

UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA ACERCA DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL E SEU IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO E TECNOLÓGICO

Artur da Silva Rossetto¹

RESUMO: O artigo aborda a relevância do ensino de física para o desenvolvimento científico e tecnológico, destacando sua influência na inovação e na competitividade socioeconômica. O objetivo da pesquisa é analisar criticamente o cenário atual do ensino de física no Brasil, evidenciando as consequências da falta de profissionais qualificados e propondo estratégias para sua melhoria. A pesquisa é de caráter exploratório, fundamentada em levantamento bibliográfico, buscando esclarecer conceitos e embasar teoricamente a discussão. Foram analisados indicadores internacionais, como os resultados do PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes), que revelam baixo desempenho dos estudantes brasileiros em ciências, além de desigualdades regionais e estruturais no sistema educacional. Os resultados indicam que países com alto desempenho investem em formação docente, infraestrutura e currículos flexíveis, enquanto o Brasil enfrenta fragilidades que comprometem a alfabetização científica e aumentam a dependência tecnológica. Essa carência limita a capacidade de inovação e o desenvolvimento socioeconômico. Conclui-se que a melhoria do ensino exige políticas públicas eficazes, revisão curricular, valorização docente e integração de tecnologias digitais. Investir na formação de profissionais em física é essencial para garantir soberania científica, reduzir a dependência tecnológica e promover o desenvolvimento sustentável.

7529

Palavras-chave: Ensino. Física. Desenvolvimento.

ABSTRACT: The article addresses the relevance of physics teaching for scientific and technological development, emphasizing its impact on innovation and socioeconomic competitiveness. The research aims to critically analyze the current scenario of physics teaching in Brazil, highlighting the consequences of the lack of qualified professionals and proposing strategies for improvement. This is an exploratory study based on bibliographic research, intended to clarify concepts and provide theoretical support for the discussion. International indicators, such as PISA (Programme for International Student Assessment) results, were examined, revealing low performance among Brazilian students in science and significant regional and structural inequalities within the educational system. Findings indicate that countries with high performance invest in teacher training, infrastructure, and flexible curricula, while Brazil faces weaknesses that hinder scientific literacy and increase technological dependence. This shortage limits innovation capacity and long-term development. The study concludes that improving physics education requires effective public policies, curriculum revision, teacher appreciation, and integration of digital technologies. Investing in the training of physics professionals is essential to ensure scientific sovereignty, reduce technological dependence, and to promote sustainable development.

Keywords: Education. Physics. Development.

¹Mestre em Projeto e Processos de Fabricação, Instituto Federal do Rio Grande Sul – Campus Erechim.

I INTRODUÇÃO

O objetivo geral deste estudo é analisar criticamente o cenário atual do ensino de física no país e, concomitantemente, investigar as consequências da falta de profissionais altamente qualificados nesta área. Pretende-se examinar como a formação de excelência em física transcende a academia, atuando como um fator-chave para a inovação em indústrias de alta tecnologia e para a capacitação de uma força de trabalho apta a enfrentar os complexos desafios contemporâneos, reforçando a necessidade de políticas públicas de incentivo e o aprimoramento nessa área fundamental do conhecimento.

A metodologia desta pesquisa adota uma abordagem exploratória, visando proporcionar maior familiaridade com o problema e torná-lo mais explícito, por meio do levantamento de informações. Seu principal propósito é modificar, esclarecer e desenvolver ideias e conceitos (GIL, 2002). Desta forma, foi utilizada a pesquisa bibliográfica, que é uma etapa fundamental na construção do conhecimento científico, pois permite ao pesquisador embasar teoricamente seu trabalho por meio da consulta a fontes já publicadas (SILVA, 2025). O propósito da pesquisa é gerar o conhecimento sobre o tema, oferecendo fundamentos teóricos para a construção do trabalho e a definição dos pontos de vista.

A má formação em disciplinas na área de ciências, com a física, representa um problema crítico que acarreta severas consequências para o futuro de um país. Este cenário não apenas resulta no baixo desempenho de estudantes em avaliações nacionais e internacionais, mas, de forma mais grave, compromete a formação de um contingente adequado de profissionais altamente qualificados. A ausência desse capital humano especializado, profissionais que necessitam de uma excelente base em física, como cientistas, engenheiros e tecnólogos, limita diretamente a capacidade do país de gerar inovação tecnológica, e responder a desafios em áreas como energia e sustentabilidade. Em suma, o déficit na qualificação em física se traduz em uma dependência tecnológica e um freio ao desenvolvimento socioeconômico de longo prazo. Diante disso, temos com questão problema deste artigo: por que devemos dar a devida importância à formação de futuros profissionais na área de física, aptos a impulsionar a inovação e o desenvolvimento socioeconômico?

