

Ciência em Foco

Volume XVII

Rosalina E. Lustosa Zuffo

Alan Mario Zuffo

Bruno Rodrigues de Oliveira

Jorge González Aguilera

Aris Verdecia Peña

Organizadores



Pantanal Editora

2025

Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo
Alan Mario Zuffo
Bruno Rodrigues de Oliveira
Jorge González Aguilera
Aris Verdecia Peña
Organizadores

Ciência em foco
Volume XVII



Pantanal Editora

2025

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

C569

Ciência em foco – Volume XVII / Organização de Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo, Alan Mario Zuffo, Bruno Rodrigues de Oliveira, et al. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2025. 106p. ; il.

Outros organizadores: Jorge González Aguilera, Aris Verdecia Peña.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-66-2

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756662>

1. Inovação tecnológica. 2. Sustentabilidade. I. Zuffo, Rosalina Eufrausino Lustosa (Organizadora). II. Zuffo, Alan Mario (Organizador). III. Oliveira, Bruno Rodrigues de (Organizador). IV. Título.

CDD 608

Índice para catálogo sistemático

I. Inovação tecnológica



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

A Pantanal Editora apresenta mais um volume do o e-book **Ciência em Foco**, uma obra multidisciplinar que reúne pesquisas e reflexões atuais de diversas áreas do conhecimento. Este volume consolida o compromisso com a produção e disseminação de conhecimento científico relevante, estimulando práticas inovadoras, sustentáveis e socialmente transformadoras. A seguir, destacamos os principais assuntos abordados.

Ciências Agrárias e Ambientais. Esta seção foca na sustentabilidade, nos desafios ambientais contemporâneos e nas inovações para o setor agrícola. Uma das pesquisas aborda a Química Ambiental, apresentando reflexões teóricas e metodológicas, seus fundamentos e a necessidade urgente de interdisciplinaridade para enfrentar a crise climática global, apontando caminhos de pesquisa para a pós-graduação que visam soluções tecnológicas e de inovação que promovam políticas públicas e o desenvolvimento de um modo de vida mais sustentável, com foco primordial no cuidado do solo, da água e do ar. Em complemento a essa visão, outros estudos destacam a inovação na produção agrícola através do uso de produtos biológicos no desenvolvimento de cultivares de trigo no Cerrado Sul-matogrossense, bem como a avaliação dos efeitos do estresse hídrico nessa cultura. Há, ainda, pesquisas sobre a combinação de *Bacillus aryabhattai* e adubação organomineral como estratégia para otimizar o desenvolvimento da cultura do milho, reforçando a busca por práticas mais eficientes e menos agressivas ao meio ambiente.

Educação e Ciências Humanas. Os capítulos promovem uma análise crítica sobre o impacto das tecnologias digitais, as políticas públicas educacionais e a saúde mental no ambiente escolar, fomentando debates essenciais para nossa sociedade. Um dos trabalhos é a investigação da Filosofia da Tecnologia na Educação, que examina a produção acadêmica brasileira à luz das perspectivas de Byung-Chul Han e Andrew Feenberg. O estudo compara a visão pessimista de Han, que vê a tecnologia digital como destrutiva e atrelada à psicopolítica neoliberal, com a Teoria Crítica da Tecnologia de Feenberg, que defende o potencial de transformação e controle humano mais democrático desses artefatos no contexto pedagógico. Com um tema complementar, outra pesquisa apresenta uma ação extensionista focada na Nomofobia (o medo de ficar sem o celular) e no uso excessivo de tecnologia entre adolescentes, alertando sobre os prejuízos da dependência digital, para a saúde física e mental, e para o rendimento escolar, gerando reflexões críticas sobre o uso consciente. Por fim, é realizada uma revisão sobre a Universidade Aberta do Brasil (UAB), uma política pública de Educação a Distância (EaD), detalhando os responsáveis e a legislação, e discutindo os avanços e desafios da UAB na democratização do Ensino Superior e na formação contínua de professores.

Saúde Pública e Sociedade. Esta seção traz discussões cruciais sobre temas de saúde pública e cidadania, com foco na juventude, abordando questões de extrema relevância social. Um dos capítulos aborda discussões essenciais sobre sexualidade e o problema do abuso sexual no contexto das crianças e

adolescentes, destacando a proteção legal brasileira para menores de 14 anos, um tema que exige atenção e mobilização social. Outra pesquisa apresenta um relato de extensão sobre a importância da prevenção da gravidez na adolescência e a orientação adequada sobre Infecções Sexualmente Transmissíveis (ISTs), como o HIV, reforçando a necessidade de educação sexual abrangente e responsável nas escolas e comunidades.

A coletânea **Ciência em Foco Volume XVII** é uma obra elementar para quem busca uma visão aprofundada e atualizada dos principais desafios e inovações em pesquisa e desenvolvimento social, servindo como uma leitura relevante para estudantes, professores e pesquisadores que buscam intervir de forma crítica na realidade contemporânea e contribuir para o desenvolvimento sustentável, socialmente justo, fisicamente e psicologicamente saudável.

Os organizadores

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	7
Nomofobia em ambiente escolar: uma ação extensionista sobre o uso excessivo de tecnologia entre adolescentes	7
Capítulo 2	11
As perspectivas de Byung-Chul Han e Andrew Feenberg dentro da produção sobre educação no Brasil	11
Capítulo 3	29
A química nas ciências ambientais: três trilhas de pesquisa para a pós-graduação	29
Capítulo 4	43
<i>Bacillus aryabhattai</i> e biofertilizante AFERT no desenvolvimento de híbrido de milho no Cerrado-Mato-Grossense	43
Capítulo 5	56
A Universidade Aberta do Brasil: uma revisão narrativa	56
Capítulo 6	64
Produtos biológicos no desenvolvimento de cultivares de trigo no Cerrado Sul-mato-grossense	64
Capítulo 7	77
Avaliação do efeito do estresse hídrico em cultivares de trigo em solo do Cerrado-mato-grossense	77
Capítulo 8	94
Sexualidade e abuso sexual	94
Capítulo 9	99
Prevenção da gravidez na adolescência: um relato de extensão com ações educacionais na escola	99
Índice Remissivo	104
Sobre os organizadores	105

Nomofobia em ambiente escolar: uma ação extensionista sobre o uso excessivo de tecnologia entre adolescentes

Recebido em: 29/05/2025

Aceito em: 10/07/2025

 10.46420/9786585756662cap1

Sabriny Vitória 

Laura Ribeiro Silva 

Pamella Kelly Nominato Faria 

Ana Luísa Xavier 

Maria Eduarda Bonaccorsi 

Daiana Pires Ferreira 

Líliá Rosário Ribeiro 

INTRODUÇÃO

A extensão universitária desempenha um papel crucial ao facilitar a comunicação entre a instituição de ensino superior e a comunidade. Por meio dela, saberes científicos são compartilhados, adaptados e ressignificados conforme as demandas sociais. As práticas pedagógicas adotadas neste contexto revelam-se como ferramentas potentes de transformação social, contribuindo de forma significativa para o bem estar do público atendido e para a formação profissional e pessoal dos discentes envolvidos (Ferreira et al., 2024.)

No Brasil, a extensão universitária tem sido direcionada a populações em condição de vulnerabilidade socioeconômica. Essa atuação reforça o papel sociopolítico da universidade que, ao exercer sua função como produtora e disseminadora de conhecimento, contribui para o desenvolvimento de uma ciência voltada para a realidade social. Diante desta perspectiva, destaca-se a importância de estimular a autonomia dos discentes por meio da vivência prática, fortalecendo o elo entre a teoria e prática. O tripé ensino, pesquisa e extensão possibilita, assim, a construção de saberes com pertinência social. (De Moraes et al., 2025.)

Diante da capacidade de gerar e transferir conhecimento técnico, instituição de ensino superior tem a missão de contribuir para o fortalecimento e a transformação das comunidades com as quais se articula. As atividades que promovem a disseminação de saberes, o estímulo à reflexão e a inclusão tecnológica exercem impacto não apenas para o público atendido, mas também na formação integral dos graduandos envolvidos (De Moraes et al., 2025.)

No entanto, ao mesmo tempo em que a tecnologia se mostra como uma aliada da educação, seu uso excessivo tem gerado novos desafios, especialmente entre crianças e adolescentes. Um desses fenômenos é a nomofobia, um transtorno psicológico caracterizado por uma manifestação ansiosa irracional, decorrente da privação do uso de dispositivos móveis e redes sociais. O termo, derivado da

expressão “*No-Mobile Phone Phobia*”, refere-se à ansiedade gerada pela ausência de dispositivos eletrônicos, como celulares, tablets ou computadores. Trata-se de um conceito recente na literatura, mas que tem despertado crescente interesse devido à alta incidência observada na sociedade contemporânea (Pérez Cabrejos et al., 2021).

A dependência extrema da tecnologia, pode ser comparada a comportamentos observados em situações de dependência química, como compulsão, irritabilidade e perda de controle. Embora a origem do problema não esteja na tecnologia em si, a forma como os dispositivos são utilizados pode desencadear quadros de fobia social, com impactos físicos e psicológicos evidentes (King, Nardi, & Cardoso, 2014).

Considerando os efeitos negativos do uso excessivo de dispositivos móveis no ambiente escolar e seus impactos diretos sobre a saúde mental e física de crianças e adolescentes, foi sancionada, no Brasil a Lei nº 15.100/2025. A legislação estabeleceu restrições quanto ao uso de celulares nas instituições de ensino públicas e privadas da educação básica, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao processo educativo e ao desenvolvimento integral dos alunos (Marins, 2025).

Neste contexto, este trabalho objetivou promover uma ação de extensão direcionada a alunos do 9º ano do ensino fundamental, com o propósito de fomentar uma reflexão crítica sobre o uso consciente da tecnologia no cotidiano e alertar sobre a nomofobia e seus prejuízos à saúde física, mental e ao rendimento escolar de adolescentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma palestra educativa com enfoque na temática da Nomofobia, direcionada aos alunos do 9º ano do ensino fundamental de uma instituição da rede pública de ensino de Formiga-MG. A ação foi conduzida por discentes do curso de Biomedicina do Centro Universitário de Formiga – UNIFOR/MG, como parte das atividades propostas pela disciplina de Extensão V. O principal objetivo da intervenção foi promover a conscientização dos adolescentes quanto ao uso excessivo de dispositivos móveis e às implicações da dependência digital para a saúde mental e o convívio social.

A estrutura da palestra contemplou a exposição conceitual sobre a nomofobia, seus principais sintomas e consequências, como ansiedade, depressão, irritabilidade, insônia e isolamento social. Foram ainda discutidos aspectos da legislação vigente relacionada ao uso de celulares em ambiente escolar, bem como apresentadas estratégias para o uso equilibrado da tecnologia. A apresentação foi conduzida com o auxílio de recursos audiovisuais linguagem apropriada à faixa etária dos participantes.

Ao término da palestra, foi realizada uma atividade interativa com os alunos, por meio de perguntas orais referentes ao conteúdo abordado, com o objetivo de reforçar os conhecimentos adquiridos. Os estudantes que responderam corretamente às perguntas foram contemplados com brindes simbólicos como forma de incentivo e reconhecimento pela participação ativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto de extensão foi proposto diante da necessidade de abordar o tema Nomofobia em ambientes escolares em razão dos problemas de adaptação dos alunos à legislação que restringe o uso de celular nas escolas - Lei nº 15.100/2025.

Vale destacar o que Rushkoff (2012) chama de “dependência mediada”, um dos grandes desafios da era digital. De acordo com o autor, o tempo que as pessoas passam conectadas à internet vem aumentando de forma significativa, principalmente por conta do uso excessivo dos celulares. Na sociedade contemporânea é muito comum que grande parte do tempo das pessoas seja dedicada a aplicativos de jogos e redes sociais, o que acaba fazendo com que os usuários estejam em um fluxo constante de informações.

De acordo com Oliveira et al (2017, p. 635), “a dependência patológica do uso do aparelho celular, pode ser comparada ao comportamento de uma pessoa viciada em drogas, causando uma conduta compulsiva e perda de controle”.

A atividade realizada foi amplamente aceita pela instituição de ensino, docentes e discentes, constatando a carência de conhecimentos a respeito dos temas abordados na palestra.

Os projetos de extensão assumem grande importância dentro da comunidade assistida por permitirem a disseminação do conhecimento científico de forma acessível e confiável, contribuindo para a formação crítica dos estudantes dos graduandos e atendendo às demandas da coletividade.

A Extensão Universitária, sob o princípio constitucional da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, é um processo interdisciplinar, educativo, cultural, científico e político que promove a interação transformadora entre Universidade e outros setores da sociedade (Forproex, 2012)

Durante a palestra, foi observado grande interesse por parte dos alunos, que participaram de forma ativa de todas as discussões. Muitos comentaram situações que indicam comportamentos característicos da nomofobia, como a ansiedade de ficar sem o celular, insônia devido ao uso excessivo do aparelho e a necessidade constante de checar mensagens. Este comportamento diz respeito à condição psicológica do medo de ficar sem o celular ou deixar de utilizar o aparelho pela desconexão como a internet ou descarga da bateria. É o temor ou a ansiedade de não estar conectado (Albuquerque, 2023).

A interação entre os estudantes evidenciou o quanto o tema é atual e relevante, principalmente entre adolescentes. A atividade acrescentou grande aprendizado à formação acadêmica dos extensionistas, possibilitando oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos na graduação, além de estimular o desenvolvimento da comunicação, empatia e compromisso com a comunidade (Ferreira et al., 2024).

Foi abordada na discussão com os alunos a necessidade de desenvolver temas voltados à saúde mental e ao uso de tecnologias em meio escolar, tendo em vista a influência que esses fatores exercem no rendimento e bem-estar dos alunos. O resultado da atividade evidencia a eficiência das ações extensionistas como um meio de inclusão entre universidades e a sociedade, levando conhecimento, prevenção e mudanças sociais (Ferreira, 2024).

A extensão universitária contribuiu para a formação e capacitação dos graduandos do curso de Biomedicina, neste contexto específico. A exploração do tema possibilitou não apenas um aprofundamento teórico e prático sobre as consequências do uso excessivo de dispositivos celulares mas também permitiu uma compreensão mais ampla sobre as condições socioeconômicas, culturais e educacionais da comunidade escolar envolvidas. Fortalecendo a formação crítica e ética, a vivência extensionista promoveu a promoção da dignidade humana e a responsabilidade social do futuro profissional da saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, R. N., De França, T. A., & Camargo, H. D. (2023). Prevalência da nomofobia entre acadêmicos de enfermagem. *HU Revista*, 49(1), 1–8. <https://doi.org/10.34019/1982-8047.2023.v49.40803>.
- Ferreira, I. D. C., Ribeiro, L. R., Lara, B. C. da S., Souza, A. L. V. de, & Silva, S. S. (2024). Biomedicina na escola: Trabalhando a tipagem sanguínea por meio da extensão universitária. In N. Corrent & J. G. Serconhuk (Eds.), *Applied social sciences: Challenges and perspectives for contemporary society* (pp. 41–45). Atena.
- Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras (FORPROEX). (2012). *Política Nacional de Extensão Universitária*. Brasília: FORPROEX.
- King, A. L. S., Nardi, A. E., & Cardoso, A. (Eds.). (2014). *Nomofobia – Dependência do computador, internet, redes sociais? Dependência do telefone celular?* (1ª ed.). Artmed.
- Marins, L. G. (2025, março 12). Nomofobia: Como o medo de ficar sem celular afeta a saúde mental? Drauzio Varella. <https://drauziovarella.uol.com.br/saude-mental/nomofobia-como-o-medo-de-ficar-sem-celular-afeta-a-saude-mental/>
- Morais, J. G. S. P., & Coutinho, D. J. G. (2025). A importância da extensão universitária por meio de projetos em ciências sociais aplicadas: Uma revisão de literatura. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 11(4), 1768–1777. <https://doi.org/10.51891/rease.v11i4.2025>
- Oliveira, T. S., Lima, A. C., Martins, P. R., & Duarte, F. A. (2017). Cadê meu celular? Uma análise da nomofobia no ambiente organizacional. *Revista de Administração de Empresas*, 57(6), 634–635. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020170610>
- Pérez Cabrejos, R. G., López Yarlequé, M. J., & Torres Villar, J. A. (2021). Consecuencias de la nomofobia en adolescentes: Una revisión sistemática. *Conrado*, 17(81), 203–210.
- Rushkoff, D. (2012). *As 10 questões essenciais da era digital*. Saraiva.

As perspectivas de Byung-Chul Han e Andrew Feenberg dentro da produção sobre educação no Brasil

Recebido em: 10/07/2025

Aceito em: 07/08/2025

 10.46420/9786585756662cap2

Fernanda de Carvalho Nenartavis 

Fabírcia Vellasquez Paiva 

Raquel Marques Villardi 

INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano, transformando diferentes contextos de nossas vidas. Por isso, torna-se essencial entender mais sobre esses artefatos, desde a forma como são concebidos até a forma como são utilizados. Uma das esferas que vem sendo muito impactada por esses recursos é a educação, campo em que se torna ainda mais pertinente levantar discussões sobre o tema. Buscando contribuir para esse debate, este trabalho aborda a influência de dois importantes autores da filosofia da tecnologia nos estudos sobre a educação brasileiros: Andrew Feenberg e Byung-Chul Han¹.

Antes de discutir sobre alguns dos pontos principais da obra dos autores, traremos uma breve introdução sobre suas trajetórias. Segundo Felizardo (2019), Byung-Chul Han nasceu em Seul no ano de 1959. Antes de ingressar no curso de filosofia, estudou metalurgia na Coreia do Sul. Em seguida, foi para a Alemanha estudar literatura, mas optou por fazer transferência para o curso de filosofia. Atualmente, é um influente filósofo que discute a sociedade contemporânea (Felizardo, 2019). Andrew Feenberg também atua na área da filosofia, mais especificamente, no campo da filosofia da tecnologia. Na década de 1980, teve participação no desenvolvimento do primeiro programa de educação online (Feenberg, 2009). Na atualidade, atua como pesquisador na School of Communication da Simon Fraser University (SFU, [20--]).

Nesta introdução, abordaremos algumas das principais características do trabalho dos autores, pensando em destacar aproximações e distanciamentos entre as suas perspectivas, em especial no que se refere às tecnologias na atualidade. Essa comparação foi construída com base em alguns dos trabalhos

¹ Esta pesquisa foi elaborada a partir das discussões levantadas na disciplina “Tópicos Especiais - Byung-Chul Han: Infocracia e Sociedade do Cansaço” ministrada pela Professora Dra. Eloiza da Silva Gomes de Oliveira no ano de 2023 no Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Formação Humana (PPFH/UERJ).

dos autores e no texto de Buongiorno (2022), que considera que eles representam “[...] dois polos da filosofia crítica da tecnologia contemporânea” (Buongiorno, 2022, p. 181, tradução livre).

O posicionamento de Feenberg (2010) em relação às tecnologias — chamado de teoria crítica da tecnologia — pode ser compreendido a partir do contraste com outras três perspectivas: o instrumentalismo, o determinismo e o substantivismo. O autor organiza essas diferentes visões das tecnologias a partir de duas possibilidades: (1) se elas consideram as tecnologias neutras ou carregadas de valores e (2) se elas consideram as tecnologias como autônomas ou humanamente controladas (Feenberg, 2010).

O posicionamento da teoria crítica da tecnologia é de que esses artefatos são carregados de valores e humanamente controlados. Por isso, Feenberg (2010) rejeita as perspectivas que defendem a ideia de autonomia e/ou neutralidade da tecnologia. Assim, esse posicionamento é diferente do determinismo — que vê a tecnologia como neutra e autônoma —, do instrumentalismo — que considera que esses artefatos são neutros e humanamente controlados — e do substantivismo — que entende esses recursos como autônomos e carregados de valores (Feenberg, 2010).

A ideia de neutralidade, rejeitada pela visão do autor, entende que a tecnologia pode atender a qualquer projeto, “bom” ou “mau”, pois se trata apenas de um instrumento que pode ser utilizado para qualquer finalidade (Dagnino & Fraga, 2010). A ideia de autonomia, também criticada, não pretende indicar que a tecnologia faz a si mesma, pois “[...] os seres humanos sempre estarão envolvidos. Mas a questão é: eles teriam, de fato, a liberdade para decidir como a tecnologia será desenvolvida?” (Feenberg, 2010, p. 58).

