias ou se essas representações são apenas construções epistêmicas limitadas por nossa linguagem, nossos instrumentos e nossos referenciais. Essa atitude crítica e reflexiva preserva a ciência da dogmatização e estimula a abertura a novos horizontes teóricos.

Portanto, longe de representar um discurso paralelo ou exterior à ciência, a Filosofia da Física constitui uma dimensão intrínseca ao próprio fazer científico, na medida em que investiga os pressupostos, os significados e as consequências do conhecimento produzido. Ao integrar reflexão filosófica e prática científica, esse campo se revela indispensável para uma abordagem mais consciente, crítica e abrangente das teorias físicas e da própria racionalidade científica. Em tempos de hiperespecialização e tecnificação do saber, reafirmar o papel da filosofia é, em última instância, reafirmar o compromisso com uma ciência que não apenas explica o mundo, mas também busca compreendê-lo em sua profundidade ontológica.

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, D. M. **What is a Law of Nature?** Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 7. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006.
- BACON, F. **Novum Organum**. São Paulo: Abril Cultural, 1993. (Os Pensadores).
- BARAD, K. **Meeting the universe halfway: quantum physics and the entanglement of matter and meaning**. Durham: Duke University Press, 2007.
- BELL, J. S. **Speakable and unspeakable in quantum mechanics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- BOHM, D. **Quantum theory**. New York: Dover Publications, 1989.
- BOHR, N. **O debate sobre a mecânica quântica: escritos filosóficos**. São Paulo: Edusp, 2002.
- DESCARTES, R. **Discurso do método**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- EINSTEIN, A.; PODOLSKY, B.; ROSEN, N. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? **Physical Review**, v. 47, p. 777-780, 1935.
- EINSTEIN, A. Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento. In: KAWALL, J. G. (Org.). **Relatividade: os textos fundamentais**. São Paulo: Edusp, 2005. p. 35-55.
- EVERETT, H. Relative state formulation of quantum mechanics. In: DEWITT, B.; GRAHAM, N. (Org.). **The many-worlds interpretation of quantum mechanics**. Princeton: Princeton University Press, 1973. p. 141-149.
- FEYERABEND, P. **Contra o método**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
- HEISENBERG, W. **Physics and philosophy: the revolution in modern science**. New York: Prometheus Books, 1996.

- JAMMER, M. **The Philosophy of Quantum Mechanics: The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective.** New York: Wiley, 1974.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas.** 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2011.
- LADYMAN, J.; ROSS, D. **Everything must go: metaphysics naturalized.** Oxford: Oxford University Press, 2007.
- LAKATOS, I. **A metodologia dos programas de pesquisa científica.** Lisboa: Edições 70, 1979.
- LEIBNIZ, G. W. **Discurso de metafísica e outros textos.** São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Os Pensadores).
- MAUDLIN, T. **Philosophy of Physics: Space and Time.** 3.ed. Princeton: Princeton University Press, 2012.
- MAUDLIN, T. **Philosophy of physics: quantum theory.** Princeton: Princeton University Press, 2019.
- MILL, J. S. **A system of logic.** Honolulu: University Press of the Pacific, 2006.
- MINKOWSKI, H. Space and Time. In: LORENTZ, H. A. et al. **The Principle of Relativity.** New York: Dover Publications, 2005. p. 73-91.
- NEWTON, I. **Princípios matemáticos da filosofia natural.** Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1991.
- POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica.** São Paulo: Cultrix, 2008.
- PRICE, H. **Time's Arrow and Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time.** Oxford: Oxford University Press, 1996.
- PUTNAM, H. Time and physical geometry. **Journal of Philosophy**, v. 64, n. 8, p. 240-247, 1967.
- REDHEAD, M. Quantum Mechanics: What is Wrong with It?. In: BUTTERFIELD, J.; PAGONIS, C. (Org.). **From Physics to Philosophy.** Cambridge: Cambridge University Press, 2000. p. 5-19.
- REICHENBACH, H. **The Philosophy of Space and Time.** New York: Dover Publications, 1958.
- WORRALL, J. Structural Realism: The Best of Both Worlds?. **Dialectica**, v. 43, n. 1-2, p. 99-124, 1989.



Capítulo 3

METODOLOGIA DO ENSINO DE FÍSICA: DISCUSSÕES TEÓRICO-CONCEITUAIS

PHYSICS TEACHING METHODOLOGY: THEORETICAL AND CONCEPTUAL DISCUSSIONS

RESUMO: O presente artigo analisa criticamente as principais discussões teórico-conceituais sobre a metodologia do ensino de Física, destacando suas implicações didático-pedagógicas e os desafios contemporâneos da prática docente. Parte-se de uma abordagem fundamentada na epistemologia da ciência e nas teorias da aprendizagem para discutir os limites das metodologias tradicionais e a emergência de práticas construtivistas e investigativas. A partir de revisão bibliográfica com base em autores clássicos e contemporâneos, explora-se a importância da contextualização, da experimentação, da mediação didática e do uso de tecnologias no ensino de Física. Argumenta-se que a superação da fragmentação entre teoria e prática, bem como a ressignificação da linguagem científica e a valorização do protagonismo discente, são fundamentais para promover uma aprendizagem significativa. Conclui-se que a metodologia de ensino de Física deve articular fundamentos epistemológicos, compromisso pedagógico e sensibilidade social, posicionando-se como eixo estruturante da formação científica e cidadã.

Palavras-chave: ensino de física; metodologia; epistemologia; didática; formação docente.

ABSTRACT: This article critically analyzes the main theoretical and conceptual discussions on physics teaching methodology, highlighting its pedagogical implications and the contemporary challenges of teaching practice. Based on an approach grounded in the epistemology of science and learning theories, it discusses the limitations of traditional methods and the rise of constructivist and inquiry-based practices. Drawing from classical and contemporary literature, the article explores the importance of contextualization, experimentation, didactic mediation, and the use of technologies in physics education. It argues that overcoming the fragmentation between theory and practice, as well as reinterpreting scientific language and valuing student protagonism, are essential to fostering meaningful learning. It concludes that the methodology of physics teaching must articulate epistemological foundations, pedagogical commitment, and social sensitivity, positioning itself as a structuring axis of scientific and civic education.

Keywords: physics teaching; methodology; epistemology; didactics; teacher education.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física representa um dos maiores desafios no campo da educação científica, especialmente na educação básica e no ensino médio. Considerada uma das disciplinas com maior índice de rejeição por parte dos estudantes, a Física é frequentemente associada à dificuldade conceitual, à abstração matemática e à descontextualização em relação à realidade cotidiana dos alunos. Esse cenário evidencia uma lacuna metodológica significativa entre os conteúdos propostos nos currículos escolares e as estratégias pedagógicas utilizadas em sala de aula. Nesse sentido, discutir a metodologia do ensino de Física à luz de fundamentos teórico-conceituais torna-se uma necessidade urgente e estratégica para a melhoria da aprendizagem e para a formação de sujeitos críticos e autônomos.

Nas últimas décadas, a produção acadêmica no campo do ensino de Ciências tem destacado a importância de abordagens pedagógicas que considerem os aspectos epistemológicos da ciência, os referenciais da aprendizagem significativa e a relação entre conhecimento científico e práticas socioculturais. O ensino de Física, em particular, exige do professor um repertório didático que vá além da mera exposição de fórmulas e leis naturais. É necessário mobilizar estratégias capazes de mediar o entendimento dos conceitos físicos, respeitando os ritmos e contextos dos estudantes e estimulando a construção ativa do conhecimento. Isso inclui a consideração de metodologias construtivistas, o uso de experimentação didática, a problematização do cotidiano e o apoio em tecnologias digitais como mediadoras da aprendizagem.

A tradição do ensino de Física no Brasil foi historicamente marcada por uma ênfase excessiva nos aspectos matemáticos e formais da disciplina, em detrimento de uma abordagem conceitual e investigativa. Essa perspectiva, fortemente influenciada por modelos positivistas de ciência, comprometeu por muitos anos a formação científica dos estudantes, promovendo um ensino descolado das realidades culturais, sociais e econômicas dos educandos. No entanto, movimentos de renovação pedagógica — impulsionados por políticas públicas, pela formação inicial e continuada de professores e pelas pesquisas em ensino de Ciências — vêm apontando para uma necessária reconfiguração metodológica da prática docente em Física, com foco no protagonismo discente e na aprendizagem significativa.

Assim, a metodologia do ensino de Física deve ser entendida não apenas como um conjunto de técnicas ou ferramentas didáticas, mas como um campo de reflexão crítica que articula pressupostos epistemológicos, concepções de ensino-aprendizagem, objetivos educacionais e relações sociais no contexto escolar. Trata-se de compreender como os saberes da Física são construídos, reconstruídos e apropriados pelos sujeitos em processos educativos mediados por linguagem, experimentação, diálogo e problematização. Tal compreensão demanda, portanto, uma análise teórica consistente que ilumine os fundamentos e as consequências das escolhas metodológicas feitas pelos docentes, sobretudo em contextos marcados por desigualdades sociais e limitações estruturais.

Este artigo tem como objetivo central promover uma discussão teórico-conceitual sobre as metodologias aplicadas ao ensino de Física, com base em uma revisão crítica da literatura especializada e em referenciais da filosofia da ciência, da psicologia da aprendizagem e da didática das ciências. Para isso, serão abor-

dadas as principais correntes teóricas que fundamentam as práticas pedagógicas no ensino de Física, discutindo seus alcances e limitações. Serão examinadas também as implicações epistemológicas da disciplina, suas especificidades no âmbito das ciências naturais e os desafios contemporâneos enfrentados pelos professores na mediação do conhecimento físico em diferentes níveis de ensino.

Além disso, o artigo buscará evidenciar como determinadas concepções metodológicas refletem visões distintas sobre o papel do professor, do estudante e do conhecimento científico no processo educativo. Ao final, pretende-se oferecer subsídios teóricos que contribuam para a construção de práticas pedagógicas mais significativas, contextualizadas e transformadoras no ensino de Física, superando a lógica tradicional da transmissão vertical de conteúdos e promovendo, em seu lugar, uma abordagem dialógica, investigativa e crítica.

A estrutura do texto está organizada da seguinte forma: inicialmente, apresenta-se uma fundamentação teórica sobre a natureza epistemológica da Física e suas implicações pedagógicas. Em seguida, discutem-se diferentes abordagens metodológicas aplicadas ao ensino da disciplina, desde modelos tradicionais até propostas construtivistas e inovadoras. Por fim, abordam-se os desafios e possibilidades didáticas no contexto atual da educação científica, com vistas à melhoria da qualidade do ensino e ao fortalecimento da formação crítica dos estudantes.

2 A NATUREZA DA FÍSICA E SUA EPISTEMOLOGIA

A Física, como ciência natural, caracteriza-se por buscar a compreensão dos fenômenos do universo por meio da observação, da experimentação, da modelagem e da formulação de leis que descrevam padrões regulares na natureza. Enquanto campo do conhecimento, ela opera com uma linguagem própria — predominantemente matemática — e se estrutura sobre fundamentos epistemológicos que moldam a forma como seus conteúdos são construídos, validados e transmitidos (Longino, 2002). Compreender a natureza da Física é, portanto, essencial para orientar adequadamente sua didática, evitando abordagens reducionistas que desconsiderem a complexidade histórica, filosófica e metodológica da disciplina.

A epistemologia da Física não pode ser entendida à parte de sua historicidade. Durante muito tempo, prevaleceu uma concepção de ciência positivista e empirista, que via o conhecimento físico como representação objetiva da realidade. Essa visão, influenciada por Auguste Comte, entendia a ciência como uma acumulação linear de verdades verificáveis e neutras, fundamentada exclusivamente na observação dos fatos e na lógica dedutiva. No entanto, essa perspectiva foi amplamente contestada ao longo do século XX, com o avanço da filosofia da ciência e o surgimento de correntes que passaram a considerar o papel da teoria, da linguagem e do sujeito na construção do conhecimento (Moreira, 2011)

Karl Popper, por exemplo, propôs uma ruptura com o empirismo indutivista, ao sugerir o falsificacionismo como critério de cientificidade. Para Popper (1972), uma teoria científica não pode ser verificada definitivamente, mas deve ser submetida constantemente à prova por meio da tentativa de refutação. Assim, o conhecimento científico é conjectural e provisório, caracterizando-se por um processo contínuo de testes e revisões. Essa proposta epistemológica amplia

a compreensão da Física como campo em constante transformação, afastando-a da imagem de um saber absoluto e imutável.

Outra importante contribuição à epistemologia da Física provém de Kuhn (1970), que introduziu o conceito de paradigma como matriz disciplinar que orienta a ciência em determinado período histórico. Segundo Kuhn, o desenvolvimento da ciência não ocorre de maneira acumulativa, mas sim por meio de rupturas paradigmáticas, nas quais antigos modelos são substituídos por novos, em processos de revolução científica. A Física, portanto, é atravessada por dinâmicas históricas e socioculturais que moldam seus conceitos e métodos. A transição da mecânica clássica newtoniana para a relatividade de Einstein e, posteriormente, para a mecânica quântica, ilustra com clareza essas rupturas epistemológicas.

Na mesma linha de crítica ao racionalismo absoluto da ciência, Bachelard (1996) destacou o papel do “obstáculo epistemológico” e do “salto racional” no progresso do conhecimento científico. Para o autor, o avanço da Física se dá mediante uma constante superação de ideias prévias e de percepções sensíveis equivocadas. A ciência, para Bachelard, constrói seus objetos de estudo por meio de rupturas com o senso comum, exigindo uma formação intelectual rigorosa e disciplinada. Essa perspectiva ressalta a necessidade de um ensino de Física que promova o pensamento reflexivo e crítico, e não apenas a repetição mecânica de fórmulas.

No contexto contemporâneo, outras abordagens epistemológicas enriquecem a compreensão da Física como ciência situada. A epistemologia social da ciência, por exemplo, conforme proposta por Longino (2002), argumenta que o conhecimento científico é também um produto de interações sociais, políticas e culturais, não sendo imune a valores. Essa leitura amplia as possibilidades pedagógicas, permitindo que o ensino de Física aborde não apenas conceitos e leis, mas também as dimensões humanas e éticas da ciência.

Do ponto de vista educacional, compreender a epistemologia da Física implica também considerar como o conhecimento físico é aprendido e internalizado. Segundo Moreira (2011), o ensino de Física deve partir de uma abordagem significativa, que considere os conhecimentos prévios dos estudantes e promova a construção ativa de novos significados. Isso exige uma didática que respeite os processos cognitivos envolvidos e que apresente os conceitos físicos de forma contextualizada, superando a fragmentação entre teoria e prática.

Portanto, reconhecer a natureza epistemológica da Física é essencial para fundamentar metodologias de ensino mais eficazes e coerentes com a realidade dos estudantes. De acordo com Bachelard (1996), o ensino de Física epistemologicamente informado deve ir além da simples transmissão de conteúdos, promovendo a compreensão crítica da ciência como prática humana, histórica, construtiva e sujeita a transformações. Essa abordagem permite resgatar o caráter investigativo da Física e sua relevância na formação de sujeitos capazes de intervir no mundo com responsabilidade e consciência científica.

3 ENSINO DE CIÊNCIAS E ENSINO DE FÍSICA: CONVERGÊNCIAS E ESPECIFICIDADES

O ensino de Ciências, enquanto área interdisciplinar, abrange diferentes campos do saber, como a Biologia, a Química, a Física e as Ciências da Terra. Seu objetivo central é promover a compreensão dos fenômenos naturais e a formação de cidadãos críticos e participativos, capazes de utilizar o conhecimento científico na leitura e intervenção no mundo (Brasil, 2018). Embora o ensino de Física compartilhe esse mesmo horizonte formativo, ele apresenta particularidades epistemológicas, linguísticas e metodológicas que exigem abordagens pedagógicas próprias. Assim, compreender as convergências e especificidades entre o ensino de Ciências e o ensino de Física é fundamental para construir propostas curriculares coerentes e práticas docentes mais eficazes.

No contexto do ensino de Ciências, tem prevalecido nas últimas décadas uma perspectiva que valoriza a alfabetização científica, entendida como a capacidade de utilizar conceitos científicos, compreender o funcionamento da ciência e participar de discussões sociocientíficas de forma informada (colocar referência). Segundo Carvalho (2004), essa abordagem implica em articular os saberes escolares com o cotidiano dos estudantes, promovendo uma aprendizagem significativa e crítica. Nesse sentido, o ensino de Física deve integrar-se a essa proposta, contribuindo com seus conceitos, métodos e modos de pensar para a formação de uma cultura científica ampla.

Contudo, o ensino de Física, em particular, apresenta desafios próprios. A linguagem formal e matemática, a abstração conceitual e a forte presença de modelos e idealizações tornam a disciplina frequentemente árida e distante da realidade do aluno. Como destacam Mortimer e Machado (2000), é comum que os estudantes tenham dificuldade em estabelecer conexões entre os conteúdos físicos e suas experiências cotidianas, o que pode comprometer o processo de aprendizagem. Esse aspecto exige do professor de Física uma didática que valorize a mediação conceitual, o uso de analogias, a contextualização histórica e a experimentação como estratégias de aproximação entre teoria e prática.

Apesar dessas especificidades, há importantes pontos de convergência entre o ensino de Ciências e o ensino de Física. Ambos se baseiam em processos investigativos, valorizam a experimentação e compartilham o objetivo de desenvolver o pensamento crítico, a argumentação e a capacidade de tomar decisões fundamentadas. Além disso, ambos enfrentam o desafio de romper com práticas tradicionais, centradas na memorização e na reprodução de conteúdos, propondo, em seu lugar, metodologias ativas, dialógicas e problematizadoras (Mortimer; Machado, 2000).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça essa articulação ao propor competências gerais para o ensino de Ciências da Natureza, incluindo a valorização da curiosidade, o uso de diferentes linguagens, o protagonismo do estudante e a abordagem de temas contemporâneos (Brasil, 2018). Nesse contexto, o ensino de Física deve ser concebido não como um apêndice da Matemática, mas como uma ciência com identidade própria, capaz de dialogar com os grandes temas da atualidade, como energia, tecnologia, meio ambiente e sociedade, por meio de uma abordagem integrada e crítica.

Outro ponto de distinção relevante diz respeito aos referenciais teóricos

que sustentam o ensino da Física. Enquanto o ensino de Ciências pode adotar abordagens mais generalistas, o ensino de Física exige uma atenção maior aos fundamentos epistemológicos e à estrutura lógica dos conceitos. Como destaca Moreira (2011), a aprendizagem de conceitos físicos requer uma reestruturação cognitiva significativa, que demanda tempo, mediação e estratégias específicas para a superação de concepções alternativas e intuitivas sobre os fenômenos naturais. Essa complexidade demanda que o ensino de Física vá além da exposição de fórmulas e leis, incorporando estratégias como resolução de problemas, simulações computacionais, trabalho em grupo e atividades interdisciplinares.

