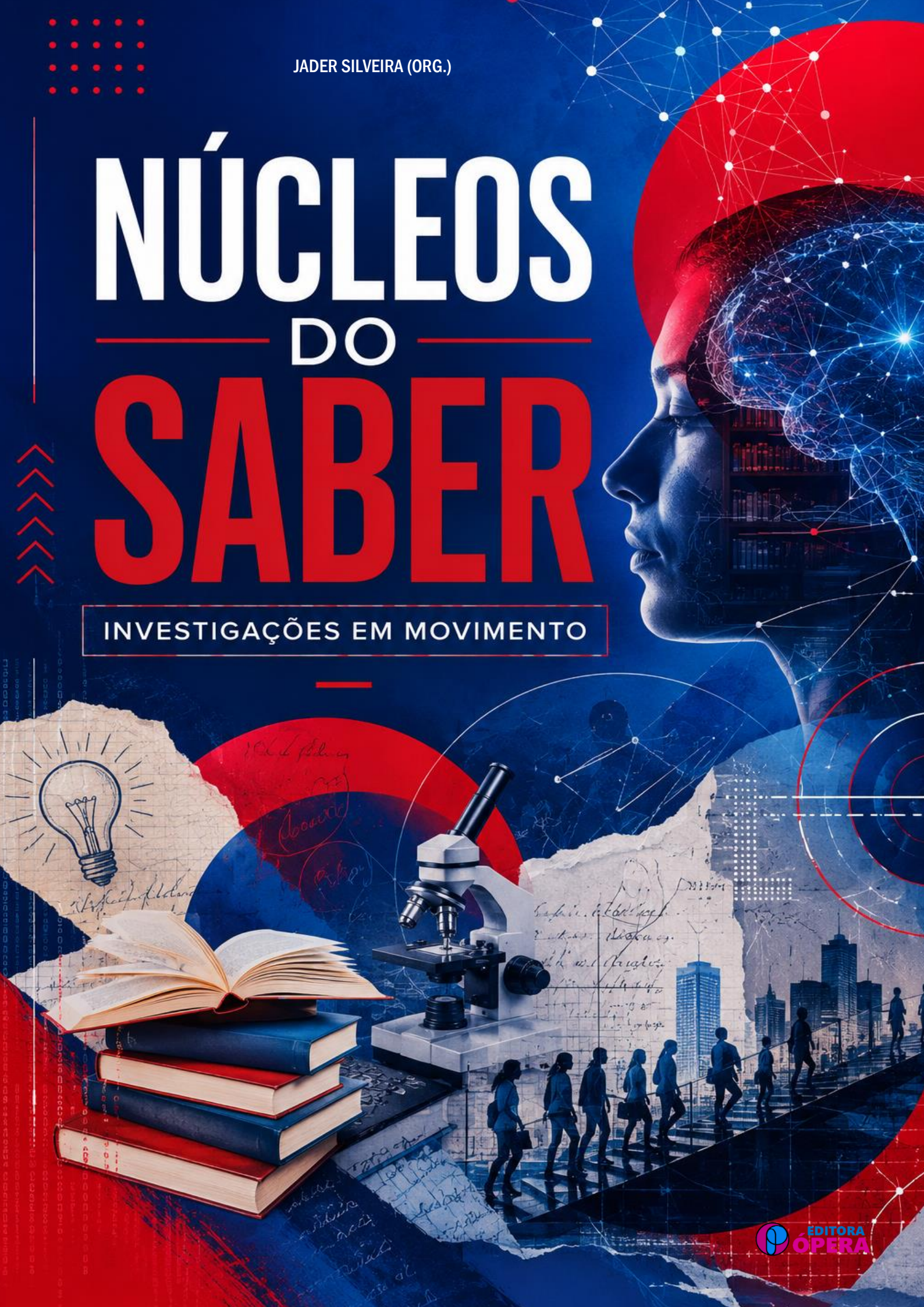


JADER SILVEIRA (ORG.)

NÚCLEOS DO SABER

INVESTIGAÇÕES EM MOVIMENTO



JADER SILVEIRA (ORG.)

NÚCLEOS DO SABER

INVESTIGAÇÕES EM MOVIMENTO



© 2026 – Editora Ópera

www.editoraopera.com.br

editoraopera@gmail.com

Organizador

Jader Luís da Silveira

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Capa: Freepik/Ópera

Revisão: Respective autores dos artigos

Conselho Editorial

Ma. Heloisa Alves Braga, Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, SEE-MG

Me. Ricardo Ferreira de Sousa, Universidade Federal do Tocantins, UFT

Me. Guilherme de Andrade Ruela, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Esp. Ricalael Spirandeli Rocha, Instituto Federal Minas Gerais, IFMG

Ma. Luana Ferreira dos Santos, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Ana Paula Cota Moreira, Fundação Comunitária Educacional e Cultural de João Monlevade, FUNCEC

Me. Camilla Mariane Menezes Souza, Universidade Federal do Paraná, UFPR

Ma. Jocilene dos Santos Pereira, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Dra. Haiany Aparecida Ferreira, Universidade Federal de Lavras, UFLA

Me. Arthur Lima de Oliveira, Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do RJ, CECIERJ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S587n Núcleos do Saber: Investigações em Movimento - Volume 1
/ Jader Luís da Silveira (organizador). – Formiga (MG): Editora
Ópera, 2026. 118 p. : il.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-85284-41-7
DOI: 10.5281/zenodo.21119654

1. Ciência e Tecnologia. 2. Inovações e Avanços. 3. Inovação
Tecnológica. I. Silveira, Jader Luís da. II. Título.

CDD: 607
CDU: 37

*Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam
responsabilidade de seus autores.*

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins
comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora Ópera
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.editoraopera.com.br
editoraopera@gmail.com
Formiga - MG
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
[https://www.editoraopera.com.br/2026/07/nucleos-do-saber-
investigacoes-em.html](https://www.editoraopera.com.br/2026/07/nucleos-do-saber-investigacoes-em.html)



**Núcleos do Saber:
Investigações em Movimento**

Volume 1

Autores

Ana Paula dos Santos Silva

Eliane Garcia da Silva

Eric de Melo Lima

Filipe Wiltgen

Ingrid Meirelles Salvino Tomaszewski

João Luis Josino Soares

Joelson Lopes da Paixão

Josimar José dos Santos

Marcel Musse Pereira

Maria Aparecida Dos Santos Silva Souza

Maria do Carmo dos Santos Silva

Mateus Gabriel Machado da Silva

Poliana dos Santos Silva

Regislandio Sousa Do Nascimento

Roberto da Silva

Rozineide Iraci Pereira da Silva

Tales Ramos Monteiro dos Santos

APRESENTAÇÃO

O conhecimento científico constitui um dos mais sólidos pilares para o desenvolvimento das sociedades contemporâneas. Em um cenário caracterizado por intensas transformações tecnológicas, culturais, sociais e econômicas, a produção de novos saberes torna-se um exercício permanente de investigação, reflexão crítica e compromisso com a construção de respostas aos desafios do presente e às incertezas do futuro. É nesse horizonte que se insere a obra *Núcleos do Saber: Investigações em Movimento*.

Mais do que uma coletânea de estudos, este livro representa um espaço de convergência intelectual, no qual diferentes perspectivas epistemológicas dialogam de maneira harmoniosa, evidenciando a riqueza da pluralidade científica. Cada capítulo constitui um núcleo de conhecimento que, embora possua identidade própria, integra-se a uma ampla rede de investigações comprometidas com o rigor metodológico, a inovação e a relevância social da pesquisa.

A expressão *Investigações em Movimento* traduz, com precisão, a essência desta obra. A ciência não se desenvolve de forma estática; ao contrário, renova-se continuamente por meio da curiosidade, da problematização, da experimentação e da permanente revisão de seus próprios fundamentos. O conhecimento científico é dinâmico, aberto ao diálogo interdisciplinar e impulsionado pela necessidade de compreender fenômenos cada vez mais complexos, produzindo interpretações que contribuam para o avanço da humanidade.

Ao reunir pesquisas provenientes de distintas áreas do conhecimento, esta coletânea reafirma o caráter integrador da ciência contemporânea. As interfaces entre diferentes campos revelam que os grandes problemas da atualidade exigem abordagens colaborativas, capazes de articular saberes, metodologias e experiências diversas. Nesse contexto, a interdisciplinaridade deixa de ser apenas uma possibilidade metodológica para tornar-se uma condição indispensável à produção de conhecimento significativo.

Os textos que compõem este volume refletem o empenho de pesquisadores, docentes, estudantes e profissionais que compreendem a pesquisa como instrumento de transformação social. Suas contribuições evidenciam o compromisso com a excelência

acadêmica, a ética na investigação, a responsabilidade científica e a disseminação do conhecimento como patrimônio coletivo. Cada estudo aqui apresentado amplia horizontes, suscita novas questões e fortalece o diálogo entre teoria e prática, entre universidade e sociedade.

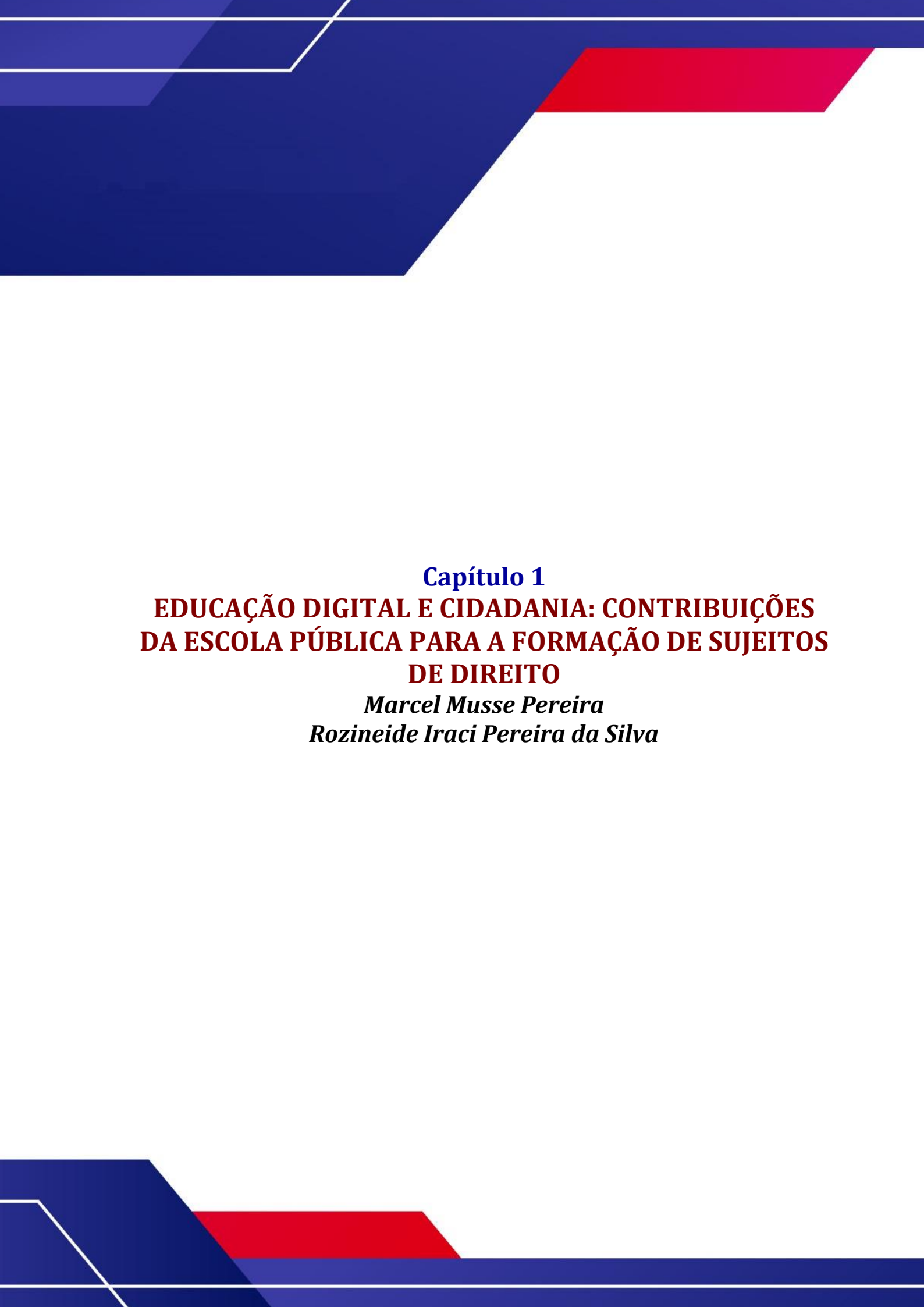
Além de seu valor científico, esta obra convida o leitor a reconhecer que o saber é um processo em permanente construção. Toda investigação inaugura novas possibilidades, toda descoberta conduz a novos questionamentos e toda reflexão amplia os limites do conhecimento existente. Assim, este livro não encerra respostas definitivas; antes, estimula a continuidade da pesquisa, da inovação e do pensamento crítico.

Que *Núcleos do Saber: Investigações em Movimento* inspire novos pesquisadores, fortaleça redes de colaboração científica e contribua para a consolidação de uma cultura acadêmica fundamentada na excelência, na criatividade e na busca incessante pelo conhecimento. Que cada página represente um convite à investigação, ao diálogo e à construção coletiva de saberes capazes de promover o desenvolvimento científico e social.

Boa leitura.

SUMÁRIO

Capítulo 1 EDUCAÇÃO DIGITAL E CIDADANIA: CONTRIBUIÇÕES DA ESCOLA PÚBLICA PARA A FORMAÇÃO DE SUJEITOS DE DIREITO <i>Marcel Musse Pereira; Rozineide Iraci Pereira da Silva</i>	10
Capítulo 2 EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL E POLUIÇÃO HÍDRICA: UM ESTUDO DE CASO NO DISTRITO DE SÃO PEDRO-GARANHUNS/PE <i>Maria do Carmo dos Santos Silva; Poliana dos Santos Silva; Ana Paula dos Santos Silva; Maria Aparecida Dos Santos Silva Souza; Roberto da Silva</i>	19
Capítulo 3 HISTÓRIAS QUE CONTAM: EXPLORANDO A MATEMÁTICA FINANCEIRA COM HISTÓRIAS EM QUADRINHOS E PRODUÇÃO DE VÍDEOS <i>Josimar José dos Santos</i>	31
Capítulo 4 INCERTEZA GEOPOLÍTICA E PLANEJAMENTO ORÇAMENTÁRIO: PROPOSIÇÃO DE UM MODELO TEÓRICO DE TRANSMISSÃO AO AMBIENTE CORPORATIVO <i>Regislandio Sousa Do Nascimento; João Luis Josino Soares</i>	39
Capítulo 5 CONTINUING EDUCATION AND PEDAGOGICAL INNOVATION IN BRAZILIAN PUBLIC SCHOOLS: FOUNDATIONS, TENSIONS AND POSSIBILITIES FOR THE QUALIFICATION OF TEACHING PRACTICES <i>Eric de Melo Lima; Joelson Lopes da Paixão; Eliane Garcia da Silva; Tales Ramos Monteiro dos Santos</i>	61
Capítulo 6 SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA VIA FUSÃO NUCLEAR <i>Filipe Wiltgen; Mateus Gabriel Machado da Silva</i>	87
Capítulo 7 IMPORTÂNCIA DA METALURGIA NA SUSTENTABILIDADE DOS FUTUROS REATORES A FUSÃO TERMONUCLEAR CONTROLADA <i>Mateus Gabriel Machado da Silva; Filipe Wiltgen; Ingrid Meirelles Salvino Tomaszewski</i>	100
AUTORES	114



Capítulo 1
EDUCAÇÃO DIGITAL E CIDADANIA: CONTRIBUIÇÕES
DA ESCOLA PÚBLICA PARA A FORMAÇÃO DE SUJEITOS
DE DIREITO

Marcel Musse Pereira
Rozineide Iraci Pereira da Silva

EDUCAÇÃO DIGITAL E CIDADANIA: CONTRIBUIÇÕES DA ESCOLA PÚBLICA PARA A FORMAÇÃO DE SUJEITOS DE DIREITO

Marcel Musse Pereira

Christian Business School

Mestre e Doutorando em Ciências da Educação pela Christian Business School-CBS, Paris, France. E-mail: marcelmusse@gmail.com

Rozineide Iraci Pereira da Silva

Christian Business School

Doutora, Docente e Orientadora do Curso de Doutorado em Ciências da Educação da Christian Business School (CBS). E-mail: rozineide.pereira197@gmail.com

RESUMO

A crescente inserção das tecnologias corporativas nas redes públicas de ensino tem reconfigurado as dinâmicas pedagógicas, exigindo uma análise rigorosa sobre os impactos dessas ferramentas na formação dos estudantes. Diante da expansão do controle algorítmico e da datificação da sociedade, o presente artigo teve como objetivo central compreender de que maneira a escola pública pode atuar para mediar a transição do estudante, historicamente posicionado pelas plataformas como mero usuário e consumidor, para a condição de um autêntico sujeito de direitos no ecossistema digital. Para alcançar esse propósito, a investigação fundamentou-se em uma pesquisa de natureza qualitativa, estruturada sob a forma de revisão bibliográfica e análise documental. Exploraram-se referenciais teóricos contemporâneos que debatem o capitalismo de vigilância e o fenômeno da plataformização da educação. Em seguida, os dados teóricos foram cruzados com os preceitos legais do Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) e da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). O estudo evidenciou que os ecossistemas digitais frequentemente impõem uma lógica mercantil que ameaça a autonomia docente e captura a privacidade discente. Constatou-se que as

políticas educacionais baseadas exclusivamente na promoção de um letramento digital instrumental mostraram-se insuficientes para emancipar o indivíduo. Concluiu-se, portanto, que a construção de uma cidadania digital crítica demandou o fortalecimento da escola como um filtro ético de resistência. A instituição escolar consolidou-se como o território primordial para submeter as infraestruturas tecnológicas à garantia dos direitos, apontando a urgência da formulação de protocolos pedagógicos soberanos que resguardem o melhor interesse da criança e do adolescente frente aos monopólios digitais.

Palavras-chave: Educação Digital. Plataformização. Cidadania Digital. Sujeito de Direitos. Escola Pública.

ABSTRACT

The growing insertion of corporate technologies in public education systems has reconfigured pedagogical dynamics, demanding a rigorous analysis of the impacts of these tools on student formation. In the face of the expansion of algorithmic control and the datafication of society, this article aimed to understand how public schools can act to mediate the transition of students historically positioned by platforms as mere users and consumers into authentic subjects of rights within the digital ecosystem. To achieve this purpose, the investigation was grounded in qualitative research, structured as a literature review and document analysis. Contemporary theoretical frameworks debating surveillance capitalism and the phenomenon of the platformization of education were explored. Subsequently, the theoretical data were crossed with the legal precepts of the Statute of the Child and Adolescent (ECA) and the General Data Protection Law (LGPD). The study evidenced that digital ecosystems frequently impose a mercantile logic that threatens teaching autonomy and captures student privacy. It was found that educational policies based exclusively on the promotion of instrumental digital literacy proved insufficient to emancipate the individual. Therefore, it was concluded that building a critical digital citizenship demanded strengthening the school as an ethical filter of resistance. The school institution consolidated itself as the primordial territory to submit technological infrastructures to the guarantee of rights, pointing to the urgency of formulating sovereign pedagogical protocols that protect the best interest of children and adolescents against digital monopolies.

Keywords: Digital Education. Platformization. Digital Citizenship. Subject of Rights. Public School.

1 INTRODUÇÃO

A reflexão sobre a cidadania no ambiente digital torna-se indispensável diante das intensas transformações tecnológicas que remodelam as dinâmicas sociais, culturais e formativas. A expansão acelerada do uso de dispositivos, plataformas e sistemas de gestão nas instituições públicas de ensino demonstra que esses recursos exercem influência estrutural sobre a organização do trabalho pedagógico e sobre a construção de subjetividades. Nesse cenário, compreender como a educação pública media a relação

entre os estudantes e as tecnologias torna-se fundamental para analisar se tais recursos estão promovendo a emancipação ou apenas o consumo passivo. O objetivo central deste estudo consiste em compreender de que maneira a escola pública contribui para a transição do estudante da condição de mero usuário de plataformas para a de um autêntico sujeito de direitos no ecossistema digital. A pergunta de pesquisa que orienta a investigação busca responder: ‘Como os referenciais teóricos contemporâneos caracterizam a educação digital e de que modo a escola pública pode articular essas tecnologias à formação cidadã e à garantia de direitos?’

A metodologia adotada fundamenta-se na pesquisa bibliográfica e documental, compreendida como um procedimento investigativo sustentado pela consulta, seleção e interpretação de produções científicas e marcos legais recentes, sem se caracterizar como revisão sistemática. Essa abordagem permite o entendimento do fenômeno por meio da análise crítica de autores que debatem a plataformização da sociedade e os direitos fundamentais na infância e adolescência. A técnica de análise utilizada envolve a leitura interpretativa e a identificação de convergências e divergências conceituais sobre o papel da escola frente ao avanço das lógicas algorítmicas. Os dados são coletados a partir de textos científicos que tratam do letramento digital crítico, proporcionando um diálogo consistente entre o arcabouço teórico e as demandas educacionais contemporâneas.

A estrutura do estudo organiza-se em uma seção principal, dividida em duas subseções. A seção central discute as compreensões contemporâneas sobre a plataformização da educação, articulando diferentes interpretações sobre a atuação das corporações de tecnologia no ambiente escolar e a urgência de uma perspectiva pautada nos direitos fundamentais. A subseção 2.1 explora a distinção entre o letramento digital instrumental e a formação da cidadania digital crítica, analisando como a escola pode atuar como um espaço de resistência e conscientização. A subseção 2.2 apresenta análises sobre diretrizes e políticas públicas que buscam alinhar a inovação tecnológica à proteção de dados e à autonomia pedagógica, evidenciando o papel da escola como fiadora dos direitos dos estudantes. Portanto, a articulação entre a fundamentação teórica e a análise de diretrizes possibilita compreender a complexidade do fenômeno e reforça a importância de posicionar a educação pública como o principal vetor para a construção de sujeitos de direito na era digital.

2 COMPREENSÕES CONTEMPORÂNEAS SOBRE A PLATAFORMIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO

A inserção das tecnologias digitais nas instituições de ensino não se resume à mera atualização de ferramentas didáticas, configurando-se como uma reestruturação profunda das lógicas de governança e mediação pedagógica. Para compreender essa transição, é essencial analisar o conceito de plataforma da educação. Nesse sentido, Williamson (2019) destaca que a entrada de corporações de tecnologia no ambiente escolar transforma as escolas em polos de extração de dados, onde plataformas digitais atuam não apenas como intermediárias do conhecimento, mas como arquiteturas que moldam comportamentos e gerenciam o trabalho docente.

Essa perspectiva evidencia que os ecossistemas digitais ultrapassam a função de suporte neutro. Eles operam sob o que Zuboff (2020) denomina como "capitalismo de vigilância", um modelo econômico que tem como matéria-prima a apropriação contínua e silenciosa da experiência humana na forma de dados comportamentais. Segundo a autora, as interações mediadas por essas tecnologias são quantificadas e convertidas em previsões sobre o comportamento futuro dos usuários. No contexto escolar, isso significa que o tempo de tela, os cliques, os erros e os acertos dos estudantes passam a alimentar lógicas algorítmicas de grandes corporações (*Big Techs*), frequentemente sem a transparência necessária para a comunidade escolar.

Entretanto, enquanto Williamson (2019) concentra sua análise na governança global e na infraestrutura técnica das plataformas educacionais, o sociólogo brasileiro Sérgio Amadeu da Silveira (2021) amplia o debate ao enfatizar os impactos dessa dinâmica na soberania tecnológica e na autonomia local. De acordo com Silveira (2021), a dependência de sistemas proprietários fechados e ecossistemas padronizados restringe a liberdade de escolha das redes públicas, criando um cenário de subordinação infraestrutural. Assim, enquanto Williamson realça a reconfiguração gerencial da educação, Silveira acentua a dimensão geopolítica e a perda da autonomia institucional frente aos monopólios digitais.

Ao contrastar as ideias desses autores, nota-se que ambos convergem para a compreensão de que as mídias e plataformas digitais configuram um ecossistema assimétrico de poder. Por um lado, as infraestruturas descritas por Williamson (2019) reorganizam as práticas educativas e prometem personalização do ensino; por outro, a

lógica extrativista apontada por Zuboff (2020) e criticada por Silveira (2021) introduz uma camada de mercantilização da vida escolar. Portanto, o fenômeno da plataformização revela-se como uma força ambígua: ao mesmo tempo que viabiliza novas formas de acesso à informação, impõe desafios éticos e jurídicos sem precedentes, exigindo que a educação pública assuma um papel ativo na desconstrução dessas assimetrias.

2.1 Do Letramento Instrumental à Cidadania Digital Crítica

A resposta pedagógica frente à plataformização exige uma superação das abordagens tradicionais de inclusão digital. Historicamente, as políticas educacionais tenderam a focar no letramento digital de cunho estritamente instrumental, priorizando o ensino da operação de *hardwares* e *softwares*. Nesse sentido, Buckingham (2019) argumenta que ensinar os estudantes apenas a operar dispositivos ou a utilizar aplicativos de forma eficiente é insuficiente para prepará-los para a complexidade da sociedade contemporânea. O autor defende que a educação deve avançar para uma "educação para as mídias", na qual o foco recai sobre a compreensão crítica de como as informações são produzidas, quem as financia e quais algoritmos determinam sua circulação.

Essa necessidade de transição do técnico para o crítico torna-se evidente quando observamos o modo como os estudantes interagem com as plataformas. Um letramento meramente instrumental forma o que os sistemas algorítmicos projetam: usuários dóceis e consumidores passivos, capazes de navegar rapidamente por interfaces intuitivas, mas incapazes de questionar a opacidade dos termos de uso ou a coleta invisível de seus dados pessoais.

Ao relacionar a visão de Buckingham (2019) com as críticas estruturais da plataformização, constata-se que a cidadania digital crítica pressupõe a apropriação tecnológica associada à consciência política. Trata-se de promover dinâmicas em sala de aula nas quais os estudantes compreendam, por exemplo, que a gratuidade de um aplicativo escolar ou de uma rede social é frequentemente subsidiada pela extração de suas informações pessoais. Dessa forma, a escola desloca o estudante do papel de mero espectador técnico para a posição de sujeito reflexivo, capaz de interrogar a arquitetura invisível que media suas interações sociais e educacionais.

2.2 A Escola Pública como Espaço de Resistência e Garantia de Direitos

A consolidação da cidadania digital crítica encontra amparo nas diretrizes legais que protegem a infância e a juventude. A articulação entre inovação tecnológica e o ordenamento jurídico evidencia que o espaço escolar é o principal vetor institucional para a garantia de direitos na era digital. Nesse contexto, o cruzamento entre as garantias estabelecidas pelo Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) e a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) redefine o papel das políticas públicas educacionais.

A LGPD, de modo específico, estabelece em seu escopo que o tratamento de dados de crianças e adolescentes deve ser realizado sempre em seu "melhor interesse" (BRASIL, 2018). Essa prerrogativa legal colide diretamente com as práticas extrativistas do capitalismo de vigilância apontadas por Zuboff (2020). Quando as redes públicas de ensino implementam Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) geridos por corporações privadas sem uma mediação ética rigorosa, o Estado flerta com a terceirização da privacidade discente.

É neste ponto de tensão que a função social da escola pública é reafirmada. Ao analisar as experiências de integração tecnológica, nota-se que a adoção de infraestruturas digitais exige a elaboração de salvaguardas. A escola pública atua como um "filtro ético" fundamental: é o ambiente onde o acesso democratizado à internet não deve custar a violação da privacidade. Portanto, ao invés de atuar como uma mera repassadora de pacotes tecnológicos corporativos, a escola deve ser o espaço da formulação de protocolos e pactos pedagógicos que subordinem a tecnologia à lógica dos direitos humanos.

Assim, conclui-se que a digitalização educacional só atinge seu pleno potencial emancipatório quando estruturada sobre os pilares da soberania dos dados e da proteção à infância. A sala de aula conectada, para além de seu aspecto de inovação técnica, deve ser o território primordial onde o estudante se reconhece e é legalmente resguardado como um autêntico sujeito de direitos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo do presente artigo permitiu compreender, de forma teórica e fundamentada, os desafios e as perspectivas em torno da inserção das

tecnologias digitais na educação pública contemporânea. O objetivo central, que consistiu em investigar como a escola pode mediar a transição do estudante de um mero usuário de plataformas para a condição de sujeito de direitos, foi alcançado por meio da articulação crítica entre os conceitos de plataformização, capitalismo de vigilância e cidadania digital.

Constatou-se que a infraestrutura digital oferecida pelas corporações de tecnologia não opera com neutralidade no ambiente escolar. Pelo contrário, conforme evidenciado pelo debate sobre a extração massiva de dados e o controle algorítmico, os ecossistemas digitais impõem uma lógica mercantil que ameaça a soberania pedagógica e a privacidade dos estudantes. Diante desse cenário, demonstrou-se que as políticas educacionais baseadas exclusivamente em um letramento digital instrumental são insuficientes, pois formam indivíduos tecnicamente capazes, mas politicamente vulneráveis à arquitetura invisível das redes.

A síntese teórico-documental esclareceu que a resposta a esse fenômeno reside no fortalecimento da escola pública como um espaço institucional de resistência e emancipação. A consolidação de uma cidadania digital crítica exige que as práticas pedagógicas desnaturalizem o uso das plataformas, promovendo a reflexão sobre quem controla a informação e como os dados pessoais são monetizados. Mais do que isso, evidenciou-se que o papel da escola encontra forte respaldo no ordenamento jurídico nacional, em especial no cruzamento entre o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) e a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). A instituição escolar atua, portanto, como um filtro ético fundamental, garantindo que o direito à inovação não se sobreponha ao princípio do melhor interesse da criança e do adolescente.