A crítica de Feenberg à ideia de neutralidade está pautada na compreensão de que a construção dos artefatos tecnológicos se vincula ao contexto em que eles estão inseridos, e que, por isso, eles carregam valores específicos daquele meio (Feenberg, 2010). Uma metáfora de Dagnino (2014) sobre o tema ilustra bem a ideia:

Metaforizando a partir dos desenhos animados, a ciência seria uma espada. Se Peter Pan conseguir pegar do chão a espada do Capitão Gancho, poderá matá-lo, pois a espada (como seria a ciência) é neutra: serve aos interesses de quem a estiver manejando. Levando essa imagem à frente, eu diria que a ciência é muito mais parecida com uma vassoura de bruxa. A vassoura de bruxa só voa com ‘sua’ bruxa. Se alguém que não ela tentar montar na vassoura, esta derruba o desavisado que pensou que ela era ‘neutra’ (Dagnino, 2014, p. 28).

Já a crítica à ideia de autonomia se relaciona com a perspectiva de que os humanos podem atuar para mudar o rumo da tecnologia. Assim, o autor rejeita a noção compartilhada pelos deterministas e pelos substantivistas de que a tecnologia tem sua própria lógica de desenvolvimento, pois, para Feenberg (2009), é possível transformá-la a partir da ação humana. Ou seja, Feenberg (2010), por entender que os artefatos tecnológicos carregam valores socialmente específicos, entende as críticas direcionadas às tecnologias, como as preocupações levantadas pelos substantivistas com os valores capitalistas carregados

por esses artefatos (Dagnino & Fraga, 2010). Entretanto, por compreender que a ação humana pode mudar o rumo do desenvolvimento tecnológico, entende que elas podem ser transformadas a partir de um controle mais democrático do seu processo de desenvolvimento, permitindo, com isso, que valores alternativos (e não os dominantes) possam guiar a construção dessas ferramentas (Feenberg, 2010).

Han, por outro lado, não compartilha dessa perspectiva de transformação presente em Feenberg (2010). Inclusive entendemos, nesta pesquisa, que a visão do autor pode ser alinhada à dos substantivistas, que levantam preocupações com a tecnologia por conta dos valores que estão contidos nesses artefatos.

Para entender esse posicionamento de Han (2018a), podemos começar com a forma como ele concebe as mídias sociais. Para discutir esse tema, ele usa o conceito de panóptico. Segundo ele, as mídias sociais atuam como panópticos digitais que exploram o social e substituem o controle panóptico disciplinar com uma atuação ainda mais eficiente. Ou seja, ele indica que houve uma transição da sociedade disciplinar — descrita por Foucault — para uma outra, onde acreditamos que somos projetos livres. Entretanto, para ele, essa é uma falsa ideia de liberdade, pois, na verdade, nos submetemos a coações internas agora, numa lógica baseada na otimização e no desempenho (Han, 2018a). Por isso, ele nomeia essa sociedade de sociedade do desempenho (Han, 2015).

Assim, Han (2015) aponta que os sujeitos não são mais da obediência, mas do desempenho, agindo como empresários de si mesmos. Diferentemente da sociedade disciplinar, que era pautada pela negatividade, com proibição e coerção, a sociedade do desempenho se apoia na positividade, com projeto e motivação. Assim, o sujeito dentro dessa nova configuração está submetido a uma liberdade coercitiva, que o direciona para a maximização do desempenho. Para Han (2018a), isso acontece por meio de uma auto exploração, o que faz com que os explorados não possam resistir ao sistema se solidarizando e se erguendo contra o explorador.

E qual seria o papel das tecnologias digitais nesse novo contexto? O panóptico digital, que é um elemento que constitui essa nova configuração, se distingue do panóptico benthaminiano por alguns motivos, como o fato de os internos não se encontrarem em isolamento, mas em comunicação intensiva; a questão da exposição no panóptico digital ser feita por vontade própria; a falta de um controle situado em um centro, que foi substituído por um controle aperspectivista, com a possibilidade de uma vigilância por todos os ângulos; e a ideia de que o panóptico digital não se restringe ao corpo, mas permite o controle até da psique (Han, 2018a). Ainda nessa ideia de transição de um modelo por outro, Han (2018a) fala da mudança de uma biopolítica para uma psicopolítica digital:

Hoje, caminhamos para a era da psicopolítica digital, que avança da vigilância passiva ao controle ativo, empurrando-nos, assim, para uma nova crise da liberdade: até a vontade própria é atingida. Os *big data* são um instrumento psicopolítico muito eficiente, que permite alcançar um conhecimento abrangente sobre as dinâmicas da comunicação social. Trata-se de um *conhecimento de dominação* que permite intervir na psique e que pode influenciá-la em um nível pré-reflexivo (Han, 2018a, p. 23, grifo do autor).

Dessa maneira, esses conceitos podem ajudar a compreender a forma como Han (2018b) entende a “era do digital”. Para ele, essa não seria uma era do ócio, pois a exigência neoliberal por cada vez mais desempenho transforma o tempo todo em tempo de trabalho. Além disso, por conta da mobilidade de alguns aparatos digitais, algumas profissões podem trabalhar de qualquer lugar, o que permite que qualquer lugar também vire lugar de trabalho. Portanto, para Han (2018b), as características dos artefatos digitais que estariam associadas à ideia de liberdade estão, na verdade, vinculadas a uma coação de trabalhar em todo lugar o tempo todo.

Além disso, é importante mencionar como o autor entende a relação entre as tecnologias digitais e a democracia. Han (2023, documento online) entende que esse contexto impacta os processos democráticos, que, atualmente, transformam-se em uma infocracia. Para ele, como a informação é compartilhada apenas em espaços privados, a web não cria uma esfera pública. Assim, para o autor, uma das razões para a crise da democracia é a digitalização (Han, 2023).

A partir do exposto, já é possível perceber algumas semelhanças e diferenças na forma como eles entendem as tecnologias digitais na atualidade. Entretanto, a obra dos dois autores já foi comparada de forma mais sistemática no trabalho de Buongiorno (2022). Assim, apresentaremos a seguir alguns dos principais pontos levantados pela autora.

Segundo ela, a diferença entre esses dois polos da filosofia crítica da tecnologia pode ser resumida em três tópicos. Primeiro, há uma diferença na avaliação da modernidade e do pensamento de Heidegger e Foucault. Em segundo lugar, Feenberg adota uma visão antiessencialista em relação à tecnologia, enquanto Han adota uma visão essencialista. Por fim, eles possuem duas perspectivas distintas sobre a internet e as tecnologias de informação de forma geral (Buongiorno, 2022).

Feenberg, por mais que concorde com a ideia de que os artefatos tecnológicos não são neutros, adota uma postura crítica em relação à filosofia da tecnologia de Heidegger por discordar da ideia de que as tecnologias são essencialmente destrutivas. Enquanto isso, Han adota essa perspectiva e a utiliza de forma positiva. Além disso, Han defende a impossibilidade de utilização das categorias foucaultianas na atualidade, enquanto Feenberg fundamenta seu antiessencialismo na abordagem de Foucault, entendendo que as instituições e os artefatos possuem um papel funcional na sociedade e não são determinados por uma essência intrínseca (Buongiorno, 2022).

A segunda diferença entre os autores seria em relação à existência de uma essência da tecnologia. Ambos concordam que os artefatos tecnológicos carregam os valores do contexto em que estão inseridos. Entretanto, Han acredita que a tecnologia dentro da sociedade do desempenho pode ser reduzida à eficiência — numa postura essencialista —, enquanto Feenberg entende que a tecnologia é mais complexa e não pode ser reduzida dessa maneira — numa postura antiessencialista. Essa postura faz com que Han não veja espaço para mudança dentro da forma como as tecnologias digitais são projetadas, ao passo que Feenberg entende que a ação humana pode mudar a estrutura da racionalidade tecnológica (Buongiorno, 2022).

Por fim, o terceiro ponto abordado pela autora diz respeito ao posicionamento dos autores em relação à internet. Enquanto Feenberg acredita que ela pode contribuir para o processo democrático, Han defende o oposto:

A condenação de Han é categórica: a tecnologia digital destrói todo espírito, ação, pensamento e verdade. No seu lugar, nós ganhamos operações, cálculos e informação. Os cidadãos não são mais cidadãos; eles são meros consumidores (Buongiorno, 2022, p. 194, tradução livre)².

Ao contrário do que Han sugere, [com base nas considerações de Feenberg] a internet e a comunicação digital não só não ‘destroem’ espaço democráticos, mas podem até contribuir para que eles sejam expandidos” (Buongiorno, 2022, p. 194, tradução livre)³.

Dessa maneira, Buongiorno (2022) considera a visão de Han como pessimista, pois ele entende que o neoliberalismo já teve vitória dentro da configuração desses artefatos. Já Feenberg pode ser considerado mais otimista, pois entende que a internet é construída a partir de interesses concorrentes, sem que nenhum modelo tenha triunfado ainda (Buongiorno, 2022).

Em resumo, para a autora, Feenberg, em sua perspectiva antiessencialista, não avalia a tecnologia como essencialmente má nem boa, enquanto Han entende a tecnologia atual como essencialmente destrutiva por sua atuação na psicopolítica neoliberal. Assim, Buongiorno (2022) se posiciona ao lado de Feenberg, entendendo que ele “[...] representa uma análise mais sólida e detalhada do fenômeno da tecnologia do ponto de vista de seus limites tanto quanto de seu potencial [...]” (Buongiorno, 2022, p. 196, tradução livre)⁴.

A partir dessa comparação da perspectiva dos dois autores, surge a questão: como a literatura acadêmica recente sobre educação tem abordado a visão dos autores no Brasil? Sendo assim, o objetivo deste trabalho é verificar quais são as discussões levantadas com base em Han e Feenberg na literatura brasileira sobre educação nos últimos dez anos. Essa investigação pode colaborar com a construção do referencial teórico de pesquisas na área, fornecendo um panorama da produção brasileira que aborda essas duas perspectivas da filosofia da tecnologia aplicadas no contexto educacional.

MATERIAL E MÉTODOS

Para identificar discussões sobre educação apoiadas na visão dos autores, foi realizada uma pesquisa baseada na abordagem da revisão integrativa. Esse tipo de revisão envolve um processo sistemático de busca e seleção de trabalhos ao mesmo tempo em que permite a inclusão de textos com diferentes delineamentos, o que propicia uma análise ampla e rigorosa do fenômeno em questão (Toronto, 2020).

² No original: “Han’s condemnation is categorical: digital technology destroys all spirit, action, thought, and truth. In their place, we get operations, calculations, and information. Citizens are no longer such; they are merely consumers” (Buongiorno, 2022, p. 194).

³ No original: “Contrary to what Han suggests, the Internet and digital communication not only do not ‘destroy’ democratic spaces, but can even contribute to expanding them” (Buongiorno, 2022, p. 194).

⁴ No original: “[...] represents a more solid and detailed analysis of the phenomenon of technology from the point of view of its limits as much as of its potentials [...]” (Buongiorno, 2022, p. 196).

Na literatura, é possível encontrar mais de um modelo de passo a passo para a utilização da revisão integrativa. Nesta pesquisa, optamos por adotar o modelo apresentado por Toronto (2020), que recomenda a adoção de seis passos: (1) formulação da questão norteadora; (2) busca e seleção na literatura; (3) avaliação crítica; (4) síntese e análise; (5) discussão e conclusão; e (6) divulgação dos achados. Cada um desses passos está descrito a seguir, sendo que o sexto trata da própria divulgação do material encontrado na forma de um artigo.

Buscando responder à questão levantada no final da introdução, realizamos uma busca e seleção sistemáticas de literatura sobre o tema. Isso foi realizado a partir de duas buscas no Portal de Periódicos da CAPES. As informações sobre elas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Buscas realizadas na plataforma Periódicos CAPES. Fonte: tabela elaborada pelas autoras.

Termos	Filtro	Data
(Qualquer campo) (Contém) Andrew Feenberg (E) (Qualquer Campo) (Contém) Educação	Acesso aberto: sim; Tipo de recurso: artigo; Ano de criação: 2018-2025; Produção nacional: sim;	26/01/2025
(Qualquer campo) (Contém) Byung-Chul Han (E) (Qualquer Campo) (Contém) Educação	Revisado por pares: sim; Idioma: português.	

A busca inicialmente foi definida para o intervalo de 2015-2025, com a intenção de contemplar os últimos dez anos de pesquisa sobre o tema. Entretanto, como não existiam materiais que atendessem aos pré-requisitos estabelecidos pelos filtros antes de 2018, o sistema automaticamente modificou o campo para 2018-2025.

Os trabalhos que retornaram a partir da busca realizada foram submetidos a um processo de triagem. Primeiro, todos os trabalhos encontrados foram organizados em uma planilha com suas principais informações — título, nome dos autores, ano de publicação e link de acesso. Em seguida, verificamos se existiam trabalhos duplicados ou indisponíveis. A próxima etapa da triagem foi a partir da leitura dos títulos e resumos. Com isso, buscamos excluir trabalhos que não estivessem alinhados com a questão que norteia esta pesquisa. Ou seja, trabalhos que não abordavam a perspectiva de Feenberg e/ou Han para falar sobre temáticas relacionadas à educação foram excluídos. Por fim, o mesmo procedimento foi realizado a partir da leitura completa dos trabalhos. O número de trabalhos excluídos em cada etapa pode ser observado na Tabela 2. Ao final do processo, uma outra planilha foi criada apenas com os trabalhos que passaram por todo o processo de triagem.

Tabela 2. Processo de busca e seleção dos trabalhos. Fonte: tabela elaborada pelas autoras.

Etapa	Trabalhos incluídos	Remoção
Busca	Total de trabalhos encontrados na busca: 17	
	Total por busca:	
	Feenberg: 11	Remoção por duplicidade: 0
	Han: 6	Remoção por indisponibilidade do trabalho: 0
Seleção	Seleção após exclusão por duplicidade e indisponibilidade: 17	
		Remoção após a leitura do título e do resumo: 4
	Trabalhos selecionados após a leitura do título e do resumo: 13	Justificativa:
		Não abordar diretamente a educação: 2
		Ser uma resenha de livro: 2
	Trabalhos selecionados após a leitura completa: 13	Remoção após a leitura do trabalho completo: 0
Inclusão	Total de artigos incluídos após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão: 13	
	Feenberg: 8	
	Han: 5	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Toronto (2020), a terceira etapa do processo de revisão integrativa envolve uma avaliação crítica dos trabalhos encontrados. Nesta pesquisa, optamos por fazer essa avaliação a partir do Qualis da revista em que os artigos foram publicados. Quase todos os trabalhos selecionados foram publicados em revistas classificadas como A, sendo apenas uma das publicações selecionadas em revista B. Isso indica que os trabalhos selecionados foram publicados em revistas bem avaliadas pelo sistema Qualis. As informações extraídas do material encontrado podem ser observadas na Tabela 3 (Feenberg) e na Tabela 4 (Han).

Tabela 3. Trabalhos selecionados (Feenberg). Fonte: tabela elaborada pelas autoras.

Autor	Título	Ano	Revista	Classificação
Bordin & Bazzo	Essa “tal” filosofia: sobre as concepções de tecnologia e seus reflexos no processo formativo em engenharia	2018	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	A2
Brasão & Batista	Internet e seu impacto para a Educação segundo Andrew Feenberg	2021	Revista Olhares	A4
Calazans & Martins	O uso da tecnologia de impressão 3D na educação: pressupostos conceituais a partir da teoria do duplo aspecto de Andrew Feenberg	2021	Revista Dialectus	A4
Sampaio Junior	A Teoria Crítica da Tecnologia de Andrew Feenberg: reflexões sobre a inserção de novos elementos tecnológicos no ambiente escolar	2022	Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos	A1
Ramos & Coelho	Tecnologias e Políticas Curriculares da Educação Básica	2023	E-Curriculum	A2
Rodrigues & Rodrigues	A inteligência artificial na educação: os desafios do ChatGPT	2023	Texto Livre	A1
Santos & Garcia	Tecnologias e salas de aula, uma perspectiva do alvorecer do século XXI: características e enquadramento da tecnologia, um olhar crítico	2023	Revista Exitus	A3
Silva & Carneiro	O Pensamento de Andrew Feenberg sobre a Filosofia da Tecnologia para o enfrentamento da problemática da neutralidade tecnológica na Educação em Ciências	2024	Revista Insignare Scientia	A4

Tabela 4. Trabalhos selecionados (Han). Fonte: tabela elaborada pelas autoras.

Autor	Título	Ano	Revista	Classificação
Fávero	Violência da positividade e educação: da cultura do tédio à promoção da cultura do sentido	2018	Roteiro	A2
Reis, Schnell & Sartori	Big Data, Psicopolítica e Infoética: repercussões na cultura e na educação	2020	PerCursos	A4
Amaral	Disciplina é liberdade? A paradoxal liberdade do ensino remoto mediado por tecnologias	2021	Revista Dialectus	A4
Mota & Máscia	Tramas Discursivas que enredam o TDAH: uma contribuição para a educação contemporânea	2022	Argumentos Pró-Educação	B1
Carneiro Junior & Cardoso	“Sinto que estou sempre a falhar”: o dano existencial decorrente da hiperconexão do teletrabalhador docente	2023	Educação e Pesquisa	A1

Os trabalhos que dialogam com a obra de Feenberg discutem as contribuições da perspectiva do autor para pensar a formação em diferentes contextos (três trabalhos), a análise do uso de determinados recursos dentro do contexto educacional (dois trabalhos), a análise da produção acadêmica dentro da temática educação e tecnologia (dois trabalhos) e a análise da política curricular (um trabalho). Enquanto isso, os trabalhos que dialogam com Han discutem a contribuição da perspectiva do autor para pensar a formação (dois trabalhos), a análise do ensino remoto emergencial (dois trabalhos) e a análise sobre o diagnóstico de TDAH e o contexto educacional contemporâneo (um trabalho). Essa categorização é uma simplificação das discussões apresentadas nas pesquisas encontradas e não pretende esgotar as discussões levantadas pelos autores citados. A seguir, os trabalhos encontrados serão apresentados a partir dessas categorias estabelecidas, o que caracteriza o início da etapa de síntese e análise descrita por Toronto (2020).

Feenberg

Inicialmente, discutiremos os trabalhos encontrados que utilizam a perspectiva de Feenberg para pensar diferentes aspectos do processo de formação. Nesta categoria, o primeiro trabalho abordado será o de Bordin e Bazzo (2018). Nele, os autores discutem as contribuições da teoria crítica da tecnologia para pensar a formação em engenharia. De maneira resumida, os autores concluem que as reflexões

levantadas por Feenberg com a teoria crítica da tecnologia podem contribuir para a construção de uma formação em engenharia que leve em consideração a relação entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento humano, formando, assim, pessoas conscientes de seu papel transformador na sociedade (Bordin & Bazzo, 2018).

Ainda na mesma categoria, temos o trabalho de Brasão e Batista (2021). Ele busca construir uma sistematização das possíveis implicações do referencial teórico de Feenberg nas discussões sobre educação. Em resumo, os autores mencionam ao longo do texto como as críticas atuais às tecnologias digitais na educação também foram realizadas à escrita na antiguidade, indicando que tal crítica é obsoleta e que a educação online não irá substituir o professor, pois ela é apenas um meio de comunicação. Além disso, abordam o papel das tecnologias educacionais na reforma neoliberal, mas destacam que o futuro dessas tecnologias não está acabado, podendo também atender a valores alternativos, pois as possibilidades ainda estão em aberto (Brasão & Batista, 2021).

Por fim, o último trabalho que aborda o autor nesta categoria é de Silva e Carneiro (2024). No texto, os autores refletem sobre as contribuições da filosofia da tecnologia de Feenberg para pensar sobre a questão da neutralidade tecnológica dentro da educação em ciências. Eles indicam que o pensamento do autor pode trazer importantes contribuições para superar a perspectiva de que a tecnologia é neutra. Dentro disso, eles indicam que essa visão que atribui neutralidade à tecnologia deve ser abandonada porque alimenta a manutenção do status dominante. Assim, indicam a importância de se abordar a tecnologia de forma crítica dentro da educação em ciências, visando combater a desinformação e o negacionismo (Silva & Carneiro, 2024).

Dando continuidade, trataremos dos trabalhos que abordam a utilização de determinados recursos tecnológicos dentro do contexto educacional. O primeiro trabalho abordado será o de Calazans e Martins (2021). Nele, os autores tratam do uso da impressão 3D no contexto da educação. De forma breve, eles apontam para como Feenberg indica que os artefatos tecnológicos não são neutros nem determinados, pois eles carregam valores e podem receber um redirecionamento a partir da atuação das pessoas. Aplicando isso ao uso da impressora 3D na educação, os autores indicam que o uso previsto desse artefato não representa sua definição absoluta. Também indicam que o aspecto funcional da tecnologia em questão não deve ser menosprezado, mas isso não significa resumir essa tecnologia aos seus aspectos técnicos. Por fim, enfatizam a necessidade de se considerar tanto os aspectos técnicos quanto os sociais ao abordar esse recurso na educação (Calazans & Martins, 2021).