Além disso, o ensino de Física deve assumir um papel formativo mais amplo, contribuindo para o letramento científico e tecnológico dos estudantes. Isso implica em discutir não apenas os conteúdos, mas também o caráter provisório e histórico do conhecimento físico, a natureza das investigações científicas, o papel da ciência na sociedade e as implicações éticas do desenvolvimento tecnológico. Como argumenta Chassot (2003), uma ciência desprovida de humanismo torna-se técnica estéril; por isso, o ensino de Física deve estar comprometido com a formação de sujeitos críticos e eticamente engajados.

Embora o ensino de Física compartilhe com o ensino de Ciências objetivos e fundamentos didáticos, Carvalho (2004) pontua que ele apresenta especificidades que precisam ser respeitadas na prática docente. Logo, essas particularidades exigem uma formação sólida do professor, tanto nos aspectos conceituais quanto nos aspectos pedagógicos, além do desenvolvimento de materiais didáticos adequados e de uma cultura escolar que valorize a investigação e a reflexão – como afirmam Mortimer e Machado (2000). Posto isto, é fundamental reconhecer essas convergências e distinções para construir uma educação científica de qualidade, que articule o rigor conceitual da Física com os princípios da alfabetização científica e da inclusão educacional.

4 METODOLOGIA DE ENSINO DE FÍSICA: ABORDAGENS TEÓRICAS

A metodologia de ensino de Física é um campo em constante evolução, atravessado por transformações paradigmáticas que refletem distintas concepções de ciência, de aprendizagem e de formação humana. Tradicionalmente marcada por uma abordagem transmissiva e matematizada, a didática da Física tem enfrentado críticas crescentes por sua ineficácia na promoção da compreensão conceitual e da motivação dos estudantes (Ausubel, 2003). Nas últimas décadas, alternativas construtivistas, investigativas e tecnológicas vêm ganhando destaque, propondo novas formas de engajar os alunos na construção ativa do conhecimento físico e de contextualizar a ciência em sua dimensão histórica, social e cultural. Este capítulo apresenta um panorama crítico das principais abordagens metodológicas aplicadas ao ensino de Física, discutindo seus pressupostos teóricos, estratégias pedagógicas e implicações formativas.

A abordagem tradicional, ainda amplamente difundida no ensino de Física, baseia-se na transmissão direta de conteúdos pelo professor e na centralidade da resolução de exercícios matemáticos como forma de aferição da aprendizagem. Nessa perspectiva, o conhecimento é concebido como algo pronto e acabado, a ser repassado aos alunos, que ocupam um lugar passivo no processo educativo. Essa prática pedagógica é fortemente influenciada pela concepção de ciência

positivista, que valoriza a objetividade, a precisão e a lógica dedutiva. Como aponta Moreira (2011), o ensino tradicional de Física reduz a disciplina a um conjunto de fórmulas e procedimentos mecânicos, desconsiderando os processos de construção de significado e a importância da mediação didática.

Entre os principais problemas da abordagem tradicional, destaca-se a dificuldade dos estudantes em compreender os conceitos de forma significativa, uma vez que o ensino se concentra mais em manipulações algébricas do que na exploração dos fenômenos físicos propriamente ditos. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento se ancora na estrutura cognitiva do aprendiz, integrando-se aos seus conhecimentos prévios. No entanto, a prática tradicional tende a negligenciar esses saberes prévios, impondo uma lógica linear e autoritária de ensino. Além disso, a falta de contextualização e de vínculos com situações reais contribui para a percepção da Física como disciplina abstrata, desinteressante e irrelevante.

Em contraposição a esse modelo transmissivo, emergem as abordagens construtivistas e investigativas, que concebem o aluno como sujeito ativo na construção do conhecimento e o professor como mediador do processo educativo. Inspiradas nas teorias de aprendizagem de Piaget, Vygotsky e Ausubel, essas abordagens enfatizam a importância da interação social, da problematização e da experiência para o desenvolvimento das estruturas cognitivas. Como destaca Vygotsky (1998), o desenvolvimento intelectual ocorre por meio da internalização de significados compartilhados em contextos sociais, sendo o ensino um processo de mediação cultural fundamental.

O ensino investigativo de Física busca engajar os estudantes em situações de exploração, levantamento de hipóteses, experimentação e argumentação. De acordo com Carvalho (2004), essa abordagem aproxima o ensino das práticas autênticas da ciência, favorecendo a compreensão da natureza do conhecimento científico e o desenvolvimento de competências cognitivas superiores, como o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a tomada de decisões. A experimentação, nesse contexto, deixa de ser mera ilustração de leis já conhecidas para se tornar parte integrante do processo de aprendizagem, estimulando a curiosidade e o pensamento crítico.

Além disso, o construtivismo valoriza a identificação e a superação das concepções alternativas dos alunos, isto é, ideias prévias que muitas vezes se opõem aos conceitos científicos. Pesquisas em ensino de Física têm mostrado que essas concepções não desaparecem com a simples exposição do conteúdo, sendo necessário criar situações de conflito cognitivo e de reconstrução conceitual (Moreira; Masini, 2001). Assim, o uso de situações-problema, simulações interativas e discussões em grupo são estratégias eficazes para promover a mudança conceitual e a aprendizagem significativa.

Nos últimos anos, o avanço das tecnologias digitais e a consolidação das metodologias ativas de aprendizagem têm aberto novas possibilidades para o ensino de Física. O uso de recursos como simulações computacionais, animações, ambientes virtuais de aprendizagem e laboratórios remotos permite representar fenômenos complexos, realizar experimentos inacessíveis no espaço escolar e explorar múltiplas representações dos conceitos. Segundo Valente (2010), as tecnologias educacionais podem funcionar como mediadoras da aprendizagem, desde que integradas a uma proposta pedagógica coerente, centrada no prota-

gonismo do aluno e na resolução de problemas autênticos.

Entre as metodologias ativas que vêm sendo aplicadas ao ensino de Física, destacam-se a sala de aula invertida, a aprendizagem baseada em problemas (PBL) e a aprendizagem por projetos. Essas abordagens rompem com a lógica expositiva tradicional, promovendo a autonomia do estudante, a colaboração entre pares e a aplicação prática dos conhecimentos. Na sala de aula invertida, por exemplo, os conteúdos são estudados previamente, por meio de vídeos ou textos, e o tempo presencial é dedicado à resolução de dúvidas, à discussão coletiva e à aplicação do conhecimento em contextos desafiadores (Bergmann; Sams, 2012). Já a aprendizagem baseada em problemas estimula os alunos a investigarem situações reais ou simuladas, mobilizando diferentes saberes para propor soluções fundamentadas.

Outro recurso relevante é a gamificação, que utiliza elementos de jogos — como pontuação, desafios, feedbacks e níveis — para tornar o processo de aprendizagem mais envolvente e motivador. Estudos recentes apontam que a gamificação pode aumentar o engajamento dos alunos no ensino de Física, favorecer a aprendizagem cooperativa e estimular a persistência frente a tarefas cognitivamente exigentes (Savi; Ulbricht, 2008).

É importante destacar que o uso de tecnologias e metodologias ativas não garante, por si só, uma aprendizagem efetiva. O êxito dessas estratégias depende da intencionalidade pedagógica do professor, da coerência entre os objetivos de ensino e as práticas adotadas, e da articulação com os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais da disciplina. Como adverte Hodson (1993), a aprendizagem científica exige mais do que manipulação de equipamentos ou resolução de exercícios: é necessário compreender os processos de construção do conhecimento, os critérios de validação científica e as implicações éticas e sociais da ciência.

De todo modo, Carvalho (2004) explica que a metodologia de ensino de Física deve superar a dicotomia entre conteúdo e método, promovendo práticas pedagógicas que integrem o rigor conceitual com a criatividade didática, a experimentação com a reflexão teórica e a contextualização social com a abstração formal. Não obstante, entende-se que há uma necessidade latente de incorporar os aportes do construtivismo, das abordagens investigativas e das metodologias ativas, de modo que o ensino de Física pode tornar-se mais significativo, equitativo e formador de sujeitos capazes de compreender e transformar a realidade com base no pensamento científico.

5 IMPLICAÇÕES DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS E DESAFIOS ATUAIS

A didática da Física, enquanto prática pedagógica voltada à mediação do conhecimento científico, enfrenta um conjunto complexo de desafios que ultrapassam os aspectos técnicos da disciplina e atingem dimensões epistemológicas, curriculares, metodológicas e socioculturais. A discussão contemporânea sobre as implicações didático-pedagógicas do ensino de Física demanda uma reflexão ampla sobre a função formativa da ciência na educação, o papel do professor como agente mediador e os obstáculos estruturais e subjetivos que ainda dificultam o processo de ensino-aprendizagem na área (Chassot, 2003; Zaballa, 1998). Neste contexto, torna-se urgente construir abordagens que articulem os

fundamentos da Física com práticas educacionais críticas, inclusivas e socialmente contextualizadas.

Um dos principais desafios didático-pedagógicos consiste na superação da fragmentação entre teoria e prática, frequentemente observada no ensino de Física. Essa dicotomia manifesta-se tanto na estrutura dos currículos escolares, que tendem a privilegiar uma lógica sequencial, formalista e descontextualizada, — quanto nas práticas docentes que, por vezes, reduzem o ensino à resolução de exercícios e à aplicação de fórmulas. Como afirma Moreira (2011), a aprendizagem significativa em Física requer a construção de pontes cognitivas entre os conceitos científicos e os esquemas mentais dos estudantes, o que só é possível por meio de estratégias que integrem os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de forma articulada.

Tendo em vista esse processo, outra implicação relevante está relacionada à natureza da linguagem científica. A Física possui uma linguagem altamente formal, marcada pela simbologia matemática, pela abstração conceitual e pelo uso de modelos idealizados. Essa característica, embora epistemologicamente necessária à estruturação da disciplina, pode se tornar um entrave pedagógico se não for devidamente mediada pelo professor. Segundo Mortimer e Machado (2000), a linguagem da Física deve ser tratada em sala de aula como um sistema de representação que precisa ser apropriado pelos estudantes gradualmente, por meio de múltiplas estratégias didáticas, como analogias, esquemas visuais, experimentos, dramatizações e recursos tecnológicos. Assim, o professor de Física deve assumir a função de tradutor didático, capaz de converter o discurso científico em linguagem acessível e significativa para os alunos.

Nesse sentido, a formação docente emerge como um elemento-chave para a qualificação do ensino de Física. A ausência de uma formação sólida, tanto em conteúdos específicos quanto em fundamentos pedagógicos, compromete a capacidade do professor de desenvolver práticas inovadoras e críticas. Gatti e Barreto (2009) indicam que muitos docentes ingressam na docência com uma concepção tradicional de ensino, reproduzindo metodologias centradas na exposição oral e na reprodução de exercícios, sem considerar as teorias da aprendizagem e os contextos socioculturais dos estudantes. A formação inicial e continuada deve, portanto, promover a reflexão crítica sobre a prática, o domínio epistemológico da ciência e o desenvolvimento de competências didáticas condizentes com as demandas contemporâneas da educação científica.

Outro aspecto que merece atenção são as desigualdades estruturais que impactam diretamente a efetividade das práticas pedagógicas no ensino de Física. Em muitas escolas públicas, especialmente nas periferias urbanas e em zonas rurais, faltam laboratórios, materiais didáticos, acesso à internet e espaços adequados para a realização de atividades experimentais. Essa carência compromete o potencial da experimentação como ferramenta de aprendizagem e restringe o acesso dos estudantes a experiências significativas com a ciência. Como destaca Hodson (1993), o ensino de Ciências que se limita ao discurso teórico, sem o suporte da atividade prática, corre o risco de tornar-se um exercício vazio e desmotivador.

Além das questões infraestruturais, há os desafios relacionados ao engajamento e à motivação dos estudantes. A Física ainda é percebida por muitos alunos como uma disciplina “difícil”, “abstrata” ou “irrelevante”, o que contribui para

o desinteresse e para a evasão nas áreas de exatas (Moreira, 2011). Para enfrentar essa situação, é necessário adotar estratégias didáticas que valorizem o protagonismo discente, a ludicidade, a contextualização e a interdisciplinaridade. A utilização de temas geradores, como energia, meio ambiente, tecnologia e saúde, pode contribuir para relacionar os conteúdos físicos com questões do cotidiano, despertando o interesse e promovendo o pensamento crítico.

A cultura escolar e as expectativas sociais sobre o papel do professor de Física também influenciam diretamente as práticas pedagógicas. Muitas vezes, espera-se que o docente seja apenas um transmissor de conteúdos técnicos, voltado à preparação para exames vestibulares e avaliações padronizadas. Essa lógica instrucionista limita a autonomia pedagógica do professor e esvazia o potencial formativo da disciplina. Como argumenta Chassot (2003), é preciso resgatar a dimensão humanizadora da ciência no espaço escolar, compreendendo o ensino de Física como uma oportunidade de formação integral dos sujeitos.

Outro desafio atual diz respeito à inserção das tecnologias digitais na prática pedagógica. Embora as TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) ofereçam inúmeras possibilidades para o ensino de Física — como simulações, animações, plataformas interativas e laboratórios virtuais —, sua adoção ainda é incipiente em muitas escolas, seja por falta de recursos, seja por ausência de formação adequada dos professores. O uso pedagógico das tecnologias exige não apenas domínio técnico, mas, sobretudo, intencionalidade educativa, planejamento e criticidade. Conforme Valente (2010), a tecnologia só transforma a educação quando articulada a propostas pedagógicas que rompem com o modelo tradicional e promovem uma aprendizagem ativa, colaborativa e reflexiva.

Ainda no campo das inovações pedagógicas, destaca-se o potencial das metodologias ativas, como a sala de aula invertida, a aprendizagem baseada em projetos e a gamificação. Essas estratégias promovem a participação ativa dos estudantes, favorecendo a resolução de problemas, o trabalho em equipe e a articulação entre teoria e prática. No entanto, sua implementação exige planejamento, flexibilidade curricular e abertura para a experimentação didática. Como observa Zabala (1998), inovar na educação não significa apenas mudar técnicas, mas transformar as relações pedagógicas e os modos de conceber o processo de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, observa-se que as implicações didático-pedagógicas do ensino de Física devem ser compreendidas à luz de uma perspectiva crítica da educação científica. Isso implica reconhecer que o ensino de ciências, longe de ser neutro ou meramente técnico, está implicado em disputas políticas, culturais e ideológicas. Como bem observam Mortimer e Machado (2000), o ensino de Física deve, portanto, contribuir para a formação de sujeitos conscientes, capazes de compreender a ciência como uma construção social e histórica, com impactos diretos na vida das pessoas e no meio ambiente. Assim, esse compromisso ético e político com a educação científica exige um trabalho docente fundamentado, reflexivo e socialmente engajado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões apresentadas ao longo deste artigo evidenciam que a metodologia do ensino de Física não pode ser concebida como um conjunto estático

de técnicas ou práticas descontextualizadas, mas sim como um campo dinâmico e multidimensional, que articula epistemologia, didática e compromisso social. Compreender a natureza da Física, suas especificidades conceituais e seus fundamentos históricos permite repensar profundamente o modo como os conhecimentos físicos são trabalhados no espaço escolar, superando modelos tradicionais que ainda persistem em muitas salas de aula.

O ensino de Física, quando centrado apenas na transmissão de fórmulas e na resolução de exercícios, compromete a aprendizagem significativa e desumaniza a ciência, esvaziando seu potencial formativo. Em contrapartida, abordagens investigativas, construtivistas e interativas, aliadas ao uso consciente das tecnologias digitais e das metodologias ativas, demonstram maior capacidade de engajar os estudantes, promover o pensamento crítico e tornar os conceitos científicos mais compreensíveis e aplicáveis.

Entre os principais desafios estão a necessidade de formação docente sólida e contínua, a superação das desigualdades estruturais nas escolas, a reconstrução da motivação discente frente à Física e a integração efetiva entre teoria e prática. Tais desafios não se resolvem apenas com mudanças curriculares, mas com transformações nas concepções pedagógicas e nos projetos educacionais que orientam o ensino de Ciências.

É urgente compreender o ensino de Física como parte integrante da formação cidadã, com potencial não apenas de desenvolver competências cognitivas, mas de formar sujeitos éticos, reflexivos e capazes de dialogar com os avanços científicos e tecnológicos de maneira crítica. Assim, mais do que ensinar a disciplina de Física, é preciso ensinar com a Física, compreendendo-a como linguagem de leitura e intervenção no mundo.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. **Sala de aula invertida:** uma metodologia ativa de aprendizagem. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 193-217, 2004.
- CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica:** questões e desafios para a educação. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.
- HODSON, Derek. **Ensino de ciências:** contexto, conteúdo e processo. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1993.
- KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas.** 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1970.
- LONGINO, Helen. **The fate of knowledge.** Princeton: Princeton University Press, 2002.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa:** da teoria à prática. São Paulo:

Centauro, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. Concepções alternativas em Física: implicações para o ensino. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 263-281, 2001.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Anna Maria Marques. A construção do conhecimento científico: um estudo sobre representações sociais em sala de aula. In: NARDI, Roberto (Org.). **A pesquisa em ensino de Física no Brasil**: fundamentos, resultados e perspectivas. São Paulo: Escrituras, 2000. p. 215-240.

POPPER, Karl. **Conjecturas e refutações**: o desenvolvimento do conhecimento científico. 4. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1972.

SAVI, Rafael; ULBRICHT, Vânia Regina. Gamificação na educação: uma revisão da literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 1-12, 2008.

VALENTE, José Armando. **Tecnologia educacional**: entre a crítica e a prática. Campinas: Unicamp/NIED, 2010.

VYGOTSKY, Lev Semionovich. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.



Capítulo 4

O ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: CENÁRIOS E PERSPECTIVAS

PHYSICS TEACHING IN BASIC EDUCATION: SCENARIOS AND PERSPECTIVES

RESUMO: O presente artigo propõe uma análise crítica do ensino de Física na Educação Básica no Brasil, com foco em seus cenários atuais e nas perspectivas de transformação. A partir de uma abordagem teórico-bibliográfica, o texto apresenta um breve histórico do ensino da disciplina, evidencia os principais entraves enfrentados pelas escolas e pelos professores na contemporaneidade e propõe caminhos para o fortalecimento dessa área do conhecimento. Entre os fatores discutidos, destacam-se a carência de formação específica dos docentes, a precariedade da infraestrutura escolar, as limitações curriculares impostas pelo Novo Ensino Médio e a necessidade de renovação metodológica. O artigo defende que o fortalecimento do ensino de Física passa pela valorização da profissão docente, pela reestruturação dos cursos de licenciatura, pelo investimento em políticas públicas e pela promoção de práticas pedagógicas investigativas e contextualizadas. Conclui-se que a superação das desigualdades no ensino da Física exige um esforço coletivo, articulando ações institucionais, curriculares e formativas.

Palavras-chave: ensino de Física; educação básica; formação docente; metodologia ativa; política educacional.