Em um cenário global cada vez mais dependente de tecnologia e inovação, a física é o alicerce para o desenvolvimento de setores cruciais, como energia, inteligência artificial e saúde. Portanto, se faz necessário analisar e evidenciar como a qualidade do ensino de física, e consequentemente a geração de excelentes profissionais, impacta diretamente a

competitividade e o progresso socioeconômico de uma nação, justificando assim, a elaboração deste artigo.

O conhecimento científico é fundamental para o avanço da sociedade, pois se baseia em métodos rigorosos e evidências empíricas para construir uma compreensão confiável e verificável do mundo natural e social. Sua importância reside na capacidade de fornecer soluções para problemas complexos, desde o desenvolvimento de vacinas e tecnologias, até a formulação de políticas públicas eficazes, promovendo o progresso e melhorando a qualidade de vida (SAGAN, 1996). O conhecimento científico é o produto da ciência, sendo a pesquisa científica um processo contínuo e em constante evolução (SILVA, 2020). Isso evidencia que o conhecimento científico não é estático, se transforma à medida que novas descobertas são feitas, corroborando para sua relevância para a humanidade e a necessidade de profissionais atualizados.

A física ocupa uma posição singular dentro do espectro da ciência, pois estabelece as bases conceituais para a maioria das outras ciências naturais, oferecendo os princípios fundamentais que regem o comportamento da matéria e da energia (YOUNG; FREEDMAN, 2016). O avanço do conhecimento físico impulsionou a sociedade a uma nova era. A física tem um papel transformador, como destacam Xavier e Barreto (2010), ao defender que os conhecimentos da física moderna devem ser inseridos no currículo escolar, para que os saberes aprendidos sejam relacionados como os avanços tecnológicos recentes. Demonstrando assim, aos alunos, a influência direta da física nas mudanças no cotidiano e gerando cidadãos conscientes da importância do conhecimento científico, como a física.

7531

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 INDICADORES DE QUALIDADE DO ENSINO DE CIÊNCIA

O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) é uma ferramenta essencial para a comparação do ensino de ciências, onde se insere a física, fornecendo um panorama sobre a proficiência de estudantes de 15 anos. Os resultados consistentemente demonstram uma disparidade acentuada entre os países da Ásia Oriental e as nações desenvolvidas da Europa, que frequentam o topo, em relação as demais nações avaliadas. Por exemplo, na edição do PISA de 2022, Singapura (561), Japão (547) e Macau (543) lideraram o *ranking* de ciências. Tais dados sugerem que as abordagens pedagógicas e os investimentos

educacionais destas nações foram bem-sucedidos, resultando em um nível elevado de “cultura científica” (OECD, 2023b).

A análise dos dados do PISA revela que a alta performance em ciências está intrinsecamente ligada a sistemas educacionais que valorizam o corpo docente e a flexibilidade curricular. Um estudo comparativo entre o Brasil, Singapura e Finlândia, países com desempenhos contrastantes, indicou que Singapura e Finlândia possuem sistemas educacionais descentralizados e currículos flexíveis, investem mais de 6.000 USD por estudante, e, fortalecem a interação escola e universidade (BÜHLER; IGNÁCIO, 2020). Esses fatores estruturais, que incluem a priorização da formação e carreira docente, parecem ser cruciais para a consolidação de um ensino de alta qualidade nas áreas científicas.

Em contrapartida, o desempenho de países com sistemas educacionais mais frágeis, como o Brasil, é marcado por uma elevada proporção de estudantes com baixo desempenho. No PISA 2022, o Brasil obteve 403 pontos em ciências, muito abaixo da média da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) de 490 pontos, e o percentual de estudantes brasileiros que não atingiram o nível básico de proficiência (nível 2) foi de 55,4%, em comparação com 24,5% na média da OCDE (AVANCINI *et al.*, 2023). A OCDE considera que o nível 2 é o mínimo necessário para que os jovens possam exercer plenamente sua cidadania (BRASIL, 2023), isso indica um grave atraso na formação científica da maior parte dos estudantes do país.