Reconhece-se, por fim, que a efetivação dessa cidadania emancipatória demanda o desenvolvimento contínuo de políticas públicas que protejam as redes de ensino da dependência de monopólios corporativos. Torna-se imprescindível a criação de tecnologias sociais e protocolos pedagógicos próprios, que subordinem a ferramenta técnica aos valores democráticos e humanos. Incentiva-se, assim, a continuidade de investigações acadêmicas que explorem os impactos de longo prazo da digitalização da educação, colaborando para a construção de um ambiente pedagógico verdadeiramente soberano, crítico e centrado na garantia inegociável dos direitos fundamentais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 1990.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 ago. 2018.

BUCKINGHAM, D. The Media Education Manifesto. Cambridge: Polity Press, 2019.

SILVEIRA, S. A. da. Colonialismo de dados: a extração de valor na internet e o controle algorítmico. São Paulo: Autonomia Literária, 2021.

WILLIAMSON, B. Big Data na Educação: o futuro digital da aprendizagem, da política e da prática. Porto Alegre: Penso, 2019.

ZUBOFF, S. A era do capitalismo de vigilância: a luta por um futuro humano na nova fronteira do poder. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2020.

Capítulo 2
**EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL E POLUIÇÃO HÍDRICA:
UM ESTUDO DE CASO NO DISTRITO DE SÃO PEDRO-
GARANHUNS/PE**

Maria do Carmo dos Santos Silva

Poliana dos Santos Silva

Ana Paula dos Santos Silva

Maria Aparecida Dos Santos Silva Souza

Roberto da Silva

EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL E POLUIÇÃO HÍDRICA: UM ESTUDO DE CASO NO DISTRITO DE SÃO PEDRO-GARANHUNS/PE

Maria do Carmo dos Santos Silva

Atua na Educação Básica como professora dos Anos Finais; Especialista em ensino de Geografia pela Universidade do Estado de Pernambuco - UPE - 2017; Formada em Licenciatura plena em Geografia pela Universidade do Estado de Pernambuco - UPE - 2014; carminha.santos1421@gmail.com

Poliana dos Santos Silva

Atua na Educação como professora da Educação Infantil II e dos Anos Iniciais em escolas do campo, sendo cursista do programa Escola da Terra – NUPEFEC/Universidade Federal de Pernambuco (2025–2026). Licenciatura em Pedagogia pela Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (2025) e graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Norte do Paraná (2020). É especialista em Ensino de Biologia (2022) e em Psicopedagogia Institucional e Clínica (2021), ambas pela FAVENI. Atualmente, cursa pós-graduação em Alfabetização e Letramento. poliana.ssilva2ufape.edu.br

Ana Paula dos Santos Silva

*Atua na Educação Básica como professora da Educação Infantil II, Licenciatura em Pedagogia pela Universidade Federal do Agreste de Pernambuco-2025, Licenciatura em Pedagogia pela Universidade Norte do Paraná-2021 e pós-graduada em Psicopedagogia Clínica e Institucional pela FAVENI - 2023.
paula.ssilva@ufape.edu.br*

Maria Aparecida Dos Santos Silva Souza

Formação em pedagogia plena na instituição Uniasselvi - 2025: Pós graduando em psicopedagogia Clínica e Institucional, (em andamento)
dmariaaparecidadossantossilva@gmail.com

Roberto da Silva

Mestrando em Ensino de Ciências e Educação Matemática - UEPB; ORCID. ID:
<https://orcid.org/0009-0009-7162-1684>; silva.roberto@aluno.uepb.edu.br

RESUMO

Este trabalho analisa a poluição do Rio Canhoto e seus impactos ambientais no Distrito de São Pedro, em Garanhuns-PE, evidenciando a necessidade de fortalecer a educação ambiental e implementar políticas públicas voltadas à sustentabilidade. Teve como objetivo geral informar os estudantes e fomentar a compreensão do papel da educação ambiental, em perspectiva teórico-prática, nas aulas da eletiva dos anos finais do Ensino Fundamental da Escola Integral EFITI José Ferreira Sobrinho. A metodologia incluiu revisão bibliográfica, aulas teóricas e práticas, observação direta e atividades relacionadas à reutilização de materiais e ao cuidado com o ambiente. Os resultados demonstram que a abordagem transdisciplinar amplia a compreensão do fenômeno ao integrar dimensões sociais, econômicas, políticas e culturais à conservação ambiental, estimulando atitudes conscientes e responsáveis entre os estudantes. As aulas práticas foram as mais engajadoras, pois consolidaram conteúdos, favoreceram a aprendizagem lúdica e promoveram reflexão crítica e internalização de valores sustentáveis. Além disso, os estudantes passaram a reconhecer a importância da preservação dos recursos hídricos locais. Conclui-se que a educação ambiental transdisciplinar contribui para reduzir a poluição local, fortalecer uma cultura ecológica e incentivar práticas educativas contextualizadas ao território escolar, oferecendo subsídios ao planejamento pedagógico e à formulação de políticas públicas preventivas e formativas para a comunidade.

Palavras-chaves: Meio Ambiente. Poluição. Rio Canhoto.

ABSTRACT

This study analyzes the pollution of the Canhoto River and its environmental impacts in the São Pedro District, in Garanhuns in the state of Pernambuco, highlighting the need to strengthen environmental education and implement public policies focused on sustainability. Its general objective was to inform students and foster an understanding of the role of environmental education, from a theoretical and practical perspective, in the elective classes for the final years of elementary school at the EFITI José Ferreira Sobrinho Full-Time School. The methodology included literature review, theoretical and practical classes, direct observation, and activities related to the reuse of materials and care for the environment. The results demonstrate that the transdisciplinary approach broadens the understanding of the phenomenon by integrating social, economic, political, and cultural dimensions into environmental conservation, encouraging conscious and responsible attitudes among students. The practical classes were the most engaging, as they

consolidated content, promoted playful learning, and fostered critical reflection and the internalization of sustainable values. Furthermore, the students came to recognize the importance of preserving local water resources. It is concluded that transdisciplinary environmental education contributes to reducing local pollution, strengthening an ecological culture, and encouraging educational practices contextualized to the school environment, providing support for pedagogical planning and the formulation of preventive and educational public policies for the community.

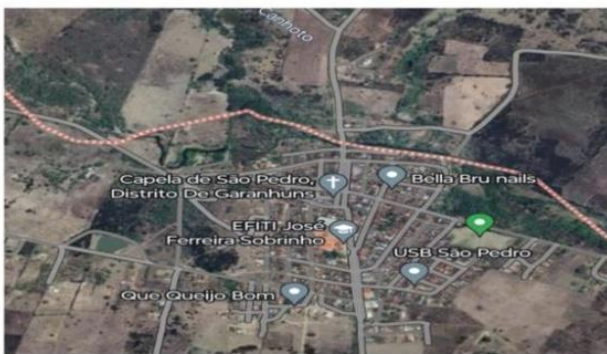
Keywords: Environment. Pollution. Canhoto River.

INTRODUÇÃO

O presente artigo resulta de uma disciplina eletiva ofertada no segundo semestre de 2023 para estudantes dos 6º e 7º anos, intitulada “Educação Ambiental no Distrito de São Pedro”. A proposta fundamenta-se na importância da Educação Ambiental na formação de sujeitos críticos, conscientes e comprometidos com a sustentabilidade. Como parte diversificada do currículo, a disciplina possibilita aos estudantes a escolha de temas de interesse, ampliando experiências formativas e o desenvolvimento de habilidades.

Nesse contexto, a Educação Ambiental buscou promover a conscientização sobre problemáticas ambientais e incentivar práticas sustentáveis voltadas à preservação dos recursos naturais. Entre os principais desafios destacam-se o desmatamento, o descarte inadequado de resíduos, a ausência de saneamento básico, a poluição e a perda da biodiversidade. A seguir, na Imagem 1, apresenta-se a escola e sua localização no mapa.

Imagem 1: Distrito de São Pedro / Escola EFITI José Ferreira Sobrinho



Fonte: Adaptado Google maps, 2022.

A Escola de Referência em Ensino Fundamental em Tempo Integral EFITI José Ferreira Sobrinho, integrante do programa Inova Educação, localiza-se no Distrito de São Pedro, em Garanhuns. A disciplina eletiva foi desenvolvida por meio de aulas teóricas,

práticas e de campo, possibilitando a análise das causas, consequências e soluções para os problemas ambientais locais. O estudo caracteriza-se como observacional, fundamentado em pesquisa bibliográfica e aulas de campo, articulando teoria e prática.

Observou-se que o descarte inadequado de resíduos sólidos e esgoto contribui para a degradação ambiental, agravada por fatores socioeconômicos. As atividades realizadas, como observação direta, análise do ambiente e discussões em sala, ampliaram a compreensão dos impactos ambientais e sociais dessa realidade. A pesquisa buscou promover a compreensão do papel da Educação Ambiental no contexto escolar, conscientizando os estudantes sobre o descarte inadequado de resíduos no Rio Canhoto e seus impactos ambientais e sociais.

METODOLOGIA

A pesquisa iniciou-se com um levantamento bibliográfico, visando fundamentar teoricamente o estudo e subsidiar a elaboração da proposta da eletiva. Essa etapa envolveu a análise de livros, artigos, teses e outras produções científicas relevantes. Segundo Andrade (2010), a pesquisa bibliográfica contribui para a delimitação do tema, construção do referencial teórico e sustentação das análises acadêmicas.

A investigação possibilitou a compreensão de conceitos relacionados ao meio ambiente, sustentabilidade, preservação, práticas socioambientais, Educação Ambiental e currículo diversificado, contribuindo para o desenvolvimento de atividades pedagógicas contextualizadas. Conforme as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (Resolução CNE nº 2/2012), a Educação Ambiental deve ocorrer de forma integrada, interdisciplinar e contínua em todos os níveis de ensino.

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, na perspectiva de Denzin e Lincoln (2006), por compreender os fenômenos em seus contextos naturais e considerar os significados atribuídos pelos sujeitos. As atividades envolveram aulas teóricas, práticas e de campo, incluindo a construção de maquetes e jogos pedagógicos com materiais recicláveis. Nesse contexto, as aulas de campo favorecem uma aprendizagem concreta e contextualizada, fortalecendo a articulação entre teoria e prática, conforme destaca Roslin (2013). Assim, a eletiva constituiu-se como espaço de interdisciplinaridade, experimentação e desenvolvimento crítico dos estudantes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Educação Ambiental é um tema relevante na sociedade contemporânea, pois promove a conscientização sobre questões ambientais e a compreensão da relação entre as pessoas e o meio ambiente, incentivando ações voltadas à preservação dos recursos naturais. Na Imagem 2, apresenta-se a localização do Rio Canhoto no mapa.

Imagem 2: Localização do Rio Canhoto.



Fonte: Wikipédia, 2024.

A imagem acima apresenta a localização do Rio Canhoto. Conforme a Wikipédia (2024), o Rio Canhoto é um curso de água, ou seja, um rio que percorre os estados de Pernambuco e Alagoas, desempenhando importante função ambiental e social para as comunidades locais. Na Imagem 3, apresenta-se o percurso do Rio Canhoto no Distrito de São Pedro.

Imagem 3: Área do Rio Canhoto no seu percurso no Distrito de São Pedro.



Fonte: Youtube, adaptado em 2024.

O Rio Canhoto, em seu percurso pelo Distrito de São Pedro, apresenta elevados índices de poluição devido ao descarte inadequado de resíduos sólidos e ao lançamento de esgoto doméstico. Essa problemática provoca impactos ambientais, como a contaminação da água, do solo e do ar, além do assoreamento do rio causado pelo acúmulo de sedimentos em seu leito.

Nesse contexto, a relação entre arborização urbana e Educação Ambiental torna-se essencial para a preservação dos recursos naturais. Conforme Silva et al. (2023), práticas educativas voltadas à conscientização da população contribuem para a conservação ambiental. A arborização auxilia na proteção dos cursos d'água, na redução do assoreamento, na melhoria da qualidade do ar, na regulação da temperatura e na preservação da biodiversidade. Entretanto, a ausência de ações educativas favorece a retirada da vegetação e o descarte inadequado de resíduos nesses espaços.

Diante dessa realidade, evidencia-se a necessidade de repensar práticas de consumo e descarte. Para Reigota (2009), a Educação Ambiental deve assumir um caráter formativo e transformador, promovendo a participação da comunidade e articulando problemáticas locais às questões ambientais globais. Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (1997), a Educação Ambiental deve ser trabalhada de forma transversal e interdisciplinar, integrando diferentes áreas do conhecimento. Essa abordagem amplia a compreensão das questões socioambientais e favorece o desenvolvimento de uma consciência crítica. Na Imagem 4, apresentam-se registros da água do Rio Canhoto.

Imagem 4: Aulas de campo



Fonte: colagem, autora da pesquisa, 2023

Durante as aulas de campo, identificou-se a problemática ambiental do Rio Canhoto por meio das visitas in loco e dos relatos dos estudantes. Observou-se elevado nível de poluição, evidenciado pela coloração da água, odor intenso e acúmulo de resíduos nas margens e no leito do rio. Também foi constatado o assoreamento, agravado pela

ausência de vegetação ciliar, fator que aumenta o risco de enchentes em períodos chuvosos, como ocorreu em 2022, devido ao volume de água da barragem da Cajarana.

Nesse contexto, a fragilidade das ações de Educação Ambiental, tanto na escola quanto nas políticas públicas, contribui para a permanência dessa realidade. Segundo Rosa (2002), a ausência de formação ambiental desde os anos iniciais favorece o distanciamento dos indivíduos em relação à natureza e estimula práticas inadequadas de preservação. Assim, evidencia-se a necessidade de fortalecer a Educação Ambiental como prática contínua e formativa, promovendo conscientização, responsabilidade coletiva e sustentabilidade. Na Imagem 5, apresenta-se a enchente no Distrito de São Pedro.

Imagem 5: Enchentes no Distrito de São Pedro, 2022.



Fonte: Youtube, adaptado:2024.

Em julho de 2022, o Distrito de São Pedro foi atingido por fortes chuvas que provocaram o transbordamento do Rio Canhoto e a inundação de residências próximas às margens. O evento causou danos à infraestrutura, perdas materiais e prejuízos econômicos. Entre os fatores que contribuem para esse tipo de desastre destacam-se as chuvas intensas, o desmatamento, a poluição, a obstrução do leito do rio e a urbanização desordenada, evidenciando a necessidade de planejamento urbano e políticas públicas sustentáveis.

No âmbito da eletiva, foram produzidas duas maquetes pedagógicas com materiais recicláveis, visando promover a conscientização ambiental por meio de atividades

práticas. Nesse contexto, a reciclagem e a reutilização são estratégias importantes para reduzir impactos ambientais. Segundo Alves (2000), a reciclagem contribui para a diminuição do lixo, a preservação dos recursos naturais e o desenvolvimento de uma consciência socioambiental voltada à sustentabilidade. Na Imagem 6, apresenta-se a construção das maquetes.

Imagem 6: Aula prática confecção de maquete



Fonte: Autora da pesquisa, 2023

As produções desenvolvidas evidenciaram o engajamento dos estudantes e a compreensão dos conteúdos trabalhados. No contexto escolar, é possível promover reflexões sobre consumo consciente e descarte adequado de resíduos. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998), a escola possui papel fundamental na formação de atitudes conscientes relacionadas ao desperdício e aos impactos ambientais.

Entretanto, a ausência de uma cultura ambiental consolidada contribui para práticas inadequadas de descarte de resíduos, gerando impactos ao meio ambiente. Essa realidade, observada no Distrito de São Pedro, evidencia a necessidade de fortalecer a Educação Ambiental desde a educação básica, associada à implementação de políticas públicas sustentáveis. A articulação entre teoria e prática favoreceu uma aprendizagem significativa, estimulando o pensamento crítico e a construção de valores socioambientais. Nesse sentido, Grubel e Bez (2006) destacam que atividades lúdicas tornam o ensino-aprendizagem mais dinâmico e contribuem para a construção do conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo possibilitou a identificação da problemática ambiental relacionada à poluição do Rio Canhoto. A análise evidenciou o descarte inadequado de resíduos sólidos e de esgotos domésticos como principais fatores de degradação, refletindo a ausência de conscientização ambiental e de infraestrutura adequada.

A investigação permitiu compreender que a poluição do rio está associada a fatores socioeconômicos e da insuficiência de políticas públicas voltadas à sustentabilidade. Observou-se, ainda, o processo de assoreamento decorrente da retirada da vegetação ciliar, o que contribui para o aumento do risco de enchentes e a intensificação dos impactos ambientais no território.

Dessa forma, conclui-se que a problemática ambiental observada exige ações integradas entre educação ambiental, políticas públicas e participação comunitária, visando à promoção de práticas sustentáveis e à preservação dos recursos naturais. Espera-se que este estudo contribua para o fortalecimento da consciência crítica da população local e para o desenvolvimento de futuras pesquisas voltadas à recuperação e conservação do Rio Canhoto.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ana Terezinha Jaques et al. Reciclagem: educar para conscientizar. **Anais do II Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão. UNICRUZ, 2012.**

ANDRADE, Maria Margarida de de. Introdução à metodologia do trabalho científico. In: **Introdução à metodologia do trabalho científico.** 2010. p. 158-158.

Brasil(1977).

DA SILVA, Ismael Costa et al. Percepção ambiental de professores do ensino básico sobre arborização urbana do ambiente escolar entre os anos 1998 a 2022. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 18, n. 1, p. 133-154, 2023.

DE MORAES ALVES, Jolinda; SEMZEZEM, Priscila. Vulnerabilidade social, abordagem territorial e proteção na política de assistência social. *Serviço Social em Revista*, v. 16, n. 1, p. 143-166, 2013.

DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. (Orgs.). *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens.* 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 15-41.

DIAS, Genebaldo Freire; SALGADO, Sebastião. **Educação ambiental, princípios e práticas**. Editora Gaia, 2023.

DO BRASIL, Senado Federal. Constituição da república federativa do Brasil. **Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico**, 1988.

IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística.
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/garanhuns/panorama>.

GOMES, Yasmin Leon; PEDROSO, Daniele Saheb. Metodologias de ensino em Educação Ambiental no Ensino Fundamental: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. e35007-33, 2022.

GRÜBEL, J. M.; BEZ, M. R. Jogos Educativos. 2006 Disponível em:

<<http://penta3.ufrgs.br/ciclo8/artigo25153.pdf>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2024.

IMAGENS AÉREAS DE DRONE DO POVOADO SÃO PEDRO DISTRITO DE GARANHUNS PERNAMBUCO - <https://www.youtube.com/watch?v=8Nt28loap50>

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Educação. Currículo de Referência de Mato Grosso do Sul: Ensino Médio e Novo Ensino Médio. Campo Grande: SED, 2021. (Série Currículo de Referência; 2). Disponível em:
<https://www.sed.ms.gov.br/wpcontent/uploads/2022/01/Curriculo-Novo-Ensino-Medio-v1.1.pdf>. Garanhuns – Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em:
<https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Garanhuns>.

PÁDUA, Suzana Machado. **Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil**. Ipê, 1997.

Parâmetros Curriculares Nacionais: meio ambiente e saúde. MEC/Brasília.

Chuva causa enchente em povoado São Pedro em Garanhuns -
https://www.youtube.com/watch?v=ehoFK6sd_J0.

REIGOTA, Marcos. O que é Educação Ambiental. São Paulo: Brasiliense, 2012. **Coleção Primeiros Passos**, v. 292, 1999.

Rio Canhoto - Wikipédia, a enciclopédia livre.
https://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Canhoto.


Resolução do CNE n. o 2, de 15 de junho de 2012. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. MEC.

ROSA, Antônio Carlos Machado da. As grandes linhas e orientações metodológicas da educação ambiental. **Educação Ambiental: Curso básico à distância: Educação e Educação Ambiental I. Ana Lúcia Tostes de Aquino Leite e Naná Mininni-Medina (Coord)**. Brasília: MMA, 2001.p. 15-32.

ROSLIN, Ma Anya Yasmin A. et al. Social impact of ecotourism on the behavior of students on educational field trips to Makiling Botanic Gardens in the University of the Philippines Los Baños. **USM R&D Journal**, v. 17, n. 1, p. 71-80, 2009.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DE GARANHUNS NO INSTAGRAM -
https://www.instagram.com/p/CohyhE7O3Rr/?igsh=ajR1YzN6bHZucjhw&img_index=1

WINGERT, Éverli Bier et al. Políticas públicas sustentáveis: um conjunto de alternativas para municípios de pequeno porte no Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica de Administração e Turismo-ReAT**, v. 16, n. 2, p. 21-37, 2022.



Capítulo 3
**HISTÓRIAS QUE CONTAM: EXPLORANDO A
MATEMÁTICA FINANCEIRA COM HISTÓRIAS EM
QUADRINHOS E PRODUÇÃO DE VÍDEOS**
Josimar José dos Santos

HISTÓRIAS QUE CONTAM: EXPLORANDO A MATEMÁTICA FINANCEIRA COM HISTÓRIAS EM QUADRINHOS E PRODUÇÃO DE VÍDEOS

Josimar José dos Santos

Mestre em matemática e graduando em estatística bacharelado; Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: josimar.santos@ifrn.edu.br

RESUMO

O presente relato descreve as atividades desenvolvidas, produção de histórias em quadrinhos e produção de vídeos, durante as aulas de matemática financeira com alunos do 2º ano cursos técnicos integrados (Informática, Comércio e Eletrônica) ao longo dos anos de 2022, 2023 e 2024 no Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Campus Natal – Zona Norte. As turmas foram divididas em grupos com quatro componentes. Cada grupo ficou responsável por um dos temas: Aprendendo a calcular o imposto de renda, Inflação ou deflação: qual o pior, Financiamento de Imóveis: Amortização pelo sistema SAC, Financiamento de Imóveis: Amortização pelo sistema Price, Renda Fixa I, Renda Variável, Juros de cartão de crédito: Você sabe calcular? E Renda fixa II. As histórias em quadrinhos poderiam ser desenvolvidas usando a ferramenta Pixton (<https://www.pixton.com/welcome>) e os vídeos desenvolvidos deveriam ser publicados no Youtube no modo não listado. A conclusão do trabalho foi realizada em uma aula temática denominada Café Matemático, onde formamos uma roda de conversa para conversar sobre as dificuldades e aprendizados obtidos com a realização do trabalho. Os resultados obtidos com essas atividades foram satisfatórios, pois os alunos relataram que os conhecimentos adquiridos seriam levados para sua vida fora da escola tanto pela importância da temática quanto pela forma que as atividades foram desenvolvidas. Além disso, a realização dessas atividades proporcionou a criação de um projeto de pesquisa que busca criar um aplicativo em formato de calculadora que realize cálculos financeiros. **Palavras-chave:** Matemática Financeira, Histórias em Quadrinhos, Produção de Vídeos, Educação Matemática.

1. INTRODUÇÃO

A matemática financeira é uma área da matemática que estuda os conceitos relacionados a operações comerciais como, por exemplo, amortizações, cálculos de juros em empréstimos ou financiamentos, o percentual de aumentos ou descontos em produtos ou serviços, ganhos ou perdas em investimentos entre outros.

Texeira e Neto (2016, p. 2) destacam que:

As operações financeiras fazem parte do cotidiano das pessoas, principalmente em suas práticas de consumo, o poder de compra e parcelamentos que podem comprometer o orçamento das pessoas que enquanto “consumidores” por sua vez, nem sempre foram preparadas pela escola para compreendê-las e, conseqüentemente, não param para pensar de onde vêm as informações financeiras e como são processadas; simplesmente pagam, sem entender ou por vezes sem questionar.

Diante do exposto, e da importância desse tema, que é caracterizado pelo conhecimento das principais operações financeiras, percebeu-se a necessidade de trabalhar os tópicos de matemática financeira de uma forma diferente. No nosso caso, o objetivo principal foi desenvolver o aprendizado dos estudantes usando Histórias em Quadrinhos (HQs) e Produção de Vídeos dos temas: Aprendendo a calcular o imposto de renda, Inflação ou deflação: qual o pior, Financiamento de Imóveis: Amortização pelo sistema SAC, Financiamento de Imóveis: Amortização pelo sistema Price, Renda Fixa I, Renda Variável, Juros de cartão de crédito: Você sabe calcular? E Renda fixa II.

Assim, o objetivo deste trabalho é descrever a atividades e as experiências vivenciadas pelos alunos e pelo professor ao longo dos anos de 2022, 2023 e 2024, durante as aulas de matemática, em especial as aulas de matemática financeira.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo o PCN (2000) é parte fundamental das práticas docentes o professor apresentar a Matemática como um conhecimento que proporciona ao desenvolvimento do raciocínio, da forma de se expressar e organizar as ideias e, além disso, da imaginação dos alunos perante a situações problemas submetidos. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (2018) corrobora com esta ideia ao destacar que é no ensino médio que os estudantes desenvolvem habilidades úteis para resolver problemas reais aplicando

conceitos matemáticos que surgem ao longo de sua vida. Diante do que foi exposto pelos documentos oficiais, que versam de um modo geral, sobre a educação básica, percebe-se que a matemática deve ser desenvolvida de forma a aproximar os estudantes de seu cotidiano, cujo principal objetivo é “o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico” (LDB 9394/96, p. 27).

A matemática financeira é uma ótima opção para ser desenvolvida de forma a aproximar a matemática com o cotidiano dos estudantes. Essa área da Matemática dedica-se ao estudo de operações financeiras: como o cálculo de juros simples e compostos, a comparação de investimentos, a análise de financiamentos e empréstimos, além do cálculo de prestações e da amortização. Segundo Santos (2023, p. 25) a matemática financeira tem um grande potencial para ser desenvolvida partindo da vivência dos alunos, pois diariamente através das mídias eles entram em contato com gráficos, tabelas, taxa de juros. Silveira, Carvalho e Sobrinho (2020, p. 51685) ratifica com essa ideia quando destaca que o uso da matemática financeira associada ao cotidiano dos estudantes contribui na preparação de pessoas mais críticas e conscientes do exercício da cidadania em questões sobre finanças.

Em relação ao processo de ensino-aprendizagem de matemática, tem-se destacado o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). Estudos indicam que a integração de ferramentas tecnológicas auxilia na visualização de conceitos abstratos, promovendo maior engajamento e motivação entre os alunos. Além disso, com o uso das TICs é possível que as aulas sejam mais atrativas facilitando a construção do conhecimento de forma mais dinâmica e interativa. No entanto, para que essas tecnologias sejam efetivamente incorporadas ao ambiente educacional, é essencial investir na formação contínua dos professores e garantir infraestrutura adequada nas escolas, conforme destacado por Camillo (2019). Compartilhando do mesmo pensamento no que diz respeito ao uso das TICs nas aulas de matemática destacamos

[...] que é de extrema importância o uso das TICs na educação, em particular nas aulas de matemática. Porém, não podemos esquecer que as TICs não substituem a relação professor-aluno-conhecimento no processo de ensino aprendizagem, mas é um recurso didático cujo objetivo é facilitar a aprendizagem e potencializar os conhecimentos dos alunos de modo dinâmico. (SANTOS, 2017, n.p.)

Assim, percebe-se que o uso das TICs tem um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem, pois tanto contribui para uma relação mais direta entre professor-aluno-conhecimento, proporcionando maior interação e engajamento nas aulas quanto possibilita o desenvolvimento de aulas mais dinâmicas e atrativas.

3. METODOLOGIA

As atividades descritas neste trabalho foram desenvolvidas com alunos do 2º ano do Ensino Médio dos cursos Técnico Integrado em Informática, Eletrônica e Comércio do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, *Campus Natal Zona Norte*.

A abordagem da matemática financeira em sala de aula foi desenvolvida em dois momentos. O primeiro momento foi destinado a trabalhar os conceitos teóricos de porcentagens, juros simples e compostos, descontos e atualização financeira (valor presente e valor futuro) por meio de aulas expositivas utilizando o quadro branco, pincel, projetor, planilhas do Excel e calculadora científica. O segundo momento foi dedicado à produção de histórias em quadrinhos e vídeos educativos realizados pelos alunos. Nessa etapa exploramos tópicos adicionais diretamente relacionados ao cotidiano dos estudantes, tornando o aprendizado mais significativo. Esses conhecimentos não apenas enriqueceram a formação acadêmica, mas também desempenharam um papel essencial na preparação para a vida pessoal e profissional dos estudantes.