ABSTRACT: This article presents a critical analysis of Physics teaching in Basic Education in Brazil, focusing on its current scenarios and transformation perspectives. Based on a theoretical and bibliographic approach, the text outlines a brief history of the discipline's teaching, highlights the main obstacles currently faced by schools and teachers, and proposes paths to strengthen this area of knowledge. Key issues discussed include the lack of specialized teacher training, poor school infrastructure, curriculum restrictions imposed by the New High School reform, and the need for methodological renewal. The article argues that strengthening Physics education requires the valorization of the teaching profession, the restructuring of undergraduate teaching programs, investment in public policies, and the promotion of investigative and contextualized pedagogical practices. It concludes that overcoming inequalities in Physics teaching demands a collective effort that integrates institutional, curricular, and formative actions.

Keywords: physics teaching; basic education; teacher training; active methodology; educational policy.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física na Educação Básica brasileira tem enfrentado, ao longo das últimas décadas, uma série de desafios que envolvem a formação docente, permanência e êxito dos egressos dos cursos de licenciatura e a ausência de políticas educacionais eficazes que valorizem o papel das ciências naturais no processo de formação integral dos estudantes do ensino médio (Freitas; Romeu; Barroso, 2024; Gatti, 2017; Lima; Carneiro, 2024; Moreira, 2021). As alterações realizadas entre 2019 e 2024 do texto aprovando em 2017 sobre as diretrizes do ensino médio também contribui para a inconstância nas políticas públicas da educação.

Embora seja uma disciplina fundamental para a compreensão do mundo natural, da tecnologia e das transformações sociais e ambientais, a Física ainda é tratada, em muitos contextos escolares, de forma desvinculada da realidade dos alunos, excessivamente teórica e desestimulante, muitas vezes voltada apenas para a prova, o que contribui para o desinteresse e baixo rendimento dos alunos (Moreira, 2021; Santos; Motta; Santos, 2025).

Na sociedade contemporânea, permeada por avanços tecnológicos, pela popularização da informação e pela necessidade crescente de letramento científico, o domínio dos conceitos fundamentais da Física torna-se imprescindível (Siqueira, 2023). A Física é uma ciência que fornece as bases conceituais para o entendimento de diversos fenômenos do cotidiano e das tecnologias utilizadas na vida moderna, além de desempenhar um papel crucial na formação de uma consciência crítica e reflexiva (Santos; Silva, 2025; Siqueira, 2023; Souza; Sasseron, 2012). Entretanto, o cenário educacional revela que essa potencialidade ainda não se concretizou plenamente nas escolas brasileiras, em especial no que tange ao ensino médio, etapa em que a disciplina é formalmente incorporada ao currículo de maneira mais robusta (Gonçalves; Lavor; Gomes Oliveira, 2022).

A literatura especializada (F-Silva, 2025; Moreira, 2021; Nesi *et al.*, 2021; Santos; Motta; Santos, 2025; Silva *et al.*, 2018) aponta para diversos fatores que impactam negativamente o ensino de Física. Entre eles, destaca-se a carência de professores licenciados especificamente na área. De acordo com o Censo da Educação Básica, cerca de 56% dos docentes de física são licenciados. Entretanto, uma parte significativa das aulas de Física é ministrada por docentes com formação em outras áreas ou por professores sem formação superior completa (INEP, 2025). Essa realidade compromete a qualidade do ensino, pois limita a capacidade do professor de planejar, contextualizar e aplicar metodologias adequadas ao conteúdo físico e às demandas dos estudantes. Além disso, a precariedade da infraestrutura escolar, a ausência de laboratórios equipados (F-Silva, 2025; Nesi *et al.*, 2021) e a sobrecarga de conteúdos (Moreira, 2018; Nascimento *et al.*, 2026; Saviani, 2016) são elementos que contribuem para a manutenção de um modelo de ensino tradicional, baseado na memorização e na resolução mecânica de exercícios.

Outro elemento importante a ser considerado é a maneira como os conteúdos de Física são abordados nos livros didáticos e nos planos de ensino. Muitas vezes, esses materiais apresentam uma linguagem excessivamente técnica, desprovida de conexões com o cotidiano dos alunos e com os temas transversais contemporâneos, como meio ambiente, saúde e tecnologia. Essa lacuna metodológica compromete a construção de uma aprendizagem significativa e afasta os estudantes de uma relação mais ativa e investigativa com o conhecimento científico, conforme proposto por autores como Ausubel (2003) e Delizoicov, An-

gotti e Pernambuco (2002).

A implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), homologada em 2017, Lei nº 13.415/2017 (Brasil, 2017), e as recentes reformulações do Novo Ensino Médio (Brasil, 2024) trouxeram novos desafios e possibilidades para o ensino de Física. A BNCC propõe uma organização por competências e habilidades, o que exige do professor uma abordagem interdisciplinar e contextualizada dos conteúdos, promovendo o desenvolvimento de competências científicas, argumentativas e investigativas. No entanto, a implementação prática dessas diretrizes ainda encontra dificuldades, principalmente no que diz respeito a formação inicial e continuada (Nicoletti; Cardoso; Nicoletti, 2024), bem como resistências estruturais que marcam o sistema educacional, conforme apontado anteriormente.

Nesse contexto, é imprescindível repensar o lugar da Física na Educação Básica e reavaliar os métodos e finalidades do seu ensino. A disciplina deve ser compreendida não apenas como um conjunto de fórmulas e leis a serem decoradas, mas como uma ferramenta para a leitura crítica da realidade, contribuindo para a formação de sujeitos autônomos, participativos e cientificamente informados. Como destaca Freire (1996), o ato de educar deve ser profundamente comprometido com a realidade dos educandos e voltado para a transformação social. Essa perspectiva também é compartilhada por Hodson (1993), Nascimento *et al.* (2026) e Silva e Sasseron (2021), que defendem um ensino de Ciências que ultrapasse a mera transmissão de conteúdos, promovendo a alfabetização científica e o empoderamento dos cidadãos.

Além disso, é fundamental reconhecer que o ensino de Física não pode estar desvinculado de sua dimensão epistemológica e histórica. Os conteúdos precisam ser apresentados em sua construção histórica, como resultado de processos investigativos, controvérsias científicas e transformações sociais. Essa abordagem, conforme defendem autores como Chassot (2003) e Mortimer (2000), contribui para humanizar o conhecimento científico e aproximá-lo da experiência concreta dos estudantes, tornando a aprendizagem mais envolvente e significativa.

Considerando esse panorama, o presente artigo tem como objetivo central analisar os cenários atuais do ensino de Física na Educação Básica no Brasil, identificando os principais entraves e desafios enfrentados por professores e alunos, bem como discutir as perspectivas possíveis para sua transformação. Trata-se de uma reflexão de base bibliográfica, com aporte teórico-metodológico em estudos clássicos e contemporâneos sobre o ensino de Ciências, a formação docente e as políticas educacionais. Busca-se, com isso, contribuir para o debate educacional e subsidiar práticas pedagógicas mais críticas, inovadoras e comprometidas com a realidade social.

A estrutura deste artigo está organizada da seguinte forma: na seção seguinte, apresenta-se uma breve fundamentação teórica sobre o ensino de Física, suas concepções e propostas metodológicas; na terceira seção, são discutidos os cenários atuais do ensino da disciplina na Educação Básica, com base em dados e estudos recentes; a quarta seção propõe reflexões e caminhos possíveis para o fortalecimento do ensino de Física, considerando experiências exitosas e diretrizes curriculares; por fim, são apresentadas as considerações finais, nas quais se retoma a discussão e se indicam possibilidades de avanços futuros.

2 BREVE HISTÓRICO DO ENSINO DA FÍSICA NO BRASIL: CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS E ABORDAGENS

A trajetória histórica do ensino da Física no Brasil está intrinsecamente vinculada às transformações educacionais, políticas e econômicas que marcaram o país desde o período colonial. Desde os primeiros registros de práticas educativas no Brasil até as reformas curriculares contemporâneas, o ensino da Física passou por diferentes concepções pedagógicas e abordagens metodológicas, que refletem tanto as influências externas, notadamente europeias, quanto as demandas internas da sociedade brasileira.

No período colonial, a educação era quase exclusivamente conduzida por instituições religiosas, especialmente pelos jesuítas, e possuía um caráter humanista e escolástico. Nesse contexto, a Física não era ensinada como disciplina autônoma, mas subordinada à Filosofia Natural, de base aristotélica, que predominava nos colégios (Saviani, 2007). A expulsão dos jesuítas em 1759 e as reformas pombalinas marcaram o início da institucionalização da educação laica e estatal, ainda que de forma tímida. A criação da Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho no Rio de Janeiro, em 1792, foi um dos primeiros espaços formais em que a Física foi ministrada como ciência aplicada à engenharia militar.

Durante o Império e as primeiras décadas da República, o ensino de Física permaneceu elitista e restrito aos cursos superiores, principalmente de engenharia e medicina. A partir da Reforma Francisco Campos (1931) e da Reforma Capanema (1942), durante o Estado Novo, o ensino médio passou por reestruturação, incluindo a organização do chamado “ensino secundário”, que sistematizou o ensino das ciências, incluindo a Física, como componente curricular. No entanto, o modelo adotado privilegiava a memorização de fórmulas e a resolução de problemas matemáticos, com ênfase conteudista e transmissiva (Mortimer, 2000).

Com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 4.024/1961, houve tentativas de modernização do currículo, alinhadas às diretrizes da Conferência de Washington (1960), que preconizava o ensino de Ciências baseado em métodos experimentais e investigação científica, influenciado pelo modelo norte-americano de “science education”. Nesse período, surgiram iniciativas como o Projeto Physica (Brasil-EUA), que introduziu metodologias baseadas na abordagem investigativa e na experimentação sistemática (NARDI, 2005). No entanto, a efetivação dessas propostas encontrou barreiras significativas, como a falta de infraestrutura, de laboratórios e de formação adequada dos docentes.

A ditadura militar (1964–1985) reforçou uma concepção tecnicista da educação, em que a Física era ensinada majoritariamente como instrumento para a formação de mão de obra especializada. A Reforma do Ensino de 1971 (Lei nº 5.692/1971) incorporou as disciplinas de Ciências Físicas e Biológicas no ensino de 1º grau (hoje Ensino Fundamental) e a Física no 2º grau (hoje Ensino Médio), mantendo a ênfase conteudista, com poucos avanços metodológicos significativos.

A partir da década de 1980, emergem novas concepções pedagógicas pautadas na crítica ao ensino tradicional. Influenciados por teorias construtivistas e pela pedagogia histórico-crítica, educadores e pesquisadores passaram a defender um ensino de Física voltado à formação crítica e cidadã. A proposta de ensino por investigação e a abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) ga-

nharam espaço nos debates acadêmicos e nas diretrizes curriculares (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002). Nessa perspectiva, o conhecimento físico deveria ser problematizado, contextualizado e vinculado às experiências concretas dos alunos, superando o reducionismo tecnicista.

A LDB nº 9.394/1996 instituiu uma nova concepção educacional no país, orientada pela democratização do acesso e pela valorização da formação humana. Com isso, o ensino de Física passou a ser compreendido como parte essencial da formação básica. A publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), entre 1997 e 1999, consolidou diretrizes para o ensino de Ciências da Natureza com foco na interdisciplinaridade, no letramento científico e na articulação entre ciência e sociedade (Brasil, 1998).

Mais recentemente, a homologação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em 2017 estabeleceu competências gerais e específicas para o ensino da Física dentro do componente Ciências da Natureza. A BNCC propõe uma abordagem baseada na resolução de problemas, na experimentação, na argumentação científica e na contextualização dos saberes, de modo a desenvolver nos estudantes competências relacionadas à análise crítica, à tomada de decisão e à atuação ética (Brasil, 2018). No entanto, sua implementação efetiva depende de uma série de fatores estruturais e formativos, entre eles a reconfiguração da formação inicial e continuada dos professores.

O Novo Ensino Médio, instituído pela Lei nº 13.415/2017, trouxe implicações significativas para o ensino da Física. Com a adoção do modelo de itinerários formativos, a presença da Física como disciplina obrigatória torna-se limitada, o que tem gerado críticas de educadores e especialistas que alertam para a marginalização das ciências naturais no currículo (Oliveira; Silva; Giordan, 2020; Freitas; Romeu; Barroso, 2024; Gonçalves; Lavor; Gomes Oliveira, 2022). Entrementes, surgem oportunidades para reinvenção do ensino da Física em contextos mais integrados, como projetos interdisciplinares, oficinas e atividades investigativas.

Assim, ao longo de sua história, o ensino de Física no Brasil tem oscilado entre modelos tradicionais, tecnicistas e críticos. As concepções pedagógicas predominantes refletem os contextos sociopolíticos de cada época, revelando avanços e retrocessos. Como observa Nardi (2005), o desafio atual é consolidar um ensino de Física que articule o rigor conceitual com a relevância social, que seja acessível e significativo para todos os estudantes, e que forme cidadãos capazes de compreender criticamente a realidade à sua volta.

Diante desse panorama, pesquisadores como Almeida *et al.* (2024), Gonçalves *et al.* (2022), Moreira (2018) Nesi *et al.* (2021) e Vasconcelos *et al.* (2021) compreendem que é fundamental continuar investindo na formação de professores, no desenvolvimento de materiais didáticos adequados, implementação de metodologias que potencializam a aprendizagem dos alunos e na criação de políticas públicas que promovam o ensino de Física como um direito educacional, científico e cultural. A compreensão da história do ensino da disciplina é essencial para que se possam pensar novas abordagens, mais inclusivas, dialógicas e comprometidas com a transformação da realidade educacional brasileira.

3 CENÁRIOS ATUAIS DO ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

O ensino de Física na Educação Básica brasileira enfrenta atualmente um conjunto de desafios que afetam diretamente a qualidade do aprendizado, o interesse dos alunos e a prática docente. Tais desafios resultam de uma complexa combinação de fatores estruturais, pedagógicos e políticos que, mesmo diante de avanços teóricos e curriculares, limitam o desenvolvimento de uma educação científica efetiva e equitativa. Esta seção propõe uma análise crítica dos principais elementos que caracterizam o atual cenário do ensino de Física, com base em dados empíricos recentes e na literatura especializada da área.

Um dos principais entraves observados é o déficit na formação inicial e continuada dos professores que atuam no ensino de Física. De acordo com dados do Censo Escolar da Educação Básica (INEP, 2025), uma parcela significativa dos docentes que lecionam Física no ensino médio não possui formação específica na área. Muitos são oriundos de outras licenciaturas, como Matemática, Química ou Ciências, e, em casos mais graves, sequer possuem formação superior completa. Essa realidade compromete a abordagem didática dos conteúdos, reduz a segurança conceitual do docente e limita a adoção de metodologias mais investigativas, que exigem domínio epistemológico e pedagógico da disciplina (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002)

A formação continuada também apresenta lacunas, especialmente no que tange à atualização didático-metodológica dos profissionais. Como observa Gatti (2009), a maioria dos programas de formação continuada no Brasil ainda se apresenta de forma desarticulada com as demandas reais da prática docente, sendo, muitas vezes, centrados em modelos de transmissão de conteúdos, sem diálogo com as experiências vividas pelos professores em sala de aula. Tal descompasso torna difícil a implementação de propostas curriculares inovadoras, como aquelas previstas na BNCC, que requerem uma abordagem por competências e habilidades, contextualização interdisciplinar e valorização da experimentação.

Outro fator crítico é a precariedade das condições materiais e estruturais das escolas públicas, que afeta diretamente o ensino de Física. A ausência de laboratórios equipados, a insuficiência de materiais didáticos específicos, como kits experimentais, sensores, softwares de simulação e recursos audiovisuais, limita a realização de aulas práticas e impede a construção de uma aprendizagem significativa. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), a experimentação, quando bem conduzida, é uma ferramenta poderosa para tornar o ensino de Ciências mais próximo da realidade dos alunos e mais envolvente do ponto de vista cognitivo e afetivo. No entanto, a falta de infraestrutura faz com que o ensino de Física se restrinja muitas vezes a aulas expositivas e à resolução mecânica de exercícios.

A desvalorização social e institucional da profissão docente é outro elemento que impacta negativamente o cenário atual. Além dos baixos salários e da sobrecarga de trabalho, muitos professores enfrentam condições de trabalho precárias, múltiplos vínculos empregatícios e ausência de apoio pedagógico e psicológico. Essa realidade tem contribuído para o desinteresse de jovens pela carreira docente em Física, agravando o déficit de profissionais qualificados e comprometidos com a área (Nardi, 2005).

A implementação da BNCC e do Novo Ensino Médio trouxe novas possibilidades e tensões. A BNCC propõe uma abordagem baseada no desenvolvimento

de competências e na contextualização dos conteúdos, o que, em tese, permitiria a articulação da Física com temas contemporâneos relevantes, como sustentabilidade, energia, tecnologia e cidadania. No entanto, sua aplicação efetiva esbarra nas limitações mencionadas anteriormente, além da falta de formação específica para lidar com essa nova lógica curricular. Segundo Gonçalves, Lavor e Gomes Oliveira (2022), há uma disparidade significativa entre o que está prescrito nos documentos oficiais e a realidade escolar, vivenciada dentro e fora da sala de aula, o que reforça a distância entre teoria e prática no ensino da Física.

O Novo Ensino Médio, regulamentado pela Lei nº 13.415/2017, introduziu os chamados itinerários formativos, permitindo uma maior flexibilidade curricular. Contudo, essa flexibilização tem gerado preocupação entre especialistas, pois a não obrigatoriedade da oferta universal da Física nos itinerários pode levar à marginalização da disciplina, comprometendo a formação científica dos estudantes (Santos; Pereira; Veit, 2019). Tal cenário aprofunda as desigualdades educacionais, uma vez que as escolas com melhores condições financeiras e estruturais tendem a ofertar itinerários mais completos e diversificados, enquanto as escolas periféricas enfrentam maiores restrições.

Além dos aspectos estruturais e curriculares, é importante destacar as questões relacionadas à motivação dos alunos e à cultura escolar. Pesquisas indicam que a Física é frequentemente percebida pelos estudantes como uma disciplina difícil, abstrata e distante da realidade (Mortimer, 2000). Essa percepção negativa é reforçada por práticas pedagógicas que desconsideram o repertório cultural dos alunos e por uma cultura escolar que ainda valoriza a memorização e o rendimento em avaliações padronizadas em detrimento do pensamento crítico e criativo.

Portanto, o cenário atual do ensino de Física na Educação Básica brasileira é caracterizado por contradições. De um lado, há avanços teóricos e normativos que propõem um ensino mais crítico, investigativo e contextualizado. De outro, persistem entraves estruturais, formativos e culturais que dificultam a efetivação dessas propostas. Enfrentar esse desafio exige a articulação de políticas públicas consistentes, investimento em infraestrutura, valorização da carreira docente e, sobretudo, o fortalecimento de uma cultura pedagógica comprometida com a transformação social, como propôs Freire (1996).