7532

Os resultados do Brasil em ciência no PISA 2022, destacam-se pela estabilidade do desempenho ao longo do tempo. As médias de pontuação de 2022 mantiveram-se aproximadamente as mesmas de 2018, e, de forma geral, apenas pequenas e, em sua maioria, não significativas flutuações foram observadas desde 2009. Além disso, em uma comparação com 2012, a proporção de estudantes com baixo desempenho (aqueles que pontuaram abaixo do Nível 2) em ciências não sofreu alteração significativa, um resultado que é considerado positivo, quando se considera a expansão da educação secundária para populações historicamente menos atendidas (OECD, 2023a).

Além da proficiência média, o PISA também expõe a desigualdade educacional interna, que impacta significativamente o aprendizado da área das ciências e em consequência em física. A discrepância de desempenho entre escolas públicas e privadas, e entre regiões dentro do mesmo país, é uma característica marcante em nações com resultados inferiores. No Brasil, por exemplo, o desempenho médio da região sul e sudeste é significativamente superior ao

nacional, enquanto as escolas particulares apresentam um desempenho superior às federais, que por sua vez, superam as estaduais (BRASIL, 2023). Essa estratificação sugere que a qualidade do ensino da área científica não é homogênea no país, refletindo as desigualdades socioeconômicas e o acesso a recursos de qualidade.

Os indicadores que apontam que a qualidade de ensino é superior nas regiões sul e sudeste em comparação às demais regiões do país, reflete uma complexa combinação de fatores socioeconômicos e investimentos históricos em educação. Embora haja exceções notáveis e desafios internos nessas áreas, a concentração de recursos e a maior estabilidade econômica e social no sul e sudeste, proporcionam melhores condições de infraestrutura e valorização docente, conforme apontado em estudos, como o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Essa desigualdade, reforça a necessidade de políticas educacionais específicas e regionalizadas que considerem as complexidades e necessidades de cada localidade, para promover a equidade do aprendizado em todo o território nacional (XAVIER *et al.*, 2024).

Em suma, os dados de sistemas avaliativos do ensino, fornecem evidências irrefutáveis de que a excelência no ensino na área das ciências não é um acidente, mas o resultado de políticas públicas intencionais e investimento contínuo. Enquanto países como Singapura e Estônia demonstram que é possível alcançar altos índices de proficiência e equidade, a maioria das nações enfrenta o desafio de garantir que todos os seus jovens atinjam o domínio científico básico. Portanto, as comparações do PISA servem para que formuladores de políticas públicas e educadores, possam aprender com as políticas e práticas de outros países e desenvolver estratégias eficazes para a melhoria da educação científica (BRASIL, 2023).

7533

2.2 TRAÇANDO CAMINHOS PARA A MELHORIA DO ENSINO DE FÍSICA

O aprimoramento da qualidade do ensino de física exige uma profunda revisão curricular, visando a contextualização e a relevância dos conteúdos para a realidade do estudante. A abordagem tradicional, excessivamente focada na transmissão de fórmulas e na resolução de problemas desvinculados do cotidiano, falha em engajar os alunos. É urgente que o ensino das áreas científicas, na qual se inclui a física, em particular, deixe de privilegiar o encadeamento lógico-formal e passe a se ocupar de forma mais efetiva com a alfabetização científica dos alunos (BRASIL, 2002). Isso implica reorganizar o currículo de modo a enfatizar a aplicação dos conceitos físicos na interpretação de fenômenos naturais e tecnológicos.

Outro ponto crucial no sucesso do ensino da física reside na formação continuada e inicial dos professores, que deve ir além da mera atualização de conteúdo ou “reciclagem”, superando a racionalidade técnica (ROSA; SCHNETZLER, 2003). É necessário focar também em metodologias ativas e inovadoras, visto que muitos professores se sentem despreparados para lidar com as novas demandas e com a inclusão de tecnologias digitais (ROCHA; BRAIBANTE, 2020). A formação docente deve ser um processo reflexivo, voltado para a prática, pois a melhoria da qualidade do ensino não reside apenas na mudança do currículo, mas, fundamentalmente, na transformação das práticas pedagógicas e na postura investigativa do professor (ROSA; SCHNETZLER, 2003; ROCHA; BRAIBANTE, 2020). Portanto, investir em programas de formação que capacitem o professor a atuar como mediador, e não como mero repassador de informações, é um fator determinante para a melhoria da aprendizagem dos discentes.