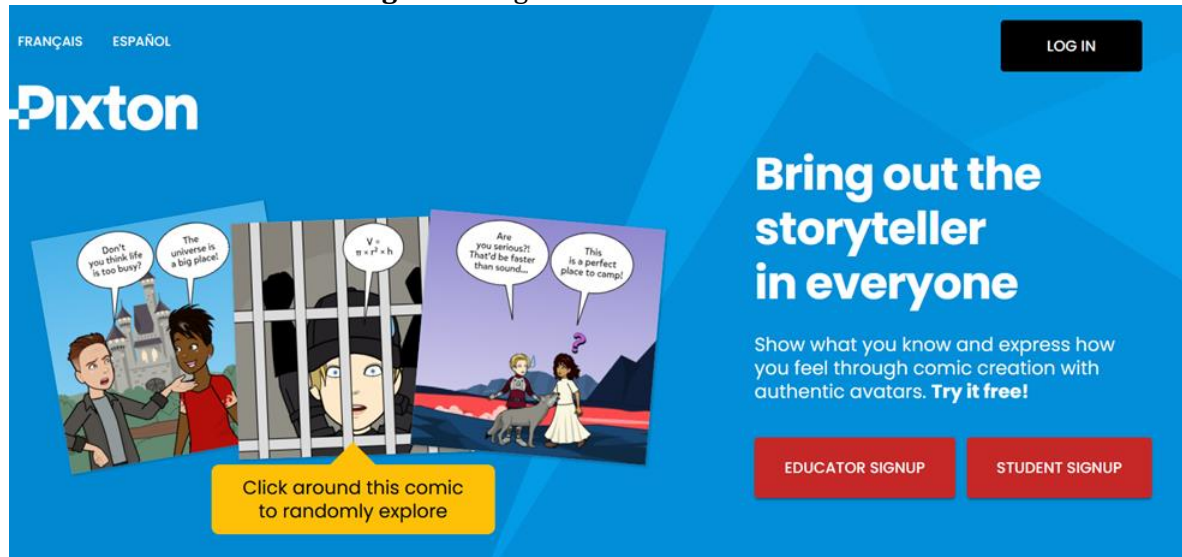
No segundo momento, as turmas foram divididas em grupos com quatro componentes cada. Cada grupo ficou responsável por um dos temas: Aprendendo a calcular o imposto de renda, Inflação ou deflação: qual o pior, Financiamento de Imóveis: Amortização pelo sistema SAC, Financiamento de Imóveis: Amortização pelo sistema Price, Renda Fixa I, Renda Variável, Juros de cartão de crédito: Você sabe calcular? E Renda fixa II.

Para a construção das HQs foi sugerido aos alunos que utilizassem a plataforma Pixton¹. Esta ferramenta é utilizada para criar histórias em quadrinhos. Tem a versão completa que é paga, mas tem a versão gratuita. Foi disponibilizado um tutorial para utilizar essa ferramenta. Os alunos também poderiam usar outras ferramentas para a

¹ <https://www.pixton.com/welcome>

realização do trabalho. As HQs deveriam ter um contexto com início, meio e fim, onde deveriam ser abordados um dos temas citados acima.

Figura 1: Página da ferramenta Pixton



Fonte: <https://www.pixton.com/welcome> (2025)

Para a produção dos vídeos foi sugerido aos alunos que disponibilizasse o vídeo no Youtube no modo não listado. Eles poderiam gravar usando quadrado branco, slides ou a técnica da mãozinha. Os vídeos deveriam ter um contexto com início, meio e fim, onde deveriam ser abordados um dos temas citados acima, com duração entre 10 e 20 minutos.

Foram destinados 30 dias para a realização do trabalho. Nesse período, os alunos poderiam procurar o professor para esclarecer possíveis dúvidas e apresentar o roteiro da atividade com os resultados das pesquisas sobre o tema proposto. Caso o roteiro não estivesse adequado o professor apresentava sugestões para melhoria do trabalho. Seguiu-se dessa forma até a finalização do trabalho. A conclusão dessa atividade ocorreu em uma aula temática denominada Café Matemático. Nessa aula, realizamos um momento de discussão do trabalho, onde foram relatados as experiências, dificuldades e aprendizados com a realização da atividade. Esse momento também foi marcado com um belo coffee-break organizado pela turma e o professor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho evidencia a importância de abordar tópicos adicionais de matemática financeira por meio de HQs e produção de vídeos. Os estudantes relataram ter aprendido a calcular o imposto de renda de um trabalhador, os juros do cartão de crédito e os cálculos envolvidos no financiamento de um imóvel utilizando a Tabela Price ou o sistema SAC. Dessa forma, ao estabelecer conexões entre matemática financeira com situações do cotidiano dos estudantes, o aprendizado teve um impacto significativo na vida acadêmica e social dos alunos, tornando-os mais conscientes e preparados para tomar decisões em situações que envolvem dinheiro.

A partir dessas atividades desenvolvidas no Instituto Federal do Rio Grande do Norte, *Campus* Natal Zona Norte, surgiu um projeto pesquisa que se propõe a criar um aplicativo em formato de calculadora que realize cálculos financeiros. Além disso, pretende-se que esse aplicativo esteja disponível para toda a comunidade. Portanto, a realização dessas atividades mostrou-se muito importante tanto para o professor quanto para os alunos, pois o aprendizado foi desenvolvido de maneira diferente do modelo tradicional. Finalizamos dizendo que os resultados obtidos foram satisfatórios, pois atingimos mais objetivos que o esperado ao final do trabalho.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio. Brasília: MEC/SEF, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 21 fev. 2025.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996**. 7. ed. Brasília, DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2023. 64 p.

CAMILLO, Cíntia Moralles. **Mapeamento e Utilização dos Laboratórios de Informática Educacionais nas Escolas do Campo da 8ª CRE**. 2019. 112 f. Dissertação (mestrado) – Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias

Educacionais em Rede, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/17060>. Acesso em: 13 mar. 2025.

FRANCISCO PELATI TEIXEIRA, C.; COELHO NETO, J. **O Uso das Tecnologias Digitais para o Ensino de Matemática Financeira: Uma Revisão Sistemática de Literatura.** RENOTE, Porto Alegre, v. 14, n. 2, 2016. DOI: 10.22456/1679-1916.70673. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/70673>. Acesso em: 19 mar. 2025.

SANTOS, Josimar J. **Relato de experiência: o uso do software Geogebra nas aulas de matemática no estudo do gráfico da função modular do tipo $f(x) = a \cdot |bx + c| + d$.** In: VII Congresso Internacional de Ensino da Matemática (CIEM 2017), 2017, Canoas. Anais do VII CIEM. Canoas, 2017. Disponível em: <http://www.conferencias.ulbra.br/index.php/ciem/vii/paper/view/6708/3866>. Acesso em: 13 mar. 2025.

SANTOS, Felipe G. dos. **A construção de uma ferramenta em VBA para resolução de problemas básicos da matemática financeira.** 2023. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Matemática) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2023. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/30973>. Acesso em: 22 fev. 2025.

SILVEIRA, Helves B.; CARVALHO, Rayna de M.; SOBRINHO, Jairomar de A. **Ensino e aprendizagem do sistema de amortização SAC e price para o ensino médio.** Brazilian Journal of Development. Curitiba, v. 6, n. 7, p. 51683-51690, jul. 2020. DOI:10.34117/bjdv6n7-712.



Capítulo 4
INCERTEZA GEOPOLÍTICA E PLANEJAMENTO
ORÇAMENTÁRIO: PROPOSIÇÃO DE UM MODELO
TEÓRICO DE TRANSMISSÃO AO AMBIENTE
CORPORATIVO

Regislandio Sousa Do Nascimento
João Luis Josino Soares

INCERTEZA GEOPOLÍTICA E PLANEJAMENTO ORÇAMENTÁRIO: PROPOSIÇÃO DE UM MODELO TEÓRICO DE TRANSMISSÃO AO AMBIENTE CORPORATIVO

Regislandio Sousa Do Nascimento

MBA em Controladoria e Finanças; Faculdade Focus. Bacharel em Administração.

Unifatene. Bacharel em Ciências Econômicas; Unicv. E-mail:

Regislandiosnascimento20@gmail.com

João Luis Josino Soares

Mestre em Economia Rural; Docente na Unifatene; E-mail: joaojosinoadm@gmail.com

RESUMO

A intensificação das crises geopolíticas no cenário internacional tem ampliado significativamente a incerteza econômica global, afetando o ambiente corporativo por meio de múltiplos canais. Este estudo tem como objetivo analisar, sob uma abordagem teórico-analítica, como a incerteza geopolítica influencia o planejamento financeiro e orçamentário das organizações. Metodologicamente, a pesquisa caracteriza-se como um ensaio teórico, fundamentado na articulação entre literatura macroeconômica, abordagens de planejamento financeiro e teorias comportamentais da decisão, com suporte de evidências contextuais oriundas de relatórios institucionais e fontes econômicas recentes. Os resultados indicam que as crises geopolíticas atuam como choques sistêmicos que impactam simultaneamente custos operacionais, expectativas econômicas e decisões de investimento, promovendo uma reconfiguração da lógica orçamentária. Observa-se a transição de modelos estáticos para abordagens mais flexíveis e adaptativas, com maior ênfase na gestão de riscos, revisão contínua de premissas e preferência por liquidez. Como principal contribuição, o estudo propõe o Modelo de Transmissão da Incerteza Geopolítica ao Planejamento Orçamentário (MTIGPO), que integra dimensões macroeconômicas, organizacionais e comportamentais, oferecendo uma estrutura conceitual para compreender a internalização da incerteza no ambiente

corporativo. Conclui-se que a incerteza geopolítica tende a se consolidar como elemento estrutural do ambiente econômico contemporâneo, exigindo das organizações maior capacidade adaptativa e redefinição de suas práticas de planejamento financeiro.

Palavras-chave: Incerteza geopolítica; planejamento financeiro; orçamento; gestão de riscos; decisões corporativas.

ABSTRACT

The intensification of geopolitical crises in the international landscape has significantly increased global economic uncertainty, affecting the corporate environment through multiple transmission channels. This study aims to analyze, from a theoretical-analytical perspective, how geopolitical uncertainty influences organizational financial planning and budgeting processes. Methodologically, the research is structured as a theoretical essay, grounded in the integration of macroeconomic literature, financial planning approaches, and behavioral decision-making theories, supported by contextual evidence from institutional reports and recent economic sources. The findings indicate that geopolitical crises act as systemic shocks that simultaneously affect operational costs, economic expectations, and investment decisions, leading to a reconfiguration of budgeting practices. A transition from static models to more flexible and adaptive approaches is observed, with increased emphasis on risk management, continuous revision of assumptions, and liquidity preference. As its main contribution, the study proposes the Geopolitical Uncertainty Transmission to Budgeting Model (GUTBM), which integrates macroeconomic, organizational, and behavioral dimensions, offering a conceptual framework to understand how uncertainty is internalized within corporate environments. The study concludes that geopolitical uncertainty is becoming a structural feature of the contemporary economic environment, requiring organizations to enhance their adaptive capacity and redefine financial planning practices.

Keywords: Geopolitical uncertainty; financial planning; budgeting; risk management; corporate decision-making.

INTRODUÇÃO

A intensificação das crises geopolíticas no cenário internacional tem ampliado significativamente o nível de incerteza econômica global, afetando mercados financeiros, cadeias produtivas e decisões empresariais. Conflitos recentes e tensões políticas têm provocado elevada volatilidade nos preços de commodities, especialmente energia, além de impactar fluxos de capitais e a formação de expectativas econômicas. Nesse contexto, o Fundo Monetário Internacional destaca que o avanço da fragmentação geopolítica tem se consolidado como um dos principais fatores de risco para a estabilidade econômica global (INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2023).

No contexto brasileiro, os efeitos dessas crises são transmitidos por múltiplos canais, incluindo a elevação dos custos de insumos, a volatilidade cambial e as pressões

inflacionárias, fatores que impactam diretamente o ambiente corporativo. O Banco Central do Brasil ressalta que o ambiente externo exerce influência significativa sobre as condições macroeconômicas domésticas, exigindo maior cautela na condução das decisões econômicas (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023). Nesse cenário, mesmo empresas não diretamente inseridas nos conflitos tornam-se vulneráveis aos seus efeitos indiretos, em função da crescente integração econômica global.

Diante dessa dinâmica, o planejamento financeiro e orçamentário deixa de ser compreendido como um instrumento meramente operacional e passa a assumir um papel estratégico na adaptação organizacional. Conforme argumenta Keynes (1936), as decisões econômicas são fortemente influenciadas pelas expectativas e pelo grau de confiança dos agentes, elementos particularmente sensíveis em contextos de instabilidade. Ademais, a distinção entre risco e incerteza proposta por Knight (1921) evidencia que, em ambientes marcados pela imprevisibilidade, os agentes enfrentam limitações na mensuração de eventos futuros, o que compromete a eficácia de modelos tradicionais de planejamento.

Nesse contexto, emerge a seguinte questão de pesquisa: como a incerteza gerada por crises geopolíticas internacionais influencia as decisões corporativas e o processo orçamentário das empresas brasileiras? A relevância dessa problemática reside no fato de que a crescente volatilidade do ambiente externo exige das organizações maior capacidade de adaptação, revisão de estratégias e fortalecimento de práticas de gestão financeira, especialmente no que se refere à alocação de recursos e à gestão de riscos.

Este estudo adota uma abordagem teórico-analítica, orientada à proposição de um modelo conceitual explicativo. Nessa perspectiva, não se busca examinar empiricamente o comportamento de empresas específicas, mas compreender, a partir da articulação entre o referencial teórico e evidências contextuais, os mecanismos pelos quais a incerteza global é internalizada no ambiente corporativo brasileiro.

Assim, o objetivo geral consiste em interpretar, sob uma perspectiva teórico-analítica, os mecanismos de associação entre a incerteza global e o planejamento financeiro e orçamentário das organizações. Para tanto, estabelecem-se como objetivos específicos: (i) identificar, à luz da literatura e de evidências contextuais, os principais canais de transmissão da incerteza global para o ambiente econômico e empresarial brasileiro; (ii) interpretar os potenciais efeitos da incerteza sobre variáveis relevantes ao planejamento financeiro, como custos operacionais, expectativas econômicas e decisões

de investimento; (iii) analisar, em termos teóricos, como ambientes de elevada incerteza influenciam a revisão de premissas e a flexibilização dos processos orçamentários; e (iv) examinar as estratégias organizacionais e práticas de gestão adotadas em resposta a contextos de instabilidade econômica e geopolítica.

Como contribuição, este estudo propõe o Modelo de Transmissão da Incerteza Geopolítica ao Planejamento Orçamentário (MTIGPO), que integra dimensões macroeconômicas, comportamentais e organizacionais, oferecendo uma estrutura analítica para compreender como choques geopolíticos são internalizados nas decisões corporativas. Ao fazê-lo, o trabalho contribui para o avanço da literatura ao fornecer uma interpretação teórica integrada da dinâmica do planejamento financeiro em ambientes de elevada volatilidade, além de oferecer subsídios para o aprimoramento das práticas de gestão em contextos de incerteza.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A intensificação das tensões geopolíticas no século XXI tem redefinido o ambiente econômico global, ampliando a volatilidade dos mercados e os níveis de incerteza enfrentados por governos e organizações. Conflitos armados, disputas comerciais e rivalidades estratégicas têm se consolidado como fontes relevantes de instabilidade sistêmica, afetando diretamente o comportamento de variáveis macroeconômicas fundamentais.

Nesse contexto, Caldara e Iacoviello (2022) demonstram que o risco geopolítico, mensurado por meio do Geopolitical Risk Index (GPR), está associado a reduções significativas na atividade econômica global, além de aumentos na volatilidade dos mercados financeiros. Essa relação evidencia que eventos geopolíticos não apenas refletem tensões políticas, mas também atuam como choques econômicos com efeitos amplos e persistentes.

O conflito entre Rússia e Ucrânia, iniciada em 2022, constitui um exemplo emblemático desse fenômeno. O conflito provocou uma ruptura nas cadeias globais de suprimento, especialmente nos mercados de energia e alimentos, gerando elevação significativa nos preços do petróleo, gás natural e commodities agrícolas. O Banco Mundial (2023) destaca que esse choque contribuiu para uma das maiores ondas

inflacionárias globais das últimas décadas, afetando tanto economias desenvolvidas quanto emergentes.

De forma semelhante, as tensões recorrentes envolvendo Irã e Israel reforçam o papel do Oriente Médio como região estratégica para a estabilidade energética global. Considerando que uma parcela significativa da produção mundial de petróleo está concentrada nessa região, qualquer instabilidade tende a gerar efeitos imediatos sobre os preços internacionais da energia, ampliando a incerteza econômica global (IMF, 2023).

Adicionalmente, a literatura em macroeconomia aberta aponta que economias emergentes são particularmente vulneráveis a esses choques externos. Conforme argumenta Blanchard (2021), a elevada integração financeira e comercial amplia os canais de transmissão de crises, especialmente por meio da taxa de câmbio, fluxos de capital e preços de commodities. Nesse sentido, países como o Brasil, embora não diretamente envolvidos nos conflitos, sofrem impactos indiretos relevantes, evidenciando a interdependência do sistema econômico global.

Planejamento financeiro e orçamento em ambientes de elevada incerteza

O planejamento financeiro e orçamentário constitui um dos principais instrumentos de gestão organizacional, sendo tradicionalmente estruturado com base em previsões de receitas, custos e investimentos. No entanto, em ambientes caracterizados por elevada incerteza, como aqueles decorrentes de crises geopolíticas, os modelos tradicionais de orçamento tornam-se limitados em sua capacidade de antecipação e controle.

Becker, Messner e Schäffer (2020) argumentam que as práticas orçamentárias vêm passando por um processo de transformação, migrando de modelos rígidos e estáticos para abordagens mais flexíveis e adaptativas. Essa mudança decorre, em grande medida, da necessidade de lidar com ambientes cada vez mais dinâmicos e imprevisíveis.

Nesse contexto, ferramentas como rolling forecast, orçamento flexível e planejamento por cenários emergem como alternativas relevantes, permitindo às organizações revisar continuamente suas projeções e ajustar suas estratégias. Essa evolução reflete uma mudança de paradigma, na qual o orçamento deixa de ser apenas um instrumento de controle para se tornar um mecanismo de suporte à tomada de decisão estratégica.

A relevância dessa adaptação torna-se ainda mais evidente em cenários de crise, como os observados durante o conflito na Ucrânia e as tensões no Oriente Médio, que provocaram choques simultâneos em custos, câmbio e demanda, exigindo respostas rápidas e estruturadas por parte das empresas.

Tomada de decisão sob incerteza e comportamento organizacional

A tomada de decisão em ambientes de incerteza constitui um campo amplamente explorado na literatura econômica e comportamental. A distinção entre risco e incerteza proposta por Knight (1921) permanece fundamental para compreender os desafios enfrentados pelas organizações, uma vez que, em contextos de incerteza genuína, não é possível atribuir probabilidades objetivas aos eventos futuros.

A teoria do prospecto, desenvolvida por Kahneman e Tversky (1979), contribui para esse debate ao demonstrar que os indivíduos tendem a apresentar aversão à perda e comportamento não linear diante do risco. Em ambientes de elevada incerteza, essa tendência é amplificada, levando gestores a adotarem posturas mais conservadoras.

Evidências empíricas recentes sugerem esse comportamento. Baker et al. (2021) demonstram que períodos de alta incerteza econômica está associado à redução significativa dos investimentos corporativos e ao aumento da preferência por liquidez. Esse comportamento foi amplamente observado durante o conflito na Ucrânia, quando empresas em diversos países revisaram seus planos de investimento diante da volatilidade dos mercados.

Além disso, conforme argumenta Keynes (1936), as expectativas desempenham papel central nas decisões econômicas, sendo influenciadas por fatores psicológicos e pelo grau de confiança no ambiente econômico. Em cenários de instabilidade geopolítica, a deterioração das expectativas tende a reforçar comportamentos defensivos por parte das organizações.

Gestão de riscos corporativos e resiliência organizacional

A gestão de riscos corporativos tem se consolidado como um elemento estratégico para a sobrevivência e competitividade das organizações em ambientes de elevada incerteza. O modelo proposto pelo COSO (2017) enfatiza a integração da gestão de riscos

aos processos decisórios e ao planejamento estratégico, permitindo uma abordagem mais estruturada e proativa diante de eventos adversos.

Em contextos de crises geopolíticas, a adoção de práticas robustas de gestão de riscos torna-se ainda mais relevante. Estratégias como hedge financeiro, diversificação de fornecedores, planejamento por cenários e fortalecimento da liquidez são amplamente utilizadas para mitigar os impactos negativos de choques externos.

As tensões na Ucrânia evidenciaram a importância dessas práticas, ao expor a vulnerabilidade de cadeias globais de suprimento e a dependência de insumos estratégicos. De forma semelhante, as tensões envolvendo o Irã reforçam a necessidade de monitoramento constante dos riscos associados ao mercado energético global.

Nesse sentido, organizações que possuem estruturas mais maduras de gestão de riscos tendem a apresentar maior resiliência, conseguindo adaptar seus modelos de negócio e processos de planejamento financeiro de forma mais eficiente. Essa capacidade adaptativa constitui um diferencial competitivo relevante em ambientes caracterizados por elevada volatilidade e incerteza.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como um ensaio teórico-analítico, de abordagem qualitativa e natureza interpretativa, cujo objetivo consiste na articulação de diferentes correntes teóricas e evidências contextuais para a proposição de um modelo conceitual explicativo acerca da relação entre incerteza geopolítica e planejamento financeiro organizacional.

Diferentemente de pesquisas empírico-quantitativas, o ensaio teórico não se orienta à testagem de hipóteses ou à verificação estatística de relações causais, mas à construção de interpretações analíticas e estruturas conceituais capazes de ampliar a compreensão de fenômenos complexos (MENEGETTI, 2011). Nesse sentido, o estudo fundamenta-se na integração entre literatura macroeconômica sobre incerteza e choques geopolíticos, abordagens de planejamento financeiro e orçamento, bem como teorias comportamentais da tomada de decisão sob incerteza.

Como suporte à análise, foram utilizados documentos provenientes de organismos nacionais e internacionais, incluindo relatórios do Banco Central do Brasil, do Fundo Monetário Internacional e do Banco Mundial, além de reportagens de veículos

especializados em economia e negócios, como Reuters, Exame e CNN Brasil, e estudos acadêmicos recentes. Esses materiais não são mobilizados como base empírica para validação, mas como elementos ilustrativos e contextualizadores, que permitem aproximar a discussão teórica da dinâmica econômica contemporânea.

O conjunto desses documentos compõe o corpus analítico do estudo, cuja caracterização é apresentada no Quadro 1, contemplando diferentes tipos de fontes, períodos e categorias analíticas associadas, tais como custos operacionais, expectativas econômicas, decisões de investimento e práticas de planejamento orçamentário.

Quadro 1 - Caracterização do corpus documental

Tipo de documento	Data	Origem	Critério de inclusão	Categoria analítica associada
Relatório de inflação	2024–2026	Banco Central do Brasil	Atualidade e relevância macroeconômica nacional	Expectativas e ambiente macroeconômico
Relatórios econômicos globais	2022–2023	FMI e Banco Mundial	Impacto de crises geopolíticas na economia global	Choques econômicos e inflação
Relatórios de energia	2025–2026	IEA / EIA	Relação entre conflitos e mercado energético	Custos operacionais (energia)
Reportagens econômicas	2026	Reuters, Exame, CNN Brasil	Evidências conjunturais recentes	Custos, logística e insumos
Indicadores PMI	2026	Reuters / Terra	Evidência empírica recente da indústria brasileira	Pressão de custos e produção
Artigos acadêmicos	2020–2024	Periódicos científicos	Fundamentação teórica e empírica	Incerteza, investimento e decisão

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A análise foi conduzida por meio de uma abordagem interpretativa, orientada pela lógica da análise teórica integrativa, na qual os conceitos são progressivamente articulados com vistas à identificação de padrões, convergências e relações explicativas entre os fenômenos investigados. Como estratégia analítica complementar, utilizou-se a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2011), aplicada de forma adaptada ao contexto teórico, envolvendo: (i) pré-análise, com seleção e organização dos materiais; (ii)

exploração do conteúdo, com categorização temática; e (iii) interpretação analítica, articulando os achados ao referencial teórico.

As categorias analíticas foram definidas a priori com base na literatura e refinadas ao longo do processo interpretativo, abrangendo: (a) impactos sobre custos operacionais, especialmente energia, logística e insumos; (b) efeitos sobre expectativas econômicas e horizonte decisório; (c) alterações nas decisões de investimento e preferência por liquidez; (d) reconfiguração das práticas de planejamento orçamentário; e (e) estratégias de gestão de riscos e adaptação organizacional.

A opção por essa abordagem justifica-se pela natureza dinâmica e contemporânea das crises geopolíticas analisadas (2022–2026), que demandam uma leitura capaz de integrar múltiplas dimensões — macroeconômicas, organizacionais e comportamentais — em tempo quase real. Nesse contexto, evidências conjunturais, como reportagens especializadas e indicadores recentes, são compreendidas como expressões do “sentimento de mercado”, contribuindo para a construção interpretativa do fenômeno.

Como resultado desse processo analítico, propõe-se o Modelo de Transmissão da Incerteza Geopolítica ao Planejamento Orçamentário (MTIGPO), entendido como uma estrutura conceitual que sintetiza os principais mecanismos pelos quais choques geopolíticos são internalizados no ambiente organizacional.

ANÁLISE TEÓRICA E PROPOSIÇÃO DO MODELO

Os conflitos na Ucrânia e do Irã como choques de transmissão para o ambiente empresarial brasileiro

A análise documental evidencia que as crises geopolíticas recentes devem ser compreendidas não apenas como eventos exógenos, mas como mecanismos estruturais de propagação de incerteza econômica, cujos efeitos se manifestam por múltiplos canais interdependentes. Nesse sentido, os achados não indicam relações causais diretas, mas revelam padrões consistentes de transmissão da instabilidade internacional para o ambiente corporativo brasileiro.

Essa interpretação encontra respaldo em evidências recentes da literatura nacional. Estudos como os de Franco et al. (2022) demonstram que a elevação da incerteza econômica afeta diretamente as expectativas dos agentes e o comportamento dos investidores no Brasil, enquanto Araujo et al. (2023) evidenciam que a volatilidade

cambial, associada à incerteza, impacta negativamente as decisões de investimento das empresas.

No caso dos conflitos entre Rússia e Ucrânia, o principal vetor de transmissão foi a desorganização dos mercados globais de energia, fertilizantes e alimentos. A elevação do preço do petróleo, do gás natural e de commodities agrícolas gerou um duplo efeito: por um lado, pressionou os custos produtivos; por outro, reduziu a previsibilidade macroeconômica, dificultando o planejamento empresarial. O Banco Mundial (2022; 2023) demonstra que esse conflito deteriorou as perspectivas de crescimento global e intensificou pressões inflacionárias, com efeitos particularmente relevantes sobre países importadores de insumos estratégicos.

No caso das tensões envolvendo o Irã, o principal canal de transmissão é energético. A centralidade geoeconômica do Estreito de Ormuz torna qualquer escalada regional potencialmente capaz de reprecificar o petróleo e, por extensão, os custos logísticos e produtivos em escala global. A relevância disso para o objeto deste estudo é direta: para a empresa brasileira, o conflito não se converte em problema de planejamento porque ela esteja fisicamente próxima da guerra, mas porque sua estrutura de custos e seu horizonte decisório passam a ser impactados por uma volatilidade importada.

Sob a perspectiva de Blanchard (2021), tal fenômeno confirma a vulnerabilidade das economias abertas à transmissão internacional de choques. No plano empresarial, isso significa que o orçamento deixa de operar sobre bases relativamente estáveis e passa a ser elaborado em um contexto no qual variáveis-chave — câmbio, energia, frete, insumos e inflação — tornam-se mais instáveis. Assim, os resultados indicam que a guerra atua como um mecanismo de ampliação da incerteza estrutural, reforçando a hipótese de que crises geopolíticas alteram de modo substantivo o ambiente do planejamento financeiro.

O primeiro efeito sobre as empresas: custo, energia e logística

Os documentos analisados mostram que o primeiro impacto corporativo mais visível das crises geopolíticas recai sobre os custos operacionais, especialmente via energia, combustíveis, transporte e insumos produtivos. Reportagens e análises econômicas apontam que a escalada de tensões no Oriente Médio elevou o custo do diesel,

pressionou fretes e ampliou preocupações com fertilizantes e cadeias agroindustriais (EXAME, 2026; REUTERS, 2026; CNN BRASIL, 2026).

Entretanto, o dado mais importante não é apenas a alta dos custos em si, mas a forma como ela se distribui. A análise indica que os efeitos são setorialmente assimétricos. Empresas mais dependentes de combustíveis, logística intensiva, matérias-primas importadas ou energia absorvem mais rapidamente os efeitos do choque. Isso significa que a crise geopolítica não afeta organizações inseridas no contexto analisado de forma homogênea; ela penaliza com maior intensidade certos segmentos, alterando inclusive a competitividade relativa entre setores.

Esse resultado dialoga diretamente com Becker, Messner e Schäffer (2020), ao evidenciar a insuficiência de modelos orçamentários rígidos em contextos de forte volatilidade. Quando os custos críticos deixam de seguir trajetória previsível, o orçamento anual baseado em premissas lineares perde utilidade prática. Em vez de instrumento de coordenação estável, ele passa a demandar revisões mais frequentes, simulações e correções táticas.

Além disso, a análise sugere que o aumento de custos produz um efeito em cascata. O encarecimento de energia e transporte não afeta apenas a despesa direta, mas também margens, preços finais, capital de giro e política comercial. Em outras palavras, o choque geopolítico amplia o custo de operação e, simultaneamente, compromete a capacidade de a empresa absorver ou repassar esse aumento sem perdas estratégicas. Isso reforça a leitura de que a geopolítica interfere no orçamento não apenas pelo lado contábil, mas pela reorganização de toda a lógica de alocação de recursos.

É fundamental ressaltar a heterogeneidade do impacto corporativo conforme o porte das organizações. Enquanto grandes corporações possuem estruturas maduras de gestão de riscos e acesso a instrumentos de hedge financeiro para mitigar a volatilidade cambial e de insumos, as Micro e Pequenas Empresas (MPEs) brasileiras apresentam maior vulnerabilidade estrutural. Para estas, a incerteza geopolítica traduz-se de forma mais severa em redução imediata de margens e restrição de capital de giro, visto que possuem menor poder de barganha junto a fornecedores e limitações na transposição de custos ao preço final, evidenciando que a crise atua como um fator de desigualdade competitiva no ambiente empresarial nacional

Logo, os resultados sugerem que o aumento de custos operacionais não deve ser interpretado apenas como efeito direto das crises, mas como parte de um processo mais

amplo de reorganização da estrutura de custos empresariais, com impactos sobre margens, capital de giro e competitividade setorial. Esse achado dialoga com evidências empíricas recentes que indicam que ambientes de elevada incerteza intensificam a sensibilidade das empresas a choques externos, especialmente em economias emergentes.