4 PERSPECTIVAS E CAMINHOS PARA O FORTALECIMENTO DO ENSINO DE FÍSICA

Diante do panorama desafiador que marca o ensino de Física na Educação Básica no Brasil, caracterizado por deficiências na formação docente, carências estruturais, metodologias ultrapassadas e desvalorização social, impõe-se a necessidade de delinear estratégias concretas e de longo prazo que favoreçam o fortalecimento dessa disciplina no contexto escolar. Tais estratégias devem ser compreendidas de forma sistêmica, integrando dimensões curriculares, formativas, políticas e culturais, a fim de garantir um ensino de Física mais acessível, crítico, significativo e transformador.

4.1 Reconfiguração da formação inicial e continuada de professores

Um dos caminhos prioritários para a valorização do ensino de Física passa pela reestruturação da formação inicial dos docentes. Os cursos de Licenciatura em Física, ofertados em universidades públicas e privadas, precisam superar a tradicional dicotomia entre formação científica e formação pedagógica. Ainda hoje, muitos cursos concentram-se excessivamente em conteúdos da Física universitária, dissociados da realidade da escola básica, negligenciando aspectos didáticos, metodológicos e sociais do trabalho docente (Nardi, 2005; Gatti, 2009).

Uma formação inicial de qualidade deve integrar teoria e prática desde os primeiros semestres do curso, promovendo experiências significativas de docência em ambientes escolares reais, aliadas à reflexão crítica sobre os saberes da área e suas implicações sociais. Além disso, é fundamental garantir que os futuros professores tenham acesso a discussões epistemológicas da ciência, a debates sobre diversidade cultural, inclusão e uso de tecnologias no ensino.

No campo da formação continuada, destaca-se a necessidade de programas estruturados, permanentes e territorialmente articulados às redes públicas de ensino. Diferentemente de cursos pontuais ou esporádicos, é essencial construir comunidades de aprendizagem docente, baseadas na troca de experiências, análise de práticas, estudo de casos e produção colaborativa de materiais pedagógicos. As universidades e os institutos federais podem cumprir papel fundamental nesse processo, atuando como polos de formação regionalizados, em parceria com secretarias de educação e escolas (Fernandes; Vianna, 2024; Lima; Carneiro, 2024).

4.2 Inovação metodológica e foco na aprendizagem significativa

Outra frente indispensável ao fortalecimento do ensino de Física reside na adoção de metodologias ativas e contextuais, capazes de promover aprendizagens significativas. A abordagem tradicional, centrada na exposição verbal e na resolução de exercícios repetitivos, ainda prevalece em muitas escolas, contribuindo para a percepção da Física como uma disciplina árida, abstrata e desmotivadora (Mortimer, 2000; Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002; Nunes Silva et al., 2023; Studart, 2021).

A superação desse modelo exige a incorporação de práticas pedagógicas investigativas, nas quais os alunos assumam papel ativo no processo de construção do conhecimento. O ensino por investigação científica, por exemplo, propõe a organização de situações-problema, experimentação, coleta e análise de dados, formulação de hipóteses e argumentação, promovendo o desenvolvimento de competências cognitivas, comunicativas e sociais (Araújo; Della Justina, 2022; Miranda; Paiva; De-Carvalho, 2023; Moura; Nunes; Sedano, 2023; Sasseron; Carvalho, 2008).

A aprendizagem baseada em projetos (ABP) e a metodologia STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) também oferecem possibilidades potentes para articular a Física com outras áreas do saber e com problemas reais do cotidiano (Campos et al., 2022; Carvalho, 2021). Nessa perspectiva, a Física deixa de ser apresentada como um corpo fechado de verdades prontas e

passa a ser compreendida como construção humana, histórica e cultural, permeada por controvérsias, aplicações sociais e implicações éticas.

Além disso, o uso de tecnologias digitais, como simuladores, softwares interativos, vídeos educativos, experimentação remota e realidade aumentada, pode ampliar significativamente o repertório metodológico dos professores, especialmente em contextos em que os recursos materiais são escassos. No entanto, a mera presença de tecnologias não garante inovação pedagógica: é necessário que seu uso esteja articulado a objetivos de aprendizagem claros, a estratégias de mediação efetiva e ao desenvolvimento do pensamento crítico.

4.3. Revisão crítica das políticas curriculares e do novo ensino médio

O atual modelo do Novo Ensino Médio representa, simultaneamente, um desafio e uma oportunidade para o ensino de Física. A introdução dos itinerários formativos e da flexibilização curricular ampliou a autonomia das escolas, mas também trouxe riscos de exclusão de disciplinas como a Física da formação geral dos estudantes (Gonçalves; Lavor; Gomes Oliveira, 2022; Santos; Pereira; Veit, 2019).

Para garantir que todos os alunos tenham acesso efetivo à formação científica, é necessário revisar a forma como os itinerários estão sendo organizados nas redes estaduais e ampliar o debate sobre a obrigatoriedade de componentes essenciais à educação científica e tecnológica. A BNCC, ao enfatizar competências e habilidades, requer que os professores de Física atuem com maior intencionalidade pedagógica, desenvolvendo sequências didáticas que articulem teoria e prática, interdisciplinaridade e cidadania.

Nesse sentido, as políticas públicas educacionais devem assegurar a presença qualificada da Física nos currículos e prover condições reais para sua implementação. Isso inclui investimento em infraestrutura, apoio pedagógico, materiais didáticos de qualidade, formação docente continuada e participação efetiva dos professores nos processos de elaboração e avaliação curricular.

4.4 Valorização da profissão docente e melhoria das condições de trabalho

Nenhuma proposta de fortalecimento do ensino de Física será eficaz sem a valorização concreta da carreira docente. A desvalorização salarial, a precarização das condições de trabalho e a sobrecarga administrativa impõem sérios obstáculos à atuação dos professores, desestimulando a permanência na profissão e afastando jovens talentos da docência em Física.

A valorização docente passa pela implementação de planos de carreira justos, salários compatíveis com a responsabilidade profissional, estabilidade, condições adequadas de trabalho e acesso a oportunidades formativas. Além disso, é urgente promover a saúde mental dos professores, com políticas institucionais de escuta, acolhimento e apoio psicológico, frente ao aumento de casos de adoecimento decorrente do estresse e da sobrecarga emocional.

4.5 Integração entre escola, universidade e comunidade

Outro caminho promissor para o fortalecimento do ensino de Física é a intensificação do diálogo entre escolas, universidades e comunidades. Os projetos de extensão universitária que envolvem licenciandos em Física, professores da rede básica e estudantes podem contribuir para a inovação pedagógica, a formação docente e a produção de conhecimentos contextualizados (Wanke; Dos Santos, 2025).

A aproximação da escola com a realidade sociocultural dos alunos também se revela fundamental. A Física pode ser ensinada a partir de temas presentes no cotidiano das comunidades, como o funcionamento de aparelhos eletrônicos, os impactos ambientais de matrizes energéticas, a mobilidade urbana ou a tecnologia nos sistemas de comunicação. Essa abordagem territorializada favorece o engajamento dos estudantes e a construção de saberes socialmente relevantes (Pykocz; Cerignoni Benites, 2022; Vieira *et al.*, 2022).

4.6 Promoção da cultura científica e popularização da física

Por fim, o ensino de Física deve ser articulado a ações mais amplas de promoção da cultura científica, com o objetivo de despertar o interesse dos jovens pelas ciências e ampliar a compreensão pública da ciência. Feiras de ciências, olimpíadas de Física, clubes de ciência, mostras científicas e atividades em museus e centros de ciências são exemplos de estratégias eficazes para criar uma cultura de valorização da ciência e da experimentação.

A democratização da Física depende, também, de estratégias comunicacionais acessíveis e inclusivas, que valorizem a diversidade cultural, racial e de gênero, rompendo com estereótipos excludentes que ainda persistem nas imagens sobre cientistas e sobre a disciplina. A presença de meninas, jovens negros, indígenas e pessoas com deficiência no campo das ciências deve ser incentivada desde os primeiros anos escolares, mediante práticas pedagógicas inclusivas e representativas (Detoni, 2021; Figueiredo *et al.*, 2025; Ramos; Silva; Pantoja, 2022; Schumacker; Leonel, 2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Física na Educação Básica brasileira revela um campo permeado por desafios históricos, estruturais, pedagógicos e políticos, mas também por possibilidades concretas de transformação. A análise desenvolvida neste artigo demonstrou que, apesar dos avanços normativos e epistemológicos registrados nas últimas décadas, ainda persistem entraves que limitam a efetividade do ensino da disciplina, como a formação deficitária de professores, a precariedade das condições escolares, a rigidez metodológica e a desvalorização da profissão docente.

Entretanto, ao mesmo tempo em que o cenário é marcado por contradições, ele também oferece oportunidades. A reestruturação da formação inicial e continuada de professores, a incorporação de metodologias ativas e investigativas, a valorização da carreira docente e o fortalecimento das relações entre escola, universidade e comunidade representam caminhos viáveis para reverter o quadro

atual. Ademais, a revisão crítica do Novo Ensino Médio e das políticas curriculares é urgente, para assegurar a presença qualificada da Física como componente essencial à formação científica dos estudantes.

Fortalecer o ensino de Física é, portanto, uma tarefa estratégica para o desenvolvimento científico, social e educacional do país. Trata-se de construir um ensino mais significativo, crítico e inclusivo, capaz de formar sujeitos autônomos, conscientes e preparados para os desafios do século XXI.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Ricardo Santos de et al. Itinerários Formativos No Novo Ensino Médio E Os Desafios Para A Educação No Brasil. **IOSR Journal Of Humanities And Social Science**, 4. v. 29, n. 3, p. 37–42, 2024.
- ARAÚJO, Luiz Carlos Marinho De; DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida. O ensino investigativo como abordagem metodológica para alfabetização científica: enfoque na Base Nacional Comum Curricular. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 1–22, 21 jun. 2022.
- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <<https://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2025.
- BRASIL. Lei no 13.415 de 16 de fevereiro de 2017. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=13415&ano=2017&ato=115MzZE5EeZpWT9be>>. Acesso em: 5 dez. 2025.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 5 dez. 2025.
- BRASIL. Resolução CNE/CP No 4, de 29 de maio de 2024. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-cne/cp-n-4-de-29-de-maio-de-2024-563084558>>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- CAMPOS, Denise Caldas et al. A abordagem STEAM e suas tendências pedagógicas e metodológicas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, p. e190111537148, 14 nov. 2022.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de física**. São Paulo: Cengage Learning, 2021.
- CHASSOT, Attico. **A ciência através dos tempos**. 7. ed. São Paulo: Moderna, 2003.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- DETONI, Hugo dos Reis. Investigando a compreensão conceitual em física de alunos do ensino médio e o surgimento da “lacuna de gênero”. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210113, 2021.
- FERNANDES, Sandro Soares; VIANNA, Deise Miranda. O Proenfis, a sala de aula e o Ensino de Física. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 30, p. e24042, 2024.
- FIGUEIREDO, Rosana Mendes Éleres De et al. Educação Inclusiva na Perspectiva da Interseccionalidade: Trilhando um Caminho Anticapacitista. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 45, n. spe2, p. e298329, 2025.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, Nairys Costa De; ROMEU, Mairton Cavalcante; BARROSO, Maria Cleide Da Silva. Análise crítica das reformas curriculares do Ensino Médio: implicações para o ensino de Ciências da Natureza. **Educar em Revista**, v. 40, p. e94740, 2024.

F-SILVA, Marcionilio. **Desafios do ensino de física nas escolas públicas brasileiras**. Aurum Editora, p. 131–143, 2025.

GATTI, Bernardete Angelina. **Formação de professores: condição para uma nova escola**. São Paulo: EDUSP, 2009.

GONÇALVES, Rogério; LAVOR, Otávio Paulino; GOMES OLIVEIRA, Elrismar Auxiliadora. Ensino de física no ensino médio: análise das determinações da BNCC. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 10, n. 25, p. 330–345, 18 nov. 2022.

HODSON, D. *Reorienting the curriculum*. **Science Education**, v. 77, n. 4, p. 534–560, 1993.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar da Educação Básica 2021: resumo técnico**. Brasília: INEP, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/>. Acesso em: 5 jul. 2025.

INEP. **Censo Escolar da Educação Básica 2024: resumo técnico**. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-escolar>>. Acesso em: 5 nov. 2025.

LIMA, Bertrand Luiz Corrêa; CARNEIRO, Reginaldo Fernando. Programa de Residência Docente na Formação de Professores Iniciais. **Educação & Realidade**, v. 49, p. e135423, 2024.

MARTINS, Quesle da Silva et al. O livro de física: uma breve análise da legibilidade textual. **Revista do Professor de Física**, v. 9, n. 1, p. 591–612, 2025.

MIRANDA, Sabrina do Couto de; PAIVA, Raissa Freire Santos de; DE-CARVALHO, Plauto Simão. O ensino de ciências por investigação e o ensino de física: contribuições na educação básica. **Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais** (2238-3565), v. 12, n. 1, p. 65–88, 2023.

MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 73–80, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, n. suppl 1, p. e20200451, 2021.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

MOURA, Antonio Reynaldo Meneses; NUNES, Teresa Beatriz Bueno; SEDANO, Luciana. Construção e análise de uma sequência de ensino investigativo: as necessárias conexões com o ensino por investigação. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 14, n. 3, p. 1–22, 13 jul. 2023.

NARDI, R. (org.). **A pesquisa no ensino de Física: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras Editora, 2005.

NASCIMENTO, Antonio Anderson Brito do et al. Do currículo à prática docente: a autonomia discente nos processos de ensino e aprendizagem. **Práticas Educativas, Memórias e Oralidades - Rev. Pemo**, v. 8, p. e14873, 2026.

OLIVEIRA, L. H. M.; SILVA, L. F. R.; GIORDAN, M. *Repercussões da reforma do ensino médio no ensino de Física: análise crítica e desafios*. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 14–33, 2020.

NESI, Elisângela Rovaris et al. Perspectivas e desafios atuais no ensino de física. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 17285–17298, 20 fev. 2021.

NICOLETTI, Lucas Portilho; CARDOSO, Vinícius Denardin; NICOLETTI, Arlete Guisso Sca-

- ramuzza Portilho. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e a Formação Continuada de Professores. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 17, n. 3, p. 181–197, 2024.
- NUNES SILVA, Kercia et al. As metodologias ativas no ensino de Física: uma análise de publicações referentes ao ensino fundamental e médio. In: KOCHHANN, Andrea Kochhann; OLIVEIRA DE SOUZA, Jucilene (Eds.). **Reflexões sobre o Ensino e a Educação**. [S.l.]: Editora Licuri, 2023. p. 170–184.
- PYKOCZ, Danielle; CERIGNONI BENITES, Larissa. Integração do currículo: contextualização e temas transversais. **Retratos da Escola**, v. 16, n. 36, p. 1073–1089, 22 dez. 2022.
- RAMOS, Iasmin; SILVA, Andrey Camurça da; PANTOJA, Glauco Cohen F. GÊNERO E RAÇA: UM ESTUDO SOBRE AUTOEFICÁCIA EM FÍSICA DE ALUNOS UNIVERSITÁRIOS. **Cadernos de Pesquisa**, v. 52, p. e08465, 2022.
- SANTOS, Danilo Lopes; SILVA, Fernando César. As relações entre as dimensões da Alfabetização Científica e Tecnológica e a mobilização conjunta dos domínios do conhecimento científico. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 27, p. e60445, 2025.
- SANTOS, Felipe C.; PEREIRA, Eder C.; VEIT, Eliane A. *Ensino médio em disputa: itinerários formativos e o lugar da Física*. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 293–321, 2019.
- SANTOS, Mônica dos; MOTTA, Darlan Duvoizem; SANTOS, Danilo Sande. Análise do ensino de Física no ensino médio: perspectivas dos alunos e práticas pedagógicas. **Vitruvian Cogitationes**, v. 6, p. e025005, 20 fev. 2025.
- SASSERON, Luciana H.; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Ensino de Ciências por investigação: conceitos e proposições. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 2, p. 181201, 2008.
- SAVIANI, Dermeval. EDUCAÇÃO ESCOLAR, CURRÍCULO E SOCIEDADE: o problema da Base Nacional Comum Curricular. **Movimento-revista de educação**, n. 4, p. 54–84, 2016.
- SAVIANI, Dermeval. **História das ideias pedagógicas no Brasil**. 7. ed. Campinas, SP: Editora Autores Associados, 2024.
- SCHUMACKER, Kelley Cristina; LEONEL, André Ary. Inclusão de estudantes surdos no Ensino de Física: estratégias didático-metodológicas utilizadas nas pesquisas brasileiras. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 31, p. e25055, 2025.
- SILVA, Patrick Oliveira da et al. OS DESAFIOS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO. **Revista Científica FAEMA**, v. 9, n. 2, p. 829–834, 2018.
- SILVA, Maíra Batistoni E.; SASSERON, Lúcia Helena. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E DOMÍNIOS DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: PROPOSIÇÕES PARA UMA PERSPECTIVA FORMATIVA COMPROMETIDA COM A TRANSFORMAÇÃO SOCIAL. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 23, p. e34674, 2021.
- SIQUEIRA, Kleber Saldanha. Letramento científico e literacia no ensino da física para a inclusão tecnológica. **Revista Processando o Saber**, v. 15, n. 1, p. 113–128, 2023.
- SOUZA, Vitor Fabrício Machado; SASSERON, Lucia Helena. As interações discursivas no ensino de física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 18, n. 3, p. 593–611, 2012.
- STUDART, Nelson. Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1–24, 12 abr. 2021.
- VASCONCELOS, Joyciane Coelho et al. Infraestrutura escolar e investimentos públicos em Educação no Brasil: a importância para o desempenho educacional. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 29, p. 874–898, 2021.
- VIEIRA, Kelmara Mendes et al. Os temas transversais na Base Nacional Comum Curricular: da legislação à prática. **Educação: Teoria e Prática**, v. 32, n. 65, p. e04, 2022.

WANKE, Cesar Henrique; DOS SANTOS, Adelcio Machado. O CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA NA UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA: Uma discussão sobre o seu papel como serviço à educação básica. **Extensão em Foco** (ISSN: 2317-9791), v. 13, n. 1, p. 24–43, 4 set. 2025.