A integração de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) na sala de aula, representa também uma via poderosa para tornar o ensino de física mais dinâmico e visual. A interatividade proporcionada pelas TICs, aumenta o engajamento dos estudantes na disciplina. O uso de softwares de simulação e ferramentas interativas pode auxiliar na visualização de conceitos abstratos, alinhando-se à perspectiva de Moran (2015), que defende que a educação deve integrar os espaços físicos e digitais para se tornar mais relevante. Segundo o autor, as tecnologias, quando bem empregadas em uma abordagem híbrida e ativa, transformam o processo de ensino-aprendizagem, permitindo que o ensino se torne mais significativo e conectado à realidade do aluno.

7534

Segundo Carvalho (2013), a efetivação do ensino de Física por investigação é uma metodologia reconhecida para desenvolver o raciocínio científico e a autonomia dos discentes. Em vez de apenas apresentar a resposta, o docente deve propor desafios e problemas para que os estudantes, através de experimentos práticos e discussões, construam o conhecimento. Essa abordagem estimula o pensamento crítico, sendo importante que o ensino de física seja conduzido de tal forma que o aluno possa participar ativamente da construção de seu conhecimento, por intermédio de atividades que envolvam a formulação e a testagem de hipóteses. A implementação de laboratórios didáticos bem equipados e a valorização da experimentação são, assim, requisitos básicos para o sucesso dessa estratégia.

A melhoria da qualidade do ensino da física depende de um forte investimento em infraestrutura e recursos didáticos. Não se pode esperar que o ensino melhore sem a garantia

de salas de aula adequadas, laboratórios funcionais e materiais de apoio de qualidade. A ausência de recursos básicos, é um entrave estrutural, e a carência de laboratórios, a inadequação de materiais e a falta de manutenção são fatores que limitam seriamente a qualidade do ensino de ciências nas escolas brasileiras (KRASILCHIK, 2000). Portanto, a alocação de verbas para a aquisição de equipamentos e a manutenção de espaços de aprendizagem é fundamental para transformar as diretrizes pedagógicas em uma prática escolar eficaz.

Saviani (2008) salienta que a organização do sistema educacional e a definição de suas finalidades são atos políticos que determinam diretamente o tipo de educação oferecida à população, sendo impossível dissociar a qualidade pedagógica da gestão política. Contudo, o autor ressalta que a função política da educação se cumpre na medida em que se garante a competência técnica e a transmissão efetiva do conhecimento. Implementar políticas públicas eficazes é o pilar central para a melhoria sustentável da qualidade educacional, pois deve assegurar as condições para a apropriação do conhecimento historicamente acumulado. Elas não apenas definem a estrutura legal e financeira do sistema, mas também orientam a alocação de recursos, a formação e valorização dos professores e a criação de diretrizes curriculares que respondam às demandas sociais. Sem uma ação estatal coordenada, a busca pela equidade e pela excelência no ensino, torna-se fragmentada e dependente de iniciativas isoladas.

7535

2.3 DOMINAÇÃO E DEPENDÊNCIA DOS PAÍSES CIENTIFICAMENTE DESENVOLVIDOS

O desenvolvimento científico e tecnológico, no cenário contemporâneo, é o principal vetor de poder e dominação na ordem internacional. Os países que dominam este conhecimento exercem influência decisiva sobre as nações menos desenvolvidas cientificamente. Essa disparidade não se limita à posse de *hardwares* ou *softwares*, mas reside, sobretudo, na capacidade de geração autônoma de conhecimento científico e tecnológico. A literatura aponta que quem detém o conhecimento científico e tecnológico não parece disposto a compartilhá-lo, pois desta forma mantêm consolidada a posição hegemônica, dificultando a autonomia das nações periféricas (SOARES, 2011).