O segundo trabalho presente nesta categoria é o de Rodrigues e Rodrigues (2023). O texto aborda a questão da inteligência artificial no contexto educacional. Baseando-se na teoria crítica da tecnologia de Feenberg, um dos pontos destacados diz respeito à não neutralidade desse recurso, que se relaciona à necessidade de um uso crítico e atento ao contexto da ferramenta. Levando isso em consideração, sua discussão indica que a educação superior é um espaço que possui o potencial de discutir de forma crítica

a utilização desse recurso, de maneira que permita explorar o seu potencial enquanto leva em consideração os valores que influenciam as respostas obtidas (Rodrigues & Rodrigues, 2023).

A próxima categoria de trabalhos a ser apresentada trata da análise da produção acadêmica dentro da temática de educação e tecnologia com base no referencial teórico fornecido por Feenberg. O primeiro trabalho que será abordado é o de Sampaio Junior (2022). O autor analisou, a partir da perspectiva da teoria crítica da tecnologia de Feenberg, teses defendidas em universidades de São Paulo. O foco do autor era entender como esses trabalhos enxergavam a questão da inserção de novos elementos tecnológicos na escola. Nas suas considerações finais, a pesquisa aponta que os trabalhos analisados demonstram pouca criticidade em relação ao uso desses artefatos no contexto escolar, com a maioria dos textos adotando uma posição entusiasta em relação a essa inserção. Dentro disso, ele aponta que eles carecem de um debate em relação a noção de tecnologia, que deve ser vista como uma criação humana, carregada de valores e que pode ser humanamente controlada. Por fim, o autor também alerta para o que pode ser um uso exagerado e fetichizado desses elementos na escola, sem uma contribuição real para as relações de ensino-aprendizagem — postura que ele identifica mesmo entre pesquisadores da área (Sampaio Junior, 2022).

O segundo texto dentro desta categoria é de Santos e Garcia (2023), que abordam como as novas tecnologias vêm sendo pensadas no contexto da sala de aula dentro de pesquisas sobre o tema. A maior parte dos trabalhos selecionados foi classificada como possuindo um posicionamento acrítico em relação ao uso dessas tecnologias na sala de aula. Ou seja, os autores identificaram que as pesquisas incluídas na análise, predominantemente, não questionam as origens dos artefatos utilizados ou problemas futuros decorrentes do uso dessas novas tecnologias (Santos & Garcia, 2023).

A última categoria trata da análise da política curricular. Nela, está o trabalho de Ramos e Coelho (2023), que buscou entender como é construído o discurso sobre as tecnologias nas políticas curriculares da educação básica. Em sua análise, identificaram o aparecimento do uso das tecnologias como recurso didático, como apenas um meio, como recurso para melhoria da qualidade da aprendizagem e como uma forma de superar práticas tradicionais de forma recorrente. Também identificaram discussões sobre as implicações da tecnologia nos valores democráticos e a ligação entre arte e tecnologia. Em relação às tendências presentes no material analisado, identificaram que uma parte significativa remete a uma concepção instrumental de tecnologia. Também houve a identificação de lacunas, como a baixa presença de uma concepção pós-crítica dentro do material analisado. Por fim, constataram que não existiu uma linearidade no discurso ao longo dos anos, com a adoção de tendências teóricas distintas ao longo do tempo (Ramos & Coelho, 2023).

Han

Em relação aos textos que dialogam com Han, a primeira categoria de trabalhos a ser abordada é a que trata das contribuições do referencial teórico do autor para pensar a formação. Primeiro,

abordaremos o texto de Fávero (2018), que aborda a ideia de violência da positividade em Han para discutir sobre violência e educação a partir da tensão entre cultura do tédio e cultura do sentido. Para o autor, a cultura do tédio na educação aparece como reflexo da violência da positividade, e deve ser superada por uma cultura do sentido. Também é importante sinalizar como as tecnologias aparecem no trabalho. Ao discutir como é possível dar espaço à cultura do sentido, o texto sinaliza para a necessidade de adotar uma série de medidas, como ter atenção à falsidade de apelos publicitários e cuidado com o entusiasmo ingênuo em relação às tecnologias, por exemplo (Fávero, 2018).

O segundo texto dentro desta categoria é o de Reis, Schnell e Sartori (2020). Nele, é proposta uma discussão que articula alguns conceitos de Han, como o de psicopolítica, com debates levantados por outros autores para pensar os impactos das tecnologias digitais na cultura e na educação. Após levantar preocupações sobre o uso desses recursos na atualidade, como com a questão da privacidade, da opressão digital colonialista sobre os países na periferia do capitalismo e do *big data*, os autores mencionam alguns caminhos para o desenvolvimento de uma ética da informação. Entre outros pontos, eles mencionam a necessidade de regulamentação das redes e a necessidade de ir além da abordagem meramente instrumental desses artefatos dentro da educação, buscando garantir que a juventude tenha acesso ao entendimento dos riscos e benefícios presentes nas tecnologias digitais (Reis, Schnell & Sartori, 2020).

Dando continuidade, a segunda categoria de trabalhos que se apoiam em Han para construir sua discussão trata da análise do ensino remoto emergencial. O primeiro trabalho a ser discutido nesta categoria é o de Amaral (2021). O trabalho tem como objetivo buscar uma explicação para o desejo dos alunos da educação básica de voltarem para a tutela e vigilância da instituição disciplinar da escola presencial durante o período em que tiveram aulas remotas por conta da Covid-19. O autor explica que a disciplina costuma ser entendida como algo oposto à liberdade, mas, quando é comparada com a nova forma de controle imposta durante o ensino remoto emergencial — que foi considerada como uma liberdade —, nota-se que esse novo arranjo pode ser ainda mais intenso que o paradigma disciplinar, pois exige um constante automonitoramento e autocontrole. Diante disso, dentro do ensino remoto emergencial, os alunos passam a considerar a suposta liberdade trazida por esse modelo — que é reflexo da sociedade do desempenho discutida por Han — como algo aprisionante, passando a ansiar pela segurança oferecida pela disciplina. Por fim, é importante destacar que o autor reconhece outros aspectos que podem influenciar esse desejo de retorno dos alunos, como questões didáticas e limitações estruturais, por exemplo (Amaral, 2021).

O segundo trabalho dentro desta categoria é de Carneiro Junior e Cardoso (2023), que tratam da hiperconexão docente proporcionada pelo teletrabalho durante a pandemia de Covid-19. O texto indica a necessidade de se pensar, de forma coletiva, os impactos da hiperconexão dentro do trabalho docente durante o período de ensino remoto emergencial com base nas discussões sobre a sociedade do desempenho nas obras de Han. Mencionam, dentro disso, a inadequação das condições estruturais para

o exercício da profissão durante o período, assim como o impacto psicossocial decorrente das cobranças impostas pelo novo formato de trabalho. Apontam que a flexibilidade temporal que pode vir com esse modelo não significa necessariamente liberdade, já que a possibilidade de trabalhar “a qualquer momento” e “em qualquer lugar” pode se tornar um trabalho “sempre” e “em todo lugar”. Assim, os autores apontam para a necessidade do direito do trabalho levar em consideração as transformações nas relações laborais que vêm junto com as novas tecnologias dentro da carreira docente (Carneiro Junior & Cardoso, 2023).

A última categoria elaborada trata da análise sobre o diagnóstico de Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) e o contexto educacional contemporâneo. O trabalho inserido nesta classificação é o de Mota e Máscia (2022). O texto aborda as relações sociais e pedagógicas que atravessam as pessoas diagnosticadas com TDAH no contexto contemporâneo utilizando como base a produção de Han. A partir das contribuições de Han, o trabalho traz um olhar para o TDAH a partir da sociedade contemporânea, marcada pelo desempenho e produtividade. Assim, a pesquisa propõe uma reflexão sobre o processo de escolarização dos alunos diagnosticados com TDAH, pensando a escola como um ambiente que pode ser de ressignificação dos sujeitos contemporâneos. Portanto, o artigo busca observar a questão levando em consideração o contexto histórico e social, sem se limitar a uma perspectiva biológica do fenômeno (Mota & Máscia, 2022).

Discussão

Para a discussão, destacaremos alguns pontos em que os trabalhos se assemelham e outros em que eles se diferenciam, buscando uma articulação com a revisão de literatura apresentada na seção de introdução. Assim, sem a ambição de esgotar o tema, esta seção aborda dois aspectos: (1) a representação da tecnologia como carregada de valores e (2) a presença ou ausência de referências às potencialidades desses artefatos dentro do contexto educativo.

Nos trabalhos encontrados, quando há menção às tecnologias digitais, há também alguma referência aos valores que esses artefatos carregam e/ou às consequências que eles podem ter na vida social. Isso está alinhado com a ideia de Buongiorno (2022) de que tanto a perspectiva de Feenberg quanto a de Han partem da ideia de que as tecnologias carregam valores — ou seja, não são meramente instrumentais, como a visão padrão moderna costuma imaginar.

Pensando no contexto educativo e/ou de pesquisa em educação, uma questão levantada por alguns dos trabalhos é a necessidade dessa não neutralidade da tecnologia ser levada em consideração nesses espaços. Em outras palavras, há a sinalização para a necessidade de se adotar uma postura crítica em relação a esses artefatos, pensando em sua origem e nos seus impactos. Entre os trabalhos que dialogam com Feenberg, um dos exemplos que pode ser citado é o trabalho de Silva e Carneiro (2024), que aponta para a relevância de problematizar o mito da neutralidade tecnológica na educação em ciências para combater a desinformação científica e a manutenção do status dominante. Já entre os trabalhos que

dialogam com Han, podemos citar a pesquisa de Reis, Schnell e Sartori (2020), que sinaliza a necessidade de superar a abordagem meramente instrumental das tecnologias dentro das salas de aula para estimular uma reflexão sobre os aspectos éticos, estéticos e políticos das redes.

É possível dizer que os aspectos mencionados nos dois últimos parágrafos tratam de pontos de aproximação entre os trabalhos que dialogam com Feenberg e aqueles que dialogam com Han. Entretanto, na nossa análise, identificamos também um distanciamento em relação a esses dois grupos: a presença ou ausência de referências às potencialidades das tecnologias digitais dentro da educação. De maneira geral, enquanto os trabalhos que fazem referência a Feenberg, mesmo reconhecendo seus limites e pontos de atenção, apontam o potencial que esses recursos podem ter, os trabalhos que fazem referência a Han não dão ênfase a esse potencial, dando mais destaque às consequências negativas desses artefatos.

Para ilustrar, é possível indicar como essa questão surge nos trabalhos que citam Feenberg. Bordin e Bazzo (2018) tratam das contribuições da teoria crítica para uma formação crítica em engenharia que leve em consideração seu papel transformador na sociedade. Brasão e Batista (2021) reconhecem a influência neoliberal nas tecnologias, mas destacam o potencial desses artefatos, pois as possibilidades de atender a valores alternativos ainda estão em aberto. Silva e Carneiro (2024) enfrentam o mito da neutralidade tecnológica enquanto reconhecem a relevância da democratização da tecnologia para uma educação em ciências transformadora. Calazans e Martins (2021) discutem os valores que a impressão 3D carrega ao mesmo tempo em que reconhecem as potencialidades dessa ferramenta na educação. Rodrigues e Rodrigues (2023) apresentam preocupações com a inteligência artificial na educação ao mesmo tempo em que discutem as potencialidades de um trabalho crítico com essa ferramenta na educação superior. Sampaio Junior (2022) aponta que é necessário adotar um olhar crítico em relação a tecnologia, mas reconhece que elas podem ser transformadas e “[...] são passíveis de promover a emancipação dos sujeitos que dela fazem uso” (Sampaio Junior, 2022, p. 804).

Ainda nesse sentido, Santos e Garcia (2023) apontam para como pesquisas na área de educação e tecnologia não costumam adotar um posicionamento crítico em relação a esses recursos, enquanto indicam também a relevância de se conhecer quais são as reais potencialidades desses artefatos, levando em consideração seus impactos sociais. Por fim, Ramos e Coelho (2023) levantam preocupações em relação à visão instrumental da tecnologia nas políticas curriculares, “[...] o que coloca limites às potencialidades que são possíveis com os usos das tecnologias nos cotidianos escolares, além de não valorizar as demais concepções e suas questões que trazem juntamente” (Ramos & Coelho, 2023, p. 19).

Por outro lado, os trabalhos que citam Han parecem não enfatizar tanto as possíveis potencialidades desse recurso. Fávero (2018), ao discutir sobre a violência da positividade na educação, menciona as tecnologias com foco em alertar sobre o “[...] entusiasmo ingênuo que muitos têm em relação aos meios tecnológicos” (Fávero, 2018, p. 424). Amaral (2021), ao discutir sobre o ensino remoto emergencial, enfatiza em seu trabalho as consequências negativas das tecnologias digitais, destacando os valores neoliberais que elas carregam.

No trabalho de Mota e Máscia (2022), as tecnologias digitais são mencionadas para abordar a conexão constante exigida pela sociedade do desempenho, destacando os aspectos negativos desses artefatos. Entretanto, Reis, Schnell e Sartori (2020) não se encaixam tanto nesse padrão. O trabalho levanta preocupações com os impactos das tecnologias digitais na sociedade e reconhece a necessidade de se abordar esses artefatos na educação indo além da lógica instrumental, construindo seu texto com ênfase nos aspectos preocupantes e negativos desses recursos, mas reconhecendo também a necessidade de oferecer aos jovens “[...] clareza dos riscos e benefícios embutidos nas tecnologias digitais” (Reis, Schnell & Sartori, 2020, p. 74). Carneiro Junior e Cardoso (2023) também reconhecem algumas das possibilidades fornecidas pelas tecnologias digitais, mas dão ênfase às consequências negativas da hiperconexão na profissão docente.

Assim, de forma alinhada com o exposto por Buongiorno (2022), interpretamos que os trabalhos que citam Han parecem possuir uma abordagem mais pessimista das tecnologias digitais, enfatizando preocupações em relação às suas consequências na atualidade. Enquanto isso, os trabalhos que usam Feenberg como referência parecem possuir uma visão mais otimista (e ao mesmo tempo crítica) das tecnologias digitais, reconhecendo algumas preocupações em relação aos valores que elas carregam, mas sinalizando também possibilidades que podem se abrir a partir de um controle mais democrático sobre a elaboração desses artefatos.

Entretanto, reconhecemos que essa análise apresenta uma síntese dos trabalhos selecionados. Na verdade, esses textos apresentam discussões complexas, que trazem contribuições relevantes que não se limitam apenas à influência do autor que é citado — Feenberg ou Han. Diante disso, é necessário destacar que nossa tentativa de identificar padrões para entender como as perspectivas teóricas de Feenberg e Han influenciam as pesquisas brasileiras sobre educação possui essa limitação. Por isso, incentivamos que os leitores busquem acesso aos textos originais para uma compreensão mais aprofundada dos temas levantados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo verificar quais são as discussões levantadas com base em Han e Feenberg na literatura brasileira sobre educação nos últimos dez anos utilizando uma revisão integrativa de literatura como método. Após o processo de seleção, 13 trabalhos foram analisados. A proposta foi entender como as perspectivas desses dois autores sobre a tecnologia impactam a produção brasileira sobre educação.

Entre os temas abordados nos trabalhos selecionados, estão: as contribuições da teoria crítica da tecnologia para a formação em engenharia, as contribuições da obra de Feenberg para a educação, a utilização da impressão 3D no contexto educativo, o uso das tecnologias dentro das políticas curriculares de educação básica, a inteligência artificial na educação superior, a perspectiva acadêmica sobre a inserção de tecnologias digitais na escola, a abordagem da não neutralidade da tecnologia dentro da educação em

ciências, a tutela e a vigilância dentro do ensino remoto emergencial, a hiperconexão no teletrabalho docente durante a pandemia, a violência da positividade na educação com base na obra de Han, as abordagens do TDAH na educação contemporânea e as contribuições dos conceitos de *big data*, psicopolítica e infoética na cultura e na educação.

A discussão construída a partir da análise do material foi estruturada em torno de dois pontos. O primeiro trata de um aspecto que caracteriza uma aproximação entre os dois grupos de trabalhos, que é a representação da tecnologia como carregada de valores. O segundo indica um ponto em que os dois grupos se afastam, que é a presença ou ausência de referências às potencialidades das tecnologias digitais.

Em outras palavras, a partir da análise dos textos, verificamos nos trabalhos a aproximação entre os dois autores na compreensão de que esses artefatos carregam os valores do contexto em que estão inseridos, posicionamento que refuta a visão padrão moderna que compreende a tecnologia como neutra e meramente instrumental (Buongiorno, 2022). Além disso, também verificamos que, de maneira geral, é possível dizer que os trabalhos que utilizam Feenberg como referência apresentaram mais menções às possíveis potencialidades das tecnologias digitais no contexto educacional do que os que se apoiaram em Han. Esses achados se alinham com a comparação entre as perspectivas dos dois autores exposta na introdução com base em Buongiorno (2022), que indica um posicionamento mais pessimista em relação às tecnologias em Han e mais otimista em Feenberg.

Sendo assim, consideramos que os conceitos trabalhados pelos dois autores podem contribuir para as discussões sobre educação, em especial, quando se pensa no papel das tecnologias digitais nesse contexto. Por um lado, o trabalho de Han alerta para questões importantes relacionadas a esses artefatos, como, por exemplo, quando trata da manifestação da psicopolítica neoliberal nas redes. Feenberg, por outro lado, leva em consideração essas preocupações, mas, por considerar o potencial transformador da ação humana, aponta também para as potencialidades das tecnologias, caso sejam submetidas a um controle mais democrático no seu design.

Levando esses aspectos em consideração, concluímos que há um potencial na articulação das contribuições dos dois autores que pode ser mais explorado nas pesquisas em educação. Por isso, recomendamos que mais pesquisas busquem articular essas duas perspectivas, levando em consideração as suas aproximações e seus distanciamentos e estimulando, assim, um olhar crítico, mas não fatalista, para as tecnologias digitais no contexto educacional.

Por fim, destacamos que os achados neste artigo podem ter sido influenciados pela amostra selecionada. Diante disso, estimulamos também que novas revisões sobre o tema sejam feitas, utilizando descritores e bases diferentes e incluindo também trabalhos em outras línguas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Seu desenvolvimento ocorreu durante a vigência da bolsa de doutorado fornecida pela agência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, M. H. da S. (2021). Disciplina é liberdade? A paradoxal liberdade do ensino remoto mediado por tecnologias. *Revista Dialectus*, 23, 231-250. DOI: 10.30611/2021n23id71858
- Bordin, L., & Bazzo, W. A. (2018). Essa “tal” filosofia: sobre as concepções de tecnologia e seus reflexos no processo formativo em engenharia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 11(1), 228-249. DOI: 10.3895/rbect.v11n1.5728
- Brasão, M. dos R., & Batista, G. A. (2021). Internet e seu impacto para a Educação segundo Andrew Feenberg. *Revista Olhares*, 9(2), 217-235. DOI: 10.34024/olhares.2021.v9.11420
- Buongiorno, F. (2022). Beyond Efficiency: Comparing Andrew Feenberg’s and Byung-Chul Han’s Philosophy of Technology. In: Cressman, D. (ed.). *The Necessity of Critique: Andrew Feenberg and the Philosophy of Technology*. Suíça: Springer. DOI: 10.1007/978-3-031-07877-4
- Calazans, A., & Martins, C. A. (2021). O uso da tecnologia de impressão 3d na educação: pressupostos conceituais a partir da teoria do duplo aspecto de Andrew Feenberg. *Revista Dialectus*, 23, 33-53. DOI: 10.30611/2021n23id71847
- Carneiro Junior, J. A., & Cardoso, M. L. M. (2023). “Sinto que estou sempre a falhar”: o dano existencial decorrente da hiperconexão do teletrabalhador docente. *Educ. Pesqui.*, 49, 1-17. DOI: 10.1590/S1678-4634202349267098
- Dagnino, R. (2014). A tecnologia social e seus desafios. In: Dagnino, R. *Tecnologia social: contribuições teóricas e metodológicas*. Campina Grande: EDUEPB. DOI: 10.7476/9788578793272
- Dagnino, R., & Fraga, L. (2010). Os estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade e a educação: mais além da participação pública na ciência. *Redes*, 16(31), 123-144.
- Fávero, A. A. (2018). Violência da positividade e educação: da cultura do tédio à promoção da cultura do sentido. *Roteiro*, 43(2), 411–432. DOI: 10.18593/r.v43i2.16656
- Feenberg, A. (2009). Entrevista com Andrew Feenberg. Entrevista concedida a Pablo Rubén Mariconda e Fernando Tula Molina. *Scientle Studia*, 7(1), 165-71. DOI: 10.1590/S1678-31662009000100009
- Feenberg, A. (2010). O que é a Filosofia da Tecnologia? In: Neder, R. T. (org.). *A teoria crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia*. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina.
- Felizardo, A. P. (2019). Breve apresentação do filósofo Byung-Chul Han. UFRN.
- Han, B. (2015). Além da sociedade disciplinar. In: Han, B. *Sociedade do cansaço*. Tradução: Enio Paulo Gianchini. Petrópolis: Editora Vozes.