Capítulo 5

ANÁLISE DA FÍSICA COMO CIÊNCIA FUNDAMENTAL PARA A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

ANALYSIS OF PHYSICS AS A FUNDAMENTAL SCIENCE FOR TECHNOLOGICAL INNOVATION

RESUMO: Este artigo analisa a Física como ciência fundamental para a inovação tecnológica, destacando sua importância histórica, interdisciplinaridade e impactos nas tecnologias contemporâneas. Inicialmente, são discutidos os marcos teóricos da Física, desde a Revolução Científica até os avanços do século XX, que possibilitaram o surgimento de inovações cruciais, como a microeletrônica e a energia nuclear. A interdisciplinaridade é abordada como um fator estratégico, evidenciando a integração da Física com outras áreas do conhecimento para enfrentar desafios complexos em saúde, meio ambiente e energia. O texto também explora tecnologias emergentes derivadas da física, incluindo a nanotecnologia, a computação quântica e a fusão nuclear, enfatizando tanto as oportunidades quanto os desafios éticos e sociais relacionados. Por fim, ressalta-se a necessidade de investimentos em ciência básica, formação interdisciplinar e políticas públicas inclusivas para garantir que a Física continue sendo um motor central da inovação e do desenvolvimento sustentável. O estudo reforça o papel estratégico da Física no cenário científico e tecnológico contemporâneo, destacando sua contribuição essencial para o progresso social e econômico.

Palavras-chave: Física fundamental; inovação tecnológica; interdisciplinaridade; tecnologias emergentes.

ABSTRACT: This article analyzes Physics as a fundamental science for technological innovation, highlighting its historical importance, interdisciplinarity, and impacts on contemporary technologies. Initially, it discusses the theoretical milestones of Physics, from the Scientific Revolution to twentieth-century advances, which enabled the emergence of crucial innovations such as microelectronics and nuclear energy. Interdisciplinarity is addressed as a strategic factor, emphasizing the integration of Physics with other fields to tackle complex challenges in health, environment, and energy. The text also explores emerging technologies derived from physics, including nanotechnology, quantum computing, and nuclear fusion, emphasizing both opportunities and ethical and social challenges. Finally, it highlights the need for investment in basic science, interdisciplinary education, and inclusive public policies to ensure that Physics remains a central driver of innovation and sustainable development. The study reinforces the strategic role of Physics in the contemporary scientific and technological landscape, emphasizing its essential contribution to social and economic progress.

Keywords: Fundamental physics; technological innovation; interdisciplinarity; emerging technologies.

1 INTRODUÇÃO

A Física, como ciência fundamental, ocupa posição central no avanço do conhecimento humano e na transformação tecnológica que molda o mundo contemporâneo. Desde as civilizações antigas, quando conceitos rudimentares sobre o movimento dos astros, a mecânica de objetos e as propriedades da matéria começaram a ser observados e registrados, até os sofisticados experimentos atuais em aceleradores de partículas e pesquisas em nanotecnologia, a Física tem servido como alicerce para compreender e manipular a realidade natural. Sua importância não reside apenas na explicação dos fenômenos naturais, mas também na capacidade de gerar soluções inovadoras que impulsionam o desenvolvimento econômico, social e cultural.

Historicamente, a Física desempenhou papel decisivo em momentos de ruptura científica e tecnológica. A Revolução Científica, nos séculos XVI e XVII, alicerçada por nomes como Galileu Galilei, Johannes Kepler e Isaac Newton, estabeleceu metodologias experimentais e formulações matemáticas que redefiniram a relação entre teoria e prática. As leis de Newton, por exemplo, não apenas explicaram o movimento de corpos celestes e terrestres, mas também forneceram as bases para a engenharia moderna e a mecânica industrial. No século XIX, descobertas no campo do eletromagnetismo, lideradas por cientistas como Michael Faraday e James Clerk Maxwell, abriram caminho para tecnologias que hoje são indispensáveis, como sistemas de geração e distribuição de energia elétrica e as telecomunicações.

Com o advento do século XX, a Física passou por outra transformação profunda. A teoria da relatividade, formulada por Albert Einstein, e a mecânica quântica, desenvolvida por físicos como Niels Bohr, Werner Heisenberg e Erwin Schrödinger, expandiram os horizontes conceituais e práticos da ciência, permitindo avanços que resultaram no desenvolvimento de tecnologias como o laser, os semicondutores e os sistemas de GPS. Esses marcos ilustram como a pesquisa em Física, mesmo quando inicialmente teórica, frequentemente se traduz em inovações tecnológicas com impacto direto na sociedade.

No contexto contemporâneo, a interdependência entre Física e tecnologia tornou-se ainda mais evidente. A compreensão e manipulação da matéria em escalas nanométricas, por exemplo, resultaram em materiais com propriedades inéditas, aplicados em setores como medicina, eletrônica e energia renovável. A exploração de fenômenos quânticos está abrindo portas para uma nova geração de tecnologias de informação e comunicação, incluindo a computação quântica e a criptografia avançada. Em paralelo, pesquisas em Física de partículas, astrofísica e física de plasmas continuam a fornecer subsídios para tecnologias emergentes que poderão redefinir setores inteiros da economia.

Nesse cenário, a inovação tecnológica não pode ser compreendida como um fenômeno isolado, restrito ao desenvolvimento industrial ou ao empreendedorismo, mas sim como um processo profundamente enraizado em descobertas científicas. A Física, com seu caráter investigativo e sua capacidade de formular modelos precisos da realidade, desempenha papel crucial nesse processo. A relação entre teoria e prática, característica marcante dessa ciência, permite que ideias aparentemente abstratas se materializem em dispositivos, processos e sistemas que transformam o cotidiano.

Todavia, essa relação não está isenta de desafios. A distância entre pesquisa

básica e aplicação prática ainda é um obstáculo em muitos contextos, especialmente em países em desenvolvimento, onde investimentos em ciência e tecnologia são frequentemente insuficientes. Além disso, a complexidade das questões contemporâneas – como as mudanças climáticas, a transição energética e as demandas por tecnologias sustentáveis – exige uma abordagem interdisciplinar, na qual a Física interaja de forma orgânica com outras áreas do conhecimento, como a engenharia, a biotecnologia, a ciência da computação e as ciências sociais aplicadas.

A presente análise parte do pressuposto de que compreender o papel da Física como ciência fundamental para a inovação tecnológica é essencial para delinear estratégias de desenvolvimento científico e econômico. Mais do que um campo do saber restrito a laboratórios e academias, a Física se apresenta como motor de transformações estruturais, capaz de moldar paradigmas produtivos e ampliar as fronteiras da capacidade humana de intervir na natureza. Nesse sentido, estudar essa relação não é apenas um exercício acadêmico, mas também uma necessidade estratégica para sociedades que aspiram a um desenvolvimento sustentável e competitivo.

O objetivo geral deste artigo é analisar como a Física, enquanto ciência fundamental, sustenta e impulsiona processos de inovação tecnológica em diferentes contextos históricos e contemporâneos. Especificamente, busca-se: (i) discutir a evolução histórica da Física e suas contribuições tecnológicas; (ii) examinar casos em que descobertas teóricas resultaram em aplicações práticas de alto impacto; (iii) refletir sobre os desafios e perspectivas para a integração entre pesquisa física e desenvolvimento tecnológico nas próximas décadas.

A estrutura do texto foi organizada de forma a permitir uma compreensão gradual e integrada do tema. Após esta introdução, apresenta-se uma fundamentação teórica que contextualiza o papel da Física como ciência e suas interfaces com o desenvolvimento tecnológico. Em seguida, discute-se a atuação da Física como motor da inovação contemporânea, exemplificando com tecnologias derivadas de seus avanços. Por fim, abordam-se os desafios, perspectivas futuras e as considerações finais, que sintetizam a discussão e apontam caminhos para fortalecer essa relação estratégica.

Assim, ao longo desta análise, pretende-se demonstrar que a Física não apenas explica o mundo – ela o transforma. Ao alinhar a investigação científica a processos de inovação, a Física se consolida como vetor essencial para enfrentar os desafios do presente e construir soluções para o futuro. A compreensão dessa dinâmica é, portanto, um passo indispensável para projetar um desenvolvimento tecnológico sólido, ético e sustentável.

2 A FÍSICA COMO CIÊNCIA FUNDAMENTAL

A Física ocupa um lugar singular no conjunto das ciências naturais, não apenas por seu objeto de estudo – os fenômenos da natureza e as leis que os regem – mas também por sua estrutura epistemológica, que combina observação empírica, modelagem matemática e experimentação controlada. Desde a Antiguidade, pensadores como Aristóteles buscaram compreender a *physis*, termo grego que designava a natureza e seus princípios constitutivos, embora com uma abordagem ainda qualitativa e especulativa (Koyré, 1991). A transição para

uma Física moderna ocorreu com a Revolução Científica dos séculos XVI e XVII, quando a investigação passou a se apoiar na matematização dos fenômenos e na verificação experimental sistemática, como proposto por Galileu Galilei, René Descartes e consolidado por Isaac Newton.

A formulação das leis do movimento e da gravitação universal por Newton (1687) constituiu um marco para a ciência, ao estabelecer um modelo unificado para explicar tanto o movimento dos corpos celestes quanto o dos objetos na Terra. Essa unificação representou mais que um avanço teórico: ela forneceu a base conceitual e metodológica para a engenharia mecânica, a navegação e a construção de máquinas, inaugurando uma relação intrínseca entre Física e tecnologia (Machamer, 1998). Segundo Kuhn (2009), a Física newtoniana não apenas consolidou um paradigma científico, mas também instaurou um modo de pensar baseado na previsibilidade e na modelagem matemática da realidade, que até hoje orienta a produção de conhecimento.

No século XIX, o avanço da Física foi marcado pela integração de campos de estudo antes considerados independentes. O eletromagnetismo, sistematizado por James Clerk Maxwell, demonstrou que eletricidade, magnetismo e luz são manifestações de um mesmo fenômeno físico, representado por equações diferenciais que permitiram não apenas prever comportamentos, mas também inspirar tecnologias como o telégrafo, o rádio e, posteriormente, as telecomunicações modernas (Hunt, 2011). Essa capacidade de gerar modelos unificadores é um traço distintivo da Física enquanto ciência fundamental, pois amplia sua aplicabilidade a diversas áreas do conhecimento e da prática tecnológica.

O século XX trouxe um duplo abalo nos paradigmas clássicos: a teoria da relatividade e a mecânica quântica. A relatividade especial (1905) e geral (1915), propostas por Albert Einstein, reformularam conceitos essenciais como espaço, tempo, massa e gravidade, com implicações práticas que vão desde a precisão dos sistemas de posicionamento global (GPS) até tecnologias de energia nuclear (Pais, 2005). Por sua vez, a mecânica quântica, desenvolvida por Max Planck, Niels Bohr, Werner Heisenberg e Erwin Schrödinger, revelou um mundo subatômico governado por probabilidades, introduzindo princípios que possibilitaram a criação de semicondutores, lasers e métodos avançados de diagnóstico por imagem (Rosenfeld, 1987). Essas transformações ilustram que a Física, mesmo quando motivada por questões teóricas, possui um potencial transformador de natureza eminentemente prática.

Weinberg (1992) argumenta que a Física é a mais fundamental das ciências, pois busca descrever as leis mais gerais que governam o universo, servindo de base conceitual para as demais ciências naturais e, por extensão, para a engenharia e a tecnologia. Essa característica explica por que a Física desempenha um papel estruturante nos currículos de formações científicas e tecnológicas, funcionando como matriz conceitual para áreas como química, biologia molecular, ciência dos materiais, geociências e ciências da computação.

No cenário atual, a Física não se limita a investigar fenômenos naturais; ela atua também como vetor de inovações que respondem a demandas sociais e econômicas. Pesquisas em física do estado sólido têm levado ao desenvolvimento de materiais com propriedades inéditas, como os supercondutores de alta temperatura e os metamateriais, que possibilitam o controle da luz e do som de maneiras antes inimagináveis (Smith *et al.*, 2004). Já na física de partículas, expe-

rimentos conduzidos no Grande Colisor de Hádrons (LHC) não apenas buscam compreender a estrutura última da matéria, mas também promovem avanços tecnológicos em instrumentação, computação distribuída e análise de dados em larga escala (Evans, 2014).

Outro aspecto que reforça o caráter fundamental da Física é sua natureza interdisciplinar. A interface entre Física e Medicina, por exemplo, é responsável por tecnologias como a ressonância magnética nuclear (RMN) e a tomografia por emissão de pósitrons (PET), que combinam princípios da física nuclear, eletromagnetismo e processamento de sinais (Bushberg *et al.*, 2012). Na área ambiental, a Física contribui para modelar o clima, prever fenômenos meteorológicos e desenvolver fontes de energia limpa, como a solar fotovoltaica e a eólica, que dependem de fundamentos da óptica, da termodinâmica e da mecânica dos fluidos (Boyle *et al.*, 2012).

Ainda assim, como destacam Hestenes (1997) e Menezes (2020), a compreensão pública da Física e sua valorização como ciência fundamental encontram barreiras, especialmente em contextos educacionais onde o ensino é excessivamente formalista e dissociado das aplicações concretas. Essa lacuna entre teoria e aplicação pode comprometer a formação de novos cientistas e engenheiros, bem como a capacidade de países em desenvolvimento de transformar conhecimento científico em inovação tecnológica.

Assim, a Física pode ser entendida como uma ciência de dupla função: descritiva e projetiva. Descritiva porque busca compreender os princípios fundamentais que regem a natureza; projetiva porque, a partir dessa compreensão, gera tecnologias e soluções que moldam o futuro. Essa dupla função não é circunstancial, mas constitutiva, pois a própria lógica da pesquisa em Física conduz inevitavelmente à criação de instrumentos e métodos que, por sua vez, se tornam aplicáveis a problemas práticos. É nesse sentido que Feynman (1994) afirma que “a Física é como um alicerce sobre o qual se constrói todo o edifício do conhecimento tecnológico”.

Portanto, como compreende Menezes (2020), compreender a Física como ciência fundamental implica reconhecer não somente a sua relevância histórica e teórica, mas também sua função estratégica no desenvolvimento científico e tecnológico contemporâneo. Sua capacidade de articular conceitos universais com aplicações concretas a coloca no centro de qualquer projeto de inovação de longo prazo, especialmente num mundo em que as fronteiras entre ciência pura e aplicada se tornam cada vez mais tênues.

3 FÍSICA E O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO NA HISTÓRIA

A relação entre a Física e o desenvolvimento tecnológico é indissociável e remonta às primeiras tentativas humanas de compreender e controlar os fenômenos naturais. Desde os instrumentos rudimentares da Antiguidade, baseados na observação empírica, até os complexos dispositivos contemporâneos baseados em princípios quânticos, a evolução tecnológica foi constantemente moldada por descobertas e avanços teóricos da Física (Menezes, 2020). Essa interação não se dá de forma linear, mas em um processo dinâmico no qual a investigação científica gera inovações tecnológicas, que por sua vez possibilitam novos avanços científicos, num ciclo de retroalimentação.

Na Antiguidade, embora a Física ainda não existisse como disciplina estruturada, muitos conceitos fundamentais foram intuídos e aplicados. A mecânica prática empregada pelos engenheiros egípcios e gregos permitiu a construção de obras monumentais como as pirâmides e os templos, utilizando princípios de alavanca e plano inclinado já descritos por Arquimedes (Koyré, 1991). No mundo greco-romano, o estudo do movimento dos astros, realizado por astrônomos como Hiparco e Ptolomeu, estabeleceu as bases para a astronomia observacional, ainda que fortemente vinculada a uma cosmologia geocêntrica.

A grande ruptura ocorreu durante a Revolução Científica dos séculos XVI e XVII. Galileu Galilei, ao introduzir o método experimental e o uso sistemático da matemática para descrever fenômenos naturais, estabeleceu um novo paradigma científico (Machamer, 1998). Seus estudos sobre a queda dos corpos e o movimento dos projéteis, combinados com o aperfeiçoamento de instrumentos como o telescópio, não apenas ampliaram o conhecimento do universo, mas também forneceram subsídios diretos para tecnologias militares e náuticas. Posteriormente, Isaac Newton, com a publicação dos *Principia Mathematica* em 1687, formulou as leis do movimento e da gravitação universal, criando um arcabouço teórico que orientaria o desenvolvimento tecnológico durante mais de dois séculos (Kuhn, 2009).

O século XVIII marcou o início da Revolução Industrial, período em que a Física aplicada foi decisiva para o desenvolvimento de máquinas e processos produtivos. A termodinâmica emergiu como campo central, impulsionada pela necessidade de compreender e otimizar o funcionamento das máquinas a vapor. Pesquisas de cientistas como Sadi Carnot, James Watt e Lord Kelvin estabeleceram os princípios fundamentais da conversão de energia e da conservação, elementos que não apenas viabilizaram a mecanização da produção, mas também deram origem a conceitos essenciais para a engenharia moderna (Cardwell, 1994).

No século XIX, a unificação da eletricidade e do magnetismo por Michael Faraday e James Clerk Maxwell representou um marco histórico. As equações de Maxwell, publicadas entre 1861 e 1865, não só descreveram com precisão os fenômenos eletromagnéticos, como também previram a existência de ondas eletromagnéticas, abrindo caminho para a invenção do rádio, do telégrafo sem fio e, mais tarde, das telecomunicações (Hunt, 2011). Essa fase ilustra o papel da Física como geradora de inovações disruptivas, cujas aplicações redefinem setores inteiros da economia e da sociedade.

O século XX testemunhou avanços sem precedentes, alicerçados em duas revoluções científicas: a teoria da relatividade e a mecânica quântica. A relatividade especial (1905) e a geral (1915), de Albert Einstein, não apenas reformularam a compreensão de espaço, tempo e gravidade, como também tiveram aplicações tecnológicas concretas, como o desenvolvimento do GPS, que depende de correções relativísticas para funcionar com precisão (Pais, 2005). A mecânica quântica, por sua vez, originou a física do estado sólido, base para semicondutores, transistores e circuitos integrados, elementos que sustentam a revolução digital (Rosenfeld, 1987).

Além desses marcos, a Física do século XX desempenhou papel decisivo em contextos geopolíticos. O desenvolvimento da energia nuclear, tanto para fins bélicos quanto para geração de energia elétrica, é um exemplo emblemático de como descobertas científicas podem ter implicações ambivalentes (Rhodes,

1986). O projeto Manhattan, que resultou na primeira bomba atômica, envolveu a aplicação direta de conhecimentos de física nuclear e física de partículas, demonstrando o poder transformador — e potencialmente destrutivo — dessa ciência.

O final do século XX e início do XXI trouxeram novas fronteiras para a relação entre Física e tecnologia. A nanotecnologia, alicerçada em princípios da mecânica quântica e da física de superfícies, permitiu manipular a matéria em escala atômica, gerando materiais com propriedades inovadoras, aplicáveis na medicina, na eletrônica e na engenharia de materiais (Smith et al., 2004). A fotônica e a óptica avançada possibilitaram comunicações em altíssima velocidade por meio de fibras ópticas, além de sistemas de sensoriamento de alta precisão. A física de partículas, com experimentos conduzidos no Grande Colisor de Hádrons (LHC), contribuiu não apenas para a confirmação do bóson de Higgs, mas também para o desenvolvimento de tecnologias de computação distribuída e detecção de alta energia (Evans, 2014).