A ausência de infraestrutura robusta de pesquisa e desenvolvimento, aliada a baixos níveis de investimento em educação e inovação, perpetua a fragilidade dos países em desenvolvimento. O subdesenvolvimento não é uma mera etapa a ser superada, mas sim um processo histórico, autônomo e estruturalmente ligado à dinâmica do capitalismo global e à divisão internacional do trabalho (FURTADO, 1998). A dependência tecnológica é uma face

dessa realidade, onde a importação de tecnologia, mesmo gerando empregos e oportunidades, também gera dependência tecnológica e econômica (REINECKEN; NEVES, 2011), obrigando as nações dependentes a se submeterem aos termos e inovações ditados pelos países independentes cientificamente.

A capacidade de inovar e de converter inventos em aplicações economicamente rentáveis exige recursos e habilidades, que, muitas vezes, só estão disponíveis em grandes corporações e países com forte investimento em pesquisa e desenvolvimento (SOARES, 2011). Rodrigues (1986) há muitas décadas, já mencionava que países com infraestrutura de informação e ambiente de inovação precários, têm comprometido a capacidade de absorção científica e, crucialmente, de gerar inovações adaptadas às necessidades locais, mantendo o ciclo vicioso de subordinação.

Em contrapartida à dificuldade de desenvolvimento dos países menos desenvolvidos cientificamente, o enriquecimento dos países que detêm o conhecimento científico é exponencial. Investimento público em ciência básica nos países desenvolvidos é considerado extremamente importante, uma vez que o Estado assume o risco inicial da pesquisa para que ela gere, subsequentemente, tecnologia, produtos e economia (CAIRES, 2019). A posse de patentes e o controle sobre os padrões tecnológicos dominantes propiciam vantagens competitivas, assegurando retornos econômicos maciços e constantes, derivados da venda de *royalties*, licenças e produtos de alto valor agregado para o resto do mundo (TIRONI, 2019).

7536

Conforme Guimarães (2011), a consolidação de uma economia moderna e sustentável é condição essencial para o desenvolvimento nacional, sendo esta dependente da tríade conhecimento, tecnologia e inovação. Para superar a condição de nação periférica, não basta a importação passiva de tecnologia; é necessário que o Estado e os atores sociais articulem sistemas de inovação eficientes e invistam na capacidade criativa do capital humano. Somente assim os países em desenvolvimento poderão aproveitar as janelas de oportunidade da nova economia, assumindo um papel de protagonismo na produção do conhecimento.

Schwab (2016) define a atual “quarta revolução industrial” pela fusão de tecnologias que embaralham as fronteiras entre os mundos físico, digital e biológico, uma convergência impulsionada por avanços em áreas como inteligência artificial, engenharia genética e computação quântica. Nesse contexto, observa-se que o desenvolvimento dessas novas tecnologias é inseparável de um investimento robusto e contínuo em conhecimento científico.

Tais inovações representam, em última instância, as aplicações práticas de décadas de pesquisa básica em áreas fundamentais, como matemática, biologia molecular e física.

2.4 AVANÇOS NA ÁREA DA FÍSICA MODERNA

A física moderna está em um momento fascinante. Pesquisas recentes buscam unificar a física quântica com a gravidade, um dos maiores desafios teóricos da atualidade. Estudos indicam que o entrelaçamento quântico pode ocorrer mesmo sob influência gravitacional clássica, sugerindo que a gravidade não precisa necessariamente ser quantizada para interagir com matéria quântica. Essa linha de investigação não apenas amplia o entendimento fundamental do universo, mas também pode originar tecnologias disruptivas em sensoriamento e comunicação. A física segue progredindo não só para validar as ideias mais revolucionárias da física moderna, mas também para ampliar o entendimento sobre como o universo realmente funciona, buscando resolver incompatibilidades fundamentais entre a gravidade e a mecânica quântica (OPPENHEIM, 2023; INTONTI *et al.*, 2024).

O reconhecimento dos últimos avanços na área de física quântica veio com a premiação do Nobel de Física em 2022 por experimentos sobre emaranhamento quântico. Outro marco relevante foi o Prêmio Nobel de Física de 2025, concedido a John Clarke, Michel Devoret e John Martinis pela demonstração do tunelamento quântico macroscópico e da quantização de energia em circuitos elétricos supercondutores. Essa descoberta consolidou a base experimental para tecnologias como computadores quânticos, sensores de alta precisão e criptografia avançada. Em 2025, a ONU declarou o Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas, destacando a importância global dessa área para o desenvolvimento científico e tecnológico (VAIANO, 2025).