- Han, B. (2018a). *Psicopolítica: o neoliberalismo e as novas técnicas de poder*. Tradução: Maurício Liesen. Belo Horizonte: Editora Âyiné.
- Han, B. (2018b). Do agir ao passar de dedos. In: Han, B. *No enxame: perspectivas do digital*. Traduzido por Lucas Machado. Petrópolis: Vozes.
- Han, B. (2023). Tudo o que é sólido se funde em informação: Entrevista com Byung-Chul Han. Entrevista concedida a Nathan Gardels. Tradução de Maurício Ayer. Noema.
- Mota, J. G. F., & Máscia, M. A. A. (2022). Tramas Discursivas que enredam o TDAH: uma contribuição para a educação contemporânea. *Argumentos Pró-Educação, Pouso Alegre*, 7, 1-17. DOI: 10.24280/ape.v7.e888
- Ramos, H. S. G., & Coelho, G. R. (2023). Tecnologias e Políticas Curriculares da Educação Básica. *E-Curriculum*, 21, 1-23. DOI: 10.23925/1809-3876.2023v21e61626
- Reis, V., Schnell, R. F., & Sartori, A. S. (2020). Big Data, Psicopolítica e Infoética: repercussões na cultura e na educação. *PerCursos*, 21(45), 50–79. DOI: 10.5965/1984724621452020050
- Rodrigues, O. S., & Rodrigues, K. S. (2023). A inteligência artificial na educação: os desafios do ChatGPT. *Texto Livre*, 16, 1-12. DOI: 10.1590/1983-3652.2023.45997
- Sampaio Junior, L. H. (2022). A Teoria Crítica da Tecnologia de Andrew Feenberg: reflexões sobre a inserção de novos elementos tecnológicos no ambiente escolar. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 103(265), 786-807. DOI: 10.24109/2176-6681.rbep.103i265.5198
- Santos, F. P., & Garcia, F. M. (2023). Tecnologias e salas de aula, uma perspectiva do alvorecer do século XXI: características e enquadramento da tecnologia, um olhar crítico. *Revista Exitus*, 13(1), 1-22. DOI: 10.24065/2237-9460.2023v13n1ID2129
- SFU. ([20--]). Andrew Feenberg. Simon Fraser University.
- Silva, G. R., & Carneiro, M. C. (2024). O Pensamento de Andrew Feenberg sobre a Filosofia da Tecnologia para o enfrentamento da problemática da neutralidade tecnológica na Educação em Ciências. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 7(1), 325-345. DOI: 10.36661/2595-4520.2024v7n1.13330
- Toronto, C. E. (2020). Overview of the Integrative Review. In: Toronto, C. E., & Remington, R. *A Step-by-Step Guide to Conducting an Integrative Review*. [S.l.]: Springer.

A química nas ciências ambientais: três trilhas de pesquisa para a pós-graduação

Recebido em: 31/03/2025

Aceito em: 14/04/2025

 10.46420/9786585756662cap3

Claudionor Renato da Silva 

INTRODUÇÃO

Em tempos de familiarização com termos como mudanças climáticas, camada de ozônio, carros elétricos, energia retirada dos ventos, mundo verde, desenvolvimento sustentável, desenvolvimento econômico, e tantos outros termos, a Química Ambiental (QA) emerge nos últimos trinta anos, no Brasil, como mais um termo a se socializar nos meios acadêmicos e sociais com o desafio, ainda em andamento, em construir tecnologias e inovações para resolver os problemas ambientais existentes, sob o ponto de vista da ciência da química e, ao mesmo tempo, propor alternativas e tomadas de decisões perante o futuro-presente na aplicação de pesquisas que construam novos produtos que não mais destruam o meio ambiente, no solo, na água e no ar. (Wark e Warner, 1981; Staker e Seager, 1981; O'Neill, 1988; Baird; Silva Lora, 2000; Cann, 2002; Bailey et al, 2002; Manahan, 2005; Brown et al., 2005; Rocha et al., 2009; Toma, 2015; Frota e Vasconcelos, 2019; Gil et al., 2022).

A QA é uma área recente no campo da química e se insere na grande área das ciências ambientais (CA); atualmente, sob uma frente muito específica prescreve a construção e elaboração de soluções químicas e químico-tecnológicas e de inovações diante da degradação ambiental e do desafio de manutenção e consolidação do agronegócio sob a sustentabilidade e o desenvolvimento ambiental regional brasileiro, o que inclui a governança e gestão pública na atenção à biodiversidade para o solo, o ar e água (Benn; Auliffe, 1981; Branco, 1995; Braga Junior et al., 2002; Melo Alvares Junior et al., 2002; Medeiros, 2005; Cunha; Guerra, 2009; Rocha, Rosa e Cardoso, 2009; Derísio, 2012; Toma, 2015; Canela, Fostier e Grassi, 2017; Gil; Ayala e Martínez, 2022).

Segundo Mozeto & Jardim (2002), “Uma das literaturas-chave que definiu pela primeira vez grandes postulados (ou ‘máximas’) da Química Ambiental como ciência que a difere da Química Clássica é o livro Química Aquática de W. Stumm & J. Morgan, editado pela primeira vez em 1976 (Mozeto & Jardim, 2002, p. 8).

Como disciplina e área do conhecimento, para além da área da química, a QA está atrelada às CA que estudam, em sua primeira frentes num amplo conjunto de áreas do conhecimento, em seus objetos respectivos de pesquisa, as interações humanas no meio ambiente, em seus componentes físicos, químicos, biológicos e geológicos etc. A segunda frente, derivada da primeira, é como os fatores físicos,

químicos e biológicos convivem e vivem com os organismos neste mesmo meio ambiente, modificando-se, promovendo impactos ora negativos, ora positivos: nos primeiros, se buscam correções e nos segundos, contribuições sustentáveis, em sentido amplo, promovidos, sobretudo, no caso da área da QA, a química verde, proposta na obra de Anastas e Warner (1998), dentre outras obras.

Estamos, com as CA, perante uma ciência inter/multidisciplinar que responde às relações entre humanos e o meio ambiente, em que, humanos passam a entender o mundo natural e como interagir com este mundo, sobretudo, entender o que não fazer para manter essa interrelação viva, saudável e continuada, pensando, por exemplo, as futuras gerações, organizando mecanismos, instrumentos para essa continuidade; as ciências ambientais respondem à urgência da sobrevivência no planeta, comprometidas, em todas as direções, com relação ao futuro, no esgotamento de seus recursos naturais que não são renováveis e são essenciais à vida. Nesta área inter/multidisciplinar, a QA se apresenta, como uma dessas CA, para redimensionar a linha filosófica e científico-tecnológica de soluções para os atuais problemas ambientais e novas projeções para o futuro no interior dos estudos da química. Trata-se de reflexões amplas sobre a função da ciência produzida na universidade na visão promissora e potencial da QA, de uma perspectiva totalizada de ação, permeada e impregnada na realidade ambiental, como discorre Leff (2012), sem perder de vista, como apontam Sen (2000) e Lena et al. (2012) as questões econômicas, sociais, de desenvolvimento econômico e distribuição das riquezas.

A problemática deste estudo teórico-metodológico é a apresentação de uma reflexão sobre a essência da QA nas CA em propostas de pesquisas na pós-graduação, em três trilhas que permeiam, por exemplo, a responsabilidade social universitária em relação à sociedade com vista à atual crise ambiental que se desdobra em outras crises, como a crise das mudanças climáticas e a necessidade fulcral da sustentabilidade.

De modo geral, objetiva-se, posicionar a QA, no quadro teórico e metodológico das CA, orientando trilhas de e para pesquisas na pós-graduação relativas ao tema nas duas áreas em cenário: uma área pontual, a QA, outra, ampla as CA. Especificamente, três objetivos: 1) conceituar a QA nas CA em seus estudos mais centrais sobre a presença da ciência da química, no solo, na água e no ar - fundamentos; 2) ampliar os campos de fundamentos e aplicações atuais da QA – deixar uma base referencial, para um futuro, em estudos, por exemplo, no tocante à biodiversidade, por exemplo, a QA no cerrado brasileiro e, 3) apontar linhas (trilhas) de pesquisa na pós-graduação, sob a orientação dos fundamentos da QA que possibilite aplicações tecnológicas e de inovação visando a sustentabilidade locais e regionais. Na seção seguinte irá se tratar sobre o método utilizado para a construção do texto de formato teórico.

MATERIAL E MÉTODOS

O *modus* metodológico da pesquisa segue o método da pesquisa bibliográfica (Gil, 2002) na escolha livre, pelo pesquisador, de referências de base em CA e QA, com buscas em planos de ensino de cursos de pós-graduação referentes à Química Ambiental; buscas no *google* acadêmico de artigos, capítulos

de livros e livros, referentes à pesquisa nas CA e na QA. O elencamento destas referências permitiram o descortinar de uma argumentação que foi orientada pela problemática e pelos objetivos; a construção do texto com o método (Gil, 2002) possibilitou se localizar a QA como uma das CA, em seus desafios como área do conhecimento (Capes, 2019); em conjunto, as CA e a QA emergem, na atualidade, com o mesmo ponto de partida: a crise climática e a crise de sustentabilidade pela qual atravessa o planeta.

Vale adiantar e salientar que não se trata de um texto de aprofundamento nos temas da CA e QA, ao contrário, trata-se de uma primeira aproximação teórica sobre a função ou papel da QA, como uma das CA, na proposta de produção de pesquisas na pós-graduação brasileira; são pesquisas que desenvolvem a temática ambiental e as relações humanas (ambiente e sociedade) sob as bases da QA. Ademais, o texto serve como uma referência para programas de pesquisa em QA na medida em que atende aos desafios postos pela área das CA no Brasil (Capes, 2019).

Deste modo, a pesquisa bibliográfica utilizada possibilitou a redação de duas seções de cunho teórico para atender à problemática e os objetivos: uma seção sobre as CA e outra seção sobre a QA. Estas seções passam a serem comentadas adiante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ciências ambientais

No Glossário Ecologia e Ciências Ambientais (Grisi, 2007), as CA,

[...] podem ser consideradas como o conjunto das diversas ciências da Natureza, ou ciências naturais, adicionadas daquelas que mesmo não estando inteiramente voltadas ao conhecimento dos componentes e fenômenos naturais, contribuem direta ou indiretamente para isso. Portanto, entre as ciências ambientais consideram-se além da ecologia, biologia, geologia, geografia, climatologia, agronomia, (e diversas outras), incluem-se também a física (ambiental, principalmente), química (ambiental, com bastante ênfase), sociologia, economia e diversas outras (Grisi, 2007, p.55, grifos meus).

Envolvem, portanto, as CA ou ciências do ambiente, em linhas gerais, a geologia, a climatologia, estudos do ecossistema terrestre, a ciência dos ecossistemas aquáticos, a ciência energética e ciências que tratam diretamente do tema da gestão do meio ambiente, incluindo, especificamente a relação deste meio com os seres humanos. E, ao lado destas ciências, como na citação de Grisi (2007), a física ambiental, a química ambiental e a particularidade da área da biologia nos temas ambientais, incluindo, ainda, as disciplinas das ciências humanas e sociais, seus impactos na relação ser humano e ambiente são frentes de estudos e de investigações de alta relevância e que acendem alertas políticos, sociais e econômicos, há muito tempo, em especial, na atualidade com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, como demonstrado na obra de Sampaio, Philippi Junior & Sobral (2023). Somam-se ainda os seguintes referenciais: Phillipe Junior et al. (2000) e Miller e Spoolman (2016).

A multiplicidade de ciências dentro das ciências do ambiente é justificável, pois, ambiente, não é somente a ideia ou noção de natureza, mundo físico, como algo, puro, intocável, mas, ao contrário, envolve todos os seres vivos, em especial, os seres humanos, que foram e são responsáveis por grande

parte da degradação ambiental, em favor do bem viver e que, só recentemente, apercebeu-se, de que todo o desenvolvimento capital, industrial tecnológico etc. , trouxe consigo, consequências que, hoje, exigem tecnologias, inovações, ciências que promovam adaptações, ao mesmo tempo, soluções, no acerto do passado (quando possível) e na organização de planejamento do futuro e tomadas de decisões sustentáveis; para a QA esse é um dos pressupostos no interior da ciência da química (Gil et al., 2022).

A humanidade se apercebeu, tardiamente; e não por falta de alerta dos cientistas e especialistas que, desde a revolução industrial, no século XVIII, já alertavam o futuro problemático que viria pela frente, tempo ao qual, vivenciamos, atualmente, na segunda década dos anos 2000 com as mudanças climáticas e toda preocupação global com o meio ambiente e o futuro da vida no planeta (Cachapuz et al., 2005).

Uma segunda palavra importante, nas CA é a interdisciplinaridade (Philippi, Tucci, Hogan & Navegantes, 2000) que pode ser entendida, nas palavras de Pereira et al. (2020) como a junção de várias ciências para tratar de

Conteúdos e conceitos como a preservação da natureza, o desenvolvimento sustentável, a conscientização ecológica, e os serviços ambientais [...] exige uma integração de conhecimentos interdisciplinares que, se limitados à reorganização do conhecimento, são incapazes de satisfazer essa demanda de conhecimentos, pois o tema ambiental requer novos conhecimentos teóricos e práticos para sua compreensão e resolução. [...] apresenta a interdisciplinaridade como um processo de intercâmbio entre os diversos campos e ramos científicos, nos quais são transferidos, incorporados e assimilados métodos, conceitos e termos [...] (Pereira et al., 2020, p. 127).

Não se pretende neste texto ser repetitivo na reflexão sobre a QA nas CA, mas, consolidando as bases das CA, os aspectos interdisciplinares dizem respeito, portanto, de uma certa forma, além das reflexões já comentadas, qual seja, as relações entre a Física, a Química, a Biologia e a Geologia, uma das marcas das CA; nestas ciências é a presença da relação com as ciências sociais e as ciências humanas como a antropologia, o direito, a filosofia, a sociologia, a psicologia etc., que passam a ganhar destaques, em que, as relações humanas *versus* ambiente são levadas em consideração. O documento de área das CA, na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Capes (2019), possui uma discussão que representa um grande avanço no entendimento da interdisciplinaridade: “ [...] agrega diferentes áreas do conhecimento em torno de um ou mais temas em busca de um entendimento comum com o envolvimento direto dos interlocutores. Significa efetivamente a interação entre saberes, entre instituições e entre países. (Capes, 2019, p.9)”.

Podemos, assim, construir dois níveis de fundamentos das CA: nível 1, com as bases nas ciências exatas e da terra; nível 2, os fundamentos das CA nas bases das ciências sociais e humanas.

No segundo nível, uma das principais preocupações das CA é estudar os impactos humanos no ambiente e transpor para a educação, por exemplo; permitir, assim, a existência do componente curricular e área do conhecimento denominada de Educação Ambiental, com ampla publicação, desde a legislação (direito ambiental) até as práticas pedagógicas escolares e não escolares e a aplicação em soluções para novas atitudes humanas diante e com a natureza.

Para os fins deste texto, as CA serão vistas sob o prisma da QA, uma área da química que emerge como ciência para estudar as dinâmicas químicas que envolvem o meio ambiente, seja, para soluções aos problemas ambientais, seja, fundamentalmente, para elaborar novos produtos e serviços em que a química estará comprometida com os princípios da sustentabilidade que, de forma ampla, devido a sua polissemia intelectual e literária, pode ser resumida num planejamento de vida que respeita a natureza e seus recursos, permitindo a vida no planeta para as futuras gerações (Canela et al., 2017; Gil et al., 2022).

A química ambiental e sua inserção nas ciências ambientais

Uma definição de QA:

Uma visão da química (elementos químicos, compostos e suas estruturas, processos químicos etc.) relacionada ao ambiente em que vivem os organismos, ou seja, o ambiente físico-químico: a terra, o ar e a água. Esta possível disciplina, não seria uma mera subdivisão da química, mas sim uma maneira de entender a química moderna relacionando seus princípios básicos e conhecimentos atualizados, de maneira a propiciar ao ser humano a possibilidade de avaliar inteligentemente suas chances de usufruir dos ambientes por tempo indeterminado, sem comprometer sua vitalidade e qualidade. A química ambiental promove a junção dos conhecimentos da biologia molecular, bioquímica e ecologia, como bases necessárias ao desenvolvimento de tecnologias limpas (Grisi, 2007, p.198).

São frentes de estudos da QA, de modo restrito, o solo, o ar e a água, respectivamente, litosfera, atmosfera e hidrosfera. Modernamente, como se demonstrará, a seguir, de modo irrestrito, a QA está às voltas com o desenvolvimento de tecnologias e inovações, no âmbito maior das CA, na construção de alternativas e soluções químicas para o presente e o futuro, de modo a manter a qualidade dos recursos do solo, do ar e da água, para a continuidade da vida no planeta, por isso, a QA dialoga com a biologia e a ciência dos produtos e serviços tecnológicos, bem como, da prática da química analítica, na busca de pesquisa e desenvolvimento laboratorial que permita, não somente, o controle (monitoramento) de poluição ou degradação, mas o construto de novas práticas químicas de preservação ambiental e busca de alternativas de uso responsável e de qualidade para o ser humano e para o ambiente das tecnologias e dos novos materiais sustentáveis.

Na Divisão de Química Ambiental da Sociedade Brasileira de Química, em seu site (<https://www.sbq.org.br>), QA é definida como uma área que

[...] estuda os processos químicos que ocorrem na natureza, sejam eles naturais ou ainda causados pelo homem, e que comprometem a saúde humana e a saúde do planeta como um todo. Assim, dentro desta definição, a Química Ambiental não é a ciência da monitoração ambiental, mas sim da elucidação dos mecanismos que definem e controlam a concentração das espécies químicas candidatas a serem monitoradas. Dentro desta premissa, a Química Ambiental expande os horizontes da química convencional dando a ela uma dimensão socioeconômica, além de propiciar parcerias encantadoras com outras áreas do conhecimento como a toxicologia, a engenharia sanitária e a biologia. Sendo assim praticada, a Química Ambiental revive a Química como uma ciência natural, atua como vetor de sua descompartmentalização e certamente deve ser encarada como a ferramenta mais poderosa no resgate da importância da Química como uma das ciências que mais benefícios têm trazido ao homem.

Sobre as tecnologias limpas citadas no Glossário (Grisi, 2007) a QA assume a responsabilidade de contribuir com essas tecnologias que vêm sendo propostas desde o Protocolo de Quioto, de 1997, em especial, para a redução de emissões de gás carbônico (CO₂), na busca de alternativas de energia e reflorestamento em escala mundial.

Das tecnologias à Química Verde (*Green Chemistry*) ou Química Sustentável que visa a produção de todas as necessidades humanas advindas da ciência química, mas que não impactam o ambiente e a vida humana e que tenham custos baixos e pouca produção de resíduos (ou lixo); a Química Verde traz a noção de química limpa ou tecnologia limpa. Contudo, vale afirmar que QA não é sinônimo de química verde (CGEE, 2010; Toma, 2015).

A Química Verde teve sua origem com Paul Anastas e John Warner (Anastas; Warner, 1998), químicos da Agência Ambiental Norte-Americana. A Química Verde foi reconhecida pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) e integra 12 princípios, segundo Toma (2015): 1) prevenção (evitar a produção de resíduos tóxicos ao humano, aos animais e ao meio ambiente de forma geral); 2) eficiência atômica (noção de aproveitamento integral dos reagentes numa reação química de escala industrial, na aplicação de produtos químicos sustentáveis no agro, por exemplo); 3) síntese segura sem nenhum prejuízo tóxico ao humano, aos animais e ao meio ambiente, como um todo; 4) desenvolvimento de produtos seguros (produtos químicos, sobretudo); 5) uso de solventes e auxiliares seguros o que exige pesquisa laboratorial para sua produção, evitando toxicidade; 6) busca pela eficiência de energia, de preferência com temperatura e com pressão ambientes; 7) uso de fontes de matéria-prima renováveis para pesquisas laboratoriais e de escala maior; 8) evitar a formação de derivados; 9) uso de catálise (aceleradores químicos) para se evitar reagentes estequiométricos; 10) produtos degradáveis substituídos ou projetados em tecnologias de biocompatibilidade; 11) análise em tempo real para a prevenção da poluição, ou seja, monitoramentos e controles; 12) química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes que envolvam produtos químicos, que se evite o caso, por exemplo, do Césio-137, em Goiânia, no ano de 1987 e, mais recentemente, a tragédia, da barragem de Mariana no ano de 2015.