Outro exemplo contemporâneo é a pesquisa em fusão nuclear controlada, que busca reproduzir, em escala terrestre, os processos de geração de energia que ocorrem no interior das estrelas. Projetos como o ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) dependem de conhecimentos avançados em física de plasmas e confinamento magnético, e têm potencial para oferecer uma fonte de energia limpa e praticamente inesgotável (Wagner, 2017).

Ao longo da história, a Física tem demonstrado não apenas sua capacidade de explicar a natureza, mas também de transformar profundamente a realidade material e social. Sua aplicação ao desenvolvimento tecnológico tem moldado a forma como as sociedades produzem, comunicam-se, transportam-se e até mesmo como percebem o mundo e a si mesmas. Como destaca Feynman (1994), a Física não é apenas uma aventura intelectual; é também a força motriz por trás de quase toda a tecnologia que usamos.

Dessa forma, compreender o papel histórico da Física no desenvolvimento tecnológico não é apenas um exercício de memória científica, mas uma necessidade para planejar estratégias de inovação. Evans (2014) observa que é importante reconhecer os mecanismos históricos que permitiram a transposição de teorias para aplicações práticas pode orientar políticas públicas, investimentos em pesquisa e a formação de recursos humanos qualificados para enfrentar os desafios tecnológicos do futuro.

4 FÍSICA E INTERDISCIPLINARIDADE

Menezes (2020) argumenta que a física, enquanto ciência fundamental que busca compreender as leis que regem o universo, ocupa uma posição singular no conjunto das áreas do conhecimento. Tradicionalmente, foi concebida como uma disciplina autônoma, com métodos e objetos próprios, mas a complexidade dos problemas contemporâneos tem conduzido a uma inevitável aproximação com outras áreas, configurando um cenário cada vez mais interdisciplinar. Essa interconexão não apenas amplia o potencial explicativo da física, como também possibilita a aplicação de seus conceitos e métodos na solução de questões complexas que extrapolam as fronteiras disciplinares.

Historicamente, a interdisciplinaridade na física pode ser observada desde a integração com a química no desenvolvimento da físico-química, passando pela interface com a biologia na biofísica e com a engenharia na física aplicada. Kuhn (2013) destaca que as revoluções científicas, ao romperem paradigmas, frequentemente abrem espaço para que áreas antes isoladas estabeleçam conexões inovadoras. Esse processo não é apenas consequência da evolução interna da física, mas também do avanço tecnológico e da própria dinâmica social, que impõe novos desafios científicos e educacionais.

No contexto da educação, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõe, de forma explícita, a integração entre diferentes áreas do conhecimento, estimulando a resolução de problemas reais por meio de abordagens interdisciplinares (Brasil, 2018). A física, por sua natureza conceitual e experimental, ocupa papel de destaque nesse movimento, pois oferece instrumentos analíticos e metodológicos capazes de dialogar com múltiplas linguagens científicas e tecnológicas. Por exemplo, no ensino médio, a compreensão de fenômenos climáticos exige a articulação entre conceitos de termodinâmica, geografia física e ciências ambientais, demonstrando que a formação científica do estudante não pode estar confinada em compartimentos estanques.

Do ponto de vista epistemológico, a interdisciplinaridade na física pode ser compreendida como um espaço de convergência de epistemes distintas, onde conceitos são ressignificados e métodos adaptados para novas finalidades. Morin (2011) argumenta que o pensamento complexo exige superar a fragmentação disciplinar para enfrentar problemas que se apresentam de maneira global e interdependente. Nesse sentido, a física não atua apenas como fornecedora de ferramentas conceituais para outras áreas, mas também se transforma a partir do diálogo interdisciplinar. Fazenda (2008) observa que a evolução da física médica, por exemplo, evidencia como demandas externas — no caso, a necessidade de diagnóstico e tratamento de doenças — impulsionam a criação de novas técnicas, como a ressonância magnética nuclear, que resultou de avanços na mecânica quântica e no eletromagnetismo.

Além das aplicações tecnológicas, a interdisciplinaridade contribui para a formação de um pensamento científico mais crítico. A compreensão dos desafios energéticos globais, como a transição para fontes renováveis, demanda a inter-relação entre física, economia e políticas públicas. A física fornece a base para o desenvolvimento de painéis fotovoltaicos ou turbinas eólicas, mas sua implementação e impacto dependem de modelos econômicos e análises socioambientais (Silva; Pereira, 2020). Essa integração favorece soluções mais sustentáveis e socialmente viáveis, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU.

No campo da pesquisa, a interdisciplinaridade em física pode ser exemplificada pela física de materiais, que mobiliza conhecimentos da química, ciência de superfícies, nanotecnologia e engenharia elétrica. Estudos recentes sobre grafeno e materiais bidimensionais demonstram como a colaboração entre áreas acelera a inovação (Geim; Novoselov, 2007). Do mesmo modo, o desenvolvimento de tecnologias quânticas, como a computação quântica, exige não apenas a aplicação de princípios da mecânica quântica, mas também avanços em ciência da computação, matemática aplicada e engenharia de sistemas.

A educação em física, por sua vez, precisa refletir essa complexidade, incen-

tivando a formação de profissionais capazes de transitar entre diferentes campos do saber. A abordagem interdisciplinar no ensino básico e superior pode ser implementada por meio de projetos integradores, estudos de caso e metodologias ativas, que estimulam o estudante a aplicar conceitos físicos na resolução de problemas reais (Ausubel, 2003). Por exemplo, um projeto escolar sobre mobilidade urbana sustentável pode envolver conceitos de cinemática e dinâmica para modelar deslocamentos, análise estatística para prever fluxos de transporte e conhecimentos de geografia para compreender a infraestrutura da cidade.

Do ponto de vista curricular, a interdisciplinaridade também contribui para combater a percepção de que a física é uma disciplina excessivamente abstrata e descolada da realidade. Ao relacionar conteúdos com aplicações concretas, o estudante reconhece a relevância social da física e se engaja mais ativamente no processo de aprendizagem (Hodson, 1998). Esse engajamento é fundamental para formar cidadãos capazes de compreender e participar de debates públicos sobre questões científicas e tecnológicas.

Contudo, a implementação da interdisciplinaridade enfrenta desafios. Um deles é a resistência cultural de comunidades acadêmicas e escolares, ainda fortemente orientadas pela lógica disciplinar. Outro obstáculo é a carência de formação docente voltada para práticas interdisciplinares, uma vez que muitos professores foram formados em currículos segmentados. Superar essas barreiras exige políticas institucionais que incentivem projetos colaborativos e programas de formação continuada que desenvolvam competências pedagógicas e científicas integradoras (Fazenda, 2008).

Silva e Pereira (2020) ressaltam que a interdisciplinaridade na física não deve ser confundida com uma diluição de rigor conceitual. Pelo contrário, a colaboração com outras áreas exige um domínio sólido dos fundamentos da física, para que os conceitos sejam aplicados com precisão e relevância. Logo, parte-se do entendimento de que a construção de pontes entre disciplinas deve ocorrer a partir de um núcleo de conhecimentos robusto, capaz de sustentar investigações conjuntas e de produzir novos entendimentos sobre fenômenos complexos.

5 TECNOLOGIAS DERIVADAS DE AVANÇOS NA FÍSICA: DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os avanços na Física têm historicamente impulsionado o desenvolvimento de tecnologias que, por sua vez, transformam a sociedade, a economia e as formas de interação humana. Desde as contribuições da mecânica newtoniana para a engenharia industrial até as aplicações da mecânica quântica na microeletrônica, cada salto teórico tem gerado um leque de inovações com impactos profundos. A transição de descobertas puramente acadêmicas para tecnologias aplicadas constitui um fenômeno que evidencia a relação intrínseca entre ciência fundamental e inovação tecnológica (Ziman, 2000). Essa interdependência é ainda mais evidente no contexto contemporâneo, marcado por uma aceleração sem precedentes nos ciclos de pesquisa, desenvolvimento e difusão tecnológica.

Entre os campos mais relevantes de aplicação dos avanços da Física, destaca-se a física do estado sólido, cuja consolidação no século XX permitiu o desenvolvimento de semicondutores, transistores e, conseqüentemente, da microeletrônica moderna. Tais dispositivos foram fundamentais para a criação de

computadores, smartphones e sistemas embarcados, configurando a base material da chamada sociedade da informação (Castells, 1999). Mais recentemente, a nanotecnologia, fundamentada em princípios quânticos e de física de superfícies, vem permitindo a manipulação da matéria em escala atômica, com potencial para revolucionar áreas como medicina, geração de energia e armazenamento de dados (Buzea; Pacheco Blandino; Robbie, 2007).

Outro campo transformador é a física de partículas e a pesquisa em altas energias. Além do seu valor intrínseco para a compreensão das estruturas fundamentais da matéria, essa área tem produzido tecnologias com aplicação direta em setores estratégicos. Por exemplo, os detectores de partículas desenvolvidos para experimentos no CERN deram origem a técnicas avançadas de imagem médica, como a tomografia por emissão de pósitrons (PET scan). De forma similar, a World Wide Web surgiu como uma solução para o compartilhamento de dados entre cientistas de altas energias, ilustrando como a busca por conhecimento básico pode gerar impactos tecnológicos imprevistos, mas significativos (Berners-Lee, 1999).

A física aplicada à energia também figura como um campo de desafios e oportunidades. Tecnologias fotovoltaicas, turbinas eólicas e sistemas de fusão nuclear derivam diretamente da compreensão e manipulação de princípios físicos. Atualmente, o desafio maior reside em viabilizar a fusão nuclear controlada como fonte limpa e praticamente inesgotável de energia. Projetos como o ITER buscam superar barreiras técnicas relacionadas ao confinamento de plasma e à eficiência energética do processo (Wesson, 2011). Caso bem-sucedida, a fusão nuclear poderá redefinir as bases energéticas da sociedade, com profundas implicações econômicas e ambientais.

Os avanços na física quântica aplicada também estão moldando um novo paradigma tecnológico, especialmente nas áreas de computação e comunicação. A computação quântica, fundamentada na superposição e no emaranhamento de estados quânticos, promete resolver problemas de complexidade inatingível para computadores clássicos, impactando desde a criptografia até a modelagem de sistemas moleculares complexos (Nielsen; Chuang, 2010). No entanto, a estabilidade quântica e a correção de erros permanecem como barreiras significativas para a aplicação em larga escala, exigindo investimentos contínuos em pesquisa fundamental e aplicada.

Apesar dos benefícios evidentes, o desenvolvimento de tecnologias derivadas da Física levanta também importantes questões éticas, socioeconômicas e ambientais. A ampliação do acesso a dispositivos quânticos, por exemplo, pode representar riscos à segurança da informação global, exigindo a criação de novos protocolos criptográficos resistentes a ataques quânticos (Mosca, 2018). Da mesma forma, a expansão da nanotecnologia levanta preocupações sobre impactos ambientais e toxicológicos de nanopartículas, demandando regulamentação robusta e estudos de longo prazo sobre seus efeitos (Maynard, 2006).

No cenário futuro, as perspectivas apontam para uma crescente integração entre Física, Inteligência Artificial (IA) e ciência de dados. A análise massiva de dados experimentais, aliada a simulações computacionais avançadas, já está acelerando descobertas em materiais quânticos, óptica não linear e astrofísica. A chamada “física orientada por dados” representa uma mudança de paradigma, onde modelos preditivos baseados em IA podem direcionar experimentos de for-

ma mais eficiente, reduzindo custos e tempos de pesquisa (Carleo *et al.*, 2019).

Entretanto, para que as perspectivas tecnológicas na Física se concretizem de forma equitativa e sustentável, Carleo *et al.* (2019) discute que é necessário superar desafios estruturais, como a desigualdade no acesso às tecnologias emergentes, a carência de investimentos em ciência básica e a formação de recursos humanos altamente qualificados, de modo que isso possa vir a implicar em políticas públicas de fomento à pesquisa e inovação, bem como na ampliação de colaborações científicas internacionais. Logo, a Física, nesse contexto, não deve ser observada somente como um motor de avanços tecnológicos, mas também um campo estratégico para a soberania científica e tecnológica das nações.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou analisar a importância da Física como ciência fundamental para o desenvolvimento da inovação tecnológica, destacando suas contribuições históricas, sua função interdisciplinar e as tecnologias emergentes derivadas de seus avanços. Ao longo do trabalho, evidenciou-se que a Física é uma disciplina teórica, bem como um vetor essencial para a transformação material e social da realidade, sendo a base conceitual que sustenta inúmeras inovações tecnológicas que impactam diretamente a vida cotidiana e a economia global.

Historicamente, desde a Revolução Científica até a contemporaneidade, a Física tem estabelecido paradigmas e descobertas que impulsionaram o desenvolvimento de tecnologias disruptivas. A mecanização industrial, as comunicações eletromagnéticas, a revolução digital e as tecnologias quânticas são exemplos claros de como o conhecimento físico, inicialmente abstrato e acadêmico, pode se converter em ferramentas práticas e estratégicas para o avanço da sociedade. Esses processos não ocorrem de maneira linear, mas por meio de ciclos de retroalimentação entre ciência fundamental e aplicação tecnológica.

A interdisciplinaridade foi destacada como um aspecto crucial da Física no contexto atual. A interação da Física com outras áreas do conhecimento, como a biologia, a engenharia, a economia e a ciência da computação, amplia o escopo de sua atuação e potencializa soluções inovadoras para problemas complexos, tais como as mudanças climáticas, a saúde e a sustentabilidade energética. Tal integração exige não apenas formação técnica sólida, mas também uma visão sistêmica e colaborativa da ciência, capaz de dialogar com diferentes epistemologias e demandas sociais.

O panorama das tecnologias derivadas dos avanços na Física revela tanto oportunidades quanto desafios. Enquanto as inovações em nanotecnologia, computação quântica, energia de fusão e física de partículas oferecem possibilidades revolucionárias, elas também impõem questões éticas, ambientais e de segurança que precisam ser enfrentadas com responsabilidade e regulação adequada. Além disso, a desigualdade no acesso ao conhecimento e às tecnologias é um fator que pode ampliar disparidades sociais e econômicas, ressaltando a necessidade de políticas públicas inclusivas e investimentos estratégicos em educação e pesquisa.

O futuro da Física como ciência fundamental está diretamente relacionado à capacidade de manter o equilíbrio entre avanço científico rigoroso e a aplica-

ção ética e socialmente orientada desse conhecimento. A crescente convergência com as tecnologias digitais e as metodologias baseadas em inteligência artificial indicam novos caminhos para acelerar descobertas e inovações, desde que acompanhadas de uma formação interdisciplinar robusta e de uma governança que considere os impactos sociais e ambientais.

Por fim, reflete-se que compreender a Física como base para a inovação tecnológica é reconhecer que o desenvolvimento sustentável e competitivo das sociedades depende fortemente do investimento em ciência básica, da integração entre diferentes áreas do conhecimento e da construção de ambientes que favoreçam a pesquisa e a transferência de tecnologia. A Física, nesse sentido, permanece como pilar central na arquitetura do progresso científico e tecnológico, reafirmando seu papel estratégico para o presente e o futuro da humanidade.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- BERNERS-LEE, T. **Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web by its Inventor**. New York: Harper Collins, 1999.
- BOYLE, Godfrey; EVERETT, Bob; RAMAGE, Janet. **Energy Systems and Sustainability: Power for a Sustainable Future**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BUSHBERG, Jerrold T. et al. **The Essential Physics of Medical Imaging**. 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.
- BUZEA, C.; PACHECO BLANDINO, I.; ROBBIE, K. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. **Biointerphases**, v. 2, n. 4, p. MR17–MR71, 2007.
- CARDWELL, Donald. **From Watt to Clausius: The Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age**. Ithaca: Cornell University Press, 1994.
- CARLEO, G. et al. Machine learning and the physical sciences. **Reviews of Modern Physics**, v. 91, n. 4, p. 045002, 2019.
- CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. 3. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- EVANS, Lyndon. The Large Hadron Collider. **New Journal of Physics**, v. 16, p. 100–115, 2014.
- FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. Campinas: Papirus, 2008.
- FEYNMAN, Richard P. **O que é a Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.
- GEIM, A. K.; NOVOSELOV, K. S. The rise of graphene. **Nature Materials**, v. 6, p. 183–191, 2007.
- HESTENES, David. Modeling methodology for physics teachers. **Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education**, College Park, MD, 1997.
- HODSON, D. **Teaching and learning science: towards a personalized approach**. Buckingham: Open University Press, 1998.
- HUNT, Bruce J. **The Maxwellians**. Ithaca: Cornell University Press, 2011.
- KOYRÉ, Alexandre. **Do mundo fechado ao universo infinito**. São Paulo: Forense Universitária, 1991.
- KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 11. ed. São Paulo: Perspectiva, 2009.

- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- MACHAMER, Peter. **The Cambridge Companion to Galileo**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- MAYNARD, A. D. Nanotechnology: The next big thing, or much ado about nothing? **Annals of Occupational Hygiene**, v. 51, n. 1, p. 1-12, 2006.
- MENEZES, Luis Carlos. Ensino de Física: desafios e possibilidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. 1-14, 2020.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2011.
- MOSCA, M. Cybersecurity in an era with quantum computers: will we be ready? **IEEE Security & Privacy**, v. 16, n. 5, p. 38-41, 2018.
- NIELSEN, M. A.; CHUANG, I. L. **Quantum Computation and Quantum Information**. 10. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- PAIS, Abraham. **Sutil é o Senhor...: a vida e o pensamento de Albert Einstein**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2005.
- RHODES, Richard. **The Making of the Atomic Bomb**. New York: Simon & Schuster, 1986.
- ROSENFELD, Léon. **Quantum Theory and Measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1987.
- SILVA, M. L.; PEREIRA, R. A. Energias renováveis e desenvolvimento sustentável: desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Energia**, v. 26, n. 1, p. 45-62, 2020.
- SMITH, David R. et al. Metamaterials and negative refractive index. **Science**, v. 305, p. 788-792, 2004.
- WAGNER, Frank. Fusion energy—status and prospects. **Plasma Physics and Controlled Fusion**, v. 59, n. 1, p. 1-23, 2017.
- WEINBERG, Steven. **Sonhos de uma teoria final**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.
- WESSON, J. **Tokamaks**. 4. ed. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- ZIMAN, J. **Real Science: What it is, and what it means**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.



Capítulo 6

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DO PONTO DE VISTA FILOSÓFICO: UMA BREVE ANÁLISE

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FROM A PHILOSOPHICAL POINT OF VIEW: A BRIEF ANALYSIS

RESUMO: Este artigo propõe uma reflexão filosófica sobre a inteligência artificial (IA), examinando suas implicações ontológicas, epistemológicas e éticas. A partir de uma abordagem interdisciplinar, discute-se como diferentes correntes filosóficas interpretam a natureza da IA e seus impactos na compreensão do ser humano. A filosofia da mente, a fenomenologia e a hermenêutica são mobilizadas para distinguir entre a inteligência computacional e a consciência humana, ressaltando a ausência de subjetividade e intencionalidade nos sistemas artificiais. Ao longo do trabalho, são explorados contributos de pensadores como John Searle, Hubert Dreyfus, Martin Heidegger e Paul Ricoeur, que argumentam sobre os limites da IA em simular aspectos existenciais e cognitivos próprios do homem. A análise aponta que, embora a IA seja capaz de realizar tarefas complexas, sua atuação permanece restrita ao plano técnico-operacional, não alcançando as esferas da experiência, da historicidade e do sentido existencial. Ao final, destaca-se a importância de uma abordagem filosófica crítica que oriente o desenvolvimento e a aplicação ética dessas tecnologias. Sugere-se, ainda, que pesquisas futuras aprofundem o diálogo entre filosofia, tecnologia e ciências cognitivas, com vistas a repensar os fundamentos do humano em tempos de transformações digitais.