A física quântica, em especial, protagoniza uma das maiores revoluções científicas, cujas aplicações práticas transcendem o estudo teórico do domínio microscópico para viabilizar tecnologias de alcance macroscópico e global. A chamada “segunda revolução da física quântica” está relacionada à aplicação prática dos princípios quânticos em tecnologias avançadas, como comunicação, computação e sensores. Diferente da primeira revolução, que trouxe dispositivos como transistores e lasers, essa nova fase busca explorar fenômenos como a superposição e o emaranhamento quântico para criar sistemas capazes de realizar tarefas impossíveis para tecnologias clássicas, incluindo a proposta da internet quântica (WEHNER *et al.*, 2018; INTONTI *et al.*, 2024).

A internet quântica fundamenta-se na transmissão de qubits (bits quânticos) entre nós de uma rede, explorando propriedades da mecânica quântica como a superposição e o emaranhamento para processar e enviar informações. Diferentemente da internet clássica, que opera com sinais binários (0 e 1) suscetíveis à interceptação passiva, a internet quântica viabiliza protocolos de segurança inquebráveis, como a Distribuição de Chaves Quânticas (QKD). Nesse sistema, a segurança é garantida pelas leis da física, qualquer tentativa de espionagem altera inevitavelmente o estado quântico da chave, alertando os comunicantes sobre a intrusão (WEHNER *et al.*, 2018). Essa base quântica garante segurança inigualável, uma vez que qualquer tentativa de espionagem ou observação da informação, corrompe a mensagem e detecta instantaneamente o intruso, garantindo um nível de criptografia quântica impossível de ser alcançado com redes convencionais (BRASIL, 2024; SOUSA *et al.*, 2021).

Outras vantagens da física quântica já se fazem sentir em áreas como a saúde e a metrologia, com a promessa de aplicações ainda mais sofisticadas. Tecnologias como a ressonância magnética já se valem de princípios quânticos, mas a evolução do campo aponta para novos métodos de diagnóstico e tratamento. Por exemplo, a metrologia quântica possibilita a criação de sensores de campo magnético de altíssima precisão, úteis para exames médicos detalhados (INTONTI *et al.*, 2024). No futuro próximo, vislumbra-se a nanotecnologia quântica na medicina, permitindo a introdução de elementos nanoscópicos que só agem ao encontrar uma célula cancerígena, reduzindo drasticamente os efeitos colaterais de tratamentos como a quimioterapia (CANALGOV, 2014).

A integração entre física e a tecnologia tem impulsionado inovações em áreas como eletrônica avançada, energia limpa e nanotecnologia. Ela não apenas explica inúmeros fenômenos do universo que a física newtoniana não era capaz de descrever, como também é essencial para o funcionamento de tecnologias já cotidianas, como lasers, transistores e a microeletrônica que sustenta os *smartphones* (INTONTI *et al.*, 2024). Em uma perspectiva mais ampla, a física quântica e seus recentes desenvolvimentos fornecem os pilares para a própria ciência e tecnologias modernas. Muitas pesquisas relacionadas a física quântica ainda estão em estágios embrionários, exigindo esforços concentrados no seu desenvolvimento (SOUSA *et al.*, 2021). Porém esses avanços evidenciam que a física não é apenas uma ciência teórica abstrata, mas um motor que impulsiona as soluções práticas que moldarão o futuro.

3 CONCLUSÃO

A relevância da formação de futuros profissionais em física é inegável, sendo a excelência na formação em física crucial, porque:

É o alicerce para o desenvolvimento de setores vitais como energia, inteligência artificial e saúde, impactando diretamente a competitividade e o progresso socioeconômico de uma nação.

A má formação em física compromete a geração de capital humano especializado (cientistas, engenheiros e tecnólogos), limitando a capacidade do país de gerar inovação tecnológica e responder aos desafios contemporâneos. O *déficit* de profissionais qualificados se traduz em dependência tecnológica e um freio ao desenvolvimento de longo prazo.

O desenvolvimento científico e tecnológico, que depende fortemente da física, é o principal vetor de poder e dominação na ordem internacional. Os avanços na física moderna, como na Quântica 2.0, são a base para tecnologias disruptivas em comunicação, segurança de dados e saúde, como a internet quântica e a metrologia de precisão.