O segundo efeito: deterioração das expectativas e encurtamento do horizonte decisório

A análise documental também demonstra que o impacto das crises geopolíticas não se limita a variáveis observáveis de custo. Há um segundo efeito, mais difuso e igualmente relevante, relacionado à deterioração das expectativas econômicas. Relatórios do Banco Central do Brasil indicam que o aumento das tensões externas eleva a incerteza prospectiva e reduz a previsibilidade do ambiente macroeconômico (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2024; 2026).

Esse achado é particularmente relevante porque permite interpretar a crise não apenas como choque material, mas como choque informacional. Sob a ótica de Knight (1921), trata-se de um contexto de incerteza genuína, e não apenas de risco mensurável. A empresa não enfrenta somente custos maiores; ela enfrenta uma deterioração da sua capacidade de projetar o futuro com segurança. Em consequência, o planejamento perde horizonte.

Em termos organizacionais, isso se traduz no encurtamento do ciclo decisório. Quanto mais instável o cenário internacional, menor tende a ser a confiança em projeções anuais rígidas, em metas fixas e em compromissos de longo prazo. A empresa passa a operar com horizontes mais curtos, revisões mais frequentes e maior cautela na assunção de obrigações irreversíveis.

Essa interpretação encontra respaldo na tradição keynesiana. Keynes (1936) enfatiza que o investimento depende do estado de confiança dos agentes. Quando a confiança se deteriora, o investimento tende a cair antes mesmo de todos os efeitos materiais da crise se concretizarem. A análise dos documentos indica exatamente esse movimento: a incerteza internacional fragiliza a confiança e, por consequência, afeta o comportamento corporativo. Assim, os resultados não apontam apenas aumento de

custos, mas um ambiente de decisão mais defensivo, no qual o orçamento passa a refletir menos uma estratégia expansionista e mais uma estratégia de contenção e prudência.

Ainda, importante salientar que a deterioração das expectativas econômicas observada nos documentos analisados reforça a interpretação de que a incerteza atua como um choque informacional, afetando não apenas variáveis objetivas, mas também o comportamento dos agentes. Nesse sentido, os achados convergem com Bitencourt et al. (2024), que evidenciam a relação entre incerteza econômica e desempenho do mercado financeiro brasileiro, bem como com Grodt et al. (2023), ao destacarem o papel das percepções gerenciais em ambientes de risco e incerteza.

O terceiro efeito: reprogramação de investimentos e preferência por liquidez

Os dados analisados indicam que a intensificação da incerteza geopolítica está associada à reprogramação dos investimentos empresariais e à maior preferência por liquidez. Evidências derivadas de reportagens econômicas e dados setoriais mostram que a elevação dos custos de combustíveis e insumos levou empresas, especialmente em setores intensivos em energia, a rever rotas, capacidade operacional, precificação e expansão (REUTERS, 2026; TERRA; REUTERS, 2026).

Esse resultado é consistente com Baker et al. (2021), que mostram que a incerteza econômica reduz a propensão a investimentos corporativos e amplia a busca por preservação de caixa. A questão central, portanto, não é apenas que a crise “encarece investir”, mas que ela eleva o custo do erro de investimento. Em um ambiente instável, comprometer recursos em projetos de longo prazo torna-se mais arriscado, sobretudo quando as variáveis de custo e demanda apresentam elevada volatilidade.

A análise documental sugere que essa reprogramação assume ao menos três formas. A primeira é a postergação de projetos de expansão, diante da dificuldade de estimar retorno em ambiente volátil. A segunda é a priorização de investimentos de curto prazo, mais rapidamente reversíveis ou com retorno mais previsível. A terceira é o fortalecimento da liquidez como estratégia defensiva, permitindo absorver oscilações de custos e receita sem comprometer a continuidade operacional.

A reprogramação dos investimentos observada na análise documental deve ser compreendida como uma resposta racional e comportamental à elevação da incerteza. Estudos recentes no contexto brasileiro demonstram que a incerteza econômica está

associada à redução do investimento e ao aumento da preferência por liquidez, evidenciando que o ambiente macroeconômico influencia diretamente a alocação de recursos corporativos (ARAUJO et al., 2023).

Esse movimento também pode ser interpretado à luz de Kahneman e Tversky (1979). Em cenários de incerteza elevada, a aversão à perda tende a se intensificar, levando gestores a decisões mais conservadoras. Nesse sentido, a preferência por liquidez não é apenas uma escolha financeira racional, mas também uma resposta comportamental à instabilidade. O orçamento, portanto, passa a refletir essa mudança de postura: reduz-se a tolerância ao risco, aumenta-se a seletividade dos dispêndios e reforça-se a função defensiva do caixa.

Evidência recente de pressão de custos no Brasil: a manufatura como termômetro

Um dos resultados mais relevantes da análise é a identificação de sinais concretos de transmissão da crise geopolítica para indicadores correntes da economia brasileira. Reportagem baseada em PMI mostrou que a indústria brasileira registrou, em março de 2026, a maior inflação de custos de insumos em 18 meses, associada a disrupções logísticas e ao encarecimento de componentes produtivos (TERRA; REUTERS, 2026).

Esse dado é especialmente importante porque desloca a discussão do plano meramente especulativo para o plano empírico-conjuntural. Não se trata apenas de afirmar que guerras podem afetar empresas brasileiras; os documentos sugerem que esse efeito já se materializa em variáveis observáveis da atividade econômica. A manufatura, nesse caso, funciona como um termômetro antecipador, pois capta rapidamente o impacto do encarecimento de insumos e da piora logística.

Do ponto de vista analítico, esse resultado reforça o argumento de que a incerteza geopolítica deve ser internalizada no núcleo do planejamento financeiro. O risco externo deixa de ser um dado periférico e passa a atuar como variável estruturante do orçamento, afetando custos, prazos, margens e decisões operacionais. Essa interpretação converge com o modelo do COSO (2017), segundo o qual a gestão de riscos deve ser integrada à formulação da estratégia e aos processos decisórios centrais.

Evidências quantitativas recentes reforçam os padrões identificados na análise documental. Dados do Banco Central do Brasil indicam que a volatilidade cambial apresentou elevação significativa no período pós-2022, com o real registrando oscilações

superiores a 15% frente ao dólar em momentos de intensificação de tensões geopolíticas (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2024; 2026). No mercado internacional, o preço do petróleo Brent ultrapassou a marca de US\$ 120 por barril em 2022, refletindo os impactos diretos do conflito entre Rússia e Ucrânia, com repercussões persistentes sobre custos logísticos e energéticos (WORLD BANK, 2023). Adicionalmente, indicadores PMI da indústria brasileira apontaram, em 2026, o maior aumento de custos de insumos em 18 meses, evidenciando a transmissão dos choques externos para a estrutura produtiva nacional (TERRA; REUTERS, 2026). Esses dados corroboram a interpretação de que a incerteza geopolítica se materializa simultaneamente em custos, expectativas e decisões de investimento, reforçando a necessidade de adaptação contínua do planejamento orçamentário.

Além disso, a evidência setorial da manufatura permite compreender melhor a natureza temporal dos impactos. Em geral, os efeitos de crises geopolíticas não se manifestam todos de uma vez; eles aparecem em estágios. Primeiro, pressionam energia e frete; depois, alcançam insumos intermediários; em seguida, afetam margens, preços e investimento. Nesse sentido, os resultados indicam que o orçamento empresarial precisa ser capaz de captar tanto choques imediatos quanto desdobramentos cumulativos.

O que os dados sugerem sobre o orçamento: de peça anual a sistema adaptativo

A síntese dos resultados aponta para uma conclusão analítica central: as crises geopolíticas recentes aceleram a transição do orçamento empresarial de uma peça anual estática para um sistema adaptativo de gestão. As evidências documentais mostram que, diante de oscilações rápidas em petróleo, diesel, frete, fertilizantes, câmbio e expectativas, o modelo tradicional de orçamento perde poder explicativo e utilidade operacional.

Esse resultado dialoga com Becker, Messner e Schäffer (2020), que identificam uma evolução das práticas orçamentárias em direção a maior flexibilidade. No caso analisado, essa transformação não decorre apenas de inovação gerencial, mas de necessidade imposta pelo ambiente externo. Em contextos de incerteza geopolítica, a empresa não pode depender exclusivamente de metas fixas definidas no início do exercício; ela precisa revisar premissas, reavaliar cenários e adaptar a alocação de recursos continuamente.

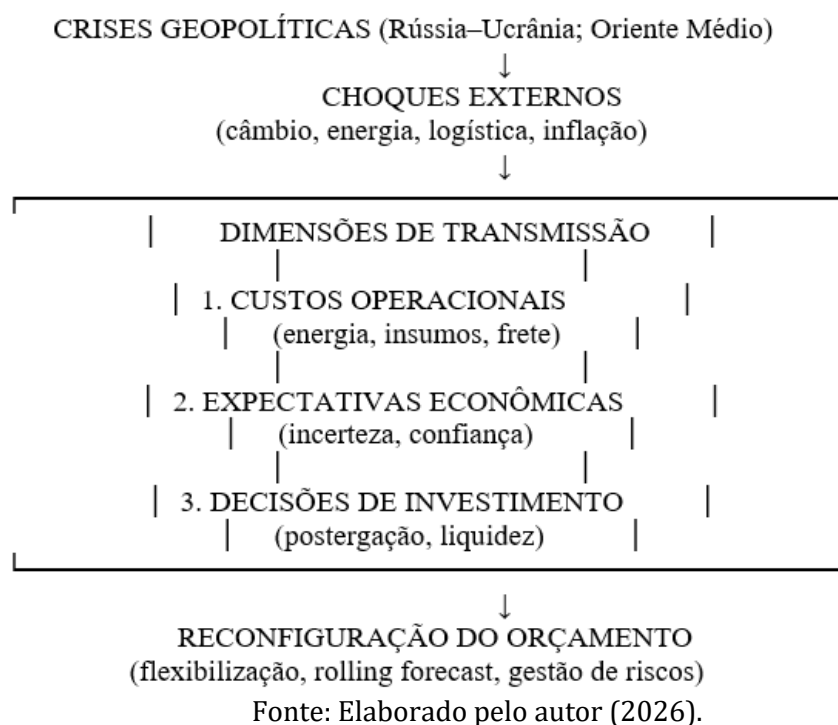
Sob a ótica de Knight (1921), isso ocorre porque o orçamento passa a ser construído em ambiente de incerteza não probabilística. Sob a ótica de Keynes (1936), porque a deterioração das expectativas modifica o comportamento econômico antes mesmo do choque se completar. Sob a ótica de Kahneman e Tversky (1979), porque a percepção de perdas potenciais induz decisões mais conservadoras. E, sob a ótica do COSO (2017), porque a gestão de riscos precisa ser integrada ao orçamento para que a organização mantenha capacidade de resposta.

Desse modo, os resultados permitem sustentar que o principal efeito das crises geopolíticas sobre o orçamento não é apenas quantitativo, no sentido de “gastar mais”, mas qualitativo: altera-se a própria lógica do planejamento. O orçamento deixa de ser fotografia estável do exercício para se tornar instrumento de navegação em ambiente incerto. Essa é, em termos substantivos, a principal contribuição dos achados para a compreensão do planejamento financeiro em contextos de instabilidade internacional.

Modelo de Transmissão da Incerteza Geopolítica

Diante dos padrões identificados, torna-se possível sistematizar analiticamente os mecanismos de transmissão da incerteza geopolítica para o planejamento financeiro, conforme apresentado a seguir.

Figura 1 – Modelo de Transmissão da Incerteza Geopolítica ao Planejamento Orçamentário (MTIGPO)



A partir da convergência entre os achados teóricos e a análise documental realizada, propõe-se o Modelo de Transmissão da Incerteza Geopolítica ao Planejamento Orçamentário (MTIGPO), apresentado na Figura 1. O modelo estrutura a dinâmica pela qual choques geopolíticos internacionais são internalizados no ambiente empresarial por meio de múltiplos canais interdependentes, permitindo compreender a transformação do orçamento organizacional em contextos de elevada incerteza.

Inicialmente, crises geopolíticas, como conflitos armados e tensões estratégicas, atuam como eventos exógenos que desencadeiam choques econômicos relevantes, manifestando-se por meio da volatilidade cambial, elevação dos preços de energia, disrupções logísticas e pressões inflacionárias. Esses choques configuram o primeiro nível de transmissão, afetando diretamente as condições macroeconômicas e setoriais.

Em um segundo nível, a incerteza se propaga para o ambiente organizacional por meio de três dimensões centrais: (i) custos operacionais, refletidos no encarecimento de insumos, energia e transporte; (ii) expectativas econômicas, associadas à deterioração da previsibilidade e ao aumento da incerteza prospectiva; e (iii) decisões de investimento, caracterizadas pela postergação de projetos, maior seletividade de dispêndios e preferência por liquidez.

Por fim, esses efeitos convergem para a reconfiguração do planejamento orçamentário, que passa a operar como um sistema adaptativo, baseado em revisões contínuas, análise de cenários e integração com práticas de gestão de riscos. Nesse contexto, o orçamento deixa de ser uma peça estática de controle e assume um papel dinâmico de suporte à tomada de decisão em ambientes voláteis.

Dessa forma, o MTIGPO contribui para a literatura ao oferecer uma estrutura analítica que integra dimensões macroeconômicas, comportamentais e organizacionais, permitindo compreender de maneira sistematizada como a incerteza geopolítica influencia as decisões corporativas e a lógica do planejamento financeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo interpretar, sob uma perspectiva teórico-analítica, os mecanismos pelos quais a incerteza global, intensificada por crises geopolíticas recentes, se associa ao ambiente de planejamento financeiro e orçamentário das organizações. A partir da articulação entre referencial teórico e evidências

contextuais, foi possível compreender que tais crises não se configuram apenas como eventos exógenos isolados, mas como choques sistêmicos capazes de afetar simultaneamente custos, expectativas e o processo decisório corporativo.

Os achados indicam que os impactos das crises geopolíticas tendem a se manifestar, inicialmente, por meio da elevação dos custos operacionais — especialmente energia, logística e insumos — refletindo a elevada dependência das economias contemporâneas de cadeias globais de suprimentos. Entretanto, a principal contribuição do estudo reside na identificação de um efeito qualitativo mais profundo: a transformação da lógica do planejamento orçamentário. Mais do que alterações pontuais em variáveis financeiras, observa-se uma mudança estrutural na forma como o orçamento é concebido, passando a incorporar maior flexibilidade, revisão contínua de premissas e integração com práticas de gestão de riscos.

No âmbito das decisões corporativas, a análise sugere uma reconfiguração das estratégias empresariais, caracterizada pela postergação de investimentos, maior valorização da liquidez e adoção de práticas orçamentárias adaptativas. Tais movimentos devem ser compreendidos como respostas racionais e comportamentais à elevação da incerteza, evidenciando que o orçamento deixa de operar exclusivamente como instrumento de controle para assumir um papel dinâmico de suporte à adaptação organizacional em ambientes voláteis.

Como contribuição teórica central, destaca-se a proposição do Modelo de Transmissão da Incerteza Geopolítica ao Planejamento Orçamentário (MTIGPO), que sistematiza os principais mecanismos pelos quais choques geopolíticos são internalizados no ambiente corporativo. O modelo integra dimensões macroeconômicas, organizacionais e comportamentais, oferecendo uma estrutura analítica capaz de ampliar a compreensão da relação entre incerteza e planejamento financeiro em contextos contemporâneos.

No que se refere aos objetivos da pesquisa, verifica-se que foram plenamente atendidos, uma vez que se identificaram os principais canais de transmissão da incerteza global, interpretaram-se seus efeitos sobre variáveis relevantes ao planejamento financeiro e analisaram-se as implicações dessa dinâmica para a revisão de práticas orçamentárias e estratégias organizacionais.

Como limitação, reconhece-se que a natureza teórico-analítica do estudo, baseada em evidências secundárias, não permite a generalização empírica dos resultados,

tampouco a verificação estatística das relações propostas. Ainda assim, essa abordagem mostrou-se adequada para a construção de uma interpretação integrada do fenômeno. Nesse sentido, pesquisas futuras podem avançar na validação empírica do modelo proposto, por meio de estudos multicaseos, surveys ou análises quantitativas, especialmente em setores mais sensíveis a choques externos.

Por fim, conclui-se que a incerteza geopolítica tende a se consolidar como uma característica estrutural do ambiente econômico contemporâneo. Diante disso, o planejamento financeiro e orçamentário deve evoluir para além de modelos estáticos, incorporando mecanismos adaptativos, análise de cenários e integração com a gestão de riscos, de modo a fortalecer a capacidade das organizações de operar em contextos marcados por elevada complexidade e volatilidade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. L. et al. Volatilidade cambial, incerteza econômica e investimento das empresas brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, 2023.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de inflação. Brasília: Banco Central do Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br>. Acesso em: 04 abr. 2026.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de inflação – dezembro de 2024; Relatório de política monetária – março de 2026. Brasília: Banco Central do Brasil, 2026.

BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011.

BAKER, Scott R. et al. COVID-induced economic uncertainty. *Journal of Public Economics*, v. 193, p. 104311, 2021.

BECKER, Sebastian D.; MESSNER, Martin; SCHÄFFER, Utz. The evolution of budgeting practices: a review of the literature. *Journal of Management Control*, v. 31, p. 1–27, 2020.

BITENCOURT, W. A. et al. Incerteza econômica e desempenho do mercado financeiro brasileiro. *Revista Contabilidade & Finanças*, 2024.

BLANCHARD, Olivier. *Macroeconomics*. 8. ed. New York: Pearson, 2021.

CALDARA, Dario; IACOVIELLO, Matteo. Measuring geopolitical risk. *American Economic Review*, v. 112, n. 4, p. 1194–1225, 2022.

CNN BRASIL. Guerra no Oriente Médio pode impactar bolso do consumidor, dizem analistas. 4 mar. 2026.

CNN BRASIL. Quais efeitos da guerra no Oriente Médio para o Brasil? Analistas explicam. 2 mar. 2026.

COMMITTEE OF SPONSORING ORGANIZATIONS OF THE TREADWAY COMMISSION (COSO). Enterprise Risk Management: Integrating with Strategy and Performance. New York: COSO, 2017.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). Amid regional conflict, the Strait of Hormuz remains critical to global petroleum supply. 16 jun. 2025.

EXAME. Guerra no Irã completa 22 dias, eleva custos e acende alerta no agro global. 21 mar. 2026.

FRANCO, D. M. et al. Expectativas, incerteza econômica e sentimento do investidor no mercado acionário brasileiro. Revista de Administração Contemporânea, 2022.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GRODT, J. A. S. et al. Incerteza, risco e comportamento gerencial nas organizações. Revista de Administração Mackenzie, 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Oil Market Report. March 2026.

INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF). World Economic Outlook: Navigating Global Divergences. Washington, DC: IMF, 2023.

KAHNEMAN, Daniel; TVERSKY, Amos. Prospect theory: an analysis of decision under risk. Econometrica, v. 47, n. 2, p. 263–291, 1979.

KEYNES, John Maynard. The General Theory of Employment, Interest and Money. London: Macmillan, 1936.

KNIGHT, Frank H. Risk, Uncertainty and Profit. Boston: Houghton Mifflin, 1921.

MENEGHETTI, F. K. O que é um ensaio teórico? Revista de Administração Contemporânea, 2011.

MOURA, R. L. et al. Ambiente VUCA e adaptação organizacional. Brazilian Business Review, 2023.

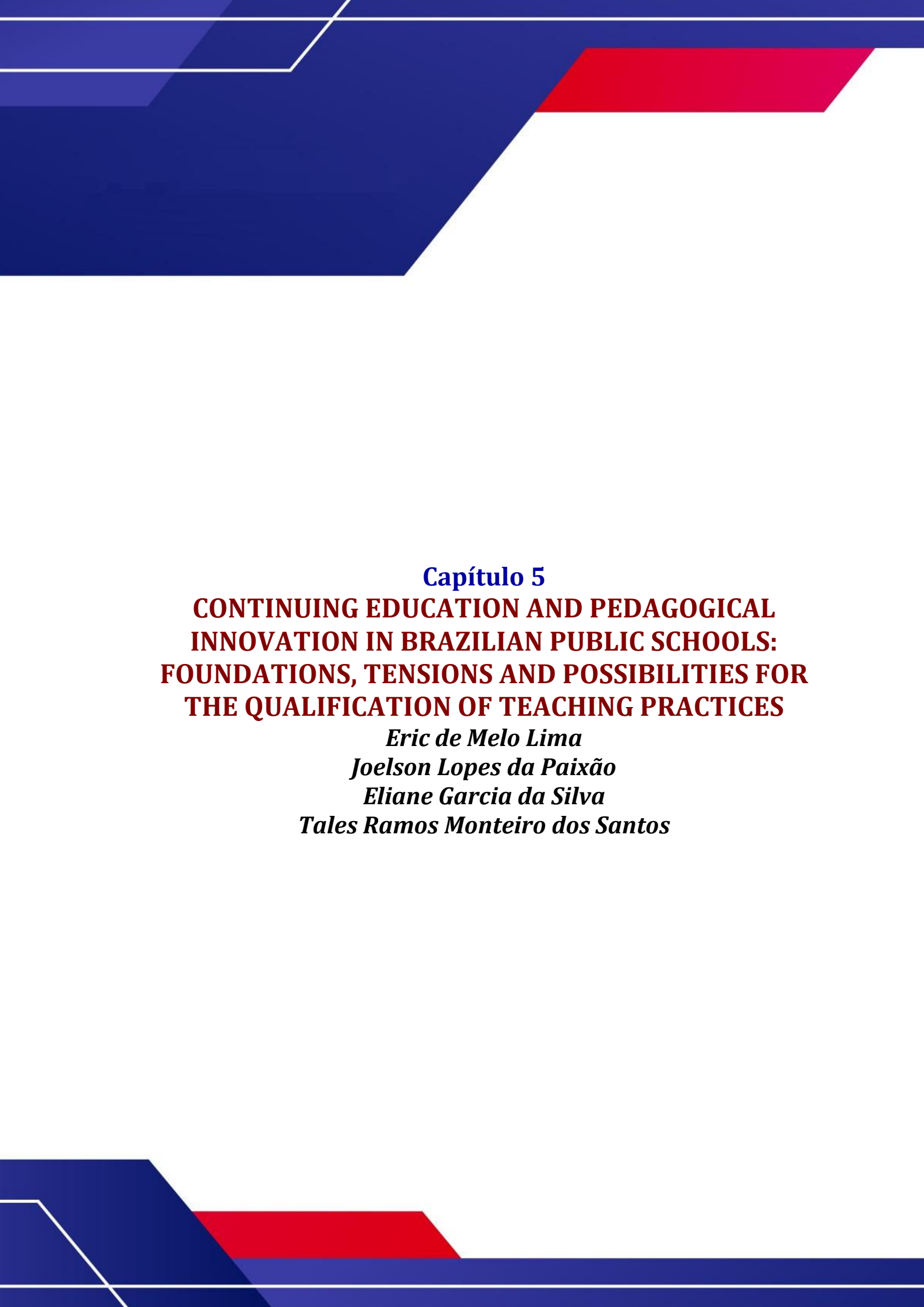
REUTERS. Brazil farmers face diesel cost jump as Middle East conflict lifts oil prices. 9 mar. 2026.

REUTERS. Brazil's Petrobras raises jet fuel prices by around 55%. 1 abr. 2026.

TERRA; REUTERS. Indústria do Brasil sente impacto da guerra no Oriente Médio com alta da inflação de insumos, mostra PMI. 1 abr. 2026.

WORLD BANK. Global Economic Prospects. Washington, DC: World Bank, 2023.

WORLD BANK. Implications of the War in Ukraine for the Global Economy. Washington, DC: World Bank, 2022.



Capítulo 5
**CONTINUING EDUCATION AND PEDAGOGICAL
INNOVATION IN BRAZILIAN PUBLIC SCHOOLS:
FOUNDATIONS, TENSIONS AND POSSIBILITIES FOR
THE QUALIFICATION OF TEACHING PRACTICES**

Eric de Melo Lima
Joelson Lopes da Paixão
Eliane Garcia da Silva
Tales Ramos Monteiro dos Santos

**CONTINUING EDUCATION AND PEDAGOGICAL INNOVATION IN
BRAZILIAN PUBLIC SCHOOLS: FOUNDATIONS, TENSIONS AND
POSSIBILITIES FOR THE QUALIFICATION OF TEACHING PRACTICES**

Eric de Melo Lima

EDUCATIONAL INSTITUTION (ACRONYM): Federal University of Piauí (UFPI)

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0466473309779779>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8755-8063>

E-MAIL: ericmelo92@gmail.com

Joelson Lopes da Paixão

EDUCATIONAL INSTITUTION (ACRONYM): Federal University of Santa Maria (UFSM)

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6907289379766915>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8874-5151>

E-MAIL: joelson.paixao@hotmail.com

Eliane Garcia da Silva

*EDUCATIONAL INSTITUTION (ACRONYM): UNESP - São Paulo State University "Júlio de
Mesquita Filho"*

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/8248707588489022>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7466-9420>

E-MAIL: eliane.garcia@unesp.br

Tales Ramos Monteiro dos Santos

EDUCATIONAL INSTITUTION (ACRONYM): Catholic University of Brasília (UCB)

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2372032441637444>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5314-576X>

E-MAIL: professortales@gmail.com

ABSTRACT

This article examines the relationship between continuing teacher education and pedagogical innovation in Brazilian public schools from a critical and analytical perspective. The central objective is to analyze how continuing education processes can contribute to effective transformations in pedagogical practices, considering the structural, institutional, curricular, and professional conditions that permeate public schools. Methodologically, the study is structured as a theoretical essay of bibliographic and documentary nature (Meneghetti, 2011), combining a narrative review of classical and contemporary literature with the interpretative analysis of Brazilian regulatory frameworks: the Law of Guidelines and Bases of National Education (Brazil, 1996), the National Education Plan 2014-2024 (Brazil, 2014), its extension by Law 14,934/2024 (Brazil, 2024), the new National Education Plan 2026-2036 instituted by Law 15,388/2026 (Brazil, 2026) and CNE/CP Resolution No. 1/2020, which establishes the Common National Base for the Continuing Education of Basic Education Teachers (Brazil, 2020). The article articulates theoretical contributions from Tardif, Nóvoa, Schön, Freire, Pimenta, Imbernón, Gatti, Perrenoud, and other authors, including recent works on post-pandemic teacher education (Gatti, 2020; Nóvoa, 2019). The argument covers the foundations and conceptual disputes of continuing education, the problematization of pedagogical innovation in the public context, the structural limits that condition innovative practices, the centrality of situated and collaborative training, the role of technologies and methodologies as subsidiary instruments of broader pedagogical intentions, and the relationship between teacher valorization, school management, and consistent public policies. The article argues that effective pedagogical innovation depends not only on qualified training processes, but on concrete working conditions, professional autonomy, democratic management, and institutional commitment to learning and educational equity.

Keywords: continuing education; pedagogical innovation; public education; teacher knowledge; teacher professionalization.

RESUMO

Este artigo examina a relação entre formação continuada docente e inovação pedagógica no ensino público brasileiro, a partir de uma perspectiva crítica e analítica. O objetivo central é analisar de que modo os processos formativos continuados podem contribuir para transformações efetivas nas práticas pedagógicas, considerando os condicionantes estruturais, institucionais, curriculares e profissionais que atravessam a escola pública. Metodologicamente, adota-se ensaio teórico de natureza bibliográfica e documental (Meneghetti, 2011), articulando revisão narrativa de literatura clássica e contemporânea com análise interpretativa de dispositivos normativos brasileiros: a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Brasil, 1996), o Plano Nacional de Educação 2014-2024 (Brasil, 2014), sua prorrogação pela Lei nº 14.934/2024 (Brasil, 2024), o novo Plano Nacional de Educação 2026-2036 instituído pela Lei nº 15.388/2026 (Brasil, 2026) e a Resolução CNE/CP nº 1/2020, que institui a Base Nacional Comum para a Formação

Continuada de Professores da Educação Básica (Brasil, 2020). O artigo articula contribuições de Tardif, Nóvoa, Schön, Freire, Pimenta, Imbernón, Gatti, Perrenoud e outros autores, incluindo trabalhos recentes sobre formação docente pós-pandemia (Gatti, 2020; Nóvoa, 2019). Sustenta-se que a inovação pedagógica efetiva depende não apenas de processos formativos qualificados, mas de condições concretas de trabalho, autonomia profissional, gestão democrática e comprometimento institucional com a aprendizagem e a equidade educacional.

Palavras-chave: formação continuada; inovação pedagógica; ensino público; saberes docentes; profissionalização docente.