Conforme Canela, Fostierb e Grassi (2017), a QA, como componente curricular, surge no Brasil no fim dos anos 1980, no Instituto de Química, da Universidade de Campinas (UNICAMP), no interior de São Paulo, mais precisamente, no ano de 1987. Foi decisivo, este componente curricular, que já se adiantava à Constituição Federal de 1988 ao posicionar a Educação Ambiental como prerrogativa educacional e política pública ampla, em todo o país (Artigo 225, § 1º, inciso VI). Contudo, suas primeiras versões como componente curricular na universidade, vieram sob a perspectiva das licenciaturas e a produção de material didático para a formação de professores que era uma urgência para aquele contexto e momento histórico.

Canela, Fostierb e Grassi (2017) apresentam a história da QA no Brasil também com o nascimento dos estudos laboratoriais da Química Analítica; químicos/as que atuavam, em campo,

também estavam presentes neste início da QA, mas não eram a maioria. Prevaleceu nesta primeira fase da QA o controle de elementos químicos na água, no ar e nos mais diversos espaços ambientais em que estão presentes os seres vivos.

Só em 1994, a importância e projeção da QA no Brasil vai ocupar relevância na Sociedade Brasileira de Química (SBQ) com a criação da já citada Divisão de Química Ambiental da SBQ; mas, eventos sobre o tema e outras instituições que passaram a existir, a partir desta década dos anos 1990, alimentadas pela expectativa de encontrar soluções químicas para os problemas ambientais mundiais e locais brasileiros, contribuíram para o estabelecimento da QA. Indaga-se, por exemplo, se terá a QA o objetivo de contrabalancear os pesos de culpa que sobre ela recaíram, no decorrer dos anos, em sua decisão em favor do capital industrial (pesquisa e desenvolvimento em todos os setores econômicos) em seu desdém ao meio ambiente e aos seres vivos, esquecendo-se do fator sustentável da produção química? Redimir-se, popularmente, enquanto área? Uma questão, sem respostas e que o tempo poderá ajudar a responder.

Na reflexão aqui proposta, sobre a participação da QA nas CA, sintetiza-se, logo adiante, os grandes tópicos da QA, no destaque à obra de Baird e Cann (2002) e o artigo de Mozeto e Jardim (2002):

Os fundamentos e dinâmicas da Química (dos elementos químicos em suas reações químicas) na atmosfera ou química atmosférica, por exemplo, os estudos sobre o efeito estufa, crescem as investigações sobre a poluição atmosférica, a ação e impacto de gases como nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), Argônio (Ar), gás carbônico (CO_2), Nélio (Ne), metano (CH_4) e o Hélio (He) (Fronzizi, 2008; Toma, 2015).

O campo de estudos sobre energia e mudanças climáticas que abarcam estudos sobre o efeito estufa, combustíveis fósseis (reservas de petróleo) e aquecimento global. Forte presença da Química Orgânica: compostos orgânicos no solo, como os fertilizantes, as correções químicas do solo etc. No âmbito da Química Nuclear estudos da radioatividade e a sua exploração, bem como, o uso do radônio (Rn). (Toma, 2015)

Frentes de estudos sobre a Química da Água (química aquática ou química da hidrosfera) e os temas sobre poluição dos rios, lagos e oceanos; a oceanografia química (Macêdo, 2000).

Estudos e aplicações no âmbito da engenharia de materiais na busca por materiais sustentáveis.

Química dos solos e resíduos, ou química da litosfera, ora estudados e investigados junto com a química de materiais (engenharia química e engenharia de materiais) ora, isoladamente; nestes estudos, se pesquisam sobre o ar e o solo, possíveis reações químicas com a água, por exemplo, que acidifica o solo, exigindo, assim, correções químicas para sua produtividade; a fixação de nitrogênio no solo; a presença de nutrientes no solo, com base nos seguintes principais elementos químicos destinados ao solo: N (nitrogênio), P (fósforo) e K (potássio) (macronutrientes; fertilizantes do solo, conhecidos e clássicos); Ca (cálcio), Mg (magnésio), S (enxofre) (nutrientes secundários) e B (boro), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês), V (vanádio) e Zn (zinco) (micronutrientes) (Toma, 2015).

Análise instrumental: a QA aplicada em escala de laboratório na busca de soluções e tecnologias (Macêdo, 2000; Pozza; Pentead, 2015).

Na química estratosférica, no Brasil, os estudos sobre a atmosfera datam do final do século XVIII. José Pinto de Azeredo escreveu sobre os impactos do CO₂ (ar fixo) no sistema nervoso. Apesar de não parecer configurar-se com algo próximo à QA, segundo Canela, Fostierb e Grassi (2017), foi um trabalho pioneiro para a conscientização de que o ar é importante para nossa vida na terra, um ar com qualidade e, por isso, os estudos ambientais deveriam estar na agenda de industriais e engenheiros, segundo os trabalhos de José Pinto de Azeredo. Uma importante referência está na obra de Álvarez Junior., Lacava e Fernandes (2002). Na instrumentalização, as pesquisas de controle sobre o ar (monitoramento) passaram a ocupar o trabalho da incipiente QA no Brasil, particularmente, em São Paulo, no começo dos anos 1970.

Nos anos que se seguiram, estudos em QA da Universidade de São Paulo (USP) começaram a elaborar modelagens de reações químicas na atmosfera da cidade de São Paulo que, na época, presenciava, o auge da industrialização. Da USP, o exemplo se espalha para as principais universidades das capitais do Brasil, o que permite o avanço desta frente da QA, incluindo, estudos de impactos do ar com o desmatamento de riquezas florestais como a Amazônia, a Mata Atlântica e o Cerrado; ou seja, a biodiversidade e seus alertas na qualidade do ar começam a se expandir. Nesse período, a Amazônia passou a ser o destaque em QA, dadas as preocupações mundiais com que os livros didáticos dos anos 1980 chamavam de o pulmão do mundo. Somam-se, os estudos sobre aerossóis e gases naturais biogênicos.

Atualmente, a QA se dedica aos estudos sobre a poluição na atmosfera nos temas ligados aos gases como SO₂ (dióxido de enxofre), NO (óxido nítrico), O₃ (ozônio), NH₃ (Amônia), aerossóis, materiais/partículas (material particulado atmosférico: MP) e os PTS⁵, MP10 e MP2,5⁶; inclui a análise química das precipitações e de resíduos sólidos em suas reações químicas no ar, impulsionadas pela pesquisa e desenvolvimento de indústrias de fabricação de carros, especialmente.

No destaque à frente de estudos sobre energia e mudanças climáticas, a QA vem contribuindo com os debates ao entorno da crise energética mundial, incluindo a crise brasileira, neste setor, com o impacto direto advindo das mudanças climáticas. Os seguintes desastres ambientais das mineradoras, também, impulsionaram a temática da energia, no interior da QA, sobretudo, nos problemas da contaminação química nos solos e na água e, sobretudo, os problemas sociais e humanos que são efeitos em cascata. A QA, assim, para a energia (energia renovável, energia sustentável), possui o desafio, de encontrar soluções sustentáveis, por conta, não só, das questões da produção humana devastadora, mas, em especial, por conta, diretamente, de forças naturais, as mudanças climáticas, que, na verdade, não

⁵ Partículas Totais em Suspensão. Junto com os Materiais Particulados, são parâmetros de medida da qualidade do ar. São definidos pela Resolução Conama nº 506/2024.

⁶ Material Particulado (MP). MP10; o numeral 10 e 2,5 indicam o tamanho do material particulado, precisamente, o diâmetro aerodinâmico médio das partículas, em µm (unidade de medida).

deixam de ser um investimento devastador da humanidade e, pode-se tratar como um fenômeno natural, não controlável. Possivelmente, os estudos sobre a energia e suas alternativas, na QA, podem estar aproximados à Química Verde, na proposição de tecnologias limpas.

Em Química da Água (Macêdo, 2000), os primeiros estudos, datam do final dos anos 1970, também, em São Paulo, com estudos iniciais sobre o BHC⁷ e DDT⁸ na água utilizada pelos paulistanos; os estudos posteriores em QA se ocuparam e se ocupam em investigar os metais na água, como Hg (mercúrio), Cd (cádmio), Cu (cobre), Pb (chumbo), Cr (cromo) e Zn (zinco). A QA, atualmente, busca novas tecnologias e experimentos que se dedicam ao tema da química da água sob a temática da Química Verde (Canela et al., 2017).

Estudos da oceanografia também tem sido uma das preocupações dos estudos da QA; pode-se citar como um dos primeiros trabalhos de pesquisas analíticas em QA, o trabalho de Baumgarten, Rocha e Niencheski (1996), os trabalhos de Libes (2009) e, mais recentemente, o trabalho de Silva (2024). O olhar da QA para os estudos sobre materiais, a interdisciplinaridade com a engenharia de materiais é uma constante na área e que não pode ser ignorada, na medida em que se aproxima, cada vez mais, da proposta da Química Verde em que todo produto originário da pesquisa em QA deve estar atenta à sustentabilidade.

Solos e resíduos ou Química da Litosfera, os estudos se dedicam às reações químicas presentes no solo, no impacto do crescimento das plantas e a preocupação com a qualidade de plantações, além dos já citados, corretores da qualidade e vida dos solos, o trio NPK. Até os anos 1980 a poluição era atribuída ao ar e pouco se pensava que o solo também estava recebendo alterações químicas contaminantes como resultado de atividades antrópicas, ou seja, aquelas da agricultura, da indústria, da mineração, descarte de lixo etc. São estudos que analisam a presença no solo do N (nitrogênio), do P (fósforo); metais e semi-metais tais como Cd (cádmio), Cr (cromo), Hg (mercúrio), Pb (chumbo) e As (arsênio); óleos e derivados; ácidos inorgânicos e elementos radioativos.

Em análise instrumental (Pozza; Penteado, 2015), dada a herança da Química Ambiental com a Química Analítica, vale ressaltar os estudos laboratoriais e de campo voltados ao monitoramento e controle ambiental químico, ou das análises de controles ambientais químicos. Práticas de monitoramento, da escala laboratorial aos espaços geográficos, há um conjunto de tecnologias para um olhar sustentável no meio aquático, investigando por exemplo, alguns parâmetros químicos, como alcalinidade, dureza, presença de metais, de nutrientes, pH (potencial hidrogênio) etc. (Pozza; Penteado, 2015).

Nos tópicos até aqui apresentados sobre a abrangência da QA como CA já é possível perceber a forte indicação da Química Verde, em seus doze princípios; em cada um destes tópicos da QA propostos como fundamentos é que a contribuição da ciência Química, ao se configurar como CA, promove um

⁷ Hexaclorobenzeno, um tipo de pesticida contra insetos, mas que não são mais usados.

⁸ Diclorodifeniltricloroetano: um pesticida mais atualmente utilizado.

novo olhar para o trabalho do químico/a, nesta ciência, qual seja atualmente o de promover um modo de vida sustentável, com diminuição, ao máximo, do atual modelo de desenvolvimento que pouco se preocupa com a continuidade da vida no planeta, sobretudo, alguns setores econômicos que pouco investem em tecnologias limpas e seguem os princípios da Química Verde que, aparentemente, guia a QA como área de pesquisa e de produção de conhecimentos de tecnologias e de inovação para o solo, para a água e para o ar.

Para encaminhamento à última seção deste ensaio, vale ressaltar que, para além do guia da Química Verde, a QA lida e precisa lidar com a legislação ambiental – num primeiro momento histórico foi descartado, mas, agora, faz muito sentido, seus estudos como subsídios à QA, mas, também, como frente ou proposta de elaboração de leis, a partir de suas descobertas, experimentos; atualmente, há várias resoluções e portarias oficiais que regulamentam, por exemplo, o tratamento de resíduos por empresas/indústrias; formas de extração, industrialização e mobilidade de materiais metálicos em mineradoras, dentre outras. Sobre esses pontos do que poderia a QA se debruçar, para fins dos encaminhamentos às três trilhas de investigação, Mozeto & Jardim (2002) sugerem à QA:

- estudos descritivos do funcionamento de um ecossistema e impactos da presença humana;
- investigações do tipo Estudos de Caso numa mesma problemática;
- estudos sobre legislação ambiental;
- pesquisas sobre toxicologia nas comunidades aquáticas e terrestres e implicações à saúde humana (e dos animais): toxicidade, por exemplo, com os metais (Hg, Cd, Pb, Ar);
- estudos integrativos e interconexos em todas as possibilidades de interação abiótica, biótica, socioeconômica e cultural;
- estudos e investigações teóricas: marco teórico, atualização em pesquisas bibliográficas, a apontar atualidades e tendências;
- estudos sobre as fontes industriais (em especial, resíduos), frentes agrícolas e de pecuária (agronegócio) na busca de alternativas à destruição ambiental daí decorrentes, com inovações para monitoramento e práticas de recuperação e sustentabilidade, coerentes com a legislação ambiental e a ciência química;
- estudos que abandonem o caráter paliativo dos resíduos e sejam criados mecanismos de eliminação de resíduos no retorno à natureza;
- identificação nos estudos e investigações das escalas local, regional, nacional e mundial, ao lado, das considerações totais da biosfera (ar, solo e água).

A partir dos tópicos de base dos estudos da QA, no interior das CA é possível, então, como proposta deste texto, se trazer/evidenciar/apontar três trilhas de pesquisa para a pós-graduação. Trilha 1: levantamento dos impactos químicos, como diagnóstico e como prevenção, na terra, na água, no ar,

na biodiversidade; pensar propostas tecnológicas e de inovação, de governança e gestão públicas, para soluções presentes e para orientar as novas produções e descobertas, com finalidades sustentáveis para o futuro, no cuidado do solo, do subsolo (e da água aí presente), das águas e do ar. Neste aspecto, a modelagem de reações químicas, tanto para o diagnóstico, como para construção de previsões que atendem à Química Verde, devem estar na mira dos pesquisadores/as nestes estudos da Trilha 1.

Para a Trilha 2: para cada elemento da QA, haver um entrelaçamento direto à Química Verde e à sustentabilidade na organização de pesquisas que tanto possam serem aplicadas imediatamente ao momento da atual crise climática, como possam fomentar a reflexão dos químicos/as nos temas ambientais, com um enfoque nas CA. E, neste sentido, ser uma trilha da “inovação”, ou seja, propor para o presente e para o futuro em que a QA dê uma ênfase à novas possibilidades de vida, em que a química aponte para a sustentabilidade, portanto, gerar novas produções de materiais, novos modelos de desenvolvimento, desenvolvimento limpo, desenvolvimento verde e uma nova relação com o capital, por exemplo, consumo, lixo etc.

Por, último, a trilha 3, a QA aproximar-se da educação e da formação dos profissionais da indústria e da economia, incluindo, o poder público, no sentido já apontado pela Educação Ambiental, na substituição do atual modelo de desenvolvimento, em que não basta uma educação em meio ambiente sem a educação da indústria e do industrial, sem a educação da economia e dos economistas (os bancos exploradores do capital); esta é uma discussão muito polêmica, difícil, pois o capital disfarça seu real objetivo que é o de serem mantidas as desigualdades, o lucro e o benefício acima dos efeitos nefastos à natureza, de modo amplo; os estudos das frentes em QA, nesta trilha, teriam, como foco da inovação, o potencial social, como uma ação integrada, em escala mundial. Daí que a Trilha 3 exige uma cultura em QA mais ampla junto às CA e, neste sentido, sem uma QA em escala analítica laboratorial e sem o finco nas realidades locais, todos os esforços da QA nas CA continuarão sendo esforços vetoriais isolados, descontraídos, tensionados, tangentes ou singelas publicações de dissertações e teses que ficam apenas nos drives e repositórios online das universidades, sem efeito social e político, algum.

O que talvez uniria as três trilhas seria a possibilidade de construção de uma visão ampla da responsabilidade social da universidade e da indústria, não uma responsabilidade social disfarçada, de falácias, mas, real, no sentido de que todo investimento público e o investimento privado, bem como, o investimento público-privado, em soluções ambientais químicas, retornem, de fato, como produtos para todos e todas, como bem-comum social, local e global. Embora, as trilhas, sejam ideias, reconhecidamente, utópicas, inacessíveis, resultantes de um texto teórico, ficam aqui como sugestões para as pesquisas na pós-graduação com a QA, uma ciência química no interior das CA. Acredita-se, na visão construída neste artigo, que a QA é capaz de pensar e projetar ações efetivas, em suas diversas frentes aqui apresentadas que os investimentos financeiros nelas imputadas podem retornar como potenciais bem feitorias e bem viver do ser humano com as tecnologias e inovações, no uso da água e na promoção de maior qualidade do ar, nas cidades e nos campos (solos).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da problemática construída, em que se afirmou, não se tratar de um estudo aprofundado, mas de uma primeira e pequena aproximação teórica, conclui-se: a QA no interior das CA proporciona para a grande área das CA e à sociedade, em geral, três trilhas de pesquisas na e para a pós-graduação no Brasil que contribuem para os estudos e a promoção de políticas públicas que colocam a relação ambiente e sociedade (pessoas), perpassada pela ciência química, a ciência química ambiental.

Encaminha-se, portanto, nas três trilhas de e para pesquisas, em e para programas de pós-graduação da grande área das CA, investigações que possam trazer, primeiramente, soluções tecnológicas e de inovação, de maneira imediata, pensando, os problemas atuais no meio ambiente; em segundo lugar, soluções em tecnologias e inovações, no tocante à preservação de biodiversidades, no avanço e consolidação do agro (com sustentabilidade e distribuição da riqueza/as); serem permitidas que as trilhas de pesquisa em pós-graduação nas CA, com a QA, aqui apresentada, estejam concentradas em projetos químico-ambientais amplos, de projeções de impactos positivos no meio ambiente, no sentido da manutenção da máxima da sustentabilidade com uso e preservação dos recursos naturais ainda não destruídos pela ação humana e que, mesmo utilizados pela indústria privada e pública possam ser tratados quimicamente sob o viés ambiental, no cuidado do ar, do solo e de nossas águas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Junior., O. M., Lacava, C. I. V., & Fernandes, P. S. (2002). Emissões atmosféricas. Brasília: Senai/DN.
- Anastas, P.T., & Warner, J. (1998). Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press: Oxford.
- Bailey, R. A., Clark, H. M., Ferris, J. P., Krause, S., & Strong, R. L. (2002). Chemistry of the environment. San Diego: Academic Press.
- Baird, C., & Cann, M. (2002). Química Ambiental. São Paulo, Bookman.
- Baumgarten, M. G. Z., Rocha, J. M. B., & Niencheski, F. F. H. (1996). Manual de análises em oceanografia química. Rio Grande: Furg.
- Benn, F. R.; McAuliffe, C. A. (1981). Química e poluição. Editora da USP.
- Braga Junior., B. P. F., Hespanhol, I., Lotufo Conejo, J. G., Barros, M. T. L. de, Veras Junior, M. S., & Porto, M. F. do A... (2002). Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Prentice Hall.
- Branco, S. M. (1995). Poluição do ar. São Paulo, Ed. Moderna.
- Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B.E., & ... (2005). Química: a ciência central. São Paulo: Pearson.
- Cachapuz, A., Gil-Perez, D., Carvalho, A. M. P. de, Praia, J., & Vilches, A. (2005). A necessária renovação do ensino das ciências. São Paulo: Cortez.
- Canela, M.C., Fostierb, A.H., & Grassi, M.T. (2017). A química ambiental no Brasil nos 40 anos da SBQ. Química Nova, 40(6), 634-642. <https://repositorio.usp.br/item/003008254>

- Capes. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. (2019). Documento de Área, Área 49, Ciências Ambientais. Brasília: Capes. <https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/sobre-a-avaliacao/areas-avaliacao/sobre-as-areas-de-avaliacao/colegio-de-ciencias-exatas-tecnologicas-e-multidisciplinar/multidisciplinar/ciencias-ambientais>
- CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. (2010). Química verde no Brasil: 2010-2030. Brasília, DF: CGEE.
- Cunha, S.B., & Guerra, A.J.T. (2009). A questão ambiental: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Derísio, J. C. (2012). Introdução ao Controle de Poluição Ambiental. São Paulo: Sigmus.
- Frota, E.B., & Vasconcelos, N.M.S. Química ambiental. (2019). Fortaleza, CE: Editora UECE.
- Frondizi, C. A. (2008). Monitoramento da qualidade do ar: teoria e prática. Rio de Janeiro: E-papers,
- Gil, J. A., Ayala, R. S., & Martínez, A. L. P. (2022). Química para ciencias de la tierra: fundamentos y aplicaciones. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.
- Gil, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo, Atlas.
- Grisi, B.M. (2007). Glossário de ecologia e ciências ambientais. João Pessoa: Editora.
- Leff, E. (2012). Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade e Poder. Petrópolis, Ed. Vozes.
- Lena, P., Nascimento, E.P. ... &. (2012). Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade. Rio de Janeiro: Garamond.
- Libes, S. (2009). Introduction to Marine Biogeochemistry. Academic Press. 2nd. Ed.
- Macêdo, J. A. B. (2000). Águas & águas. Juiz de Fora: Ortofarma.
- Manahan, S.E. (2005). Environmental Chemistry. Boca Raton: CRC.
- Medeiros, S. B. (2005). Química Ambiental. Recife. SBMedeiros.
- Melo Alvares Junior, O., Vianna Lacava, C.I., & Fernandes, P.S. (2002) Emissões atmosféricas. SENAI.
- Miller, G.T. & Spoolman, S.E. (2016). Ciência ambiental. Rio de Janeiro: Cengage Learning.
- Mozeto, A. A. J., & Jardim, W. F. (2002). Química Ambiental no Brasil. Química Nova , 25 (Sup. 1, Esp.), 7-11. https://quimicanova.sbq.org.br/pdf/SBQ-25AnosVol25Sup1Especial_7_01
- O'Neill, P. (1988). Environmental Chemistry. Chapman & Hall.
- Pozza, S.A., Penteadó, C.S.G. (2015). Monitoramento e caracterização ambiental. São Carlos: Edufscar.
- Pereira, D.M.O., ... &. (2020). Percepção dos discentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA, sobre a educação ambiental. In: Hayashi, C. ... &. (2020). Ciências ambientais: gestão e educação ambiental. Ribeirão Preto, SP: Carmino Hayashi. p. 125-138.
- Philippi Junior, A., Tucci, C.E.M., Hogan, D.J., & Navegantes, R. (2000). Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais. São Paulo: Signus.