Investir massivamente na formação de capital humano em áreas científicas, como a física, é imperativo para que nações menos desenvolvidas construam economias modernas, promovam a criação, e não apenas a importação passiva de tecnologia, e se libertem do ciclo vicioso da dependência tecnológica.

Indicadores de desempenho dos sistemas educacionais, revelam a urgência do Brasil melhorar a qualidade da educação e equiparar os níveis de ensino entre as regiões. A melhoria do ensino de física requer políticas públicas eficazes, revisão curricular, valorização da formação docente, investimento contínuo em infraestrutura e metodologias inovadoras. Formar profissionais de excelência em física é mais que uma necessidade: é a chave para garantir soberania científica e competitividade em um mundo movido pela tecnologia.

REFERÊNCIAS

AVANCINI, Marta; SIQUEIRA, Isabella. Confira os principais destaques do desempenho do Brasil no Pisa 2022. Jeduca, 05 dez. 2023. Disponível em: <https://jeduca.org.br/noticia/confira-os-principais-destaques-do-desempenho-do-brasil-no-pisa-2022>. Acesso em: 22 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 30 out. 2025.

_____. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Nota sobre o Brasil no PISA 2022. Brasília, DF: Inep, 2023. Disponível em: https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2022/pisa_2022_brazil_pt.pdf. Acesso em: 30 out. 2025

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Cientistas apresentam possibilidades para desenvolver a computação e internet quântica no Brasil. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/08/cientistas-apresentam-possibilidades-para-desenvolver-a-computacao-e-internet-quantica-no-brasil>. Acesso em: 10 nov. 2025.

BÜHLER, Juliane; IGNÁCIO, Patrícia. Políticas públicas educacionais implicadas no bom desempenho em ciências no PISA: um estudo comparativo entre Singapura, Finlândia e Brasil. *Olhar de Professor*, Ponta Grossa, v. 23, p. 1-18, e-2020.15593.209209229632.0720, 2020. DOI 10.5212/OLHARPROFR.23.2020.15593.209209229632.0720. Disponível em: <http://www.uepg.br/olhardeprofessor>. Acesso em: 26 out. 2025.

CAIRES, Luiza. Nos países desenvolvidos, dinheiro que financia a ciência na universidade é público. *Jornal da USP*, São Paulo, 24 maio 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/nos-paises-desenvolvidos-o-dinheiro-que-financia-a-ciencia-e-publico/>. Acesso em: 21 out. 2025.

CANALGOV. Física quântica afeta diariamente a vida humana. 30 set. 2014. 1 vídeo (22 min 45 s). Publicado pelo canal CanalGov. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SBpkn15Dg4c>. Acesso em: 21 out. 2025.

7540

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

FURTADO, Celso. *Criatividade e dependência na civilização industrial*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIMARÃES, Sonia K. Produção do conhecimento científico e inovação: desafios do novo padrão de desenvolvimento. *Caderno CRH*, Salvador, v. 24, n. 63, p. 461-466, set./dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ccrh/a/nhhHBSt5nKCmrTmBzBHkXVH/>. Acesso em: 21 out. 2025.

INTONTI, Kimberly; VISCARDI, Loredana; LAMBERTI, Veruska; MATTEUCCI, Amedeo; MICCIOLA, Bruno; MODESTINO, Michele; NOCE, Canio. The Second Quantum Revolution: Unexplored Facts and Latest News. *Encyclopedia*, v. 4, n.2, p. 630-671, 2024. DOI: 10.3390/encyclopedia4020040. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4020040>. Acesso em: 15 out. 2025.

KRASILCHIK, Myriam. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 85-93, jan./mar. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/y6BkX9fCmQFDNnj5mtFgzyF/?lang=pt>. Acesso em: 19 out. 2025.

MORAN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofelia Elisa Torres (orgs.). *Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*. Vol. II. Ponta Grossa: Foca Foto-PROEX/UEPG, 2015. p. 15-33. Disponível em: https://moran.eca.usp.br/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em: 22 out. 2025.

OECD. PISA 2022 Results (Volume I and II) Country Notes: Brazil. Paris: OECD Publishing, 2023a. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/brazil_61690648-en.html. Acesso em: 26 out. 2025.

_____. PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. Paris: OECD Publishing, 2023b. Disponível em: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/12/pisa-2022-results-volume-i_76772a36/53f23881-en.pdf. Acesso em: 26 out. 2025.