RESUMEN

Este artículo examina la relación entre la formación continuada docente y la innovación pedagógica en la enseñanza pública brasileña, desde una perspectiva crítica y analítica. El objetivo central es analizar de qué modo los procesos formativos continuados pueden contribuir a transformaciones efectivas en las prácticas pedagógicas, considerando los condicionantes estructurales, institucionales, curriculares y profesionales que atraviesan la escuela pública. Metodológicamente, se adopta un ensayo teórico de naturaleza bibliográfica y documental (Meneghetti, 2011), articulando una revisión narrativa de literatura clásica y contemporánea con el análisis interpretativo de dispositivos normativos brasileños: la Ley de Directrices y Bases de la Educación Nacional (Brasil, 1996), el Plan Nacional de Educación 2014-2024 (Brasil, 2014), su prórroga por la Ley n.º 14.934/2024 (Brasil, 2024), el nuevo Plan Nacional de Educación 2026-2036 instituido por la Ley n.º 15.388/2026 (Brasil, 2026) y la Resolución CNE/CP n.º 1/2020, que instituye la Base Nacional Común para la Formación Continuada de Profesores de Educación Básica (Brasil, 2020). El artículo articula contribuciones de Tardif, Nóvoa, Schön, Freire, Pimenta, Imbernón, Gatti, Perrenoud y otros autores, incluyendo trabajos recientes sobre formación docente pospandemia (Gatti, 2020; Nóvoa, 2019). Se sostiene que la innovación pedagógica efectiva depende no solamente de procesos formativos cualificados, sino de condiciones concretas de trabajo, autonomía profesional, gestión democrática y compromiso institucional con el aprendizaje y la equidad educativa.

Palabras clave: formación continuada; innovación pedagógica; enseñanza pública; saberes docentes; profesionalización docente.

1 Introduction

Continuing teacher education and pedagogical innovation are two fields that frequently intersect in contemporary educational debate, although they rarely articulate with the consistency required to produce substantive transformations in teaching practices in public schools. Official discourses, government programs, and regulatory documents emphasize the centrality of permanent teacher updating and the urgency of innovative practices in schools, yet this rhetoric is not systematically translated into structured policies, adequate funding, and institutional conditions capable of sustaining real changes in pedagogical work.

The Brazilian regulatory framework on continuing teacher education has undergone significant transformations in recent years. The Law of Guidelines and Bases of National Education (Brazil, 1996) established continuing education as a professional right and duty. The National Education Plan (NEP) 2014-2024, approved by Law 13,005/2014 (Brazil, 2014), established 20 goals related to teacher valorization, training and working conditions. CNE/CP Resolution No. 1/2020 (Brazil, 2020) issued the National Curriculum Guidelines for Continuing Education of Basic Education Teachers and instituted the Common National Base for Continuing Teacher Education (BNC-Continuing Education). As the original NEP approached its expiration date, Law 14,934/2024 (Brazil, 2024) extended its validity until 31 December 2025, to avoid a normative gap between national plans. In April 2026, Law 15,388/2026 (Brazil, 2026) established the new National Education Plan 2026-2036, comprising 19 objectives, 73 goals, and 372 strategies, with explicit emphasis on equity, quality, federative coordination, and progressive expansion of public investment in education up to 10% of GDP at the end of the decade. A joint reading of these instruments reveals a recurrent gap between what is normatively prescribed and what is effectively implemented in public school networks, a gap that demands rigorous analytical examination rather than mere descriptive complaint.

The problem guiding this article can be formulated as follows: in what ways can continuing teacher education foster effective processes of pedagogical innovation in Brazilian public schools, considering the structural, institutional, curricular, and professional challenges that shape these schools? This formulation is not trivial. It assumes that continuing education, by itself, does not guarantee pedagogical innovation, and that pedagogical innovation, in turn, cannot be reduced to the mere adoption of digital technologies, active methodologies, or modernized teaching resources. Both processes depend on more complex conditions, involving the organization of teaching work, school culture, management support, public funding, and the recognition of the teacher as an intellectual subject.

The objective of this article is to critically analyze the relationship between continuing teacher education and pedagogical innovation in Brazilian public schools, highlighting its foundations, potentialities, limits, and implications for educational quality, professional valorization, and student learning. To this end, the text examines the conceptual foundations of continuing education as a permanent dimension of teacher

professionalization, discusses different conceptions of pedagogical innovation, addresses the structural limits of Brazilian public schools, problematizes the importance of situated and collaborative training processes, examines the role of technologies and methodologies as instruments of pedagogical intentionality, and analyzes the relationships between teacher valorization, school management and public training policies.

The relevance of this theme is simultaneously academic and social. From an academic perspective, the interface between continuing education and pedagogical innovation mobilizes theoretical debates that still demand greater conceptual, methodological, and empirical depth in the Brazilian educational field. From a social perspective, examining the real conditions under which public school teachers work, learn, and seek to innovate is an unavoidable ethical and political imperative, particularly in a country marked by deep educational, regional, and social inequalities.

The article is organized into ten sections. Following this introduction, the second section presents methodological procedures. Sections 3 to 9 develop the analytical axes: foundations of continuing education; concept and disputes around pedagogical innovation; structural limits of Brazilian public schools; situated, collaborative and reflective continuing education; technologies, methodologies and curriculum; teacher valorization, school management and public policies; and possible pathways. The tenth section presents the final considerations and indicates implications for public policies, school management, and future research agendas, with explicit attention to the new normative cycle inaugurated by NEP 2026-2036.

2 Methodological Procedures

This study is configured as a theoretical essay of bibliographic and documentary nature, with a qualitative approach and an analytical-interpretative purpose. As Meneghetti (2011) argues, the theoretical essay is an academic genre whose strength lies in the reflective capacity to understand reality, articulating a critical review of scientific productions, analysis of normative provisions, and reasoned argumentative construction, without claims of systematic exhaustiveness or statistical generalization. The theoretical essay differs from systematic reviews by privileging conceptual problematization,

original interpretation, and the willingness to subvert dominant rationalities, while maintaining argumentative rigor and dialogue with established knowledge.

The procedures adopted involved three articulated movements. The first consisted of a narrative review of classical and contemporary literature on continuing teacher education, teaching knowledge, teacher professionalization, pedagogical innovation, and educational policies. The selection of works prioritized authors of recognized reference in the field, in Brazil and internationally, and considered conceptual adherence to the research problem. Recent works on post-pandemic teacher education (Gatti, 2020; Nóvoa, 2019) were also incorporated, to update the dialogue with the current state of the art. The second movement involved documentary analysis of central Brazilian normative provisions, namely Law 9,394/1996 (Brazil, 1996), Law 13,005/2014 (Brazil, 2014), Law 14,934/2024 (Brazil, 2024), Law 15,388/2026 (Brazil, 2026), and CNE/CP Resolution No. 1/2020 (Brazil, 2020), examined in dialogue with the theoretical literature. The third movement corresponds to the interpretative articulation between the theoretical and the normative corpora, organized in seven thematic axes that structure the analytical sections of the article.

As limits inherent to this type of study, the absence of a systematic protocol for bibliographic selection (such as PRISMA), the argumentative restriction to selected sources, and the lack of primary empirical data collection are recognized. Such limits do not invalidate the analysis but situate it at the level of theoretical reflection and conceptual problematization, while indicating the relevance of complementary empirical investigations such as case studies, school ethnographies, and evaluations of continuing education programs, as further discussed in the final considerations.

3 Continuing Teacher Education: Foundations, Meanings and Conceptual Disputes

Continuing teacher education is not a recent issue in the educational field, although its centrality in debates on the quality of public education has intensified in recent decades. Understanding its foundations requires, above all, historically situating the conceptual disputes that shape this field and that largely define what is understood by training, continuity, and professional development.

A first decisive conceptual distinction concerns the difference between continuing education as technical updating and continuing education as permanent professional

development. The technical updating perspective, which prevails in many government programs and corporate educational initiatives, conceives of the teacher as an executor of procedures who must be periodically informed about new methodologies, resources or legislation. In this conception, training tends to be treated as synonymous with workshop-style instruction, and the teacher occupies the position of a recipient of externally defined content, with little consideration of his or her experiences, knowledge, and difficulties as constitutive elements of the training process.

This perspective faces consistent theoretical objections. Tardif (2002) demonstrated, with analytical rigor, that teaching knowledge is not a mere reflection of theoretical knowledge transmitted in initial training or in capacity-building courses; rather, it consists of plural, temporal, and situated constructions developed through professional experience, in relations with students, colleagues, and the school institution. Continuing education that ignores this experiential and subjective dimension of teaching knowledge tends to produce, at best, superficial adherence and, in more critical scenarios, legitimate resistance from teachers who do not recognize themselves in the proposals presented to them.

Nóvoa (1992) insisted on the need to think about teacher education from the standpoint of teachers themselves, valuing reflection on practice, the sharing of experiences, and the construction of a solid professional identity. For the Portuguese author, training does not occur only in courses, but within the profession, through processes that articulate the personal, professional, and organizational dimensions of being a teacher. More recently, Nóvoa (2019), discussing the metamorphosis of the school in the contemporary period, argued that teacher education requires a new institutionality, articulating universities, the teaching profession, and school networks in a triangular relationship, in which professional identity is built collaboratively. This perspective shifts the axis of training from a transmissive model to a reflective and collaborative one, without abandoning theoretical rigor or scientific foundation.

Schön's (2000) contribution to the debate on teacher education was equally significant. By proposing the concept of the reflective *practitioner*, Schön argued that competent professionals do not merely apply theories to practical situations, but construct knowledge in and through action, developing a reflective capacity that allows them to face uncertain, singular, and conflicting situations. The transposition of this concept to teaching, although not without criticism, contributed to expanding the

understanding of teachers as producers of knowledge and not merely as consumers of externally produced knowledge.

Pimenta and Ghedin (2002) problematized the limits of the uncritical transposition of the concept of the reflective teacher to the Brazilian context, warning against the risk that emphasis on individual reflexivity may detach teachers from the structural and political conditions in which they work, individualizing problems that are collective and systemic. This critique remains pertinent: continuing education relies exclusively on the individual reflection of practice risks holding teachers responsible for problems arising from objective conditions beyond their direct control, such as insufficient funding, precarious infrastructure, overcrowded classrooms, and the absence of systematic pedagogical support.

Imbernón (2011) advances in this direction by defending continuing education as a process of collective professional development, situated in the real conditions of the school and articulated to teachers' own needs. The author distinguishes between training as product, oriented toward content transmission and formal certification, and training as process, oriented toward the construction of reflective, collaborative, and transformative capacities. In this second perspective, the school ceases to be merely a place where training is applied and becomes itself a space for training, research, and the production of pedagogical knowledge.

Gatti, Barretto, and André (2011), in a reference study on teaching policies in Brazil, identified a recurring pattern in Brazilian continuing education programs: the predominance of fragmented, sporadic, discontinuous initiatives that are disconnected from the actual needs of schools and teachers. The authors observed that a significant portion of these programs has historically been organized around demands to implement curricular or technological policies, with little space for teacher participation in defining training priorities or for systematic evaluation of impacts on pedagogical practice. This diagnosis remains largely current and reveals the structural distance between training policies formulated at the macro level and the concrete conditions in which such training takes place in public schools. Concerning initial training, Gatti (2010) had already pointed to analogous tensions related to the fragmentation of teaching degree programs, curricular dispersion, and the fragile articulation between theory and practice, dimensions that extend and reconfigure themselves in the field of continuing education.

Gatti (2020), analyzing the educational consequences of the COVID-19 pandemic, emphasized that any reconfiguration of educational models must consider the territoriality of schools, the centrality of teachers in the educational process, and the need for localized, integrated planning that respects diversity. Her analysis suggests that the post-pandemic period offers an opportunity to rethink continuing education on more situated, collaborative, and contextualized bases, an opportunity that, however, depends on political will, public investment, and federative coordination.

Paixão (2025), examining reflective practices in continuing teacher education, argues that teacher reflexivity must be understood not as an individual attribute but as an institutional practice that requires time, space, and an organizational culture favorable to questioning, sharing, and the collective production of pedagogical knowledge. This understanding situates continuing education at the intersection of the personal dimension of teacher development and the institutional dimension of working conditions, demonstrating that neither dimension can be neglected without compromising the effectiveness of training processes.

This set of contributions converges with the most recent Brazilian normative orientation, although with relevant tensions. CNE/CP Resolution No. 1/2020 (Brazil, 2020), by establishing the National Curriculum Guidelines for Continuing Education of Basic Education Teachers and the corresponding Common National Base, defines continuing education as a permanent process articulated with the dimensions of professional knowledge, practice, and engagement. The norm recognizes, at least formally, that continuing education cannot be reduced to technical training and must be linked to professional development throughout the teaching career. However, the BNC-Continuing Education has been the object of significant critical debate in the Brazilian educational field, with authors questioning its alignment with technical-rational and competency-based logics, the limited social participation in its formulation, and the risks of subordinating teacher education to the implementation of standardized curricula. Recognizing this debate is necessary so that the normative framework is read with the critical density it requires, rather than as an unproblematic horizon.

In summary, continuing teacher education is a field marked by deep conceptual disputes, articulated to different conceptions of teacher, school, learning, and educational policy. Understanding these disputes is a necessary condition for analyzing, with rigor and

intellectual honesty, the relationship between continuing education and pedagogical innovation in public schools.

4 Pedagogical Innovation in Public Schools: Between Discourse, Practice, and Real Conditions

The concept of pedagogical innovation has occupied an increasingly central place in educational discourse, although its definition remains imprecise and frequently disputed. Governments, international organizations, educational sector companies, and researchers mobilize the term with rather distinct meanings, which makes a rigorous problematization necessary before any analysis of its relationship with continuing education.

A first important observation is that pedagogical innovation is not synonymous with the use of digital technologies. This confusion is recurrent in public debate and in many educational policy documents, which tend to reduce innovation to the adoption of digital platforms, educational applications, multimedia resources, or technological equipment in schools. While digital technologies can, under certain conditions, enrich pedagogical practices and expand learning possibilities, they do not in themselves constitute pedagogical innovation. A digital whiteboard that reproduces the same transmissive logic as a chalkboard does not innovate pedagogically; it simply modernizes the technological support of a practice that remains unchanged in its underlying conception.

Hargreaves (2004), analyzing the challenges of teaching in the knowledge society, warned about the risk that educational reforms centered on technology and productive efficiency may empty the human and relational content of teaching, reducing the teacher to a technician and the student to a user of standardized educational systems. The author argues that genuine educational innovation requires not only changes in instruments, but also transformations in pedagogical relations, in conceptions of learning, and in the power structures that organize the school.

Pedagogical innovation, understood in a more rigorous sense, presupposes a clear formative intentionality, a reorganization of teaching-learning relationships, a revision of conceptions about the role of teacher and student, and a consistent articulation with the school's political-pedagogical project. Sacristán (2000) showed that the curriculum is not

a neutral set of content to be transmitted, but a social construction that reflects political, cultural, and epistemological choices. Innovating pedagogically, in this perspective, necessarily implies questioning and reconfiguring curricular choices, and not merely substituting didactic strategies or adopting new resources.

Freire (1996) offers a foundational perspective for thinking about pedagogical innovation in public schools. By insisting that teaching is not transferring knowledge but creating the possibilities for its production or construction, Freire shifted the axis of pedagogical practice from the pole of transmission to that of problematization and dialogue. A truly innovative pedagogy, in this theoretical framework, recognizes learners as producers of culture and knowledge, builds on their concrete experiences and contradictions, and commits itself to transforming the conditions of existence.

Perrenoud (2000), proposing ten new competencies for contemporary teaching, identified the capacity to manage learning progression, to work in teams, and to participate in school administration as central dimensions of teaching professionalism. For the author, pedagogical innovation is not an individual option of the creative teacher, but a collective demand involving the reorganization of practices, routines, and institutional relationships. This perspective is important because it shifts responsibility for innovation from the individual to the collective and the institution, without diluting the professional responsibility of each teacher.

In the specific context of Brazilian public schools, the concept of pedagogical innovation faces additional challenges. Arroyo (2000), in a dense analysis of the teaching profession, demonstrated that public school teachers in Brazil construct their professional identity under conditions marked by material precariousness, social devaluation, and the permanent tension between recognition of the social importance of their work and the absence of institutional and economic recognition. In this context, expecting teachers to innovate without structural support, planning time, adequate pedagogical resources, and decent remuneration constitutes a demand that tends to operate as an instrument of teacher blaming for problems of systemic origin.

Paixão (2026a), examining pedagogical innovation mediated by digital technologies, observes that enthusiasm with technological possibilities frequently precedes the discussion about the pedagogical, institutional, and training conditions necessary for those possibilities to materialize. The author emphasizes that technological innovation without consistent pedagogical training tends to reproduce, in new supports,

the same conceptions and pedagogical relationships that were supposed to be overcome. This observation is particularly relevant in the context of inequalities of access and use of digital technologies, which still significantly stratify the Brazilian educational system according to the socioeconomic conditions of students and school communities.

The distinction between apparent innovation and substantive innovation is therefore fundamental. Apparent innovation occurs when supports, instruments, or terminologies are replaced without transformation in pedagogical conceptions, learning relationships, or commitments to equity and inclusion. Substantive innovation, in turn, implies a change of conception, intentional reorganization of practices, articulation with clear pedagogical objectives, and commitment to the real learning of students, especially those in situations of greater vulnerability.

5 Brazilian Public Schools and the Structural Limits of Innovation

A consistent analysis of the relationship between continuing education and pedagogical innovation in Brazilian public schools must address the structural limits that condition the possibilities of transforming teaching practices. These limits are not accidental or circumstantial obstacles, but expressions of political choices and power distributions that have sedimented over decades in the Brazilian educational system.

Among the broadest and most consequential limits, insufficient funding of public education stands out. Schools with precarious infrastructure, with restricted libraries, laboratories, and teaching materials, limited internet connectivity, and inadequate spaces for shared planning face objective difficulties in sustaining consistent processes of pedagogical innovation. The discourse of innovation that ignores this material dimension of educational practice tends to operate as an instrument of individual teacher accountability for problems originating in inadequate public investment. The new NEP 2026-2036 (Brazil, 2026), by establishing progressive expansion of public investment up to 10% of GDP at the end of the decade, formally acknowledges the centrality of this dimension, although its effective implementation will depend on political continuity and federative coordination.

The issue of time is equally critical. Teachers who work in multiple schools, with extensive workloads and large classes, have little time for reflective pedagogical planning, substantive participation in continuing education processes, or the collective

construction of pedagogical projects. Libâneo (1994) emphasized that systematic didactic planning is an indispensable condition for teaching quality, not a luxury available only to those with spare time. When teaching, working conditions do not include paid time for planning, training, and evaluation of practices, pedagogical innovation becomes an imperative without objective sustenance.

The issue of professional valorization is also unavoidable. Saviani (2011) argued that the struggle for the quality of public education is inseparable from the struggle for the valorization of education workers, including decent salaries, structured careers, adequate working conditions, and social recognition. An educational system that invests little in the training and career of its teachers cannot consistently demand from them an innovative and transformative performance. The contradiction between demanding discourse and real working conditions contributes to illness, attrition and disengagement in public teaching, as Gatti, Barretto and André (2011) demonstrated in their study on teaching policies in Brazil.

The regional and socioeconomic inequality of the Brazilian educational system adds a layer of complexity to the problem. Working conditions, training, and infrastructure vary among urban and rural schools, among regions with different levels of development, and among municipalities with greater or lesser financing capacity. Continuing education policies that ignore this structural heterogeneity tend to reproduce and amplify existing inequalities, primarily benefiting teachers and schools that already enjoy better conditions, while leaving precisely those who would most need qualified training support at the margins.

Digital connectivity is an eloquent example of these inequalities. While the discourse of technological innovation in education advances intensely, a portion of Brazilian public schools still faces basic difficulties related to internet access, device availability, and teacher training for the pedagogical use of technologies. Kenski (2007) warned that the incorporation of digital technologies into education must be accompanied by critical reflection on the conditions of access, use, and pedagogical mediation, lest it amplify rather than reduce existing educational inequalities.

In this scenario, pedagogical innovation in public schools cannot be conceived as a homogeneous, linear, and universal process, applicable in the same way to all school realities. It must be understood as a situated, contextualized process, sensitive to the specificities of each school, community, and territory. Innovating in a well-equipped

urban school in a large metropolitan center is a different challenge from innovating in a multigrade school in a rural community with limited access to basic public goods. Recognizing this difference is not relativizing the importance of innovation but demanding that it be built with social responsibility and commitment to equity, in line with the equity-oriented directives of the new NEP 2026-2036 (Brazil, 2026), which articulates educational quality, federative coordination, and reduction of inequalities as central objectives.

6 Situated, Collaborative, and Reflective Continuing Education

Faced with the limits and contradictions analyzed in previous sections, specialized literature has converged for at least three decades around the defense of continuing education that is situated, collaborative, reflective, and articulated with the school's political-pedagogical project. This orientation contrasts with prescriptive and decontextualized models that approach the school from the outside in, arriving in the form of compulsory courses, lectures disconnected from daily life, or one-off training that scarcely dialogues with the reality experienced by teachers.

Imbernón (2011) argues that training that takes the school as a territory of research and professional development tends to be more effective than training that treats the teacher as a passive recipient of externally produced content. When teachers are invited to collectively analyze their practices, identify real pedagogical problems, and construct grounded and creative responses, training gains density, relevance, and transformative potential.

Nóvoa (1992) proposed that continuing training should value the personal and professional development of teachers and stimulate the construction of a culture of collaboration within schools. The author identified that schools that manage to sustain processes of continuous improvement are generally those that cultivate a professional culture marked by the sharing of experiences, collective reflection, and willingness to learn from mistakes and successes. This culture does not emerge spontaneously; it must be built, cultivated, and institutionally supported by school management and education networks. In a more recent contribution, Nóvoa (2019) emphasizes that the metamorphosis of the school requires a new institutionality of teacher education, organized in a triangular relationship among universities, the teaching profession, and

school networks, capable of articulating theoretical foundation, professional knowledge, and engagement with concrete school contexts.

Tardif (2002) showed that experienced teachers construct, throughout their careers, a repertoire of practical, situational, and relational knowledge that is not taught in training courses but is decisive for teaching quality. Continuing education that wastes this accumulated repertoire, treating teachers as if they were beginners without relevant experience, loses one of the richest sources of professional development available within the school itself.

Research on one's own practice is a particularly fruitful formative dimension in this context. When teachers are encouraged to document, analyze, and share their pedagogical experiences, they constitute themselves as researchers of their own work, producing knowledge relevant not only for themselves but for the school as a whole and the broader professional community. This investigative dimension of teaching does not require sophisticated laboratories or scientific publications, but it does require institutional time, pedagogical support, and a school culture that values systematic reflection as a component of teaching work.

Schön (2000) distinguished between *reflection-in-action*, which occurs during practice, and *reflection-on-action*, which occurs after practice. Both forms of reflexivity are necessary for teacher professional development, but the second especially requires conditions that make it possible: time to think, space to dialogue with colleagues, access to theoretical references that illuminate experience, and institutional willingness to recognize the value of thought as part of teaching work.

Paixão (2026b) observes that the dichotomy between formal certifications and effective transformation of pedagogical practice remains one of the most critical problems of continuing education in Brazil. The growth of the certification and specialization market, disconnected from real working conditions and concrete pedagogical needs of teachers, frequently produces inflated curricula of degrees that do not correspond to substantive changes in teaching practices. This dissociation between certificate and real pedagogical transformation is a symptom of the absence of a continuing education policy that takes the public school as a living space for training, research, and professional development. CNE/CP Resolution No. 1/2020 (Brazil, 2020), by articulating the dimensions of professional knowledge, practice, and engagement, formally offers a direction compatible with this conception, although its translation into material

conditions of implementation depends on budgetary, organizational, and political decisions that exceed the text of the norm itself.

Collective planning, pedagogical meetings with real formative content, study groups, and learning circles among teachers are formative devices that, when implemented seriously and continuously, can produce more lasting and significant impacts than external courses disconnected from school reality. For these devices to function, however, the time devoted to them must be paid for and recognized as teaching work, not as a complementary or voluntary activity competing with the already excessive demands of daily life.

7 Technologies, Methodologies, and Curriculum: Innovation with Pedagogical Intentionality

The incorporation of digital technologies and active methodologies into public schools deserves careful and balanced analysis. On the one hand, the real potential that these tools and approaches offer for expanding learning possibilities, personalizing training trajectories, promoting active student participation, and creating connections between school knowledge and social reality must be recognized. On the other hand, the risks of uncritical and hasty adherence to proposals that often arrive in schools through external prescription and educational fads, without the formative and institutional support necessary to produce the pedagogical effects they promise, must be problematized.

Kenski (2007) argues that educational technologies are not neutral and that their pedagogical use depends on intentional choices about objectives, methodologies, learning relationships, and assessment. Technology that serves a transmissive and banking pedagogy, in the Freirean sense, reproduces and amplifies the limitations of that pedagogy; technology that serves a problematizing, dialogical pedagogy committed to student autonomy can, in turn, amplify the virtues of that pedagogy. The determining factor, therefore, is not the technology but the pedagogical conception that orients it.

So-called active methodologies, including approaches such as problem-based learning, the flipped classroom, project-based learning, and gamification, have gained increasing space in pedagogical renewal discourse. These methodologies share a relevant common principle: the displacement of the student from a passive position of recipient to

an active position as constructor of his or her own learning. This principle is compatible with the perspectives of Dewey (1971) and Vygotsky (2007) on learning as a social and active process that cannot be reduced to the transmission of information. Vygotsky's notion of the zone of proximal development is particularly relevant in this context: by emphasizing that learning is potentiated in mediated interactions with more experienced peers, the concept supports the design of active methodologies based on collaboration, peer scaffolding, and intentional pedagogical intervention, rather than on the mere autonomous activity of the student.

However, the adoption of active methodologies in Brazilian public schools faces objective obstacles that must be honestly acknowledged. Large classes, teachers with excessive workloads, inadequate infrastructure, and lack of specific training are conditions that hinder, and in many cases make unfeasible, the consistent implementation of these methodologies. When they are imposed top-down, without adequate training and the necessary institutional conditions, they tend to produce frustrating results that, paradoxically, reinforce resistance to any form of pedagogical change.

The curricular question is equally central. Sacristán (2000) showed that the curriculum is the terrain where conceptions about what deserves to be taught, to whom, how, and why are materialized. Innovating pedagogically without revisiting the curriculum is surface-level innovation that does not alter what is most fundamental in school practice: the choices about what knowledge is considered legitimate and the forms of assessment that define what counts as learning. Pedagogical innovation that seeks to be substantive must therefore imply curricular reflection that questions hierarchies of knowledge, includes diversified knowledges, and articulates school content with the experiences, needs, and cultural references of students.

Formative assessment is a particularly important component of pedagogical innovation committed to learning. A school that innovates in methodologies but maintains a classificatory, selective, and punitive assessment produces an internal contradiction that compromises the pedagogical meaning of the changes undertaken. Perrenoud (2000) emphasized that formative assessment, oriented towards monitoring the learning process and regulating teaching practices, is one of the most demanding and transformative competencies that can be cultivated in teacher education.

Inclusion and equity are, in this context, non-negotiable dimensions of any pedagogical innovation proposal that seeks to be ethically responsible. Brazilian public

schools welcome students from very diverse sociocultural, linguistic, ethnic, and territorial conditions, and pedagogical innovation that does not consider this diversity as a starting point and as a horizon tends to benefit only those who already enjoy cultural and material conditions favorable to learning, amplifying the inequalities that the school should help to reduce.

8 Teacher Valorization, School Management, and Public Policies for Innovation

The analysis of the conditions for pedagogical innovation in public schools would be incomplete if it did not consider, with due depth, the role of school management, public policies, and teacher professional valorization as determining factors for sustaining processes of pedagogical change over time.

Democratic and pedagogical school management is a central element in this context. School leaders who understand continuing education as part of the school's collective project, who create institutional conditions for collaborative work, who protect teachers' planning and reflection time, and who establish a culture of dialogue and sharing contribute decisively to ensuring that pedagogical innovation is no longer an isolated endeavor of enthusiastic teachers and instead becomes a collective and sustainable process. Fullan (2003) demonstrated that successful educational changes are invariably those that build collective capacity in schools and education networks, not just individual competencies of teachers or managers.

The relationship between schools and education networks is equally important. Municipal and state education departments that build continuing education policies in dialogue with schools, that offer systematic pedagogical support, that guarantee material resources, and that establish teaching careers that recognize and reward professional development create an environment more favorable to pedagogical innovation than those that limit themselves to issuing normative orientations or demanding compliance with goals without offering the conditions to achieve them.

Teacher professional valorization, in this framework, is not only a matter of social justice but a functional condition for the quality of public education. Teachers who feel recognized, respected, and well paid tend to invest more in their own professional development, engage more intensely in collective school projects, and maintain commitment to student learning even in the face of objective daily difficulties.

Professional devaluation, by contrast, produces deleterious effects on motivation, engagement, and willingness to innovate, creating a vicious cycle in which the worst working conditions are frequently found in schools that would most need qualified and committed teachers. The new NEP 2026-2036 (Brazil, 2026), particularly in its goals related to the valorization of education professionals, formation, working conditions, and salary policies, formally recognizes these relationships, although effective implementation will depend on political continuity and federative coordination, dimensions that the previous plan (Brazil, 2014; Brazil, 2024) did not fully achieve.

Gatti, Barretto and André (2011) observed that continuing education policies in Brazil have been historically marked by discontinuity, by lack of articulation among different government spheres, and by absence of systematic evaluation of their results. Programs created under one government are frequently abandoned by the next, without the accumulation of experience or the consolidation of innovations introduced. Gatti (2020), reflecting on the post-pandemic reconfiguration of educational models, also pointed to the need for localized, integrated planning that mobilizes managers, teachers, and communities, respecting territorial diversity. Such political instability undermines any effort to build a consistent culture of professional development in public schools.

A public policy of continuing education committed to pedagogical innovation must therefore combine at least four dimensions: temporal continuity, allowing the construction of training processes with depth and progression; teacher participation, ensuring that teachers are subjects rather than mere recipients of training; articulation with concrete working conditions, ensuring that formative learning can be effectively practiced in schools; and systematic evaluation, allowing identification of what works, what needs revision and what is yet to be built. These elements dialogue directly with the National Curriculum Guidelines for Continuing Education of Basic Education Teachers (Brazil, 2020) and with the goals of the new NEP 2026-2036 related to teacher valorization and educational quality (Brazil, 2026).