Palavras-chave: inteligência artificial; filosofia; consciência; ética; ontologia.

ABSTRACT: This article presents a philosophical reflection on artificial intelligence (AI), examining its ontological, epistemological, and ethical implications. Through an interdisciplinary approach, it discusses how different philosophical schools interpret the nature of AI and its impact on human understanding. Philosophy of mind, phenomenology, and hermeneutics are employed to distinguish computational intelligence from human consciousness, highlighting the absence of subjectivity and intentionality in artificial systems. Throughout the paper, contributions from authors such as John Searle, Hubert Dreyfus, Martin Heidegger, and Paul Ricoeur are explored, emphasizing the limitations of AI in simulating existential and cognitive aspects inherent to humans. The analysis indicates that although AI can perform complex tasks, its action remains restricted to the technical-operational domain, failing to reach the spheres of experience, historicity, and existential meaning. In conclusion, the importance of a critical philosophical approach is emphasized to ethically guide the development and application of these technologies. Future research is encouraged to deepen the dialogue between philosophy, technology, and cognitive sciences, aiming to rethink the foundations of humanity in times of digital transformation.

Keywords: artificial intelligence; philosophy; consciousness; ethics; ontology.

1 INTRODUÇÃO

A ascensão da Inteligência Artificial (IA) nas últimas décadas tem suscitado debates não apenas no campo das ciências exatas e tecnológicas, mas também em áreas como a filosofia, a ética, a psicologia e o direito. A capacidade das máquinas de simular processos cognitivos humanos, como aprender, raciocinar e tomar decisões, levanta questões fundamentais sobre a natureza da mente, da consciência e da própria identidade humana. Nesse cenário, a filosofia apresenta-se como um campo fértil para a reflexão crítica sobre os limites, possibilidades e implicações da IA. Desde os primórdios da reflexão filosófica, pensadores têm buscado compreender o que significa pensar, agir e existir, e tais questões são inevitavelmente reavivadas diante do surgimento de sistemas artificiais capazes de desempenhar funções antes atribuídas exclusivamente aos seres humanos.

Com o desenvolvimento acelerado de tecnologias baseadas em aprendizado de máquina, redes neurais e processamento de linguagem natural, tornou-se possível a criação de algoritmos que superam o desempenho humano em diversas tarefas específicas. No entanto, a performance funcional não implica, necessariamente, inteligência no sentido filosófico do termo. Seriam essas máquinas capazes de pensar? Elas possuem consciência ou apenas executam comandos baseados em padrões probabilísticos? A famosa indagação de Alan Turing, “As máquinas podem pensar?”, permanece atual e desafia os limites da compreensão humana sobre a mente e a inteligência (Turing, 1950).

Ademais das questões ontológicas e epistemológicas, a Inteligência Artificial impõe desafios éticos consideráveis. A delegação de decisões a sistemas automatizados implica em uma nova configuração da responsabilidade moral. Quem é responsável por decisões tomadas por um algoritmo? É legítimo que inteligências não humanas operem em campos sensíveis como a saúde, a justiça ou a segurança pública? As possíveis respostas a essas perguntas exigem uma análise cuidadosa que ultrapasse a técnica e adentre os campos da ética e da moral, conforme propõe Jonas (2006) ao tratar da responsabilidade frente às novas tecnologias.

Do ponto de vista filosófico, pensar a IA significa, também, refletir sobre o próprio humano. A fronteira entre homem e máquina parece cada vez mais tênue, o que suscita debates sobre o pós-humanismo e o transumanismo, movimentos que propõem uma superação dos limites biológicos por meio da tecnologia. A IA, nesse contexto, surge tanto como possibilidade emancipadora quanto como risco existencial, como advertido por filósofos contemporâneos como Bostrom (2014).

Em face de tal desse cenário, este artigo propõe uma breve análise da Inteligência Artificial sob uma perspectiva filosófica, considerando os principais questionamentos sobre mente, consciência, ética e humanidade. A abordagem adotada visa contribuir para o aprofundamento das reflexões interdisciplinares que envolvem o avanço tecnológico e seus impactos no modo de ser e de viver do ser humano contemporâneo.

2 FUNDAMENTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A compreensão da Inteligência Artificial (IA) exige uma análise que vá além

das aplicações tecnológicas e operacionais. Suas bases conceituais estão fortemente enraizadas na intersecção entre filosofia, matemática, lógica e ciência da computação. Desde os primeiros esforços para descrever o funcionamento da mente humana de forma lógica, a ideia de replicar ou simular processos cognitivos por meio de artefatos artificiais esteve presente. No entanto, foi apenas em meados do século XX que a IA passou a ser concebida como um campo autônomo de estudo.

O termo “Inteligência Artificial” foi oficialmente cunhado em 1956 durante a conferência de Dartmouth, organizada por John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon e Nathaniel Rochester. Os pesquisadores propuseram que “todo aspecto do aprendizado ou qualquer outra característica da inteligência pode, em princípio, ser descrito com tal precisão que uma máquina pode ser feita para simulá-lo” (McCarthy *et al.*, 1956 *apud* Russell; Norvig, 2021). Desde então, a IA tem sido desenvolvida com o objetivo de criar sistemas capazes de executar tarefas associadas à inteligência humana, como reconhecimento de fala, tradução de idiomas, planejamento e tomada de decisão.

Na obra clássica de Russell e Norvig (2021), os autores dividem os sistemas de IA em dois grandes paradigmas: IA fraca (ou estreita), que é especializada em tarefas específicas, e IA forte (ou geral), que busca replicar a inteligência humana de forma abrangente e autônoma. A IA fraca é aquela que domina atualmente o cenário tecnológico, presente em assistentes virtuais, sistemas de recomendação e algoritmos preditivos. Já a IA forte permanece, por ora, no campo da especulação e da pesquisa teórica, sendo objeto de intensos debates éticos e filosóficos, especialmente no que diz respeito à possibilidade de consciência ou intencionalidade nas máquinas.

Uma das principais bases teóricas da IA encontra-se na lógica formal e na computação simbólica. Inspirados pela lógica de Frege, Boole e Russell, os primeiros pesquisadores tentaram representar o raciocínio humano por meio de regras lógicas que pudessem ser implementadas em máquinas. Esse paradigma, conhecido como IA simbólica, predominou até a década de 1980. Contudo, suas limitações logo se evidenciaram diante da complexidade e ambiguidade do mundo real, que nem sempre pode ser traduzido em regras fixas (Zuboff, 2020).

Com o tempo, emergiram abordagens conexionistas, especialmente as redes neurais artificiais, inspiradas no funcionamento do cérebro humano. Essas redes buscam aprender a partir de grandes volumes de dados, ajustando conexões internas para reconhecer padrões e prever comportamentos. Conforme explica Goodfellow, Bengio e Courville (2016), “o aprendizado profundo é uma subárea do aprendizado de máquina que utiliza redes neurais com múltiplas camadas para representar dados em diferentes níveis de abstração”. Essa abordagem, que inicialmente foi criticada por sua falta de interpretabilidade, tornou-se dominante na década de 2010 graças ao aumento do poder computacional e à disponibilidade massiva de dados digitais.

É importante notar que o funcionamento da IA atual, baseada em aprendizado de máquina e análise estatística, não representa compreensão ou cognição no sentido humano. Segundo Searle (1980), a IA pode simular comportamentos inteligentes sem, no entanto, possuir qualquer tipo de entendimento ou consciência. Em sua famosa crítica ao funcionalismo, expressa no «experimento do quarto chinês», o autor argumenta que uma máquina pode manipular símbo-

los com precisão sem necessariamente atribuir-lhes significado, o que distingue essencialmente a cognição artificial da consciência humana.

Ademais dos aspectos técnicos, o avanço da IA está profundamente entrelaçado a questões econômicas e políticas. A pesquisa em IA tem sido fortemente impulsionada por grandes corporações e governos, interessados no poder de processamento e decisão automatizada. Conforme argumenta Zuboff (2020), o uso da IA em plataformas digitais alimenta um novo modelo de capitalismo baseado na extração comportamental, em que dados pessoais são utilizados para prever e modificar ações humanas com fins lucrativos. Tal crítica é fundamental para entender que a IA não é apenas uma ferramenta neutra, mas uma construção social moldada por interesses e valores específicos.

Do ponto de vista epistemológico, a IA desafia concepções tradicionais de conhecimento. Enquanto o conhecimento humano envolve aspectos contextuais, intuitivos e afetivos, os sistemas artificiais operam com base em padrões extraídos de dados. Isso levanta questões sobre a confiabilidade das decisões automatizadas, sobretudo em ambientes complexos como a medicina, o direito e a segurança pública. Conforme Dreyfus (1992), a tentativa de reduzir a inteligência a regras computacionais falha em capturar a riqueza da experiência humana, marcada por incertezas, subjetividades e práticas corporificadas.

Ademais, o desenvolvimento da IA é atravessado por uma tensão entre autonomia e controle. Por um lado, os sistemas autônomos prometem eficiência, precisão e agilidade. Por outro, sua complexidade crescente dificulta a auditoria e a responsabilização, o que pode comprometer princípios fundamentais da democracia e da justiça social (Russel; Norvig, 2021). Observa-se que isso é relevante nos casos de decisões automatizadas que afetam diretamente os direitos das pessoas, como admissões escolares, concessão de crédito ou sentenças judiciais.

Por conseguinte, os fundamentos da IA não podem ser compreendidos somente em termos técnicos ou funcionais (Zuboff, 2020). Eles exigem uma abordagem interdisciplinar, que considere seus aspectos filosóficos, sociais e éticos. O entendimento da IA como sistema lógico, conexionista ou estatístico deve ser acompanhado por uma reflexão sobre o que se entende por inteligência, conhecimento e responsabilidade. Como destacam Floridi e Chiriatti (2020), é necessário distinguir claramente entre agentes artificiais e seres humanos, sob pena de confundirmos eficiência algorítmica com sabedoria ou julgamento moral.

3 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A FILOSOFIA DA MENTE

A relação entre IA e Filosofia da Mente representa uma das intersecções mais provocadoras do pensamento contemporâneo, pois levanta questões fundamentais sobre a natureza da consciência, da cognição e da subjetividade. Em sua essência, a Filosofia da Mente busca compreender o que é a mente, como ela se relaciona com o corpo (especialmente o cérebro) e se é possível que sistemas artificiais possam ter estados mentais semelhantes aos humanos.

A IA, por sua vez, oferece um campo empírico para testar algumas dessas hipóteses filosóficas, ao mesmo tempo que desafia suas concepções tradicionais (Tononi; Koch, 2015).

Uma das principais discussões nesse campo é se máquinas podem, de fato,

“pensar” ou apenas simular o pensamento. Alan Turing, em seu artigo clássico *Computing Machinery and Intelligence*, propôs um critério funcionalista para abordar essa questão: em vez de perguntar “as máquinas podem pensar?”, ele sugeriu que deveríamos perguntar se uma máquina pode imitar com sucesso o comportamento de um ser humano a ponto de ser indistinguível dele em uma conversa textual (Turing, 1950). Esse teste, conhecido como “Teste de Turing”, influenciou profundamente o desenvolvimento da IA, mas também foi alvo de críticas e objeções, como a famosa alegoria do “quarto chinês” formulada por John Searle.

Searle (1980), ao apresentar o experimento mental do quarto chinês, argumenta que um sistema computacional pode manipular símbolos (neste caso, ideogramas chineses) de acordo com regras preestabelecidas sem, no entanto, compreender seu significado. Para ele, isso mostra que, mesmo que um programa de computador possa se comportar externamente como se compreendesse uma linguagem, internamente ele não possui estados mentais conscientes. Essa distinção entre sintaxe e semântica é fundamental para sua crítica ao funcionalismo, que sustenta que os estados mentais podem ser reduzidos a operações formais sobre símbolos.

Em contraponto, os funcionalistas, como Fodor (1975), defendem que o que importa para caracterizar a mente não é a substância de que ela é feita, mas sim a organização causal das funções mentais. Nesse sentido, um sistema artificial que reproduzisse adequadamente as funções cognitivas humanas poderia, em princípio, ter uma mente. Para Fodor (1975), o pensamento humano pode ser compreendido como um processo computacional que opera sobre representações mentais, conceito que ele denomina de “linguagem do pensamento”.

Essa linha de pensamento encontra ecos na própria IA simbólica, que tenta representar crenças, desejos e intenções em estruturas formais manipuláveis. Entretanto, como apontado por Dreyfus (1992), essa abordagem falha ao tentar capturar aspectos não formais da experiência humana, como o saber tácito, a intuição e a corporeidade. Para ele, a inteligência humana não pode ser reduzida a regras e representações, pois ela emerge de uma interação complexa com o mundo, marcada pela historicidade e pelo contexto.

Outro campo importante da Filosofia da Mente que dialoga com a IA é o debate entre dualismo e materialismo. O dualismo cartesiano, que separa mente e corpo como substâncias distintas, foi amplamente questionado por abordagens materialistas contemporâneas, segundo as quais os estados mentais são fenômenos emergentes de processos físico-químicos no cérebro. Essa concepção naturalista da mente abre espaço para a possibilidade de que sistemas artificiais suficientemente complexos também possam gerar estados mentais (Dennett, 1991).

Dentro dessa perspectiva, o conceito de consciência artificial torna-se objeto de intensa especulação. Tononi e Koch (2015), por exemplo, propõem a Teoria da Informação Integrada (IIT), segundo a qual a consciência depende do grau de integração da informação em um sistema. Assim, seria teoricamente possível que sistemas artificiais, se suficientemente integrados, experimentassem algum tipo de consciência. No entanto, essa hipótese permanece altamente controversa, especialmente porque carecemos de critérios objetivos para identificar estados conscientes em entidades não humanas.

A Filosofia da Mente também contribui para discutir os limites da simulação

cognitiva. Um sistema pode simular comportamentos empáticos ou éticos, mas isso implica que ele *sinta* empatia ou *compreenda* o valor moral de suas ações? Como ressalta Nagel (1974), há uma dimensão subjetiva na experiência consciente, o que ele chama de “qualia”, que parece escapar à descrição objetiva. Segundo ele, “há algo que é ser um morcego”, ou seja, há uma experiência interna irreduzível que não pode ser captada por terceiros, tampouco por simulações externas.

Essa distinção entre simulação e realidade mental é crucial para compreender os limites da IA atual. Embora modelos de linguagem como o GPT-4 possam gerar respostas complexas e coerentes, sua produção textual não resulta de compreensão semântica, mas de cálculos probabilísticos (Rosa; Bruno, 2024). Eles não têm intencionalidade, no sentido filosófico proposto por Brentano, isto é, não dirigem seus estados mentais a objetos ou ideias com sentido.

Por outro lado, filósofos como Dennett (1991) defendem uma postura funcionalista e gradualista sobre a consciência, sugerindo que não há uma linha divisória nítida entre sistemas conscientes e não conscientes, mas sim graus de sofisticação cognitiva. Segundo ele, o que consideramos “consciência” pode ser o resultado de múltiplos processos computacionais paralelos que operam de maneira integrada. Em sua visão, a distinção entre humanos e máquinas pode se tornar cada vez mais tênue à medida que a IA evolui.

4 QUESTÕES ÉTICAS E EPISTEMOLÓGICAS

As implicações éticas da IA tornaram-se uma preocupação crescente à medida que sistemas inteligentes adquirem capacidades que antes eram consideradas exclusivamente humanas, como a tomada de decisões, o reconhecimento de padrões complexos e a interação com seres humanos em contextos sensíveis. Com isso, Rosa e Bruno (2024) observam que surgem questionamentos éticos sobre responsabilidade, autonomia, transparência, privacidade e o impacto da IA na dignidade humana. Tais questões têm mobilizado não apenas filósofos, mas também cientistas, legisladores e a sociedade civil, que buscam compreender os riscos e limites do desenvolvimento e aplicação dessas tecnologias.

Uma das primeiras preocupações éticas está relacionada à autonomia da máquina frente à agência humana. Se um sistema de IA comete um erro ou causa um dano, quem deve ser responsabilizado? A ausência de intencionalidade e consciência nos sistemas artificiais impede que eles sejam considerados agentes morais plenos. Como observa Bostrom (2014), a IA não tem interesses ou intenções próprias no sentido humano, mas ainda assim pode causar consequências de grande escala se mal programada ou utilizada em contextos sensíveis. Assim, a responsabilidade recai inevitavelmente sobre os projetistas, programadores, usuários ou corporações que operam esses sistemas.

Um exemplo ilustrativo desse dilema ético é o uso de sistemas de IA em decisões judiciais ou na segurança pública. Em vários países, softwares de predição criminal têm sido utilizados para estimar a reincidência de acusados ou para definir prioridades policiais. No entanto, estudos como o de Angwin *et al.* (2016) mostram que esses algoritmos frequentemente reproduzem vieses raciais e sociais presentes nos dados com os quais foram treinados. Isso levanta preocupações quanto à imparcialidade e à equidade das decisões tomadas por máquinas, que podem reforçar desigualdades em vez de corrigi-las.

A par disso, há o problema da transparência algorítmica. Muitos sistemas de IA, especialmente os baseados em redes neurais profundas, operam como “caixas-pretas”, dificultando a compreensão de como determinadas decisões são tomadas. Isso entra em conflito com princípios éticos fundamentais como o da prestação de contas e da justiça procedimental. Como afirma Floridi *et al.* (2018), uma ética da IA deve garantir que os sistemas sejam auditáveis, interpretáveis e acessíveis ao escrutínio público, principalmente quando afetam direitos fundamentais.

A privacidade também figura como uma das maiores preocupações na era da IA, especialmente com o uso massivo de dados pessoais para treinar e refinar modelos de aprendizado de máquina. Assistentes virtuais, sistemas de recomendação, vigilância automatizada e análise preditiva são exemplos de aplicações que frequentemente operam com uma coleta intensiva de informações sensíveis. Zuboff (2019) adverte que vivemos sob um novo regime de “capitalismo de vigilância”, no qual os dados pessoais são transformados em mercadoria, muitas vezes sem o consentimento explícito dos usuários. Tal contexto exige uma revisão profunda das políticas de proteção de dados e da autodeterminação informacional.