- Rocha, J.C., Rosa, A.H., & Cardoso, A.A. (2009). Introdução à química ambiental. Porto Alegre: Bookman.
- Sampaio, C.C., Philippi Junior, A., & Sobral, M.C. (2023). Impacto das ciências ambientais na Agenda 2030 da ONU: volume II. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.
- Sen, A. Desenvolvimento como Liberdade. (2000). São Paulo: Companhia das Letras.
- Silva, C.A.R. (2024). Oceanografia química. Rio de Janeiro: Interciência.
- Silva Lora, E. E. (2000). Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte. Editado pela ANEEL.
- Stoker H. S., Seager, S. (1981). Química ambiental: contaminación del aire y del agua. Ed. Blumes, Barcelona.
- Toma, H.E. (2015). Química bioinorgânica e ambiental. São Paulo: Blucher.
- Wark, K., & Warner, C.F. (1981). Air pollution: its origin and control. New York, USA, Ed. Harper & Row.

***Bacillus aryabhattai* e biofertilizante AFERT no desenvolvimento de híbrido de milho no Cerrado-Mato-Grossense**

Recebido em: 06/09/2025

Aceito em: 16/09/2025

 10.46420/9786585756662cap4

Gabriel de Freitas Lima 

Adriano Rasia Maas 

Beatriz Freitas de Souza 

Lamayson Gabriel Schirrmann Bronstrup 

Carlos Eduardo da Silva Oliveira 

Alan Mario Zuffo 

Fábio Steiner 

Jorge González Aguilera 

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie monocotileônea, diplóide e alógama da família Poaceae (Fageria, 1989). A cultura está entre os cereais mais cultivados mundialmente, devido seu elevado potencial produtivo e importância na alimentação humana e animal (FAO, 2023). O Brasil destaca-se como terceiro maior produtor, superado apenas pelos Estados Unidos e China. No ano agrícola de 2022/23 a produção brasileira foi de 109 milhões de toneladas em uma área de 21 milhões de hectares (FAOSTAT, 2024, CONAB, 2024). Grande parte dos avanços produtivos que tem experimentado a cultura é resultado do melhoramento de plantas e a introdução de técnicas e avanços biotecnológicos (Borém et al., 2021)

A cultura para seu normal desenvolvimento demanda de uma série de fatores entre os que se destaca a disponibilidade hídrica ao longo da cultura. O requerimento mínimo de água pela cultura é de 350 - 550 mm, sendo que quantias inferiores a essas causam estresse hídrico que reduz o vigor vegetativo e reprodutivo, além de alterar o sincronismo de florescimento das inflorescências masculinas e femininas determinante para que aconteça a fecundação e a formação da espiga (Wan et al., 2000). O déficit hídrico se ocorrer entre os estádios de 4 e 12 folhas pode reduzir sensivelmente o tamanho da espiga e, conseqüentemente, o rendimento de grãos. Dessa forma, deficiências hídricas durante o desenvolvimento da cultura podem afetar o estabelecimento das plantas, sendo possível retardar ou até mesmo paralisar o crescimento vegetal (Andrade et al., 2006).

Uma das estratégias mais promissoras para atenuar os efeitos do déficit hídrico em diferentes culturas agrícolas tem sido o uso de bactérias promotoras do crescimento vegetal. Estudos recentes têm demonstrado resultados positivos em espécies como milho (Da Silva et al., 2023; De Oliveira et al., 2023), *Glycine max* (Bárbaro-Torneli et al., 2023; De Castro; Da Silva, 2023), *Vigna unguiculata* (Palma-Velásquez

et al. 2023), *Oryza sativa* (Joshi et al., 2020), entre outras. O uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), usadas como biofertilizantes ou bio-remediadoras de estresse tem recebido atenção em várias culturas (Ramakrishna et al., 2019). As BPCP podem melhorar a produtividade das culturas e a fertilidade do solo, prática sustentável que não exerce qualquer impacto negativo no ambiente. Ademais, podem reduzir a disponibilidade de substâncias tóxicas, metais pesados, e aumentar a disponibilidade de nutrientes pelas plantas, como fósforo (P) e nitrogênio (N) (Lu et al., 2021).

Radhakrishnan et al. (2017) relataram que *Bacillus* sp. confere tolerância à seca no milho, demonstrando que estas bactérias são ferramentas biológicas importantes para a sobrevivência em condições ambientais adversas. Números *Bacillus* sp. [*Bacillus aryabhattai* (De Castro, Da Silva, 2023; Castelo Sousa et al., 2023), *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (Cotrim et al., 2023), *Bacillus firmus* (Kielek; Lazaretti, 2023), *Bacillus licheniformis* e *Bacillus aryabhattai* (Nakatani et al., 2024), *Bacillus subtilis* (Fidélis et al., 2023), *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (Oliveira et al., 2024), entre outras combinações] tem sido amplamente utilizada em estudos recentes para melhorar o desempenho das culturas sob condições climáticas adversas (Afzal et al., 2020). Afzal et al. (2020) apontaram que os metabólitos e as propriedades de esporulação das espécies de *Bacillus* as tornam um dos biofertilizantes mais eficazes na agricultura. García et al. (2017) observaram que a inoculação de plântulas de milho com bactérias tolerantes ao estresse osmótico melhora o crescimento das plantas sob limitações hídricas.

Os impactos negativos promovidos pelo déficit hídrico no crescimento das plantas poderiam ser diminuídos pela inoculação de sementes com bactérias do gênero *Bacillus* spp. ao melhorar o potencial hídrico do solo, e aumentar a estabilidade agregada (Joshi et al., 2020). As bactérias promovem incremento na biomassa da parte aérea e da raiz que facilitam a absorção de água e nutrientes em plantas expostas ao estresse hídrico (Radhakrishnan et al., 2017; NIU et al., 2018).

A adubação constitui uma estratégia segura que permite o estabelecimento das culturas e determina a produtividade. O uso de adubos organominerais vem crescendo como alternativa sustentáveis de diminuição dos adubos químicos, promovendo boas respostas em culturas como soja (Ferão et al., 2025), alface (Fonseca et al., 2025), milho (Bérgamo et al., 2025), café (Mota et al., 2025), pastagens (Dos Santos Caitano et al., 2025), entre outras culturas. O objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito da combinação de doses da bactéria *Bacillus Bacillus aryabhattai* e do uso do biofertilizantes AFERT no desenvolvimento de um híbrido de milho nas condições de solo arenoso no Cerrado-Mato-Grossense.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade de Cassilândia, MS (19°05'20" S; 51°48'24" W e altitude média de 510 m), no período de agosto de 2024 a julho de 2025.

O delineamento foi realizado em blocos casualizados em arranjo fatorial 5 x 2 com quatro repetições. Um primeiro fator será constituído por cinco doses (0, 10, 20, 30 e 40 ml) da bactéria *Bacillus aryabhattai*, um segundo fator será constituído pela adubação com dois níveis, usando adubação química convencional e adubação com biofertilizantes AFERT (Figura 1). A bactéria *B. aryabhattai* foi aplicada com um volume variável associado com a doses aplicada por parcela com auxílio de uma bomba costal de 20 litros. O produto empregado foi Acta Ary® (Acta Bio, Jaboticabal, São Paulo) contendo *B. aryabhattai* isolado CMAA 1363, com uma concentração mínima de 1.0×10^9 unidades formadoras de colônia por mililitro de inoculante (UFC mL⁻¹).



Figura 1. Imagem ilustrativa da disposição dos tratamentos relacionados com a adubação com o biofertilizantes AFERT e a adubação química empregada no experimento.

AFERT, é um biofertilizante que tem uma mistura do material orgânico e biológico com os nutrientes minerais, encapsulados em um polímero hidrorretentor. O biofertilizante não apenas tem NPK no pellet, mas também possui todos os elementos necessários como macro e micronutrientes em quantidades suficientes e necessárias para a saúde e desempenho do solo e a produção da cultura (AFERT, 2025). As doses de adubo aplicadas nos tratamentos foram de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) para a adubação química e de 267 kg ha⁻¹ de biofertilizante AFERT para a adubação organomineral, ambas realizadas na semeadura. Adicionalmente, 14 dias após a semeadura, procedeu-se à adubação de cobertura no tratamento químico convencional, com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de Nitrogênio (N) e 60 kg ha⁻¹ de Potássio (K).

O solo é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico Latossólico (NQo) de textura arenosa (120 g kg⁻¹ de argila, 40 g kg⁻¹ de silte e 840 g kg⁻¹ de areia). Inicialmente foi coletada uma amostra e

verificado as propriedades físicas e químicas da camada de 0-20 cm e de 0,20-0,40 para verificar necessidade de calagem e gessagem, assim como, a demanda de adubação e os dados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental.

P-resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S8	S-SO ₄
mg/dm ³	%		mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mg/dm ³
5	9	5.0	1.2	10	6	16	2	17.2	9
*Baixo	*Alto	*Médio	*Médio	*Médio	*Médio	*Alto	*Médio	*Alto	*Médio
CTC	V	Ca/CTC	Mg/CTC	Al/CTC	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mmolc/dm ³	%	%	%	%	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³
33.2	52	30	18	10	0.08	0.5	16	1.0	0.2
*Alto	*Médio	*Alto	*Baixo	*Alto	*Baixo	*Médio	*Alto	*Baixo	*Baixo

* Interpretações dos teores. P-resina: Fósforo, MO: Massa Orgânica, pH: ph do solo, K: Potássio, Ca :Cálcio, Mg: Magnésio, H+Al: Acidez Potencial, Al: Alumínio, S8: Soma de Bases, S-SO₄: Enxofre, CTC:Capacidade de Troca Catiônica, V:Saturação por Bases, Ca/CTC: relação Ca e CTC, Mg/CTC: relação Mg e CTC, Al/CTC: Saturação por Alumínio, B: Boro, Cu: Cobre, Fe: Ferro, Mn: Manganês, Zn: Zinco.

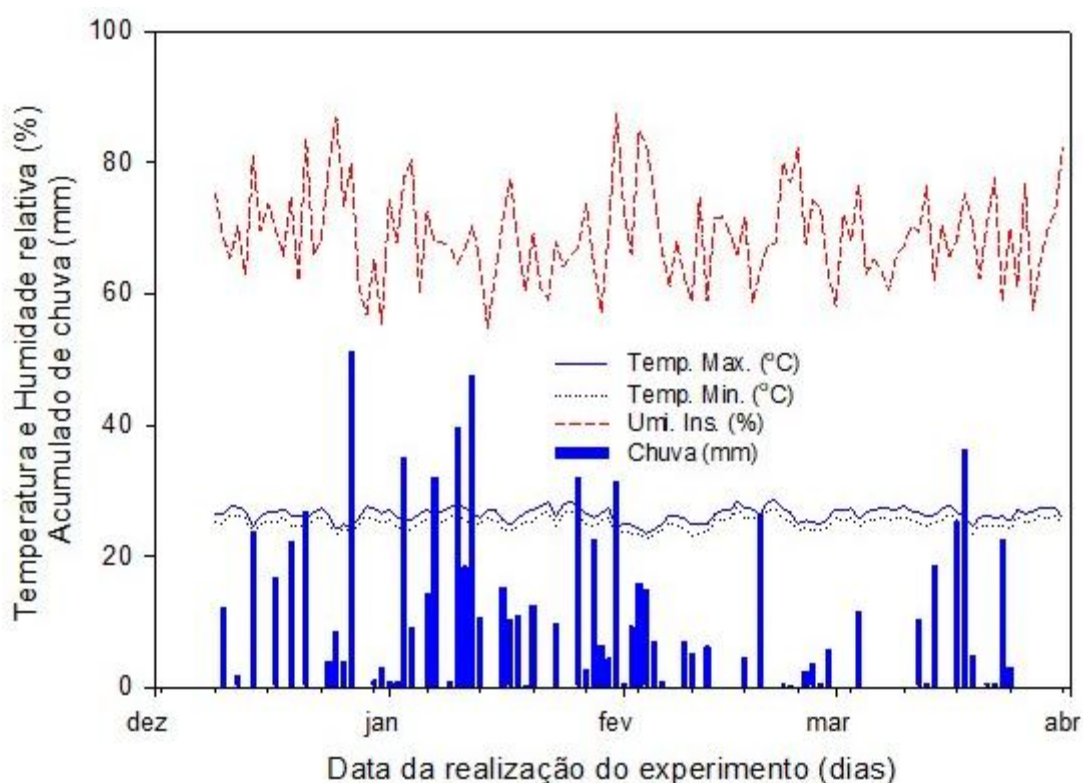


Figura 2. Dados de temperatura máxima, mínima, unidade relativa e acúmulo de chuva registrado durante a realização do experimento em Cassilândia, MS.

O plantio do milho foi realizado com semeadora KF de 5 linhas, acoplada a um trator modelo Solis 90 por meio do engate de três pontos. O trator Solis 90 possui um motor de 4 cilindros, turbo com *intercooler*, injeção direta e sistema de tratamento de gases de escape, oferecendo uma potência de 90 cv, cilindrada de 4.087 cc e torque máximo de 360 Nm a 1.300 rpm, com transmissão de 12 marchas à frente

e 12 à ré (reversor sincronizado). A semeadora é equipada com caixa de adubo e caixa de sementes com discos horizontais operando por gravidade. A densidade de semeadura foi ajustada para estabelecer uma população de 4 plantas por metro. Cada parcela foi constituída por cinco linhas de 4,0 m, com espaçamento de 0,50 m entre linhas. A irrigação do experimento foi natural e os dados pluviométricos são descritos na Figura 2. O controle de pragas e doenças foi realizado segundo a necessidade de aplicação para não comprometer o resultado esperado da pesquisa.

No florescimento pleno da cultura foi avaliado em cada parcela as variáveis relacionadas com a fotossíntese e medida a taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E) e concentração interna de CO_2 (Ci), e com elas, determinado a eficiência do uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso da água (iWUE), e a eficiência instantânea da carboxilação (iCi). As medições foram feitas com equipamento analisador de trocas gasosas infravermelho portátil (LCi, ADC Bioscientific, Hertfordshire, Reino Unido).

No momento da coleta das espigas quando elas tinham em torno de 20% de umidade foi aferido em 5 plantas dentro de cada parcela, a altura da planta (AP, m), e altura da inserção da primeira espiga (AIE, m). Dentro de cada parcela cinco espigas foram colidas e nelas aferido o comprimento da espiga (CE, cm), diâmetro da espiga (DE, mm), número de fileiras por espiga (NFE, unidade), número de grãos por fileira (NGF, unidade), massa de 100 grãos (P100, g), e o rendimento de grãos (RG, kg ha^{-1}) ajustado para 13% de umidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software estatístico RBio (Bhering, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (ANOVA) revelou efeitos significativos para a interação dos fatores testados (F x B) sobre as variáveis fisiológicas (Ci, E, gs, A, WUE., iCi, iWUE), já para as variáveis relacionadas com o crescimento do híbrido de milho em condições de solo arenoso no Cerrado Matogrossense apresentaram variação apenas para o fator bactéria (Tabela 2). Os coeficientes de variação para as variáveis analisadas demonstraram boa precisão experimental, variando de 3,54% a 12,6%.

Os resultados mostram que a interação de ambos os fatores (F x B) é o principal responsável pelas diferenças observadas nas variáveis fisiológicas no florescimento pleno, com efeito altamente significativo sobre A, gs, E, Ci e nas eficiências de uso da água (WUE e iWUE). A elevação de gs e E indica, na maioria dos casos, maior abertura estomática e fluxo de água, o que se relaciona com o aumento da assimilação fotossintética (A) observado em doses eficazes de inoculação. Esses achados corroboram estudos que relatam incremento na produtividade e em características fenotípicas do milho após inoculação com *B. aryabhatai*, especialmente quando a aplicação é realizada em tratamento de sementes

associada a cobertura no estágio V4, regime que gerou aumento de produtividade relevante em campo (De Souza et al., 2025).

Tabela 2. Resumo do ANOVA obtido ao avaliar o efeito do organomineral AFERT e da bactéria *B. aryabhattai* no desenvolvimento de um híbrido de milho em condições de solo arenoso no Cerrado-Mato-Grossense.

FV*	GL	P-value								
		Ci (vpm)	E (mmol s ⁻¹)	m ⁻²	g ^s (mol m ⁻² s ⁻¹)	A (μmol s ⁻¹)	m ⁻²	WUE	iCI	iWUE
Fertilizante (F)	1	0,007	0,322		0,348	0,211		0,0334	0,002	0.675
Bactéria (B)	4	0,000	0,002		0,011	0,000		0,000	0,000	0.000
F x B	4	0,000	0,000		0,002	0,000		0,039	0,000	0.007
CV (%)		7.11	4,69		11,76	6,88		6,19	12,6	8,8

FV	GL	P-value							
		CE (cm)	DE (mm)	NFE (unidade)	NGF (unidade)	NGE (unidade)	P100 (g)	Rend (kg ha ⁻¹)	
Fertilizante (F)	1	0,706	0,075	0,388	0,341	0,848	0,341	0.664	
Bactéria (B)	4	0,004	0,018	0,677	0,006	0,016	0,705	0.007	
F x B	4	0,812	0,771	0,663	0,968	0,692	0,340	0.819	
CV (%)		5.57	3,54	4,71	5,3	6,31	6,7	11,89	

*FV: fontes de variação, GL: graus de liberdade, CV: coeficiente de variação, Ci: concentração interna de CO₂, E: taxa de transpiração, gs: condutância estomática, A: fotossíntese líquida, iWUE: eficiência intrínseca do uso da água, WUE: eficiência do uso da água, iCi: eficiência instantânea da carboxilação, CE: comprimento da espiga, DE: diâmetro da espiga, NFE: número de fileiras por espiga, NGF: número de grãos por fileira, NGE: número de grãos por espiga, P100: massa de 100 grãos, Rend.: rendimento de grãos.

A interação F × B foi significativa para todas as variáveis fisiológicas, indicando que a combinação modula a fisiologia de forma aditiva (Tabela 3). Estudos com associação de organomineral e *Bacillus* também observaram aumento de massa seca radicular, parte aérea e atividade enzimática, evidenciando que o organomineral pode favorecer a ação microbiana (Bortonio, 2023; Vieira et al., 2021). Contudo, assim como no presente trabalho, essa interação fisiológica não se refletiu diretamente em incremento de rendimento no mesmo ciclo, o que pode ser explicado por fatores edafoclimáticos ou limitações hídricas na condução do experimento (Fagotti, 2023), principalmente na fase de enchimento dos grãos.

A taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) apresentou aumento em algumas doses de *B. aryabhattai*, com destaque para 10 mL no tratamento mineral e 30 mL no tratamento organomineral, ambos superiores aos respectivos controles. Esse incremento na taxa fotossintética indica maior eficiência no processo de conversão de energia, fundamental para o desenvolvimento da cultura. Resultados semelhantes foram relatados por De Souza et al. (2025), que verificaram aumento significativo na taxa fotossintética do milho em doses intermediárias da bactéria, especialmente quando associado a práticas de manejo hídrico adequado.

Tabela 3. Médias das variáveis associadas a capacidade fotossintética de um híbrido de milho desenvolvido ao avaliar o efeito do biofertilizante AFERT[®] e da bactéria *B. aryabhattai* em condições de solo arenoso no Cerrado-Mato-Grossense.