The teacher as intellectual subject, in Freire's (1996) formulation, is not only one who knows how to teach content well, but one who reflects critically on his or her practice, questions it and transforms it from a political and ethical understanding of the educational act. Recognizing teachers in this intellectual dimension is a demand directed simultaneously at educational policies, training institutions, and schools themselves. When this recognition is absent, pedagogical innovation tends to be reduced to a technical

task delegated to an executor, rather than a collective responsibility shared by subjects committed to educational transformation.

9 Possible Pathways for Critical Pedagogical Innovation in Public Schools

The analysis developed in previous sections allows the outlining of possible pathways for strengthening a critical pedagogical innovation, committed to the social quality of public education and to the learning of all students, especially the most vulnerable.

The first pathway concerns the construction of a continuing education policy that takes the school as a unit and not merely the individual teacher as the subject of training. This implies creating conditions for schools to develop cultures of collective professional learning, with institutionalized time for substantive pedagogical meetings, study groups, analysis of practices, and collective construction of the political-pedagogical project. Training that takes place in the school, based on the real problems teachers face, has greater transformative potential than training that takes place outside it, in contexts disconnected from pedagogical daily life.

The second pathway is the consistent articulation between continuing education and working conditions. It is unreasonable to demand pedagogical innovation from teachers who work in precarious conditions, without adequate infrastructure, planning time, or decent remuneration. The improvement of teaching working conditions is therefore a structural condition of pedagogical innovation, not a parallel or subsequent policy.

The third pathway is the construction of a culture of formative assessment and inquiry into one's own practice in schools. Teachers who document, analyze, and share their pedagogical experiences become researchers of their own work and producers of knowledge about teaching. This requires, in addition to time and institutional support, the overcoming of a school culture that frequently treats error and difficulty as failure rather than recognizing them as opportunities for learning and development.

The fourth pathway is the democratization of access to digital technologies and teacher training for their critical and intentional pedagogical use. Technologies can be relevant allies of pedagogical innovation, provided they are accompanied by reflection on their limits, on inequalities of access, and on the pedagogical conceptions that should

guide their use. Technological training of teachers cannot be reduced to operational training in tools, but must articulate technical mastery, pedagogical competence, and ethical reflection on the impacts of technology use on learning and educational relationships.

The fifth pathway is the affirmation of teacher autonomy as a pedagogical and political principle. Autonomous teachers are those who have the conditions to make grounded pedagogical decisions, to adapt the curriculum to the needs of their students, to experiment with new approaches and to build collective projects with their peers. Teacher autonomy is not incompatible with professional responsibility; on the contrary, it is its condition. Policies that reduce the teacher to an executor of standardized protocols simultaneously compromise autonomy and responsibility, producing an impoverished teaching practice that can hardly be a source of pedagogical innovation.

10 Final Considerations

This article has analyzed, with conceptual rigor and sensitivity to the concrete conditions of Brazilian public schools, the relationship between continuing teacher education and pedagogical innovation. The argumentative trajectory has shown that this relationship is necessary but not automatic; it depends on structural, institutional, political, and cultural conditions that must be built and sustained with continuity and commitment.

Continuing education that fosters pedagogical innovation is not the kind that transmits recipes, prescribes methodologies, or distributes certificates. It treats teachers as intellectual subjects and researchers of their own practice, which starts with the real problems of school daily life, creating conditions for collective reflection, and articulating individual development with the institutional strengthening of the school.

The pedagogical innovation that deserves the name does not adopt new technologies or methodological terminologies, but one that transforms conceptions of teaching and learning, reorganizes pedagogical relationships toward greater equity and inclusion, and places the learning of all students, especially the most marginalized, at the center of pedagogical and curricular decisions.

The limits to this articulation are real and must be named without euphemism: insufficient funding, precarious working conditions, professional devaluation, policy

instability, and absence of institutional time for collective professional development are obstacles that cannot be overcome through individual teacher willingness or one-off training, however well-intentioned.

As implications for public policies, it is suggested that CNE/CP Resolution No. 1/2020 (Brazil, 2020) be implemented beyond the formal level, through stable funding, federative coordination and mechanisms for evaluating continuing education that consider effects on pedagogical practice, not merely workload and certification indicators. The new NEP 2026-2036 (Brazil, 2026) opens an opportunity to inaugurate a more consistent normative cycle, provided that the dimensions of teacher valorization, educational equity and federative articulation among the Union, states and municipalities are effectively implemented, with the active participation of teachers and the academic community in the construction of municipal and state plans, articulated to the National Education System established by Complementary Law No. 220/2025. For school management, it follows that teacher time must be protected for collective planning, pedagogical meetings with formative function and inquiry into one's own practice, articulating the school's political-pedagogical project with the formative demands of teachers. For the design of training programs, the centrality of school-situated models is indicated, with teacher participation in the definition of priorities, articulation between universities and public networks, and temporal continuity.

As future research agendas, at least four fronts open up: (1) empirical studies on situated and collaborative continuing education experiences in different public networks, with attention to the conditions that make them possible and sustainable; (2) longitudinal evaluations of the effects of CNE/CP Resolution No. 1/2020 and of the new NEP 2026-2036 on pedagogical practices and educational inequalities; (3) research on the critical pedagogical use of digital technologies in contexts of inequality, articulating technical, didactic and ethical dimensions; and (4) investigations on the relationship between professional valorization, teacher autonomy and capacity for pedagogical innovation in public schools, including comparative studies between different regions and education networks. Recognizing the limits of Brazilian public schools is not a gesture of pessimism but of critical realism and political responsibility, a condition for the construction of policies that effectively contribute to educational quality, teacher valorization and the learning of all those who depend on public schools as the real possibility of access to knowledge and culture.

References

ARROYO, Miguel G. **Ofício de mestre: imagens e auto-imagens**. Petrópolis: Vozes, 2000.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Establishes the guidelines and bases of national education. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

BRASIL. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. Approves the National Education Plan (PNE) and provides other measures. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 jun. 2014. Edição extra.

BRASIL. Lei nº 14.934, de 25 de julho de 2024. Extends, until 31 December 2025, the validity of the National Education Plan approved by Law No. 13,005, of 25 June 2014. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 jul. 2024.

BRASIL. Lei nº 15.388, de 14 de abril de 2026. Approves the National Education Plan (PNE) for the decade 2026-2036. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP nº 1, de 27 de outubro de 2020. Establishes the National Curriculum Guidelines for Continuing Education of Basic Education Teachers and institutes the Common National Base for Continuing Education of Basic Education Teachers (BNC-Continuing Education). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 out. 2020.

DEWEY, John. **Experiência e educação**. São Paulo: Nacional, 1971.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FULLAN, Michael. **Liderar numa cultura de mudança**. Porto: Asa, 2003.

GATTI, Bernardete Angelina. Formação de professores no Brasil: características e problemas. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, out./dez. 2010. DOI: 10.1590/S0101-73302010000400016.

GATTI, Bernardete Angelina. Possível reconfiguração dos modelos educacionais pós-pandemia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 34, n. 100, p. 29-41, dez. 2020. DOI: 10.1590/s0103-4014.2020.34100.003.

GATTI, Bernardete Angelina; BARRETTO, Elba Siqueira de Sá; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo de Afonso. **Políticas docentes no Brasil: um estado da arte**. Brasília: UNESCO, 2011.

HARGREAVES, Andy. **O ensino na sociedade do conhecimento: a educação na era da insegurança**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

IMBERNÓN, Francisco. **Formação docente e profissional: formar-se para a mudança e a incerteza**. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus, 2007.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

MENEGHETTI, Francis Kanashiro. O que é um ensaio-teórico? **Revista de Administração Contemporânea (RAC)**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 320-332, mar./abr. 2011. DOI: 10.1590/S1415-65552011000200010.

NÓVOA, António (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

NÓVOA, António. Os professores e a sua formação num tempo de metamorfose da escola. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 44, n. 3, e84910, p. 1-15, 2019. DOI: 10.1590/2175-623684910.

PAIXÃO, Joelson Lopes. Práticas reflexivas na formação continuada de professores. **Revista Tópicos**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 27, p. 1-20, 2025. DOI: 10.5281/zenodo.17593394.

PAIXÃO, Joelson Lopes. Inovação pedagógica mediada por tecnologias digitais: fundamentos, práticas e desafios na educação contemporânea. **Revista Tópicos**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 29, p. 1-20, 2026a. DOI: 10.5281/zenodo.18330908.

PAIXÃO, Joelson Lopes. Formação continuada docente: análise crítica da dicotomia entre certificações formais e transformação efetiva da prática pedagógica. **Revista Tópicos**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 29, p. 1-17, 2026b. DOI: 10.5281/zenodo.18365351.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PIMENTA, Selma Garrido; GHEDIN, Evandro (Org.). **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. São Paulo: Cortez, 2002.

SACRISTÁN, J. Gimeno. **O currículo: uma reflexão sobre a prática**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SAVIANI, Dermeval. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações**. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.

SCHÖN, Donald A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Org. Michael Cole *et al.* Tradução: José Cipolla Neto,

Luís Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.



Capítulo 6
SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA VIA FUSÃO
NUCLEAR

Filipe Wiltgen
Mateus Gabriel Machado da Silva

SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA VIA FUSÃO NUCLEAR

Prof. Dr. Filipe Wiltgen

<https://orcid.org/0000-0002-2364-5157>

Escritor, Pesquisador, Professor e Engenheiro Eletricista (1994) pela Universidade de Taubaté (UNITAU em Taubaté). Mestre (1998) e Doutor (2003) em Dispositivos e Sistemas Eletrônicos, na área de Fusão Termonuclear Controlada, pelo Instituto de Tecnologia de Aeronáutica (ITA em São José dos Campos). Considerando apenas o tempo mais recente na docência, de 2017 a 2023 como professor no Programa de Mestrado em Engenharia, e Coordenador no Curso Especialização em Energia Solar Fotovoltaica na Universidade de Taubaté. Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia no Estado de São Paulo (IFSP em Campinas) durante 2022 e 2023, nos cursos de técnico em Eletrônica e graduação em Eng. Elétrica. Professor, Coordenador de Curso e Diretor Substituto na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC de Pindamonhangaba), desde 2021. Foi professor nas unidades da FATEC de Cruzeiro e Bauru. Professor nos cursos de Projetos Mecânicos, Manutenção Industrial, Processos Metalúrgicos, Processos Mecânicos de Soldagem, Gestão da Produção Industrial e Automação Industrial. Atualmente Editor-Chefe da Revista de Pesquisa Aplicada e Tecnologia (REPATEC) da FATEC de Pindamonhangaba. Currículo Lattes CNPq (lattes.cnpq.br/9415670242620093). Base de Documentos ResearchGate (www.researchgate.net/profile/Filipe-Wiltgen). Google Acadêmico (scholar.google.com.br/citations?user=WQM6aIYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao). Currículo FAPESP (bv.fapesp.br/pt/pesquisador/45358/luis-filipe-de-faria-pereira-wiltgen-barbosa). ProfWiltgen@gmail.com ou Filipe.Wiltgen@fatec.sp.gov.br

Mateus Gabriel Machado da Silva

<https://orcid.org/0009-0003-4618-030X>

Tecnólogo em Processos Metalúrgicos (2025) pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC de Pindamonhangaba). Estudante de Iniciação Científica pela FATEC em 2023 na área de Engenharia e Processos Metalúrgicos para a Fusão Termonuclear Controlada. Currículo Lattes CNPq (lattes.cnpq.br/5083110567282622).

RESUMO

A conversão de energia em suas diversas formas, direciona o atual desenvolvimento humano, sem energia principalmente na forma de energia elétrica ocorre uma forte estagnação socioeconômica que levaria a humanidade a retroceder séculos. A energia elétrica da forma tradicional de ser obtida, via fontes renováveis ou não renováveis, quase todas são dependentes da natureza e do clima, além disso possuem baixa eficiência o que limita sua eficácia na matriz energética e a torna não sustentável. Para ser sustentável deve existir uma composição de diferentes tipos de fontes de energia, o que envolve a energia nuclear como centro desta discussão. A ineficiência de fontes de energia elétrica prejudica as ações voltadas para a sustentabilidade energética. A fonte de energia nuclear mesclada com outras fontes de energia renováveis pode ser um caminho para a sustentabilidade inicial, porém obter uma sustentabilidade duradoura e que possa realizar a transição energética para a redução de CO₂ dependerá do sucesso de novas máquinas para a produção de energia elétrica via a fusão nuclear. Neste artigo foram discutidas e apresentadas as possibilidades de encontrar uma sustentabilidade energética baseada na fusão nuclear permitindo imaginar um futuro digno a humanidade.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Energia, Eletricidade, Transição Energética, Fusão Nuclear.

ABSTRACT

The conversion of energy in its various forms directs current human development. Without energy, especially in form of electrical energy, there would be a strong socioeconomic stagnation that would take humanity back centuries. Electricity, in its traditional form, obtained through renewable or non-renewable sources, is almost all dependent on nature and climate. In addition, it has low efficiency, which limits its effectiveness in the energy matrix and makes it unsustainable. To be sustainable, there must be a combination of different types of energy sources, which involves nuclear energy as the center of this discussion. The inefficiency of electrical energy sources hinders actions aimed at energy sustainability. Nuclear energy mixed with other renewable energy sources may be a path to initial sustainability, but achieving lasting sustainability that can carry out energy transition to reduce CO₂ will depend on success of new machines for production of electrical energy via nuclear fusion. This paper discusses and presents possibilities of finding energy sustainability based on nuclear fusion, allowing us to imagine a future worthy of humanity.

Keywords: Sustainability, Energy, Electricity, Energy Transition, Nuclear Fusion.

1. INTRODUÇÃO

Uma forma de pensar na energia é como a natureza funciona, tudo na natureza é baseado na constante troca de energia. O que inclui o clima, o ambiente e todas as espécies vivas no planeta que se beneficiam das constantes conversões energéticas.

Os seres humanos no caminho de seu desenvolvimento entenderam a importância da transferência de energia primordial, a térmica, o que permite a sobrevivência e o desenvolvimento biológico das espécies dado a presença, ou mesmo, a ausência do calor durante o crescimento e a multiplicação celular. Com o tempo e as tentativas de melhorar a utilização da energia, a humanidade se deparou com a energia elétrica (McCRACKEN *and* STOTT, 2012) isso mudou a forma de entender e de utilizar a energia. A eletricidade permitiu avanços significativos na ciência e deu outro significado a tecnologia (WILTGEN, 2022 D; WILTGEN, 2024 B).

A obtenção da eletricidade estática, despertou enorme curiosidade humana. Entretanto, foi com o advento da eletricidade dinâmica que o mundo começou a entender a real importância deste tipo de transformação energética. A utilização frequente da eletricidade dinâmica permitiu utilizar a energia elétrica de forma muito semelhante à da condução de água nos tubos, neste caso dos elétrons nos fios (HIWATAR *and* GOTO, 2019; NETA *et al.*, 2022). Isso trouxe a era da eletricidade e que perdura até hoje, porém obscurecida pela falta de uma fonte de energia eficaz e eficiente que possa suprir definitivamente a demanda elétrica humana, e ainda permitir a substituição dos combustíveis fósseis que produzem enormes quantidades de CO₂ na atmosfera eliminando o mecanismo de desregulação da natureza (WILTGEN, 2023).

O processo que transforma a massa de átomos em energia (fissão ou fusão nuclear) (GREENSTONE *et al.*, 2019; WILTGEN, 2022 D; WILTGEN, 2024 B) são imunes as mudanças climáticas e as variações constantes do clima atual. Fontes de energia sazonais e não contínuas impedem a constância na produção energética, diminuindo a disponibilidade da demanda em energia elétrica confiável. Isso também impacta no consumo de matéria-prima na forma de recursos naturais o que aumenta o desperdício, e ainda aumenta em muito a transformação de massa antropogênica o que é um dos principais fatores de impedimento sustentável para a humanidade (CHEN, 2011; XIAO *et al.*, 2021; WILTGEN, 2023).

A fissão nuclear (quebra de átomos pesados e muito instáveis) permite que o longo caminho de desenvolvimento da fusão nuclear (união de átomos leves e muito estáveis) seja alcançado nas próximas décadas (WILTGEN, 2021; WILTGEN, 2022 B; WILTGEN, 2022 C). O que permite vislumbrar uma forma sustentável de energia para a humanidade, muito abundante, muito eficiente, imune ao clima e que reduz a emissão de CO₂ para a atmosfera.

A fusão nuclear é o processo escolhido pela natureza para converter matéria em energia (partículas rápidas, fótons e muito calor). As condições físicas na Terra para se obter a fusão nuclear em um reator (fusão termonuclear controlada) tornam-se tremendamente desafiadoras para nossa tecnologia atual. Devido a fraca gravidade, densidade e volume do planeta, é necessário compensar isso com a elevação da temperatura da ordem de ~150 milhões °C aumentando o grau de agitação das partículas (WILTGEN, 2022 A).

No decorrer deste artigo, serão apresentadas as condições e as expectativas para fusão termonuclear controlada como a fonte de energia elétrica sustentável para a continuidade do desenvolvimento humano em plenitude e em consonância com o ambiente e a natureza.

2. METODOLOGIA APLICADA

A metodologia aplicada na pesquisa é do tipo exploratória qualitativa baseada em estudo de material bibliográfico científico. De tal forma que a pesquisa permite argumentar o estudo por meio de análises e percepções qualitativas investigando um determinado problema científico apresentando hipóteses baseadas na busca de pesquisa bibliográfica ampla e restrita a longa carreira do autor principal, e também, de outros pesquisadores para facilitar a compreensão e a visão do tema abordado.

3. SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A transformação energética autossuficiente é a esperança para reverter e permitir realizar a redução de CO₂ na atmosfera, diminuindo significativamente as mudanças climáticas, assim como, os constantes impactos ecológicos. Na natureza existe apenas uma fonte de energia que seja, imune as condições climáticas, autossuficiente, com pouca

produção de CO₂ e eficiente. A fonte de energia candidata, que permite atender a todos estes fatores simultaneamente, que é a energia nuclear (ROMANELLO *et al.*, 2022; NAKCENOVI, 2000; HODGSON, 2019). Dentre as duas formas de energia nucleares (fusão e fissão) capazes de atender a estes três fatores simultaneamente ainda assim, a fusão nuclear é muito mais eficiente do que a fissão nuclear, isso sem levar em conta a segurança operacional e a disponibilidade de combustível utilizado.

Na Figura 1 é possível perceber um comparativo entre as energias físicas nucleares e as energias químicas de combustíveis fósseis para produzir o equivalente a 1GW de eletricidade (WILTGEN, 2021).

Figura 01 – Eficiência dos combustíveis nucleares quando comparados com os combustíveis fósseis que são o foco da substituição por eletricidade na transição energética.



Fonte: Próprios Autores.

A reação de fusão nuclear mais simples deve utilizar uma mistura de isótopos do hidrogênio, Deutério e Trítio (D e T), átomos leves e estáveis, diferente dos combustíveis de fissão nuclear, urânio, plutônio, entre outros, cuja massa é muito maior o que os torna instáveis. De fato, um grama de Deutério (D) resulta em $\sim 10^{12}$ J de energia, ou o equivalente a ~ 275 milhões de kcal. Comparado com o Urânio (235 U) que um grama resulta em ~ 20 milhões de kcal (mais de sete vezes menor), e se for comparado a combustíveis fósseis (energia química) um grama resulta em apenas ~ 10 kcal (insignificante). Isso mostra que a eficiência da fusão nuclear para a economia de recursos

naturais do planeta é incomparável com qualquer outra forma de energia (YICAN, W.; SUMER, 2018; WEA, 2000).

4. ENERGIA DE FUSÃO NUCLEAR

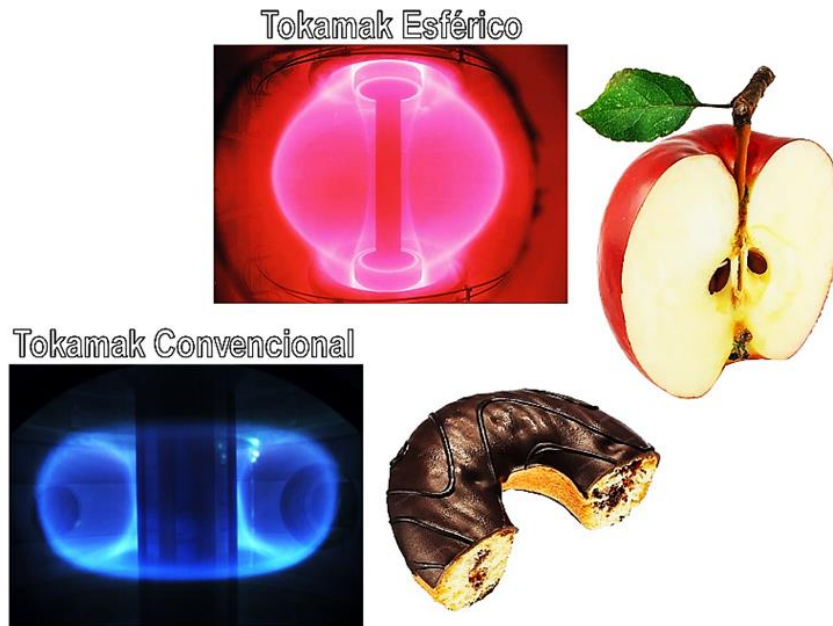
A teoria das Múltiplas Inteligências é amplamente utilizada na educação e em treinamentos corporativos, sempre como uma alternativa para desafiar a visão tradicional de inteligência e oferecendo uma nova perspectiva mais inclusiva e diversa sobre o potencial do ser humano.

A energia de fusão nuclear é obtida da conversão direta de massa em energia, dois pequenos átomos leves se fundem, e a soma de sua massa final resultado da fusão dos núcleos é menor que a soma da massa inicial individual de cada átomo. Esta diferença é a transformação de massa em energia associado a liberação de nêutrons de alta energia, o que confere a fusão nuclear uma enorme eficiência na produção de calor que se transforma em eletricidade como previsto pelo *Prof. Albert Einstein* (WILTGEN, 2021; WILTGEN, 2022 B; WILTGEN, 2022 C).

A máquina mais promissora para obter a fusão termonuclear controlada é o *Tokamak*. O *Tokamak* é uma máquina muito complexa, mas de forma bastante simplificada esta máquina na verdade é uma armadilha magnética intrincada, composta por bobinas de campo eletromagnético que devido a sua geometria principal a toroidal (forma de um anel), necessita da composição dos campos magnéticos (poloidal e toroidal) que permite construir um campo magnético helicoidal que envolve todo o plasma no interior de uma câmara de vácuo evitando o contato do plasma com as paredes da câmara de vácuo que possui o mesmo formato toroidal.

Existem basicamente dois tipos de máquinas *Tokamaks*, os convencionais, cuja geometria é a original do dispositivo que possui o formato de uma rosquinha (*donut*) que com a evolução das pesquisas se mostraram mais difíceis de serem controladas a fim de se tornar um reator. Os *Tokamaks* Esféricos, uma evolução dos *Tokamaks* originais, possui uma geometria do plasma similar à de uma maçã, que devido a este formato são mais promissores a fusão nuclear dado o aumento da área do plasma. Na Figura 02 é possível ver a comparação entre um *Tokamak* Convencional (plasma no formato de rosquinha) e um *Tokamak* Esférico (plasma no formato de uma maçã).

Figura 02 – Formatos de plasmas em *Tokamaks* (Esférico = Maça e Convencional = Rosquinha).



Fonte: Próprios Autores.

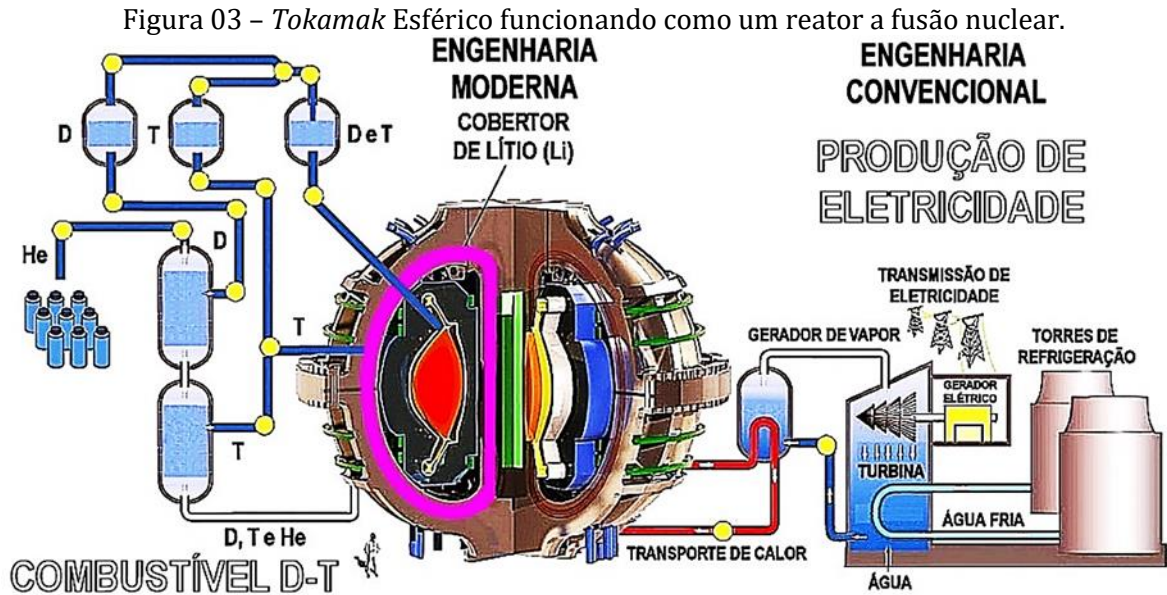
Apesar de existir uma quantidade enorme de máquinas de diversos formatos e abordagens diferentes, as pesquisas em *Tokamaks* são as que estão mais próximas de alcançar um reator a fusão termonuclear controlada comercial. Permitindo que o conhecimento gerado por tantas décadas um dia possa ser transferido para a indústria permitindo a comercializado e produzido para atender as necessidades energéticas humanas no futuro (WILTGEN, 2018).

6. SOLUÇÃO ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL VIA A FUSÃO NUCLEAR

O clima no planeta Terra é tênue e possui um mecanismo muito sensível e extremamente complexo, a menor perturbação pode causar efeitos devastadores, é por isso mesmo que encontrar uma solução para que as ações humanas não tenham tamanho impacto na natureza são tão importantes e de fundamental preocupação da sociedade.

Uma grande vantagem na solução via reatores a fusão nuclear é que a engenharia convencional utilizada desde a década de 40 para os reatores a fissão nuclear podem ser utilizadas para a geração elétrica a partir de um novo reator a fusão nuclear. Na Figura 03 é possível observar um reator do tipo *Tokamak* Esférico (engenharia moderna) funcionando em conjunto com a geração de vapor e elétrica para a produção de

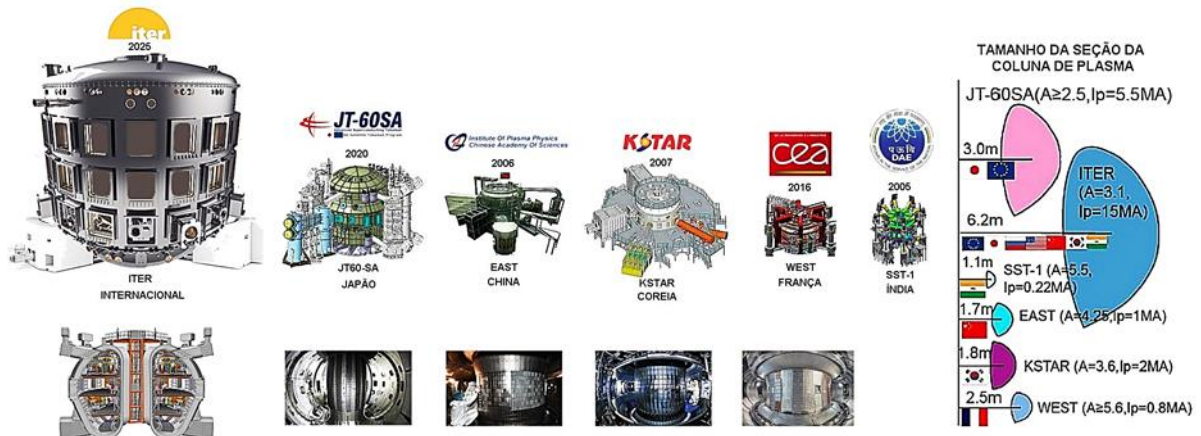
eletricidade (engenharia convencional) (HERMAN, 1990; COSTLEY, 2019; DA SILVA, 2024).



Fonte: Próprios Autores.

Manter as expectativas referente aos novos resultados obtidos das atuais máquinas Tokamaks espalhadas pelo mundo (China (EAST), Coreia do Sul (KSTAR), França (WEST), Índia (SST1) e Japão (JT60-SA)) permite pensar em como tornar a fusão nuclear sustentável, eficiente e sem as limitações impostas a outras fontes de energia susceptíveis o clima e a natureza. Na Figura 04 tem-se diferentes Tokamaks em operação no mundo para ajudar na construção do Tokamak ITER.

Figura 04 – Tokamaks espalhados pelo mundo nas pesquisas para fusão nuclear.



Fonte: Próprios Autores.