Um outro aspecto sensível diz respeito ao impacto da IA no mundo do trabalho. A automação inteligente ameaça substituir empregos em larga escala, não apenas em atividades manuais, mas também em setores altamente qualificados, como medicina, direito e jornalismo. Isso levanta dilemas sobre justiça distributiva, renda básica e o papel do trabalho na realização humana. Segundo Brynjolfsson e McAfee (2014), embora a IA traga ganhos de produtividade, seus benefícios não estão sendo distribuídos de forma equitativa, ampliando as desigualdades sociais. A ética da IA, portanto, deve considerar não apenas as ações das máquinas, mas os efeitos sistêmicos de sua implantação na sociedade.

Em um plano mais abstrato, a IA também coloca em questão os próprios fundamentos da ética. Se formos capazes de criar sistemas artificiais que simulem empatia, julgamento moral e comportamento ético, isso significa que a ética pode ser formalizada e programada? Essa possibilidade desafia a concepção tradicional de moralidade como algo intrinsecamente humano, dependente de experiência subjetiva e responsabilidade consciente. Moor (2006) propõe uma distinção entre “agentes éticos artificiais”, que seguem regras pré-programadas, e “agentes éticos autônomos”, que teriam a capacidade de deliberar moralmente. Atualmente, estamos ainda muito distantes da segunda categoria, mas a evolução da IA exige que reflitamos sobre os critérios que definem a agência moral.

Nesse sentido, diversos documentos internacionais têm proposto princípios éticos para o desenvolvimento e uso da IA. A UNESCO, em 2021, adotou a Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial, que estabelece valores como o respeito à dignidade humana, à justiça, à inclusão, à diversidade e à sustentabilidade ambiental. Tais diretrizes visam orientar os países na elaboração de políticas públicas que assegurem que a IA seja usada para promover o bem comum e não a opressão ou exclusão social (UNESCO, 2021).

Do ponto de vista filosófico, essas preocupações éticas nos obrigam a revisar conceitos clássicos como liberdade, responsabilidade, justiça e bem-estar. Como observa Jonas (2006), a tecnologia moderna ampliou o alcance de nossas ações a tal ponto que os critérios éticos do passado já não são suficientes. Ele defende uma “ética da responsabilidade” diante do poder transformador da téc-

nica, que deve levar em conta as consequências futuras, muitas vezes imprevisíveis, das inovações tecnológicas. A IA, como tecnologia emergente e disruptiva, se encaixa perfeitamente nesse novo paradigma ético.

5 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A ONTOLOGIA DO SER HUMANO

O avanço da IA impõe uma reavaliação dos fundamentos ontológicos que sustentam a concepção do ser humano. A IA, ao simular aspectos do raciocínio, da linguagem e do comportamento humano, provoca um deslocamento das fronteiras entre o natural e o artificial, o humano e o maquínico (Bostrom, 2014). Nesse sentido, pensar a IA do ponto de vista ontológico implica investigar o que significa “ser humano” em um contexto em que máquinas parecem adquirir capacidades tradicionalmente atribuídas à humanidade. Tal reflexão remete às questões centrais da filosofia, especialmente àquelas que dizem respeito à consciência, intencionalidade, identidade e existência.

A ontologia, enquanto ramo da metafísica dedicado ao estudo do ser, encontra na IA uma provocação contemporânea. A tradicional distinção entre sujeito e objeto, por exemplo, torna-se nebulosa à medida que os sistemas inteligentes passam a interagir com o mundo de forma autônoma, respondendo a estímulos, aprendendo e, em certos contextos, até “dialogando” com humanos. Para Heidegger (1995), o ser humano é o único ente que compreende o ser, o que o caracteriza como *Dasein*, um ser-no-mundo com abertura para o ser e com capacidade para questionar sua própria existência. A IA, apesar de sua complexidade funcional, ainda carece dessa dimensão existencial que constitui o núcleo da ontologia heideggeriana.

Embora os sistemas de IA possam realizar tarefas de linguagem, reconhecer padrões e tomar decisões, isso não implica que possuam consciência ou autocompreensão. Searle (1990), em seu famoso experimento mental da “sala chinesa”, argumenta que a manipulação sintática de símbolos por um sistema computacional não equivale à compreensão semântica. Ou seja, uma IA pode “responder” adequadamente em chinês sem, no entanto, entender o que está dizendo. Tal argumento sustenta a ideia de que a IA não possui intencionalidade, termo que, na filosofia da mente, refere-se à capacidade da consciência de estar dirigida a algo, de possuir conteúdo mental com significado.

Nesse mesmo sentido, Dreyfus (1992) critica as pretensões da IA simbólica ao tentar modelar a inteligência humana por meio de regras explícitas. Segundo ele, a cognição humana é enraizada em uma corporalidade e em uma prática situada no mundo, o que escapa a qualquer modelagem puramente lógica ou computacional. O ser humano, para Dreyfus (1992), não é apenas um processador de informações, mas um ser encarnado, imerso em um contexto cultural, histórico e existencial. A IA, portanto, ao ignorar essa dimensão do ser-no-mundo, permanece fundamentalmente distinta da ontologia humana.

Ademais disso, a questão da identidade pessoal também é colocada em xeque diante da IA. Se for possível replicar padrões de comportamento, voz, linguagem e até emoções, o que resta de singular no ser humano? As tecnologias de “deepfake”, os clones digitais e os avatares personalizados, alimentados por algoritmos de IA, desafiam a noção de individualidade e autenticidade. Ricoeur (1991) oferece uma distinção útil entre identidade-*idem* (mesmidade) e identidade-*ip-*

se (autoidentidade), sendo esta última construída ao longo do tempo, por meio de narrativas e compromissos éticos. Enquanto a IA pode simular a mesmidade, ela não parece capaz de desenvolver uma identidade narrativa, fruto de uma vida vivida em primeira pessoa.

O surgimento de agentes artificiais levanta ainda um debate ontológico sobre o lugar do ser humano no universo. A partir do humanismo renascentista, consolidou-se a ideia de que o homem é a medida de todas as coisas, dotado de razão, liberdade e valor intrínseco. No entanto, o desenvolvimento da IA, capaz de superar o desempenho humano em diversas tarefas cognitivas, pode sugerir uma relativização dessa centralidade. Bostrom (2014) alerta para a possibilidade de uma “superinteligência” que ultrapasse a capacidade humana em todos os domínios relevantes, o que exigiria uma redefinição ontológica da humanidade, talvez deslocando o homem para uma posição menos privilegiada na hierarquia do ser.

Contudo, a filosofia contemporânea também oferece caminhos alternativos para pensar essa relação. Simondon (2005), por exemplo, propõe uma ontologia das individuações, em que os seres — humanos ou técnicos — não são substâncias fixas, mas processos em constante formação. Para o autor, a técnica não deve ser vista como algo alheio ao humano, mas como uma extensão da individuação humana. Nesse sentido, a IA não ameaça o ser humano, mas o obriga a reconhecer sua própria condição técnica e relacional.

Outro ponto relevante jaz na distinção entre inteligência e sabedoria. Enquanto a IA pode exibir grande eficiência no processamento de dados e na otimização de decisões, ela não possui sabedoria, entendida como a capacidade de julgar com base em valores, experiências e significados. Para Nussbaum (2010), a sabedoria ética e emocional é um traço essencial da humanidade, vinculado à vulnerabilidade, à empatia e à capacidade de reconhecer o outro. A IA, por mais avançada que seja, opera sem consciência moral e sem inserção em um horizonte de sentido.

Por conseguinte, a IA está longe de ameaçar diretamente a essência do ser humano, revela aspectos fundamentais da sua ontologia. Simondon (2005) argumenta que confrontar-nos com máquinas que imitam a racionalidade, a linguagem e o comportamento, ela nos força a perguntar: o que nos torna humanos? A resposta a essa pergunta não está apenas nas capacidades cognitivas, mas também na consciência, na corporeidade, na historicidade e na alteridade. A IA, enquanto criação humana, espelha parte de nossa complexidade, mas também evidencia nossos limites e a profundidade do nosso ser.

Nesse contexto, é necessário resistir tanto ao tecnofetichismo quanto ao alarmismo. A ontologia do ser humano não pode ser reduzida aos parâmetros da eficiência técnica ou da imitação computacional. Como destaca Morin (2005), o ser humano é um ser complexo, que une razão e emoção, ordem e caos, natureza e cultura. A IA pode ampliar nossa compreensão sobre o que é pensar, mas jamais substituirá a experiência de ser — uma experiência única, encarnada e finita.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A IA, enquanto fenômeno técnico-científico em constante expansão, impõe à filosofia desafios fundamentais. Ela simula processos cognitivos e comportamentais humanos e nos obriga a repensar conceitos clássicos como consciência, intencionalidade, identidade e liberdade. Não se trata apenas de avanços tecnológicos, mas de implicações ontológicas e éticas profundas que atingem a própria noção de humanidade.

As diferentes correntes filosóficas analisadas evidenciam que, apesar da sofisticação funcional da IA, ela permanece desprovida da vivência subjetiva, do enraizamento existencial e da historicidade que caracterizam o ser humano. Muitos autores, referências na temática, reforçam a distinção essencial entre IA e existência humana, destacando a singularidade ontológica do Dasein e da consciência narrativa.

Contudo, não se trata de uma oposição simplista entre homem e máquina. A IA pode servir como espelho e extensão da condição humana, revelando tanto nossas capacidades quanto nossos limites. Ao mesmo tempo em que nos desafia, a IA também oferece oportunidades para aprofundar o autoconhecimento e repensar os rumos da vida em sociedade, desde que ancorados em princípios éticos e humanos.

Por fim, pontua-se que a filosofia cumpre papel crucial ao fornecer uma base crítica e reflexiva para o debate sobre a IA. Mais do que questionar o que a inteligência artificial pode fazer, é preciso refletir sobre o que significa ser humano diante dessas transformações. A resposta, como indicam as tradições filosóficas, não reside na técnica, mas no sentido, na ética e na existência compartilhada.

Algumas pesquisas futuras podem aprofundar a interface entre IA e filosofia, especialmente no que tange às implicações éticas e ontológicas da convivência com sistemas cada vez mais autônomos. Investigações comparativas entre modelos filosóficos ocidentais e não ocidentais podem enriquecer o debate sobre o que significa consciência, subjetividade e agência em diferentes culturas.

Em epítome, estudos interdisciplinares que integrem filosofia, neurociência, ciência da computação e psicologia podem oferecer novas perspectivas sobre a possibilidade, ou limitação, da emergência de uma consciência artificial. Também se mostram promissoras as análises sobre o impacto da IA na formação da identidade humana em ambientes digitais e suas consequências para as relações sociais, o trabalho e a educação.

REFERÊNCIAS

ANGWIN, Julia et al. **Machine Bias:** There's software used across the country to predict future criminals. And it's biased against blacks. ProPublica, 2016. Disponível em: <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>. Acesso em: 20 abr. 2025.

BOSTROM, Nick. **Superinteligência:** caminhos, perigos, estratégias. Trad. Rafael Mantovani. São Paulo: Editora Valentina, 2014.

BRYNJOLFSSON, Erik; McAfee, Andrew. **The Second Machine Age:** Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W. W. Norton & Company, 2014.

- DENNETT, Daniel C. **Consciousness Explained**. Boston: Little, Brown and Co., 1991.
- DREYFUS, Hubert L. **What Computers Still Can't Do: A Critique of Artificial Reason**. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- FLORIDI, Luciano et al. AI4People – An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. **Minds and Machines**, v. 28, n. 4, p. 689–707, 2018.
- FLORIDI, Luciano; CHIRIATTI, Michele. GPT-3: Its Nature, Scope, Limits, and Consequences. **Minds and Machines**, v. 30, p. 681–694, 2020.
- FODOR, Jerry A. **The Language of Thought**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975.
- GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep Learning**. Cambridge, MA: MIT Press, 2016.
- HEIDEGGER, Martin. **Ser e Tempo**. Tradução de Fausto Castilho. Campinas: Papirus, 1995.
- JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica**. Trad. Marijane Lisboa. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.
- MOOR, James H. The Nature, Importance, and Difficulty of Machine Ethics. **IEEE Intelligent Systems**, v. 21, n. 4, p. 18–21, 2006.
- MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. 4. ed. Porto Alegre: Sulina, 2005.
- NAGEL, Thomas. What Is It Like to Be a Bat? **The Philosophical Review**, v. 83, n. 4, p. 435–450, 1974.
- NUSSBAUM, Martha C. **Not for Profit: Why Democracy Needs the Humanities**. Princeton: Princeton University Press, 2010.
- RICOEUR, Paul. **Soi-même comme un autre**. Paris: Seuil, 1991.
- ROSA, J. F.; BRUNO, D. R. Evolução e o desenvolvimento do chatbot GPT-3 e GPT-4. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, SP, v. 21, n. 1, p. 40–51, 2025. DOI: 10.31510/inf.v21i1.1849. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1849>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2021.
- SEARLE, John R. Minds, Brains, and Programs. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 3, n. 3, p. 417–457, 1980.
- SEARLE, John R. **Minds, Brains and Science**. Cambridge: Harvard University Press, 1990.
- SIMONDON, Gilbert. **L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information**. Grenoble: Jérôme Millon, 2005.
- TONONI, Giulio; KOCH, Christof. Consciousness: Here, There and Everywhere? **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 370, n. 1668, 2015.
- TURING, Alan Mathison. Computing Machinery and Intelligence. **Mind**, v. 59, n. 236, p. 433–460, 1950.
- UNESCO. **Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial**. Paris: UNESCO, 2021.
- ZUBOFF, Shoshana. **The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power**. New York: PublicAffairs, 2019.
- ZUBOFF, Shoshana. **A era do capitalismo de vigilância: a luta por um futuro humano na nova fronteira do poder**. Trad. George Schlesinger. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alfabetização científica, 18-20, 46-58

Aplicações da Física, 8-9, 60-72

Aprendizagem investigativa, 46-59

Autonomia universitária, 12-21

B

Base Nacional Comum Curricular (BNCC), 14-15

C

Ciência contemporânea, 8-9, 60-72

Ciência e tecnologia, 8-9, 60-72, 73-83

Conhecimento científico, 8-9, 22-33, 60-72

Contextualização do ensino, 34-59

Currículo, 8-9, 16-20

D

Desenvolvimento científico, 8-9, 60-72

Desenvolvimento tecnológico, 60-72

Didática da Física, 34-45

Docência, 10-21, 34-59

E

Educação básica, 10-21, 46-59

Educação científica, 10-21, 46-59

Ensino de Física, 8-9, 34-59

Epistemologia, 22-33

Espaço-tempo, 22-33

Experimentação, 8-9, 34-59

F

Fenômenos físicos, 8-9, 60-72

Filosofia da Física, 22-33

Formação docente, 10-21, 34-59

I

Inovação tecnológica, 60-72

Inteligência Artificial, 73-83

Interdisciplinaridade, 34-59
Investigação científica, 22-33

L

Licenciatura em Física, 10-21
Locus institucional, 8-9, 10-21
Leis da natureza, 22-33

M

Mecânica quântica, 22-33
Metodologias ativas, 34-59
Metodologia do ensino de Física, 34-45
Modelos científicos, 22-33

P

Pensamento crítico, 8-9, 18-20, 34-59
Pesquisa científica, 8-9, 34-59
Prática pedagógica, 34-59
Professor de Física, 10-21, 34-59

R

Realismo científico, 22-33
Relatividade, 22-33
Resolução de problemas, 34-59

S

Saberes docentes, 10-21, 34-59
Sociedade contemporânea, 8-9, 60-72, 73-83

T

Tecnologias educacionais, 34-59
Teoria da relatividade, 22-33
Teorias científicas, 22-33

U

Universidade comunitária, 10-21
Universidade e escola, 18-20

V

Valorização docente, 10-21



BIOGRAFIA DO AUTOR

ADELICIO MACHADO DOS SANTOS



O Prof. Dr. Adelcio Machado dos Santos é pedagogo (ANPED) e sociólogo (MT/SC 222). Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento (UFSC). Pós-Doutor em Gestão do Conhecimento e em Administração. Mestre em Relações Internacionais., Bacharel em Ciências Econômicas. Bacharel e Licenciado em Sociologia. Labora nas seguintes áreas de pesquisa: Economia Política Internacional, Sociologia do Desenvolvimento, Planejamento Urbano e Regional, Filosofia da Psicanálise, Constitucionalismo, Saúde Coletiva, História da Arte e Desenvolvimento Rural. Ex: Reitor, coordenador de curso, vogal da Comissão Própria de Avaliação (CPA), Núcleos Docentes Estruturante (NDE) e colegiado de curso.

Integrou os Conselhos Estaduais de Educação, Cultura e Desportos em Santa Catarina. Militou no "staff" da Assembleia Constituinte de Santa Catarina, Assembleia Legislativa de Santa Catarina, Tribunal de Contas de Santa Catarina, Secretaria de Estado da Educação e Secretaria de Estado da Fazenda.

Avaliador científico de projetos, eventos, editoras e periódicos.

Consultor do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas (INEP) e Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).

Vogal das seguintes instituições: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPEd), Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Administração (ANPAD), Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito (CONPEDI), Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Estudos de Lazer (ANPEL), Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo (ANPTUR), Associação Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (ANCIB), Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música (ANPPOM) e Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Artes Cênicas. (ABRACE), Associação Keynesiana Brasileira (AKB).

Registrado nas seguintes organizações de controle corporativo/SC: CORECON, CREA, CRA, CRQ, CONRERP, CRECI, OMB, OAB, CRBio, MT.

Por final, deu a lume a 113 livros, 165 capítulos de livros e 482 artigos científicos.



BIOGRAFIA DO AUTOR

CESAR HENRIQUE WANKE



O Prof. Dr. Cesar Henrique Wanke é licenciado em Física.

Doutor em Ciência dos Materiais (PGCIMATO, UFRGS). Possui Pós-Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais (PGMAT, UCS).

Atualmente é professor na UNIARP, onde leciona Matemática Aplicada, Física, Termodinâmica e Fenômenos de Transporte nos cursos de Engenharia, e no Colégio de Aplicação, onde leciona Física nas três séries do Ensino Médio.

Já lecionou em colégio particular, na Rede Estadual de SC e na Rede Federal (IFSC).

Tem interesse em temas de pesquisa como Engenharia de Superfície e Ensino de Física.

Física: Ensino, “Locus” Institucional e Aplicação – Estudos Compilados reúne reflexões sobre a Física em suas dimensões científica, filosófica, educacional e aplicada, evidenciando sua relevância para a formação crítica e para o desenvolvimento tecnológico. A obra discute a formação de professores, os fundamentos epistemológicos da Física, metodologias de ensino, os desafios da educação básica, o papel da inovação científica e as interfaces entre Física e Inteligência Artificial. Destina-se a pesquisadores, docentes, licenciandos e estudantes interessados na compreensão contemporânea da Física e de suas contribuições para a sociedade.

$$E = mc^2$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$



$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$



ISBN 978-65-84364-73-8



9 786584 364738 >