Bactéria (mL)	Ci (vpm)*		E (mmol m ⁻² s ⁻¹)		gs (mol m ⁻² s ⁻¹)	
	Mineral	Organomineral	Mineral	Organomineral	Mineral	Organomineral
0	75,00 Ba	41,67 Eb	7,02 Aa	6,41 Bb	0,21 Aa	0,18 Ba
10	67,00 Ba	63,00 Ca	7,06 Aa	5,54 Cb	0,25 Aa	0,19 Bb
20	83,33 Ab	92,67 Aa	6,17 Bb	6,98 Aa	0,23 Aa	0,27 Ab
30	71,00 Ca	51,33 Db	7,07 Aa	7,30 Aa	0,22 Aa	0,26 Aa
40	51,00 Bb	72,33 Ba	6,31 Ba	6,82 Aa	0,19 Ab	0,25 Aa
	A (μmol m ⁻² s ⁻¹)		WUE		iCI	
0	29,59 Ba	32,67 Ba	4,22 Bb	5,05 Aa	0,40 Bb	0,78 Aa
10	38,49 Aa	29,08 Bb	5,46 Aa	5,25 Aa	0,57 Aa	0,46 Ba
20	28,54 Ba	31,22 Ba	4,63 Ba	4,48 Ba	0,34 Ba	0,34 Ca
30	36,01 Ab	40,21 Aa	5,09 Aa	5,51 Aa	0,51 Ab	0,79 Aa
40	29,50 Bb	34,61 Ba	4,67 Ba	5,07 Aa	0,58 Aa	0,48 Ba
	iWUE					
0	140,95 Bb	182,54 Aa				
10	152,45 Aa	153,86 Ba				
20	122,96 Ba	115,71 Da				
30	161,94 Aa	154,96 Ba				
40	158,08 Aa	139,44 Ca				

*Ci: concentração interna de CO₂, E: taxa de transpiração, gs: condutância estomática, A: fotossíntese líquida, WUE: eficiência do uso da água, iCI: eficiência instantânea da carboxilação, iWUE: eficiência intrínseca do uso da água.

A condutância estomática (gs) e a taxa de transpiração (E) também foram influenciadas significativamente pela bactéria e pela interação entre fertilizante e bactéria. Doses intermediárias, como 20 mL e 30 mL no tratamento organomineral, mantiveram ou aumentaram gs em relação ao controle, evidenciando resposta adaptativa ao estresse hídrico que possibilita entrada de CO₂ sem perdas excessivas de água. Esse comportamento é compatível com os achados de Vieira et al. (2021), que observaram modulação estomática em mudas de café inoculadas com *Bacillus* spp. sob déficit hídrico, e também com Bortonio (2023), que relatou maior condutância e transpiração em milho inoculado com *B. aryabhattai* em associação a fertilizantes organominerais.

As eficiências de uso da água apresentaram variações importantes. Para WUE, destacaram-se as doses de 10 mL no tratamento mineral e 0, 10, e 30 mL no organomineral. Esse padrão está em consonância com os resultados de Fagotti (2023), que demonstraram maior eficiência hídrica em plantas tratadas com *B. aryabhattai* em solos de baixa umidade. Para iWUE, o tratamento organomineral sem

bactéria apresentou a maior eficiência, sugerindo que, em determinadas condições, o organomineral por si só pode favorecer a conservação da água nas trocas gasosas.

A concentração interna de CO₂ (Ci) variou de acordo com a combinação de fatores, sendo a interação F × B altamente significativa. No tratamento mineral, a dose de 40 mL resultou no menor Ci, enquanto no organomineral, 20 mL produziram o maior valor. Segundo De Souza et al. (2025), essas oscilações podem refletir ajustes fisiológicos dinâmicos entre a taxa fotossintética, a abertura estomática e a difusão interna de CO₂, especialmente em condições de estresse.

Além dos efeitos fisiológicos, a inoculação da bactéria promoveu aumentos significativos em componentes de rendimento como CE, DE, NGF, NGE e rendimento de grãos (Tabela 4). Esses resultados concordam com trabalhos que relatam incremento de biomassa aérea, maior massa seca e melhor desempenho agrônômico do milho após inoculação com *Bacillus* spp. ou *B. aryabhattai*, especialmente em condições de menor disponibilidade hídrica (Bortonio, 2023; Fagotti, 2023).

O biofertilizante AFERT apresentou efeito significativo apenas sobre algumas variáveis fisiológicas como Ci, WUE e iCi, e não demonstrou efeito direto sobre os componentes de rendimento no ciclo avaliado (Tabela 4). Esse padrão já foi reportado em outros estudos com organominerais, onde há melhoria de atributos do solo e parâmetros vegetativos, mas ganhos de produtividade dependem da dose e do tempo de ação da matéria orgânica (Bortonio, 2023).

A interação F × B foi significativa para todas as variáveis fisiológicas, reforçando que os efeitos da inoculação bacteriana e do biofertilizante não são meramente aditivos, mas modulados pela combinação de ambos. Por exemplo, 30 mL de bactéria no organomineral atingiram a maior A, superior à mesma dose no mineral. Achados semelhantes foram reportados por Bortonio (2023), que observou ganhos fisiológicos expressivos quando organomineral e *Bacillus* foram aplicados conjuntamente, embora, assim como neste estudo, o efeito não tenha se traduzido diretamente em aumento significativo da produtividade final no mesmo ciclo (Fagotti, 2023).

As médias de comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de 100 grãos (P100) e rendimento de grãos (Rend) foram estatisticamente similares entre os tratamentos com adubação com o biofertilizante e adubação química convencional (Tabela 4). Embora os biofertilizante ou fertilizantes organominerais sejam reconhecidos por melhorar a qualidade do solo e disponibilizar nutrientes de forma gradual, conforme relatado por Bortonio (2023) e De Souza et al. (2025), os resultados aqui obtidos não evidenciaram ganhos produtivos significativos, corroborando parcialmente com Bortonio (2023), que também não encontrou diferenças relevantes em rendimento de milho sob condições de solo arenoso e baixa disponibilidade hídrica, mas divergindo de Jerônimo (2023), que reportou aumento na produtividade do milho com uso de organomineral em solo de maior fertilidade.

Tabela 4. Médias das variáveis morfo agronômicas de um híbrido de milho desenvolvido ao avaliar o efeito do biofertilizante AFERT e da bactéria *B. aryabhattai* em condições de solo arenoso no Cerrado-Mato-Grossense.

Fertilizantes	CE (cm)	DE (mm)	NFE (unidade)	NGF (unidade)	NGE (unidade)	P100 (g)	Rend (kg ha ⁻¹)
Organomineral	16,48 a	47,45 a	15,97 a	37,26 a	595,06 a	32,07 a	13079,25 a
Químico	16,60 a	48,44 a	16,18 a	36,66 a	592,78 a	32,73 a	13296,75 a

Bactéria (ml)	CE (cm)	DE (mm)	NFE (unidade)	NGF (unidade)	NGE (unidade)	P100 (g)	Rend (kg ha ⁻¹)
0	16,93 a	47,60 b	15,80 a	38,20 a	602,96 a	32,33 a	13556,70 a
10	15,36 b	46,72 b	15,98 a	37,45 a	549,43 b	32,86 a	11204,73 b
20	16,44 a	47,27 b	16,10 a	37,40 a	601,60 a	31,75 a	13308,83 a
30	17,16 a	49,55 a	16,15 a	37,35 a	603,38 a	33,08 a	14224,85 a
40	16,80 a	48,57 a	16,35 a	34,40 a	612,23 a	31,98 a	13644,89 a

As médias de comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de 100 grãos (P100) e rendimento de grãos (Rend) foram estatisticamente similares entre os tratamentos com adubação organomineral e química convencional (Tabela 4). Embora os fertilizantes organominerais sejam reconhecidos por melhorar a qualidade do solo e disponibilizar nutrientes de forma gradual, conforme relatado por Bortonio (2023) e De Souza et al. (2025), os resultados aqui obtidos não evidenciaram ganhos produtivos significativos, corroborando parcialmente com Bortonio (2023), que também não encontrou diferenças relevantes em rendimento de milho sob condições de solo arenoso e baixa disponibilidade hídrica, mas divergindo de Jerônimo (2023), que reportou aumento na produtividade do milho com uso de organomineral em solo de maior fertilidade.

Por outro lado, o fator bactéria (*Bacillus aryabhattai*) apresentou influência significativa sobre a maioria das variáveis morfo-agronômicas e sobre o rendimento de grãos, confirmando a ANOVA (Tabela 2). A dose de 10 mL resultou no menor CE, enquanto o DE foi superior nas doses de 30 mL e 40 mL. Esse comportamento está de acordo com os resultados de Balbinot (2018), que também observou aumento no diâmetro das espigas de milho com doses mais elevadas de *B. aryabhattai*. O NGF apresentou redução na dose de 40 mL, e o NGE foi menor na dose de 10 mL, comportamento semelhante ao observado por Fagotti (2023), que registrou decréscimos em determinados componentes de rendimento quando a inoculação não estava na faixa ideal.

O rendimento de grãos apresentou incremento significativo nas doses de 20, 30 e 40 mL de *B. aryabhattai*, com a dose de 30 mL sendo a mais eficaz. Esses ganhos corroboram os resultados de Ruaro (2023), que relatou aumento significativo do comprimento da parte aérea e do sistema radicular em

plântulas de soja inoculadas com a bactéria sob déficit hídrico, reforçando o seu potencial como promotora de crescimento em diferentes espécies e estágios do desenvolvimento vegetal.

A interação entre biofertilizante e bactéria ($F \times B$) não foi significativa para nenhuma variável morfo-agronômica ou de rendimento, esse resultado corrobora com Bortonio (2023) e Fagotti (2023), que também não observaram efeito sinérgico sobre a produtividade quando organomineral e *B. aryabhattai* foram aplicados conjuntamente, embora ambos tenham reportado efeitos positivos dessa associação em parâmetros fisiológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inoculação com *Bacillus aryabhattai* mostrou-se altamente eficiente na melhoria da fisiologia e produtividade do milho cultivado em solo arenoso no Cerrado Sul-mato-grossense. A dose de 30 mL destacou-se por promover aumento significativo na taxa de assimilação líquida de CO₂, condutância estomática, taxa de transpiração e eficiências de uso da água, refletindo-se em incrementos expressivos nos componentes de rendimento e no rendimento final de grãos.

O biofertilizante AFERT apresentou efeitos positivos restritos a algumas variáveis fisiológicas, sem impacto direto sobre a produtividade no ciclo avaliado. A interação entre o biofertilizante e *B. aryabhattai* resultou em melhorias fisiológicas relevantes, mas não se traduziu em ganhos adicionais de rendimento, indicando a necessidade de ajustes nas doses e estratégias de aplicação para potencializar os resultados.

De forma geral, os achados evidenciam o potencial do uso de *B. aryabhattai* como ferramenta para incremento de produtividade e mitigação de estresse hídrico, especialmente em ambientes com limitações edafoclimáticas, reforçando a importância do manejo integrado para alcançar sistemas agrícolas mais eficientes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFERT. Tecnologia & Sustentabilidade. Unidos pela produtividade. 2025. Disponível em: Home - AFERTv.
- Afzal, M. J, Khan, M. I, Cheema, S. A, Hussain, S, Anwar-Ul-Haq, M, Ali, M. H, Naveed, M. Combined application of *Bacillus* sp. MN-54 and phosphorus improved growth and reduced lead uptake by maize in the lead-contaminated soil. *Environ Sci Pollut Res.*, v.27, p.44528–44539, 2020.
- Andrade, C. L. T. et al. Viabilidade e Manejo da irrigação da Cultura do Milho. Sete Lagoas, MG: Embrapa, Circular Técnica, v.85, p.12, 2006.
- Balbinot, W. G. Inoculação de *Bacillus* sp. na cultura do milho (*Zea mays* L.) como promotor de crescimento. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia.

- Bárbaro-Torneli, I. M., Finoto, E. L., Gonçalves, E. C. P., Da Silva, J. A. A., Miguel, F. B., & De Faria, M. H. Influência da coinoculação de soja com *Bradyrhizobium* e diferentes cepas de *Azospirillum* em parâmetros de fixação biológica de nitrogênio. *Nucleus*, v.20, n.2, p.16786602, 2023.
- Bérgamo, A. C.; Da Silva, R. G. S. R.; Da Silva Oliveira, L. F.; Santos, Z. O.; Rodrigues, J. G. L.; Codognoto, V. M. Uso de esterco bovino como alternativa para redução de custos na adubação mineral em milho para silagem. *Biodiversidade*, v.24, 2025.
- Bhering, L. L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.17, p.87-190, 2017.
- Borém, A., Miranda, G. V., & Fritsche-Neto, R. *Melhoramento de plantas*. 8 ed. São Paulo: Oficina dos Livros. 2021.
- Bortonio, N. D. S. Associação de *Bacillus* sp. ao organomineral 06.30. 00 na cultura do milho. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia.
- Castelo Sousa, H., Gomes De Sousa, G., De Araújo Viana, T. V., Prudêncio De Araújo Pereira, A., Nojosa Lessa, C. I., Pires De Souza, M. V., ... & Barbosa Da Silva, F. D. *Bacillus aryabhattai* mitigates the effects of salt and water stress on the agronomic performance of maize under an agroecological System. *Agriculture*, v.13, n.6, p.1150, 2023.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. Safra 23/24 Quinto levantamento, fevereiro 2024. 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/45427_510a1459a11d50bd53a250780fea86a4.pdf.> Acesso em: 17 nov. 2023
- Cotrim, M. F., Gava, R., Lazarini, E., Da Silva Cândido, A. C., Da Silva, L. D. A., & Salles, J. S. Influência do tratamento de sementes na mitigação do estresse hídrico em soja. VIII Inovagri International Meeting e XXXII CONIRD, p.1-9, 2023.
- Da Silva, E. P., Barros, Y. C., & De Jesus Santos, A. F. Mitigação do déficit hídrico em plantas de milho por *Bacillus* sp. isolados de plantas endêmicas da caatinga. *Scientific Electronic Archives*, v.16, n.6, 2023.
- De Castro, I. P., & Da Silva, W. F. Tolerância ao déficit hídrico na germinação de sementes de soja tratadas com *Bacillus aryabhattai*. *Cerrado Agrociências*, v.14, p.46-55, 2023.
- De Oliveira, U. A., De Souza Santos, M., De Lima, V. J., Kamphorst, S. H., & Do Amaral Júnior, A. T. Resposta morfofisiológica do híbrido WS01 de milho-pipoca associado com a inoculação da bactéria *Bacillus* sp. em condição de estresse hídrico. 2023.
- De Souza, I. S. R.; Aguiar, L. D. A.; Rezende, C. F. A. Inoculação do *Bacillus aryabhattai* e os efeitos na produtividade do milho. *Research, Society and Development*, v. 14, n. 2, p. e10414248266-e10414248266, 2025.

- Dos Santos Caitano, T. B.; Homma, A. K. O. Mercado brasileiro de fertilizantes e corretivos para recuperação de pastagens degradadas no estado do Pará. COLÓQUIO - Revista do Desenvolvimento Regional, v.22, p.248-274, 2025.
- Fageria, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília, DF: EMBRAPA-DPU, 1989. 245 p.
- Fagotti, L. A. Bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura do milho (*Zea mays*) em solos com baixo e alto teor de fósforo. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations Crops and livestock products. 2023. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products. 2024. Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/es/#compare>
- Ferão, R.; Lajús, C. R.; Busnello, F. J.; Diel, É. G. P.; Girardi, N.; Bedin, M.; Carlesso, L. C. Propriedades agronômicas da cultura da soja manejada com fertilizantes minerais e organominerais. Aracê, v.7, p.14859-14876, 2025.
- Fidélis, R. R., Veloso, D. A., Silva, K. C. L., De Laia Nascimento, V., Dos Santos, M. M., Júnior, N. R. M., & Cavalcante, R. R. Promoção de crescimento vegetal por microrganismos em associação com hidrogel na cultura da soja. Revista Eletrônica Interdisciplinar, v.15, n.3, 2023.
- Fonseca, J. P. C. A.; Neto, J. M. C.; Lang, M. C. Desenvolvimento da cultura do alface sob diferentes doses de adubo organomineral. Revista Scientia Rural, v.28, p.13, 2025.
- Garcia, J. E, Maroniche, G, Creus, C, Suarez-Rodriguez, R, Ramirez-Trujillo, J. A, Groppa, M. D. In vitro PGPR properties and osmotic tolerance of different *Azospirillum* native strains and their effects on growth of maize under drought stress. Microbiol Res, v.202, p.21–29, 2017.
- Jeronimo, M. G. Potencial da aplicação de bactérias na promoção de crescimento de milho (*Zea mays*) cultivado em solos com diferentes doses de nitrogênio e fósforo. 2024. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.
- Joshi, B, Chaudhary, A, Singh, H, Kumar, P. A. Prospective evaluation of individual and consortia plant growth promoting rhizobacteria for drought stress amelioration in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Soil, v.457, p.225–240, 2020.
- Kielek, F. A., & Lazaretti, N. S. Avaliação na cultura do trigo após tratamento com bionemática. Revista Cultivando o Saber, p.97-107, 2023.
- Lu, H. et al. Physiological response with *Bacillus subtilis* and *saccharomyces cerevisiae* inoculation into soil under reclaimed water–fresh water combined irrigation. Water, v.13, p.e773, 2021.
- Mota, R. P. D.; De Camargo, R.; Franco, M. H. R.; De Assis, G. A.; Ferraz-Almeida, R.; Lemes, E. M. Sources and splitting of special fertilizers application in coffee crop. Journal of Plant Nutrition, v.48, p.1067-1081, 2025.

- Nakatani, A. S., Gato, I. M. B., & Sandini, I. E. Uso de diferentes *Bacillus* spp. promotores de crescimento vegetal associado com adubação nitrogenada na cultura do milho. Observatório De La Economía Latinoamericana, v.22, n.3, p.e3733-e3733, 2024.
- Niu, X, Song, L, Xiao, Y, Ge, W. Drought-tolerant plant growthpromoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semiarid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. Front Microbiol, v.8, p.2580, 2018.
- Oliveira, G. D. S., Viana, T. V. D. A., Sousa, G. G. D., Santos, S. D. O., Costa, F. H., Silva, A. G. D., ... & Leite, K. N. Phosphate fertilization, biofertilizer and *Bacillus* sp. in peanut cultivation under salt stress. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.28, p.e279003, 2024.
- Palma-Velásquez, A. A., & Zambrano-Gavilanes, F. Bacterias promotoras de crecimiento en el fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Biotempo, v.20, n.2, p.271-284, 2023.
- Radhakrishnan, R, Hashem, A, Abdallah, E. F. *Bacillus*: a biological tool for crop improvement through bio-molecular changes in adverse environments. Front Physiol, v.8, p.667, 2017.
- Ramakrishna, W. et al. Brown Gold of Marginal Soil: Plant Growth Promoting Bacteria to Overcome Plant Abiotic Stress for Agriculture, Biofuels and Carbon Sequestration. Science of The Total Environment, v.711, e135062, 2019.
- Ruaro, J. R. Efeito de *Bacillus aryabhattai* sobre o comportamento fisiológico de sementes e plantas de soja em condições de estresse hídrico. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia.
- Vieira, M. L.; Da Cunha, A. J.; Souza, D. S. Organomineral associado a *Bacillus aryabhattai* como atenuador do déficit hídrico em mudas de café. Revista Vitae-Educação, Saúde e Meio Ambiente UNICERP, v. 1, n. 9, 2021.
- Wan, C., Wan, C., Xu, W., Sosebee, R. R., Machado, S., Archer, T. Hydraulic lift in drought-tolerant and -susceptible maize hybrids. Plant and Soil, v.219, n.1/2, p.117-126, 2000.

A Universidade Aberta do Brasil: uma revisão narrativa

Recebido em: 17/09/2025

Aceito em: 25/09/2025

 10.46420/9786585756662cap5

Reginaldo dos Santos Pinto 

Fernanda de Carvalho Nenartavis 

INTRODUÇÃO

A Universidade Aberta do Brasil (UAB), nosso foco neste trabalho, é uma política pública que trata da Educação a Distância (EaD). Nossa finalidade aqui não é esgotar o tema, mas trazer uma apresentação da política. Dentro disso, nossa proposta é responder às seguintes questões: o que é a UAB? Quem são os responsáveis por essa política? Qual é a legislação que embasa seu funcionamento? Quais são algumas das discussões levantadas na literatura sobre a política?