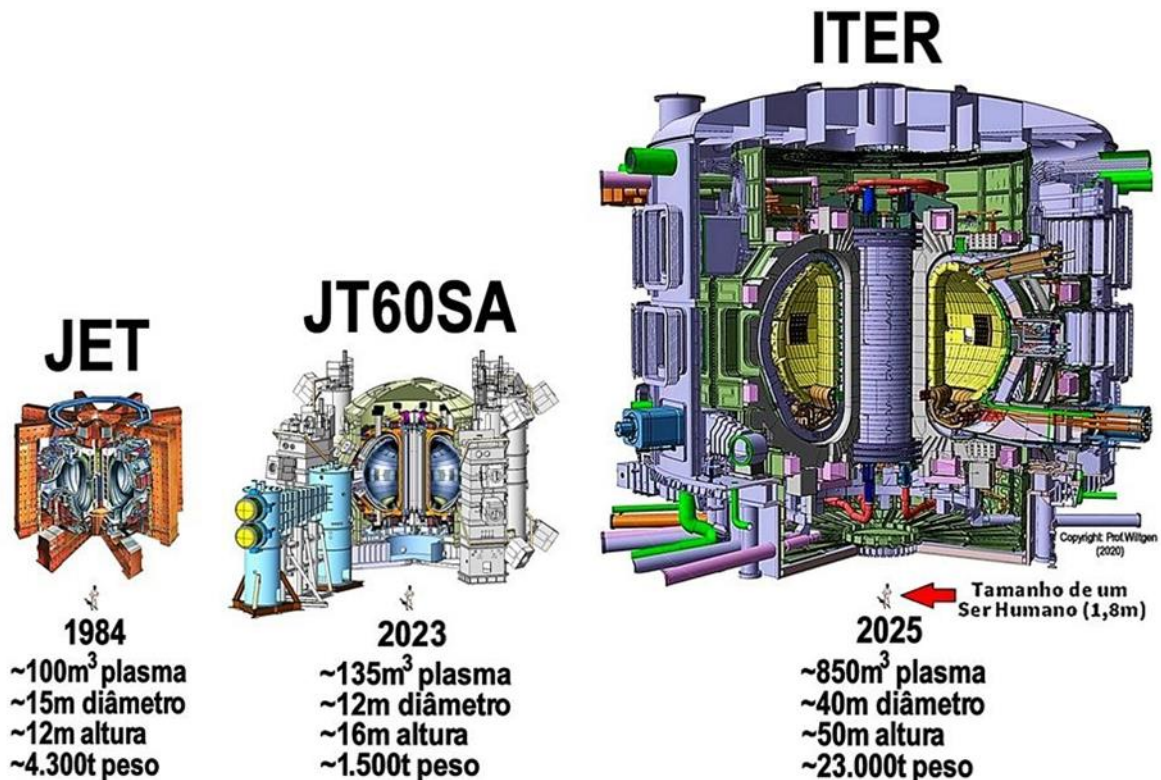
7. DISCUSSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

É fato que a fusão nuclear traz com si muita responsabilidade, sendo a principal de cumprir com diversos anseios da humanidade, energia realmente limpa, amplamente sustentável, definitivamente duradoura, imune ao clima e socialmente acessível (WILTGEN, 2018).

Neste esforço a comunidade científica mundial vem construindo grandes dispositivos do tipo Tokamak, todos com a função de obter a fusão nuclear com o *Tokamak ITER* (*International Thermonuclear Experimental Reactor*).

Na Figura 05 é possível observar os maiores dispositivos do tipo *Tokamak* no mundo, o *JET* (*Joint European Torus*) que foi construído na década de 80, recondicionado, melhorado e modificado em 2010 para operar com a mistura D-T até dezembro de 2023. Resultados do *JET* permitiram o recondicionamento da estrutura do *JT-60* (*Japan Torus-60* de 2018) para o *JT-60SA* (*Advanced Superconductor* em dezembro de 2023) ainda em operação para permitir diferentes configurações técnicas no *ITER*.

Figura 05 – Maiores dispositivos *Tokamaks* no mundo.



Fonte: Próprios Autores.

Conforme pode ser observado na Figura 05 houve um grande aumento no tamanho destas máquinas para a construção do *Tokamak ITER*. O volume de plasma do *ITER* é quase 16 vezes maior do que o volume do plasma do *Tokamak JT-60-SA*. O nível de maturidade tecnológica (*TRL - Technology Readiness Levels*) da fusão nuclear tem evoluído durante muito tempo, o funcionamento do *Tokamak ITER* como reator a fusão nuclear alcançará no nível máximo de *TRL* (WILTGEN, 2024 A).

O aumento do volume do plasma é fator determinante para o sucesso do *Tokamak ITER* como um futuro reator a fusão nuclear. Quanto maior for a área do plasma, maior é a possibilidade de se obter a fusão nuclear. Por isso mesmo, a construção de *Tokamaks* é sempre no sentido de ampliar o volume, e a área da superfície do plasma. Conseqüentemente o tamanho destas máquinas precisa sempre aumentar para possibilitar a fusão nuclear.

Maiores câmaras de vácuo permitem maiores volumes de plasma, por consequência maiores bobinas e campos magnéticos, que leva ao aumento do tamanho das máquinas. Isso só poderá ser melhor determinado e melhorado após a operação do primeiro reator a fusão termonuclear controlada tiver obtido sucesso, ou seja, ter conseguido atingir o ponto crítico de ignição, e se transformar em um reator a fusão nuclear.

Obter a fusão nuclear mudará as condições do desenvolvimento humano, preservação ambiental, redução das mudanças climáticas, convivência pacífica em sociedade todas as metas são aparentemente tangíveis.

Encontrar as condições técnicas que permitam seguir no desenvolvimento dos *Tokamaks* vai possibilitar conduzir as pesquisas para a transferência desta tecnologia para a indústria, e assim, preparar o mundo para a exploração da fusão nuclear sustentável comercial.

É fato que a sociedade humana muito em breve deve estar preparada para desfrutar das mudanças que a fusão nuclear pode obter nos próximos anos. Isso deve mudar as condições de geração elétrica no mundo e levar a sociedade a um futuro diferente. Espera-se que a grande disponibilidade de energia elétrica vinda da fusão nuclear possa ser aproveitada para promover a paz e melhorar a sociedade e o convívio humano.

AGRADECIMENTOS

Aos programas de bolsas de pesquisa em Iniciação Científica (IC) CNPq/CPS/FATEC que permite formar desde cedo estudantes com vocação para ciência e tecnologia. Nesta pesquisa tem-se a participação de um estudante bolsista do Curso Superior em Tecnologia de Processos Metalúrgicos da FATEC de Pindamonhangaba.

REFERÊNCIAS

CHEN, F.F. An Indispensable Truth: how Fusion Power can Save the Planet. **Springer Science and Business Media**, LLC. 2011. 450p.

COSTLEY, A.E. Towards a Compact Spherical Tokamak Fusion Pilot Plant. **Philos. Trans. R. Soc. A**. v.377(2141), p.20170439, 2019.

DA SILVA, M., WILTGEN, F., SALVINO, I. A Importância da Fusão Termonuclear Controlada para a Obtenção da Sustentabilidade Energética. **EIC 2024 – FATEC de Cruzeiro**. 23 de outubro, p.01-11, 2024.

HERMAN, R. Fusion - The Search for Endless Energy. **University Cambridge**, 1990. 280p.

GREENSTONE, M., REGUANT, M., RYAN, N., DOBERMANN, T. Energy and Environment. **IGC International Growth Centre**, London School of Economic. p.01-44, 2019.

HIWATAR, R., GOTO T. Assessment on Tokamak Fusion Power Plant to Contribute to Global Climate Stabilization in the Framework of Paris Agreement. **Plasma and Fusion Research**. v.14, p.01-05, 2019.

HODGSON, P.E. Energy, the Environment and Climate Change. **Imperial College Press**. 2010. 220p.

McCRACKEN, G., STOTT, P. Fusion: The Energy of the Universe. **Academic Press**. 2012. 248p.

NAKCENNOVI, N. Energy and Challenge of Sustainability - Chapter 9 - Energy Scenarios. **World Energy Assessment**. 2000. 506p.

NETA, G., MARTIN, L., COLLEMAN, G. Advancing Environmental Health Sciences Through Implementation Science. **Environmental Health**. p.21-136, 2022.

ROMANELLO, M., DI NAPOLI, C., DRUMMOND, P., all Team, A. The 2022 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Health at the Mercy of Fossil Fuels. **Lancet**. v.400(05), p.1-36, 2022.

WEA. Energy - and the Challenge of Sustainability. **WEA - World Energy Assessment**. United Nations Development Programme, United Nations, World Energy Council. 2000. 506p.

WILTGEN, F. Sistemas Inteligentes para o Controle de Plasma em Máquinas do Tipo Tokamak – Aplicação de Sistemas de Controle com Inteligência Artificial. **Novas Edições Acadêmicas**, 2018. 372p.

WILTGEN, F. Energia Elétrica via Fusão Termonuclear Controlada. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia (RMCT)**. v.38(03), p.97-107, 2021.

WILTGEN, F. Estados Físicos da Matéria. **Livro Ciência e Tecnologia: Temáticas e Fundamentos**, Uniesmero. Cap.9, v.3, p.106-130, 2022 A.

WILTGEN, F. Futuro Reator a Fusão Nuclear do Tipo Tokamak – Máquina de Engenharia Desafiadora. **XI CONEM 2022**. Teresina, 07-11 de agosto. p.01-10, 2022 B.

WILTGEN, F. A Fusão Nuclear via Máquina do Tipo Tokamak – Energia Elétrica para o Futuro do Desenvolvimento Humano. **XIII CBPE 2022 Híbrido Remoto**. p.01-10, 2022 C.

WILTGEN, F. The Pragmatic Dichotomy of Energy in the World. **Revista de Humanidade, Tecnologia e Cultura**. p.01-10, 2022 D.

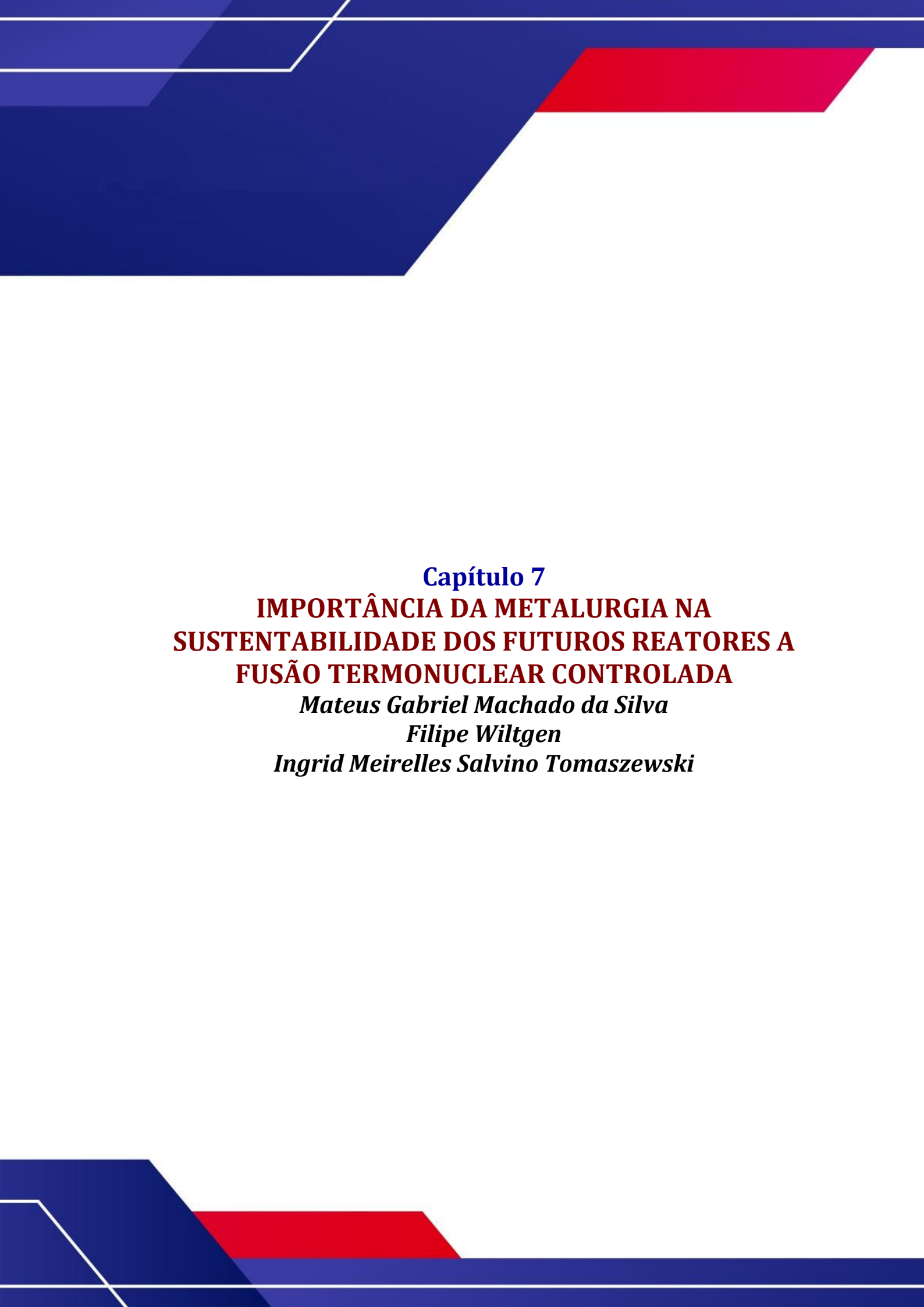
WILTGEN, F. O Efeito Antropogênico e a Relação com a Energia Elétrica. **Revista Administrativa UNIFATEA – RAF**. v.25(01), p.04-28, 2023.

WILTGEN, F. Nível de Maturidade Tecnológica da Fusão Nuclear via Confinamento Magnético do Plasma em Tokamaks. **Livro Engenharia do Futuro - Tendências e Perspectivas**. Uniesmero, Cap.4, v.3, p.01-15, 2024 A.

WILTGEN, F. Caminhos para o Futuro da Energia. **Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia**. v.8(01), p.95-114, 2024 B.

XIAO, X., XIAO, X., LAN, Y., CHE, J. Learning from Nature for Healthcare, Energy, and Environment. **The Innovation**. v.2(100135 - 28), p.01-02, 2021.

YICAN, W.; SUMER, S. Fusion Energy Production. **Elsevier Comprehensive Energy Systems**. v.3, p.539-589, 2018.



Capítulo 7
IMPORTÂNCIA DA METALURGIA NA
SUSTENTABILIDADE DOS FUTUROS REATORES A
FUSÃO TERMONUCLEAR CONTROLADA

Mateus Gabriel Machado da Silva

Filipe Wiltgen

Ingrid Meirelles Salvino Tomaszewski

IMPORTÂNCIA DA METALURGIA NA SUSTENTABILIDADE DOS FUTUROS REATORES A FUSÃO TERMONUCLEAR CONTROLADA

Mateus Gabriel Machado da Silva

<https://orcid.org/0009-0003-4618-030X>

Tecnólogo em Processos Metalúrgicos (2025) pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC de Pindamonhangaba). Estudante de Iniciação Científica pela FATEC em 2023 na área de Engenharia e Processos Metalúrgicos para a Fusão Termonuclear Controlada. Currículo Lattes CNPq (lattes.cnpq.br/5083110567282622).

Prof. Dr. Filipe Wiltgen

<https://orcid.org/0000-0002-2364-5157>

Escritor, Pesquisador, Professor e Engenheiro Eletricista (1994) pela Universidade de Taubaté (UNITAU em Taubaté). Mestre (1998) e Doutor (2003) em Dispositivos e Sistemas Eletrônicos, na área de Fusão Termonuclear Controlada, pelo Instituto de Tecnologia de Aeronáutica (ITA em São José dos Campos). Considerando apenas o tempo mais recente na docência, de 2017 a 2023 como professor no Programa de Mestrado em Engenharia, e Coordenador no Curso Especialização em Energia Solar Fotovoltaica na Universidade de Taubaté. Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia no Estado de São Paulo (IFSP em Campinas) durante 2022 e 2023, nos cursos de técnico em Eletrônica e graduação em Eng. Elétrica. Professor, Coordenador de Curso e Diretor Substituto na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC de Pindamonhangaba), desde 2021. Foi professor nas unidades da FATEC de Cruzeiro e Bauru. Professor nos cursos de Projetos Mecânicos, Manutenção Industrial, Processos Metalúrgicos, Processos Mecânicos

de Soldagem, Gestão da Produção Industrial e Automação Industrial. Atualmente Editor-Chefe da Revista de Pesquisa Aplicada e Tecnologia (REPATEC) da FATEC de Pindamonhangaba. Currículo Lattes CNPq (lattes.cnpq.br/9415670242620093). Base de Documentos ResearchGate (www.researchgate.net/profile/Filipe-Wiltgen). Google Acadêmico (scholar.google.com.br/citations?user=WQM6aIYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao). Currículo FAPESP (bv.fapesp.br/pt/pesquisador/45358/luis-filipe-de-faria-pereira-wiltgen-barbosa). ProfWiltgen@gmail.com ou Filipe.Wiltgen@fatec.sp.gov.br

Profa. Dra. Ingrid Meirelles Salvino Tomaszewski

<https://orcid.org/0009-0004-7656-1928>

Engenheira Metalúrgica pela Universidade Federal Fluminense (2008), Mestre e Doutora em Engenharia Metalúrgica na área de modelamento e simulação de processos e fenômenos pela Universidade Federal Fluminense (2010 e 2015). Professora na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC de Cruzeiro), desde 2015. Currículo Lattes CNPq (lattes.cnpq.br/8214112416896676).

RESUMO

A metalurgia nas últimas décadas tem buscado encontrar alternativas sustentáveis em seus processos metalúrgicos com a finalidade de atender as expectativas futuras de novas máquinas para o setor nuclear energético. O setor energético, é um dos que mais evidencia a importância da metalurgia para a sua sustentabilidade principalmente para as construções dos novos experimentos para obtenção dos modernos reatores nucleares (fissão e fusão). Este artigo, tem objetivo apresentar os possíveis materiais que poderão ajudar a consolidar os resultados para o caminho da fusão nuclear sustentável em máquinas como o Tokamak. A metodologia de pesquisa neste artigo, é baseada no processo de coleta de opiniões de diversos autores sobre o tema, e que podem ter um papel significativo na construção de futuros reatores. Portanto, com o levantamento dos possíveis materiais, será possível verificar o real papel da metalurgia neste setor e sua real importância para as gerações futuras de máquinas aplicadas na produção energética. A influência das pesquisas em metalurgia deve ajudar a alcançar de forma mais consistente as pesquisas que tornaram possíveis as futuras máquinas comerciais de produção de energia elétrica a fusão nuclear. A fusão nuclear parece ter impacto real na sustentabilidade energética e na redução de CO₂, e que possui significância no desenvolvimento futuro da humanidade.

PALAVRAS-CHAVE: Metalurgia, Sustentabilidade, Energia, Fusão Nuclear, Tokamak.

ABSTRACT

Metallurgy in recent decades has sought to find sustainable alternatives in its metallurgical processes in order to meet future expectations for new machines for the

nuclear energy sector. The energy sector is one of those that most highlights the importance of metallurgy for its sustainability, mainly for construction of new experiments to obtain modern nuclear reactors (fission and fusion). This paper aims to present possible materials that could help consolidate results towards sustainable nuclear fusion in machines such as Tokamak. The research methodology in this paper is based on process of collecting opinions from different authors on topic, which can play a significant role in construction of future reactors. Therefore, by surveying possible materials, it will be possible to verify the real role of metallurgy in this sector and its real importance for future generations of machines applied in energy production. The influence of metallurgy research should help to more consistently achieve research that made future commercial nuclear fusion electrical energy production machines possible. Nuclear fusion appears to have a real impact on energy sustainability and CO₂ reduction, and has significance in the future development of humanity.

Keywords: Metallurgy, Sustainability, Energy, Nuclear Fusion, Tokamak.

INTRODUÇÃO

Desde a Idade dos Metais, a metalurgia tornou-se uma das primeiras ações antropogênicas que ainda consome grande parte das reservas naturais do planeta (WILTGEN, 2023 A). A produção de CO₂ dado a utilização de combustíveis fósseis em seus processos, a torna insustentável. Porém, para a humanidade evoluir tecnicamente a metalurgia foi e ainda é necessária o que a tornou indispensável. Durante as revoluções industriais o papel da metalurgia sempre foi importante na fabricação e a utilização do dos metais, tão relevante que se consolidou a era industrial.

Atualmente a metalurgia é responsável por fornecer materiais para os mais diversos setores, seja aprimorando os processos existentes ou a desenvolvendo novos. Isso, ocorre por conta dos diversos processos metalúrgicos, como a fundição, tratamentos térmicos, forjamento, entre tantos outros, possibilitando mudar o mundo com estruturas e máquinas utilizando o metal. A atual preocupação de tornar a metalurgia sustentável faz com que novos processos sejam estudados, entendidos e implementados para mudar de forma significativamente a indústria metalúrgica.

Um dos setores que tem mais correlação com esta evolução, é o setor energético elétrico, dado a necessidade premente das fontes de energias que são dependentes cada vez mais de melhores materiais, permitindo ampliar significativamente a eficiência e sua eficácia no uso industrial energético. Como a utilização das diversas ligas de metais empregadas na fabricação de equipamentos empregados nas fontes de energia.

A utilização incessante de combustíveis fósseis, estão entre os principais motivos das mudanças ambientais globais dado a produção de CO₂. Pesquisadores no mundo todo, buscam por uma forma eficiente de obter a transição energética, tendo o foco a substituição das fontes tradicionais de combustíveis fósseis por fontes de energia sustentáveis e elétricas. Os diversos acordos mundiais como os de Kyoto, Rio e Paris, enfatizam a importância na redução de gases de efeito estufa em nosso planeta devido ao forte impacto no clima, principalmente quanto a necessidade da substituição das fontes de energia intimamente relacionadas a crises climáticas.

Obter fontes de energia renováveis que possam suprir o total energético consumido hoje pela humanidade é sem dúvida um enorme desafio, que demandará um esforço técnico, científico e financeiro, que realmente podem vir a se tornarem absolutamente inviável (WILTGEN, 2022 D e WILTGEN, 2023 B). As fontes não renováveis são parte significativa da matriz energética mundial, basta notar os meios de transportes. Pensando apenas nos futuros carros de passeio elétricos, isso se tornaria um problema enorme, dado que a maioria dos países não tem a capacidade de produzir a quantidade de energia para suprir as cargas elétricas das baterias destes veículos.

Desta forma, pensando a longo prazo o precursor desta mudança importante de rumo se dá pela cooperação entre a metalurgia e a energia nuclear, ambas culminando na fusão nuclear. A fusão nuclear, é a fonte de energia mais sustentável que a humanidade pode obter no futuro. Entretanto, obter esta fonte de energia é um grande desafio, principalmente devido a sua complexidade. Os principais desafios da fusão nuclear estão relacionados ao controle do estado físico do plasma e principalmente em sua contenção eletromagnética e estrutural devido a materiais que consigam resistir a incidência de nêutrons energéticos e todo calor extremo deste tipo de reator que altera a estrutura atômica do material. A metalurgia, é responsável por providenciar as novas ligas e materiais necessários para a construção e desenvolvimento dos reatores existentes e futuros.

Na continuidade deste artigo, tem-se o entrelaçamento e a forte colaboração entre essas duas áreas (Metalurgia e Fusão Nuclear), para que não só se tornem unívocas, mas que também possam possibilitar a humanidade manter seu desenvolvimento sustentável e continuar seu caminho para um futuro energético promissor.

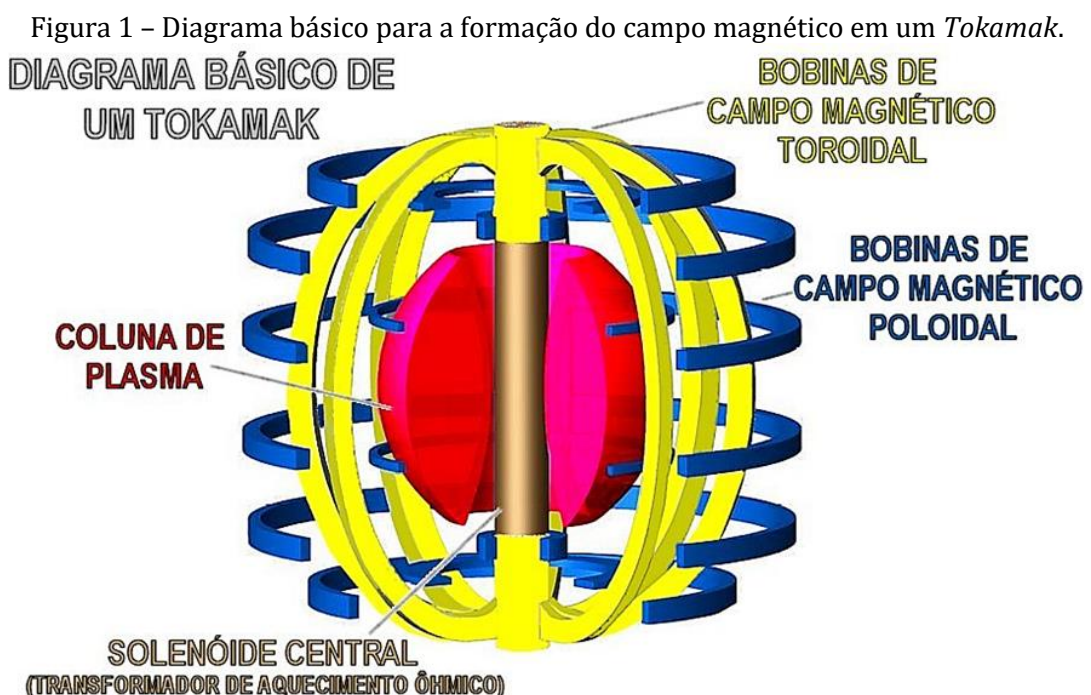
2. METODOLOGIA APLICADA

A metodologia aplicada é do tipo exploratória qualitativa baseada em estudo bibliográfico. De tal forma que a pesquisa permite argumentar o estudo por meio de análises e percepções qualitativas investigando um determinado problema apresentando hipóteses baseadas na busca de pesquisa de diversos autores importantes na área para facilitar a compreensão do tema abordado.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O uso da energia nuclear em artefatos bélicos e os trágicos acidentes por erro humano em usinas, sempre eclipsou o enorme potencial da energia nuclear para o benefício da humanidade do seu desenvolvimento (WILTGEN, 2024 A). Atualmente existem sendo conduzidas no mundo diferentes tipos de máquinas cuja a finalidade é encontrar uma forma de produzir um reator comercial de fusão nuclear factível tecnologicamente e economicamente (WILTGEN, 2021; WILTGEN, 2023 B). Dentre as máquinas mais promissoras tem-se os *Tokamaks*.

Em um *Tokamak* para ocorrer a fusão nuclear é necessário a produção de um campo magnético helicoidal via bobinas magnéticas, como pode ser visto na Figura 1.



Fonte: WILTGEN, 2022 A.

Na Figura 1 é possível perceber a coluna de plasma (cor vermelha) que se forma no interior dessas máquinas, mais precisamente no interior da câmara de vácuo não visível nesta figura. Em um Tokamak existem diversas partes físicas importantes, como a estrutura de suporte, bobinas magnéticas, circuitos elétricos, circuitos pneumáticos, câmara de vácuo e uma infinidade de sistemas de controle, vácuo, diagnósticos entre tantos.

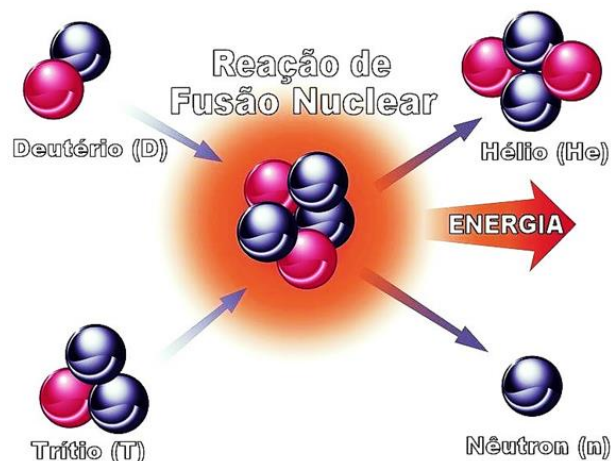
O confinamento magnético do plasma, responsável por conter o plasma em uma “gaiola” é realizado composição de campos magnéticos das diversas bobinas ao redor da máquina, este campo impede que o plasma danifique as demais estruturas internas da máquina em operação (WILTGEN, 2018; WILTGEN, 2022 C; WILTGEN, 2022 D).

A temperatura necessária para se obter o quarto estado físico da matéria para a fusão nuclear, o plasma, está por volta de ~150 milhões de °C (WILTGEN, 2022 C). O plasma para a fusão nuclear faz uso como combustível dois isótopos do Hidrogênio (H), o Deutério (D) e o Trítio (T).

A fusão nuclear, ocorre quando estes dois átomos leves se fundem, para originar um novo átomo cujo o peso é inferior a soma dos dois átomos leves originais, ou seja, transformando parte da sua massa em energia térmica. Na reação típica de fusão nuclear os isótopos de Hidrogênio se transformam em energia térmica, se fundem para formar o átomo de Hélio (He) e libera nêutrons, como pode ser visto na Figura 2 com um exemplo simplificado do processo de fusão nuclear.