OPPENHEIM, Jonathan. A post-quantum theory of classical gravity?. *Physical Review X*, v. 13, n. 4, p. 041040, 2023. Disponível em: <https://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.13.041040>. Acesso em: 21 out. 2025.

REINECKEN, Daniela Prado Damasceno Ferreira; NEVES, Lafaiete Santos. A dependência tecnológica segundo a dialética da dependência de Ruy Mauro Marini. *Caderno do PAIC*, Curitiba, 2011. Disponível em: <https://img.fae.edu/galeria/getImage/1/23587255307096012.pdf>. Acesso em: 21 out. 2025.

ROCHA, Thaís Rios da; BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes. Formação continuada de professores de Ciências: uma análise em periódicos científicos. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática*, [S. l.], v. 16, n. 37, p. 195-209, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/8276>. Acesso em: 22 out. 2025.

RODRIGUES, Maria Eliane Fonseca. Países em Desenvolvimento: dependência e informação. *Perspectiva*, Florianópolis, v. 3, n. 6, p. 53-68, jan./jun. 1986. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/download/8561/8069/26105>. Acesso em: 21 out. 2025.

ROSA, Maria Inês de Freitas Petrucci dos Santos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. A investigação-ação na formação continuada de professores de ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 9, n. 1, p. 27-39, 2003. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/ciedu/v09no1/v09no1a03.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

SAGAN, Carl. *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SAVIANI, Dermeval. *Escola e democracia*. 40. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2008.

SCHWAB, Klaus. *A Quarta Revolução Industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVA, J. *Fundamentos da pesquisa científica*. São Paulo: Editora acadêmica, 2020.

_____. *Metodologia científica*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2025.

SOARES, Danielle de Queiroz. Inovação Tecnológica: Desafios e Perspectivas dos Países Subdesenvolvidos. *Desigualdade & Diversidade*, Rio de Janeiro, n. 8, p. 101-117, jan./jul. 2011. Disponível em: https://desigualdadediversidade.soc.puc-rio.br/media/artigo3_8.pdf. Acesso em: 19 nov. 2025.

SOUSA, Moniele S.; PAULO, Alex F. de; SILVA, Flávio de O.; PEREIRA, João H. de S. Caracterização das pesquisas sobre a próxima rede global de comunicação: a Internet Quântica. In: WORKSHOP DE COMUNICAÇÃO E COMPUTAÇÃO QUÂNTICA (WQuantum), 1., 2021. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 25-30. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/wquantum.2021.17220>. Acesso em: 20 nov. 2025

TIRONI, Luis Fernando. Norma técnica e desenvolvimento: inovação e acordos comerciais. *Boletim de Economia e Política Internacional*, Brasília, n. 24, p. 7-12, jan./abr. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstreams/00ea35a3-763e-4679-a033-e44682d56499/download>. Acesso em: 19 out. 2025.

VAIANO, Bruno. Pesquisadores que demonstraram fenômeno quântico em circuito elétrico visível a olho nu recebem o Nobel de Física de 2025. *Jornal da Unesp*, São Paulo, 7 out. 2025. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2025/10/07/pesquisadores-que-demonstraram-fenomeno-quantico-em-circuito-eletrico-visivel-a-olho-nu-recebem-o-nobel-de-fisica-de-2025/>. Acesso em: 18 out. 2025.

WEHNER, Stephanie; ELKOUSS, David; HANSON, Ronald. Quantum internet: a vision for the road ahead. *Science*, Washington, v. 362, n. 6412, p. eaam9288, 2018. DOI: 10.1126/science.aam9288. Disponível em: <http://science.sciencemag.org/content/362/6412/eaam9288>. Acesso em: 18 out. 2025.

7542

XAVIER, C. R. S.; BARRETO, V. B. Física. 3. ed. São Paulo: FTD, 2010.

XAVIER, Flavia Pereira; ALVES, Maria Teresa Gonzaga; PETRUS, Joyce Soares Rodrigues. Qualidade da oferta educacional e desigualdades de aprendizado no ensino fundamental brasileiro. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v. 40, e47486, 2024. DOI: 10.1590/0102-469847486. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/mWXCLXQ4bVTS8scntgjFDGb>. Acesso em: 22 out. 2025.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.