Ao conter a fusão nuclear é possível extrair o calor produzido no processo aproveitando-se da energia térmica liberada para obter energia elétrica na forma tradicional via vapor (WILTGEN, 2022 A; WILTGEN, 2022 B; WILTGEN, 2024 B).

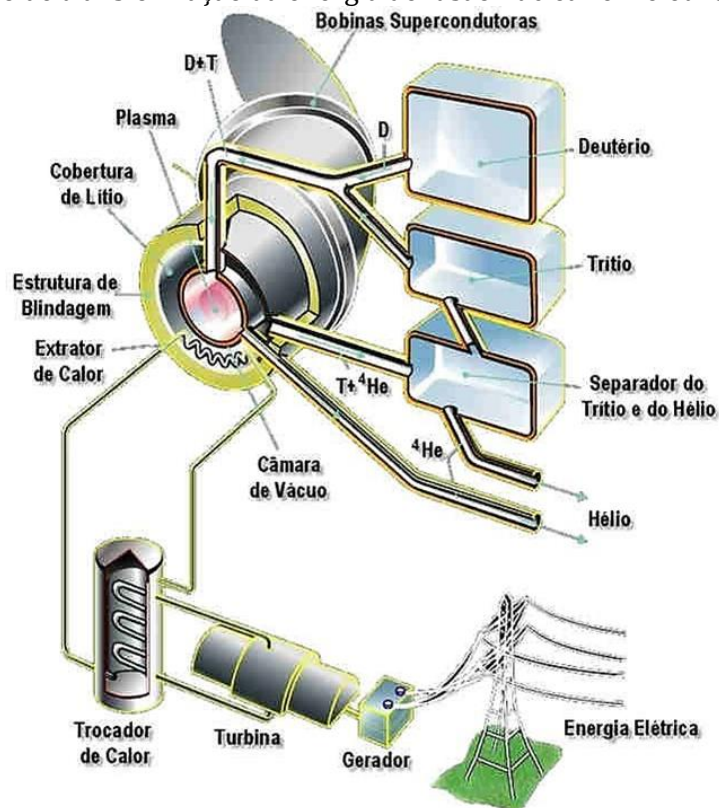
Figura 2 – Fusão nuclear utilizando a mistura de deutério e trítio.



Fonte: WILTGEN, 2022 B.

Todo o calor gerado na fusão nuclear, tem como objetivo em se transformar em energia elétrica. Essa transformação acontece por meios dos mecanismos de trocas de calor, ao qual são conectados à cobertura de Lítio (Li), que tem como finalidade a produção de Trítio reduzindo as impurezas que podem danificar a qualidade do plasma. O calor é transferido para água, que atua como refrigerador de partes estruturais do *Tokamak*. A água se transforma em vapor, assim acionando as turbinas, que conectadas a um gerador elétrico produzem eletricidade. Na Figura 3, nota-se a transformação da energia nuclear em elétrica.

Figura 3 – Processo de transformação da energia de fusão nuclear em elétrica em um *Tokamak*.



Fonte: WILTGEN, 2024 B.

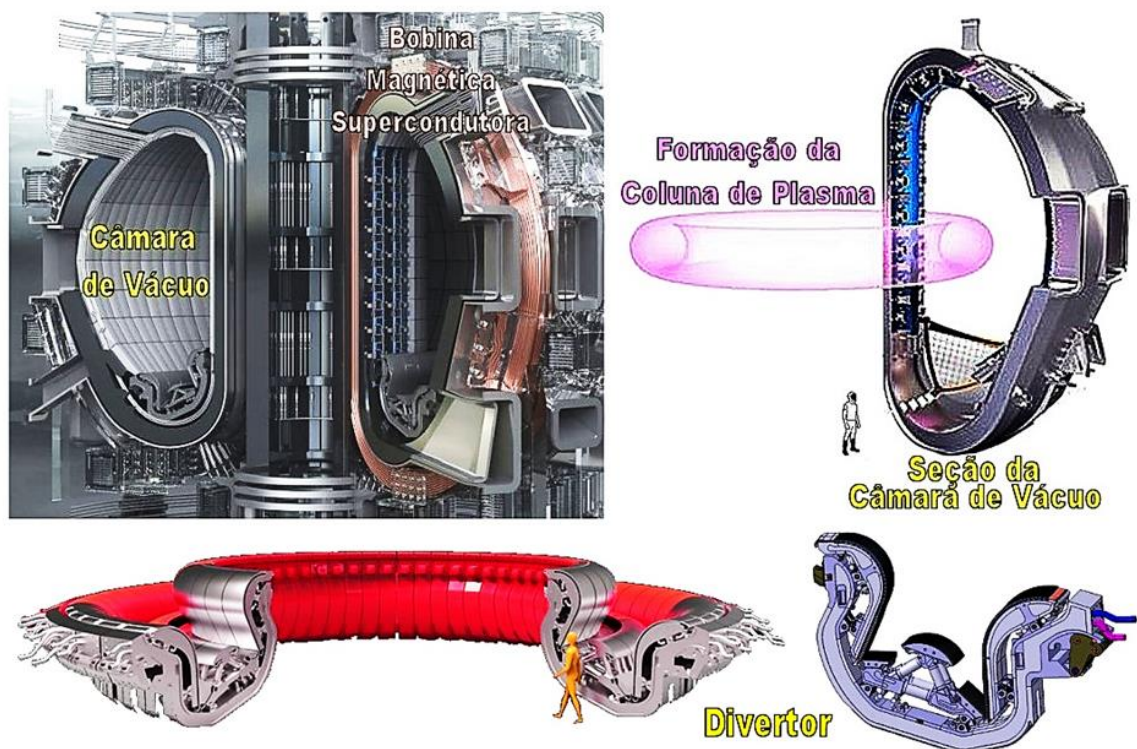
Entretanto, um dos grandes desafios da fusão nuclear está entrelaçada aos materiais voltados para o plasma. Pois, são escassos os materiais que conseguem suportar todo o ambiente extremo de um núcleo de um reator.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Somente a metalurgia consegue ser capaz de desenvolver novos materiais para as aplicações nucleares. Dentre estes o Tungstênio (W) foi considerado o material promissor

para os futuros reatores, novos processos potencializam suas propriedades, através de novas ligas. A sua principal aplicação nos *Tokamaks* é no divertor (complexo dispositivo de escape de material da produção de fusão) e a câmara de vácuo que é responsável por conter o combustível para o plasma na fusão nuclear, no qual sofre as maiores temperaturas e degradações (ALBA *et al.*, 2022; ZHU *et al.*, 2023; DA SILVA *et al.*, 2024). Na Figura 4 podem ser observadas a câmara de vácuo, o divertor e as bobinas supercondutoras que estão sendo construídos para o *Tokamak ITER*.

Figura 4 – Desenho de montagem da câmara de vácuo, bobina e divertor do *Tokamak ITER*.



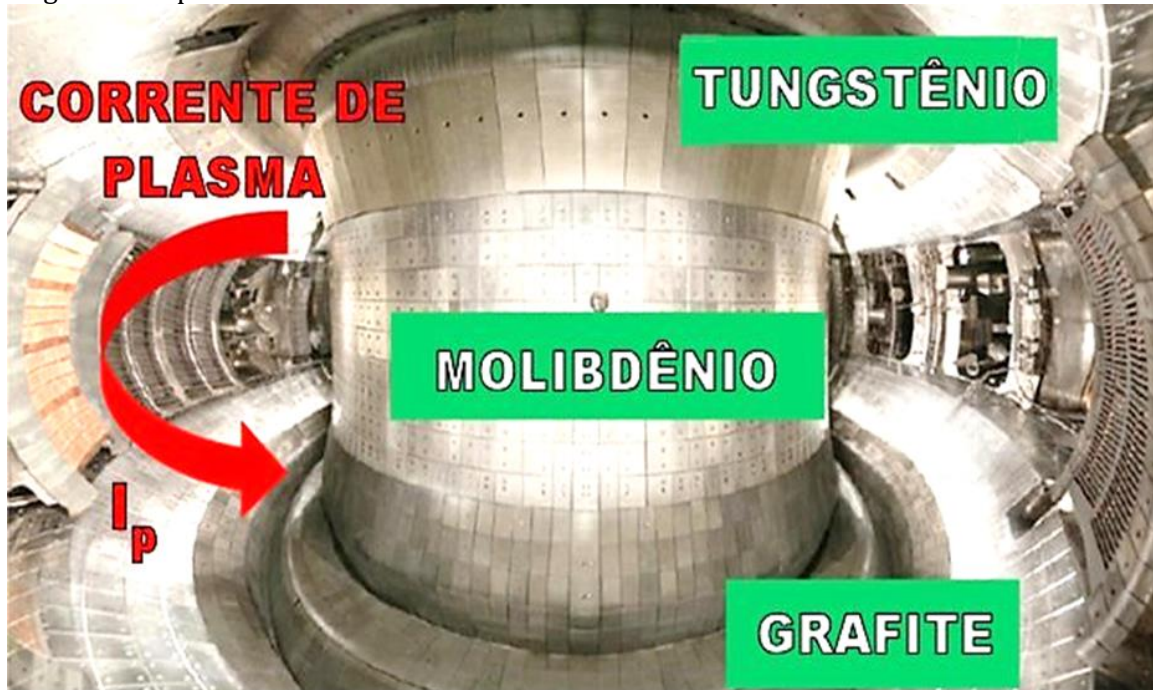
Fonte: Próprios Autores, 2024.

A utilização do Tungstênio permitiu estabelecer novos resultados no caminho para a fusão nuclear mantendo o plasma a altas temperaturas por mais tempo, quando comparado aos materiais anteriores como o carbono. Entretanto, a degradação ainda é muito forte, até mesmo para as ligas de metais mais resistentes. Dito isso, a metalurgia tem um longo percurso, para desenvolver novas ligas provenientes com metais como Molibdênio (Mo) e Tungstênio (W) a fim de conseguir suportar temperaturas mais altas por um longo período de tempo (KHRIPUNOV *et al.*, 2021; ALBA *et al.*, 2022). Além disso, o *Tokamak ITER* (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), depende de ligas especiais de nióbio-estanho e nióbio-titânio para a composição de suas bobinas

supercondutoras (detalhe na Figura 4). Na Figura 5 podem ser observadas aplicações de Molibdênio, Tungstênio e de grafite na câmara de vácuo no *Tokamak EAST* Chinês.

O Berílio (Be) na forma de Óxido de Berílio (BeO), possui uma boa estabilidade a radiação, condutividade térmica e alta densidade, porém devido a produção de Hélio (He) e Trítio (T), sofre com absorção. Como alternativa, percebeu-se que a liga Be12Ti, oferece qualidades interessantes e não sofre com grandes absorções como mostram pesquisas recentes em novas máquinas destinadas a fusão (LI *et al.*, 2021; FRANTS *et al.*, 2022; LIPTAK *et al.*, 2024; LIU *et al.*, 2024).

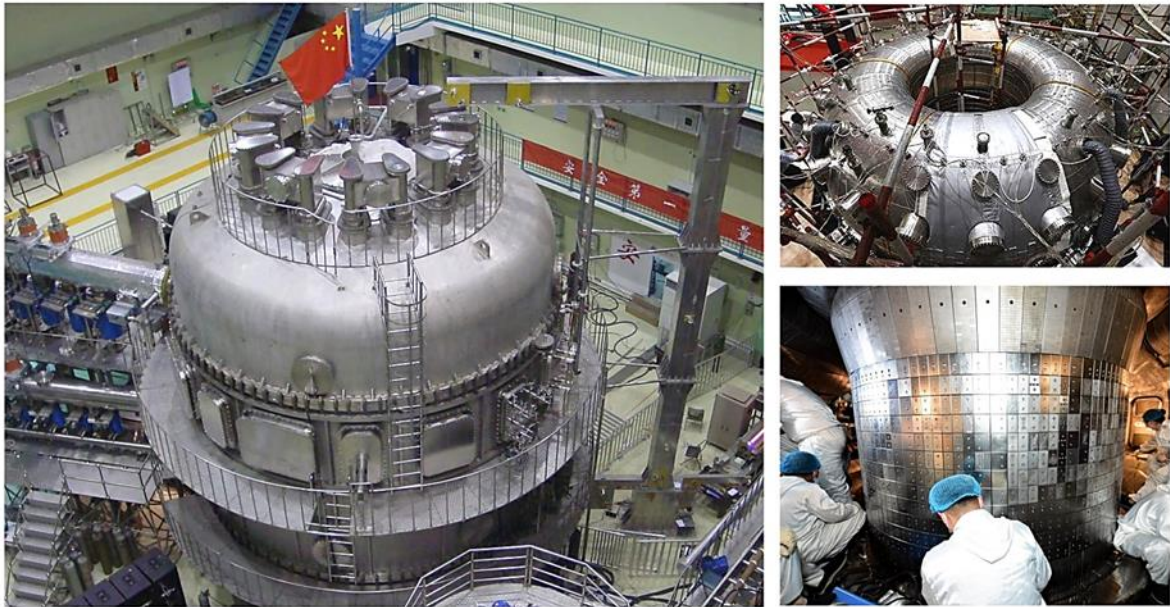
Figura 5 – Tipos de materiais utilizados no interior da câmara de vácuo do *Tokamak EAST*.



Fonte: Adaptado de GAO *et al.*, 2017.

O Vanádio (V), é um material de extrema importância para os futuros dispositivos nucleares. Suas ligas, demonstram seu verdadeiro potencial. A liga V-4Cr-4Ti tem mostrado promissores resultados para os futuros reatores, dado a resistência a altas temperaturas e a degradação por nêutrons, além da compatibilidade com o Lítio (Li), absorção de Hidrogênio (H) (GAO *et al.* 2017). Portanto, podem ser utilizados na manta de absorção auto resfriada com Lítio líquido, conseguindo transferir calor de forma eficiente e produzir o Trítio necessário para a reação de fusão nuclear (CAO *et al.*, 2020; CHERKEZ *et al.*, 2020; JIANG *et al.*, 2021; HAN *et al.*, 2022). Na Figura 6 é possível observar o *Tokamak EAST* montado e sua câmara de vácuo (imagem externa e interna).

Figura 6 – Tokamak EAST e detalhes da câmara de vácuo externa e interna com os técnicos.



Fonte: Próprios Autores, 2024.

Esses são alguns dos materiais promissores para os ambientes nucleares. A pesquisa continuará em andamento, sobre outros possíveis materiais ainda não estudados ou novos materiais que podem vir a ser desenvolvidos. Brevemente, poderá ter um artigo de continuação, focando somente nesses materiais.

6. DISCUSSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Para que a humanidade possa continuar evoluindo de uma forma próspera, sem degradar o meio ambiente e consolidar a energia proveniente da fusão nuclear controlada, a metalurgia terá que prover diferentes materiais. Dentre os diversos desafios para adquirir a energia de fusão, sem dúvida a escolha de novas ligas metálicas, e outros materiais se torna cada vez mais essencial. Obter uma forma de transferência de tecnologia sustentável para a indústria energética é de fato um dos principais desafios para a fusão nuclear. A metalurgia desempenha papel fundamental no desenvolvimento e na construção dos novos reatores a fusão (Li *et al.*, 2021), as pesquisas em novas ligas e processos podem permitir um substancial avanço para um reator a fusão comercial.

O Tokamak ITER será o primeiro reator nuclear por confinamento magnético do mundo, seu funcionamento está previsto para o ano de 2025. Este dispositivo, irá demonstrar os melhores materiais obtidos até o momento para serem empregados nos futuros reatores, além de poder mostrar todo seu potencial energético ao mundo. Seu

sucessor será o *Tokamak DEMO* (Demonstrador de Conceito indústria/pesquisa), tem como objetivo ser a pré-série antes do *Tokamak FPP* (*Fusion Power Plant*) que será comercializado como reator. Contudo, o seu tamanho e volume de plasma, será maior do que o seu antecessor. Alguns dos muitos materiais utilizados no *Tokamak ITER*, terão que ser substituídos. Requerendo novos esforços científicos dos campos das engenharias e da metalurgia para o desenvolvimento de novos componentes com novos materiais.

Olhando, para um futuro próximo com uma perspectiva de sucesso no qual todos os desafios sejam solucionados a contento, a fusão nuclear trará a sociedade uma sustentabilidade significativa nunca presenciada pela humanidade, reduzindo intensamente as emissões de CO₂, e permitindo a independência dos combustíveis fósseis e a severa degradação ambiental (WILTGEN, 2022 B).

A energia nuclear é a linha de frente para um mundo mais sustentável, evitando colapsos climáticos e crises energéticas. As estimativas relativas aos resultados destas novas máquinas dependerão de um forte empenho dos governos e de um apoio mundial em investimentos financeiros jamais visto. Espera-se que os esforços em obter a fusão nuclear na Terra sejam de fato uma forma de melhorar as condições humanas, ambientais e a convivência pacífica em sociedade.

AGRADECIMENTOS

Aos programas de bolsas de pesquisa em Iniciação Científica (IC) CNPq/CPS/FATEC que permite formar desde cedo estudantes com vocação para ciência e tecnologia. Nesta pesquisa tem-se a participação de um estudante bolsista do Curso Superior em Tecnologia de Processos Metalúrgicos da FATEC de Pindamonhangaba.

REFERÊNCIAS

ALBA, R., IGLESIAS, R., CERDEIRA, M. Materials to be used in Future Magnetic Confinement Fusion Reactors: A Review. **Materials**. v.15(19), p.01-40, 2022.

CAO, X., LI, Q., SHI, Y., WU, D., XUE, X. Preparation of V-4Cr-4Ti Alloys from Mixed Oxides via Electro-Deoxidation Process in Molten Salt. **Metals**. v.10, p.01-7, 2020.

CHERKEZ, D.I., SPITSYN, A.V., GOLUBEVA, A.V, CHERNOV, V.M. Deuterium Permeation through the Low-Activated V-4Cr-4Ti Alloy under Plasma Irradiation. **Nucl. Mat. and Energy**. v.23, p.01-7, 2020.

DA SILVA, M., WILTGEN, F., SALVINO, I. A Importância dos Materiais na Fusão Nuclear em Tokamaks. **EIC 2024 – FATEC de Cruzeiro**. 23 de outubro, p.01-14, 2024.

FRANTS, Y., BORSUK, A., VECHKUTOV, A., ZENKOV, K., ZORIN, B., KYLYSHKANOV, M., PODOINIKOV, M., UDARTSEV, S., VLADIMIROV, P., GAISIN, R. Titanium Beryllide as an Alternative to Beryllium in Nuclear and Thermonuclear Engineering, Capabilities of UMP JSC in the Technology Development and Beryllides Products Manufacture. **Journal of Physics: Conference Series**. v. 2155, p.01-6, 2022.

GAO, X., YANG, Y., ZHANG, T., LIU, H., LI, G., MING, T., LIU, X., WANG, Y., ZENG, L., HAN, X., LIU, Y., and EAST TEAM. Key issues for long-pulse high- β N operation with the Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST). **Nuclear Fusion**. v.57, p.01-08, 2017.

HAN, X., NIU, M., YANG, Y., ZHANG, C., MENG, X., LI, Z., WANG, T. Effect of Cold Work Deformation on Irradiation Hardening of Vanadium Alloys. **Nuclear Fusion**. v. 62, p.01-16, 2022.

JIANG, S-N, ZHOU, F-J., ZHANG, G-W., YI, X-O., YU, C-W., WANG, X-J., RAO, W-F. Recent Progress of Vanadium-Based Alloys for Fusion Application. **Tungsten**. v.3, p.382-392, 2021.

KHRIPUNOV, B.I., KOLDAN, V.S., SEMENOV, E.V. Thermonuclear Fusion Reactor Plasma-Facing Materials under Conditions of Iron Irradiation and Plasma Flux. **Symmetry**. v.13(11), p.01-21, 2021.

LI, K. QIAN, L., LI, X., MA, Y. BeO Utilization in Reactors for the Improvement of Extreme Reactor Environments – A Review. **Frontiers in Energy Research**. v.9, p.01-14, 2021.

LIPTAK, A., LAWSON, K.D., HASSAN, M.I. Investigations into Penetration Depth Profiles of Hydrogenic Species in Beryllium Plasma-Facing Components via Molecular Dynamics Simulations. **Plasma Physics and Controlled Fusion**. v.66, p.01-16, 2024.

LIU, P-P., WANG, Q-C., JIA, Y-M., HAN, W-T., YI, X-O., ZHAN, Q. Blistering Behavior of Beryllium and Beryllium Alloy under High-Dose Helium Ion Irradiation. **Materials**. v. 17, p.01-12, 2024.

WILTGEN, F. Sistema Inteligente para o Controle de Plasma em Máquinas do tipo Tokamak – Aplicação de Sistemas de Controle com Inteligência Artificial. **Novas Ed. Acadêmicas**, 2018. 372p.

WILTGEN, F. Fusão Termonuclear Controlada por Confinamento Magnético do Plasma em Máquinas do tipo Tokamak. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia (RMCT)**. v.38(03), p.97-107, 2021.

WILTGEN, F. Eletricidade via Fusão Nuclear. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**. v.14(03). p.335-347, 2022 A.

WILTGEN, F. Futuro Reator a Fusão Nuclear do tipo Tokamak - Máquina de Engenharia Desafiadora. **Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**. Teresina, 07-11 agosto, p.01-10, 2022 B.

WILTGEN, F. Physical States of Matter. **Transformacje (Transformation)**. v.3(114), p.21-42, 2022 C.

WILTGEN, F. The Pragmatic Dichotomy of Energy in the World. **Revista de Humanidade, Tecnologia e Cultura da FATEC de Bauru**. v.11(01), p.470-490, 2022 D.

WILTGEN, F. O Efeito Antropogênico e a Relação com a Energia Elétrica. **Revista Administrativa do Unifatea (RAF)**. v.25(01), p.04-28, 2023 A.

WILTGEN, F. Pragmatic Overview of the World Energy Challenge Long Term Perspectives. **Transformacje (Transformation)**. v.2(117), p.242-257, 2023 B.

WILTGEN, F. Caminhos para o Futuro da Energia. **Revista Humanidades e Tecnologia (H-TEC)**. v.8(01), p.07-276, 2024 A.

WILTGEN, F. Energia Eletronuclear: Fusão Nuclear e Fissão Nuclear. **Revista Ciências Exatas**. v. 30(1), p.01-27, 2024 B.

ZHU, D., GUO, Z., XUAN, C., YU, B., LI, C., GAO, B., DING, R., YAN, R., WANG, Y., ELE, C., YAO, D., and EAST TEAM. In-situ Melting Phenomena on W Plasma-Facing Components for Lower Divertor During Long-Pulse Plasma operations in EAST. **Nuclear Fusion**. v. 63, p.01-41, 2023.



AUTORES

Ana Paula dos Santos Silva

Atua na Educação Básica como professora da Educação Infantil II, Licenciatura em Pedagogia pela Universidade Federal do Agreste de Pernambuco-2025, Licenciatura em Pedagogia pela Universidade Norte do Paraná-2021 e pós-graduada em Psicopedagogia Clínica e Institucional pela FAVENI - 2023. paula.ssilva@ufape.edu.br

Eliane Garcia da Silva

EDUCATIONAL INSTITUTION (ACRONYM): UNESP - São Paulo State University "Júlio de Mesquita Filho". LATTES: <http://lattes.cnpq.br/8248707588489022>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7466-9420>. E-MAIL: eliane.garcia@unesp.br

Eric de Melo Lima

EDUCATIONAL INSTITUTION (ACRONYM): Federal University of Piauí (UFPI). LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0466473309779779>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8755-8063>. E-MAIL: ericmelo92@gmail.com

Filipe Wiltgen

<https://orcid.org/0000-0002-2364-5157>

Escritor, Pesquisador, Professor e Engenheiro Eletricista (1994) pela Universidade de Taubaté (UNITAU em Taubaté). Mestre (1998) e Doutor (2003) em Dispositivos e Sistemas Eletrônicos, na área de Fusão Termonuclear Controlada, pelo Instituto de Tecnologia de Aeronáutica (ITA em São José dos Campos). Considerando apenas o tempo mais recente na docência, de 2017 a 2023 como professor no Programa de Mestrado em Engenharia, e Coordenador no Curso Especialização em Energia Solar Fotovoltaica na Universidade de Taubaté. Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia no Estado de São Paulo (IFSP em Campinas) durante 2022 e 2023, nos cursos de técnico em Eletrônica e graduação em Eng. Elétrica. Professor, Coordenador de Curso e Diretor Substituto na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC de Pindamonhangaba), desde 2021. Foi professor nas unidades da FATEC de Cruzeiro e Bauru. Professor nos cursos de Projetos Mecânicos, Manutenção Industrial, Processos Metalúrgicos, Processos Mecânicos de Soldagem, Gestão da Produção Industrial e Automação Industrial. Atualmente Editor-Chefe da Revista de Pesquisa Aplicada e Tecnologia (REPATEC) da FATEC de Pindamonhangaba. Currículo Lattes CNPq

(lattes.cnpq.br/9415670242620093). Base de Documentos ResearchGate (www.researchgate.net/profile/Filipe-Wiltgen). Google Acadêmico (scholar.google.com.br/citations?user=WQM6aIYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao). Currículo FAPESP (bv.fapesp.br/pt/pesquisador/45358/luis-filipe-de-faria-pereira-wiltgen-barbosa). ProfWiltgen@gmail.com ou Filipe.Wiltgen@fatec.sp.gov.br

Ingrid Meirelles Salvino Tomaszewski

<https://orcid.org/0009-0004-7656-1928>

Engenheira Metalúrgica pela Universidade Federal Fluminense (2008), Mestre e Doutora em Engenharia Metalúrgica na área de modelamento e simulação de processos e fenômenos pela Universidade Federal Fluminense (2010 e 2015). Professora na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC de Cruzeiro), desde 2015. Currículo Lattes CNPq (lattes.cnpq.br/8214112416896676).

João Luis Josino Soares

Mestre em Economia Rural; Docente na Unifatene; E-mail: joaojosinoadm@gmail.com

Joelson Lopes da Paixão

EDUCATIONAL INSTITUTION (ACRONYM): Federal University of Santa Maria (UFSM); LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6907289379766915>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8874-5151>; E-MAIL: joelson.paixao@hotmail.com

Josimar José dos Santos

Mestre em matemática e graduando em estatística bacharelado; Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: josimar.santos@ifrn.edu.br

Marcel Musse Pereira

Christian Business School; Mestre e Doutorando em Ciências da Educação pela Christian Business School-CBS, Paris, France. E-mail: marcelmusse@gmail.com

Maria Aparecida Dos Santos Silva Souza

Formação em pedagogia plena na instituição Uniasselvi - 2025; Pós graduando em psicopedagogia Clínica e Institucional, (em andamento)
dmariaaparecidadossantossilva@gmail.com

Maria do Carmo dos Santos Silva

Atua na Educação Básica como professora dos Anos Finais; Especialista em ensino de Geografia pela Universidade do Estado de Pernambuco - UPE - 2017; Formada em Licenciatura plena em Geografia pela Universidade do Estado de Pernambuco - UPE - 2014; carminha.santos1421@gmail.com

Mateus Gabriel Machado da Silva

<https://orcid.org/0009-0003-4618-030X>

Tecnólogo em Processos Metalúrgicos (2025) pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC de Pindamonhangaba). Estudante de Iniciação Científica pela FATEC em 2023 na área de Engenharia e Processos Metalúrgicos para a Fusão Termonuclear Controlada. Currículo Lattes CNPq (lattes.cnpq.br/5083110567282622).

Poliana dos Santos Silva

Atua na Educação como professora da Educação Infantil II e dos Anos Iniciais em escolas do campo, sendo cursista do programa Escola da Terra – NUPEFEC/Universidade Federal de Pernambuco (2025–2026). Licenciatura em Pedagogia pela Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (2025) e graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Norte do Paraná (2020). É especialista em Ensino de Biologia (2022) e em Psicopedagogia Institucional e Clínica (2021), ambas pela FAVENI. Atualmente, cursa pós-graduação em Alfabetização e Letramento. poliana.ssilva2ufape.edu.br

Regislandio Sousa Do Nascimento

MBA em Controladoria e Finanças; Faculdade Focus. Bacharel em Administração. Unifatene. Bacharel em Ciências Econômicas; Unicv. E-mail: Regislandiosnascimento20@gmail.com

Roberto da Silva

Mestrando em Ensino de Ciências e Educação Matemática - UEPB; ORCID. ID: <https://orcid.org/0009-0009-7162-1684>; silva.roberto@aluno.uepb.edu.br

Rozineide Iraci Pereira da Silva

Christian Business School

Doutora, Docente e Orientadora do Curso de Doutorado em Ciências da Educação da Christian Business School (CBS). E-mail: rozineide.pereira197@gmail.com

Tales Ramos Monteiro dos Santos

EDUCATIONAL INSTITUTION (ACRONYM): Catholic University of Brasília (UCB). LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2372032441637444>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5314-576X>. E-MAIL: professortales@gmail.com

NÚCLEOS DO SABER

INVESTIGAÇÕES EM MOVIMENTO

Núcleos do Saber: Investigações em Movimento reúne pesquisas que nascem da inquietação, do diálogo e do compromisso com a produção de conhecimento crítico e relevante. Os capítulos desta obra transitam por diferentes áreas do saber, revelando a potência das investigações que se constroem no movimento da curiosidade, da reflexão e da transformação.

Cada contribuição é um núcleo pulsante de ideias, métodos e descobertas que, conectados, formam uma rede sólida de saberes em constante evolução. Mais do que um registro acadêmico, este livro é um convite ao pensamento, à colaboração e à ação.

Que estas páginas inspirem novas perguntas, fortaleçam trajetórias e impulsionem o conhecimento como força transformadora da sociedade.

EDITORA
ÓPERA

ISBN 978-658528441-7



9 786585 284417