Como a EaD é uma modalidade que vem se expandindo nos últimos anos (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira [INEP], 2024), é relevante investigar sobre a temática. Assim, esperamos com este texto contribuir para essa discussão, em especial, trazendo contribuições para a compreensão do funcionamento da UAB. Diante disso, nosso objetivo é apresentar a política mencionada, abordando suas principais características e alguns pontos de discussão que ela vem levantando.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este texto utiliza a revisão narrativa de literatura para abordar o tema. Segundo Rother (2007), essa revisão pode ser utilizada para apresentar o estado da arte de um assunto sem a utilização de um passo a passo específico para a seleção e análise dos referenciais incluídos. Mesmo sem a utilização de critérios de inclusão e exclusão predefinidos, algumas orientações guiaram a seleção das referências. Para abordar a UAB, optamos por priorizar informações oriundas de páginas oficiais do programa. Além disso, também foram incluídas pesquisas sobre a temática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os achados estão organizados da seguinte maneira: primeiro, fazemos uma apresentação da política mencionada; em segundo lugar, traçamos um breve panorama da EaD brasileira; em terceiro lugar, descrevemos a UAB e suas principais características; em quarto lugar, tratamos da legislação que embasa a política; em quinto lugar, abordamos os cursos disponibilizados pela UAB; e, por fim, apresentamos algumas das discussões que a literatura vem levantando sobre a política em questão.

A estrutura da Universidade Aberta do Brasil (UAB)

Como uma política que tem a EaD como elemento central, iniciamos sua apresentação com um breve panorama sobre esta modalidade no Brasil. A EaD é uma modalidade que envolve uma separação física e/ou temporal de alunos e professores (Ministério da Educação, [20--]). Embora possa parecer algo recente, sua história passa pelo livro impresso (século XV), pelo correio (século XVIII) e pelos meios eletrônicos (século XX) (Hermida & Bonfim, 2006).

Apesar de possuir uma longa trajetória, a base legal para a modalidade no Brasil surge com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - Lei nº. 9.394/1996, que “[...] direciona o funcionamento da EaD, apresentando características, abrangência, necessidade de credenciamento, oferta, avaliação, entre outros itens importantes” (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina [IFSC], [20--], documento *online*). Segundo o Art. 80 da lei mencionada: “O Poder Público incentivará o desenvolvimento e a veiculação de programas de ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada” (Lei 9.394, 1996, documento *online*).

Assim, como política pública, a EaD se desenvolve com a finalidade de suprir à necessidade de ampliação de vagas na educação superior, sendo primeiro desenvolvida com a construção de consórcios entre as universidades. A partir disso, um marco importante foi a criação da Universidade Aberta do Brasil (UAB), que é o tema deste artigo (Bastos, Gonçalves, Santos, Almeida & Pereira, 2024).

Antes de tratarmos sobre a UAB, é preciso destacar o processo de expansão pelo qual a EaD vem passando no Brasil. Esse processo pode ser observado a partir de alguns dados do Censo Escolar da Educação Superior de 2023. A EaD superou a modalidade presencial em número de vagas em 2018. Além disso, cresceu 167,5% desde então, enquanto a modalidade presencial teve uma queda de 13,5% no número de vagas no mesmo período. O mesmo acontece com o número de matrículas em cursos de graduação. Segundo o Censo Escolar da Educação Superior de 2023, se a tendência tiver sido mantida, o número de estudantes em cursos EaD deve ter superado o número de estudantes da modalidade presencial em 2024 (INEP, 2024).

Também é possível perceber a expansão da EaD observando o número de cursos de graduação da modalidade. Houve um crescimento de 232% de 2018 até 2023, chegando a 10.554 cursos. Além disso, em 2023, a EaD esteve presente em 3.366 municípios do Brasil, o que representa um aumento de 96% em comparação com o ano de 2014 (INEP, 2024). Esses dados evidenciam a relevância de se produzir pesquisas sobre temas relacionados às formações a distância.

Isso é ainda mais pertinente se considerarmos as mudanças trazidas pelo Decreto Nº 12.456 de 2025, que, além de outras alterações, trouxe a criação do formato semipresencial, a exigência de avaliações presenciais com peso majoritário na composição da nota final e restrições na oferta de alguns cursos no formato a distância e semipresencial (Ministério da Educação, 2025). Essas mudanças também evidenciam a necessidade de que mais trabalhos discutam sobre as formações com mediação tecnológica.

O que é a UAB?

Na estrutura organizacional do Ministério da Educação, o órgão responsável pela UAB é a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). No interior da parte de acesso à informação da Fundação, é possível encontrar informações sobre a UAB ao buscar por ações e programas de Educação a Distância. Segundo a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, 2022), a UAB tem como objetivo expandir e interiorizar a oferta de vagas da educação superior no país por meio do estímulo à parceria dos três níveis governamentais (federal, estadual e municipal) com as instituições de ensino superior. Assim:

Ao plantar a semente da universidade pública de qualidade em locais distantes e isolados, incentiva o desenvolvimento de municípios com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Desse modo, funciona como um eficaz instrumento para a universalização do acesso ao ensino superior, minimizando a concentração de oferta de cursos de graduação nos grandes centros urbanos e evitando o fluxo migratório para as grandes cidades (CAPES, 2022, documento *online*).

Legislação

No que se refere aos marcos regulatórios, a gênese do que seria a UAB remonta à primeira década do século XXI, porém, existem relatos de que, desde a antepenúltima década do século passado (De Oliveira & Santos, 2022, p. 214), já se mostrava presente o desejo de criação de uma universidade aberta no Brasil aos moldes ingleses.

No entanto, ao considerarmos os requisitos previamente necessários para tal implantação, principalmente quando levamos em conta a Educação a Distância como uma característica especificamente estruturante do sistema, somos impelidos a lembrar que, à época associada, o país experimentava condições extremamente precárias do ponto de vista das tecnologias necessárias a tal investimento. Outro óbice considerável diz respeito à supervalorização experimentada pela formação técnica que, devido à política educacional vigente, buscava o alinhamento de maneira impositiva com os valores e ideais do governo ditatorial.

Apesar disso, em meio aos novos ares que passaram a amenizar a pesada atmosfera vivenciada pelo instante histórico anterior, o processo de redemocratização nos permitiu ainda nos instantes finais do século XX, observar a germinação de importantes bases legais que iriam potencialmente contribuir para a concretização do projeto de uma universidade aberta genuinamente brasileira.

Então, durante o período em que Fernando Henrique Cardoso esteve à frente do executivo federal, elementos passíveis de promoção da considerável empreitada se mostraram presentes na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB - Lei nº 9.394/96). Não muito depois, o Plano Nacional de Educação (PNE), que compreendia o recorte temporal dos anos de 2001 a 2010, trouxe à baila um especial enfoque na utilização da Educação a Distância, voltado para a melhora da escolarização brasileira,

a potencialização da formação de professores da Educação Básica e a expansão da oferta de vagas na Educação Superior.

Em relação à legislação estrutural desta política pública voltada para a democratização da Educação Superior, percebemos, por intermédio do Decreto nº 5.800/06, além do papel de “espinha dorsal” desempenhado pelo mesmo, uma necessária interdependência imposta por ele. De uma só vez, ele esperava não apenas democratizar o acesso ao supracitado nível educacional, mas também, dentre diferentes outros objetivos, visava proporcionar o desenvolvimento da Educação a Distância em favor da formação de professores da Educação Básica, e ainda, possibilitar a expansão do uso das tecnologias digitais por intermédio do processo de informatização do interior do Brasil.

Cursos disponíveis

Em relação aos cursos disponibilizados pela UAB, utilizamos como referência as divulgações efetuadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), que, em 29 de agosto de 2024, durante o III Encontro de Gestoras e Gestores de Educação a Distância, da Associação Brasileira dos Reitores das Universidades Estaduais e Municipais (Abruem), divulgou a seguinte visão atualizada do sistema UAB: uma abrangência de 150 Instituições de Ensino Superior (IES); com cerca de 1.000 polos distribuídos pelo território nacional; tendo 919 cursos ativos; e possuindo 126,6 mil alunos matriculados.

Discussões sobre a política

Nesta discussão, abordaremos seis pontos: (1) iniciativa privada na EaD; (2) questão orçamentária; (3) precarização dos vínculos trabalhistas; (4) quantidade em detrimento da qualidade; (5) comparativo com o caso inglês; e (6) diferença entre o prescrito e o real.

Primeiro, a questão da iniciativa privada na EaD. A UAB, desde o seu nascimento, já carrega algumas incoerências. Isso se deve à herança do Decreto nº 5.622/05, que versava sobre a “Reforma da Educação Superior”, defendendo que a mesma, em sua esfera pública, fosse ampliada e fortalecida, mas também procurou nortear, pelo interesse público, as instituições particulares, abrindo precedentes para uma maior inserção da iniciativa privada na Educação Superior via EaD. Por carregar essa característica desde sua criação, isso representou uma especificidade genética da política, que, mesmo depois de constatada, não foi extinta. Assim, mesmo com a revogação da norma anteriormente citada, o Decreto nº 9.057/17 permitiu ainda mais a inserção da iniciativa privada, representando uma ampla abertura por um viés mercadológico para a EaD brasileira.

Dando continuidade, o segundo tópico trata da questão orçamentária. Considerando o caráter sistêmico que se mostra estrutural, pois, como nos foi possível observar, o que verdadeiramente se implementou no Brasil como Universidade Aberta foi pura e simplesmente um consórcio de Instituições Públicas de Ensino Superior, possuindo, assim, pouca autonomia. Tal vulnerabilidade institucional tem

se consolidado pela confluência de problemas pontuais que, ao experimentarem interações sistêmicas, acabam revelando certa precariedade vivenciada pela política pública desde a sua gênese. Um exemplo diz respeito à estrutura financeira experimentada por nossa Universidade Aberta, pois os recursos destinados para a execução de suas ações não estão contemplados na matriz regular do Ministério da Educação (MEC), limitação esta que afeta diretamente os seus resultados (De Oliveira & Santos, 2022).

Assim, esta espécie de imprevisto orientado por restrições de recursos, não apenas econômicos desde a sua origem, nos vai revelando uma série de outras questões que se mostram interligadas. Que o diga o fato de que a Universidade Aberta brasileira, além de não possuir corpo docente próprio, não prevê contratações de professores para atuarem na Educação a Distância, funcionando de maneira dependente das Instituições Públicas de Ensino Superior já constituídas, remunerando seus colaboradores por meio de bolsas, condição esta que ratifica o alto grau de precarização já existente (De Oliveira & Santos, 2022).

De Oliveira e Santos (2022) também falam da valorização da quantidade em detrimento da qualidade. Assim, o considerável aumento do número de vagas, sem que de maneira diretamente proporcional seja observado o aumento dos investimentos voltados para a concretização e realização das condições de oferta no Ensino Superior por meio da Educação a Distância, mostra-se prejudicial ao desenvolvimento da política pública.

Em outras palavras, no que se refere aos aspectos constitutivos de nossa peculiar Universidade Aberta, somos impelidos a contemplar a caracterização da política pública educacional como programa de governo que se apresenta na maneira de uma mudança formal e temporária, que visa uma melhora apenas quantitativa com vistas a atender demandas reprimidas, pois:

[...] o Sistema UAB se configura, portanto, como uma política pública educacional do governo Lula que não rompe com a lógica das políticas neoliberais implementadas no governo FHC. Ao contrário, representa uma política pública que reforça a lógica neoliberal cujo projeto educacional focaliza o mercado em detrimento da formação integral do ser humano (De Oliveira & Santos, 2022, p. 221).

É possível também estabelecer um comparativo do caso brasileiro com a Universidade Aberta inglesa. No caso da Inglaterra, que figura como pioneira em tal modalidade de ensino superior, a universidade literalmente existe fisicamente e, inclusive, com considerável autonomia. Muito diferentemente, de acordo com Mendonça, Fernandes, Helal e Cassundé (2020), o caso brasileiro se apresenta como um consórcio de instituições públicas de ensino superior (IPES), não sendo assim uma universidade propriamente dita, e ainda, muito menos uma universidade aberta, pelo simples fato de a UAB não se mostrar orientada pelos princípios do sistema “*Open University*”.

Por fim, uma outra discussão que pode ser levantada acerca da UAB é se seus objetivos definidos estão sendo atendidos. Como abordado anteriormente, há um foco em municípios com baixo IDH (CAPES, 2022). Entretanto, Silva (2013) indica que essa proposta pode não estar sendo atendida de fato. Segundo o autor, apenas 14% dos polos estão localizados em municípios com IDH-E médio (entre 0,551

e 0,700). Além disso, no momento de sua pesquisa, não havia nenhum polo localizado em municípios de IDH-E baixo (abaixo de 0,550). Assim, ele aponta que:

Sob a perspectiva do incentivo à expansão por meio da interiorização e do atendimento às demandas da educação superior brasileira, ao considerarmos o IDH educacional, esses resultados evidenciam a limitada capilaridade e o curto alcance do sistema UAB no atendimento aos municípios brasileiros (Silva, 2013, p. 182).

CONCLUSÕES

Nossa revisão narrativa não teve como objetivo esgotar a discussão sobre a UAB, mas, na verdade, lançar luz sobre algumas discussões específicas da temática. Assim, buscamos destacar alguns pontos que compreendemos necessitar de maior atenção em futuras pesquisas e durante a manutenção dos processos decisórios dessa política. Por isso, trazemos duas observações a partir do processo de construção deste texto.

Primeiro, a partir da leitura e das discussões que originaram esta revisão narrativa, entendemos que estamos experienciando distintas fases de funcionamento de uma política pública educacional, pois mediante os seus aproximadamente dezenove anos de existência, somos capazes de perceber analiticamente as inúmeras transformações pelas quais o sistema foi obrigado a passar em favor da sua continuidade. Desta forma, concordamos com a ideia de que vivenciamos, por meio das formas de atuação da UAB, uma política teoricamente de Estado que, na prática, tem sobrevivido como política de governo.

Nossa última observação diz respeito à dificuldade de acesso às informações atualizadas sobre a UAB. Inclusive, durante o processo de escrita deste trabalho, tivemos algumas dificuldades para encontrar as informações mais recentes sobre os polos e as universidades vinculadas ao sistema. Em observações assistemáticas, constatamos algumas informações desatualizadas e ambíguas nas fontes oficiais de informação.

Por fim, reconhecemos os limites deste trabalho e destacamos a necessidade de que mais estudos sobre a UAB sejam realizados, visando, com isso, contribuir para o aperfeiçoamento dessa política pública.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Seu desenvolvimento ocorreu durante a vigência das bolsas de mestrado e doutorado fornecida pela agência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastos, E. de M. Gonçalves, D. M. S., Santos, S. C., Almeida, F. M., & Pereira, L. I. (2024). Políticas Públicas Educacionais no Ensino Superior à Distância: uma Revisão Sistemática de Literatura. *EaDemFoco*, 14(1), 1-16. DOI: 10.18264/eadf.v14i1.2306
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). (2022). *O que é o Sistema UAB e sua legislação*. Ministério da Educação. Recuperado de: <https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/educacao-a-distancia/universidade-aberta-do-brasil/acesse-tambem/o-que-e-uab>
- De Oliveira, L. C., & Santos, A. O. (2022). O sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB): democratização neoliberal no campo educacional. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 17, 212-243. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8739096>
- Hermida, J. F., & Bonfim, C. R. de S. (2006). A Educação à Distância: história, concepções e perspectivas. *Revista HISTEDBR*, 166-181. Recuperado de: https://www.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/4919/art11_22e.pdf
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC). ([20--]). *Legislação da EaD no Brasil*. Recuperado de: <https://moodle.ead.ifsc.edu.br/mod/book/view.php?id=68804&chapterid=11391>
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). (2024). *Censo da Educação Superior 2023: divulgação dos resultados*. Ministério da Educação, Brasília. Recuperado de: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2023/apresentacao_censo_da_educacao_superior_2023.pdf
- Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. (1996). Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF. Recuperado de: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm
- Mendonça, J. R. C., Fernandes, D. C., Helal, D. H., & Cassundé, F. R. (2020). Políticas públicas para o ensino superior a distância: um exame do papel da Universidade Aberta do Brasil. *Ensaio: aval. pol. públ. educ.*, 28(106), 156-177. DOI: 10.1590/S0104-40362019002801899
- Ministério da Educação. ([20--]). *O que é Educação à Distância?* Ministério da Educação. Recuperado de: <http://portal.mec.gov.br/escola-de-gestores-da-educacao-basica/355-perguntas-frequentes-911936531/educacao-a-distancia-1651636927/12823-o-que-e-educacao-a-distancia#:~:text=C%C3%B3digo%20para%20do%20Twitter,tecnologias%20de%20informa%C3%A7%C3%A3o%20e%20comunica%C3%A7%C3%A3o.>
- Ministério da Educação. (2025). *Assinado decreto que institui Nova Política de EaD*. Recuperado de: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2025/maio/assinado-decreto-que-institui-a-nova-politica-de-ead>

- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta paul. Enferm*, 20(2), 1-2. Recuperado de:
<https://www.scielo.br/j/ape/a/z7zZ4Z4GwYV6FR7S9FHTByr/?format=pdf&lang=pt>
- Silva, R. V. (2013) *A UAB e suas práticas subjacentes nas diferentes concepções do espaço social brasileiro* (Tese). Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Formação Humana, UERJ, Rio de Janeiro. Recuperado de:
https://www.bdt.d.uerj.br:8443/bitstream/1/14767/1/Tese_Roberto%20Silva.pdf

Produtos biológicos no desenvolvimento de cultivares de trigo no Cerrado Sul-mato-grossense

Recebido em: 06/09/2025

Aceito em: 20/09/2025

 10.46420/9786585756662cap6

Lamayson Gabriel Schirmann Bronstrup 

Adriano Rasia Maas 

Gabriel de Freitas Lima 

Beatriz Freitas de Souza 

Emilio Veitía Cándó 

Alan Mario Zuffo 

Fábio Steiner 

Jorge González Aguilera 

INTRODUÇÃO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) desempenha um papel fundamental a nível mundial, sendo um dos alimentos básicos mais importantes para a alimentação humana (FAO, 2023). Com uma produção global significativa de 808 milhões na safra de 2022 (FAOSTAT, 2024), o trigo como cultivo estratégico é cultivado em diversas regiões do mundo, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e econômica de muitos países. Como destaque, a produção de trigo é essencial para a estabilidade dos mercados alimentares, fornecendo não apenas grãos para consumo direto, mas também como matéria-prima para uma variedade de produtos alimentícios processados (FAO, 2023).

No contexto brasileiro, embora a produção de trigo não seja tão expressiva (10 mil toneladas na safra de 2022) quanto em outras regiões do mundo, sua importância é inegável (FAOSTAT, 2024). A União Europeia e países como a China, Índia e Rússia são os maiores produtores mundiais da cultura, ocupando o Brasil a 15 posição no ranking (CONAB, 2023). O Brasil tem buscado aumentar sua produção interna de trigo para reduzir a dependência das importações e garantir a segurança alimentar da população, com incrementos sustentados nas últimas décadas (FAOSTAT, 2024). A região do Cerrado brasileiro tem se destacado como uma área de potencial para a cultura do trigo, devido as suas condições favoráveis de clima e solo (Galindo et al., 2019; Soares et al., 2023; Casagrande et al., 2024). Além da questão econômica, a cultura do trigo também é relevante do ponto de vista nutricional. O trigo é uma importante fonte de carboidratos complexos, fibras, vitaminas e minerais essenciais, desempenhando um papel crucial na dieta humana (Pires et al., 2006; Vieira et al., 2022).

Uma das principais características da cultura do trigo é sua capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e de solo (Casagrande et al., 2024). O melhoramento de plantas tem permitido que a cultura seja versátil e de ampla distribuição geográfica (Borèm et al., 2021). No Brasil, o cultivo de trigo tem se expandido para novas áreas, especialmente no Cerrado, onde os avanços tecnológicos têm

impulsionado o aumento da produtividade e da qualidade dos grãos (Galindo et al., 2019; Borèm et al., 2021; Soares et al., 2023; Casagrande et al., 2024).

A produtividade da cultura do trigo é influenciada por uma série de fatores, incluindo o manejo adequado do solo, o uso de tecnologias modernas de plantio e colheita, e a seleção de variedades adaptadas as condições locais promovendo um aumento dos rendimentos da cultura (Borèm et al., 2021; Casagrande et al., 2024). O tratamento de sementes e aplicações no sulco de plantio de bactérias e fungos promotores de crescimento podem ser práticas de manejo da cultura no campo que promove um melhor desempenho agrônômico da cultura.

As bactérias do gênero *Bacillus* têm se destacado como promotoras de crescimento vegetal devido às suas capacidades de solubilização de fosfato, produção de fitohormônios, fixação de nitrogênio e biocontrole de patógenos (Fernandes et al., 2014; Oliveira et al., 2016; Kielek et al., 2023). Elas têm sido amplamente empregadas em diversas culturas agrícolas, incluindo trigo, milho, arroz, soja e outras.

No contexto da cultura do trigo, o uso de *Bacillus* como promotor de crescimento tem mostrado resultados promissores (Sansinenea, 2019; Pradebon, 2023). Estudos têm demonstrado que a inoculação de sementes de trigo com *Bacillus* pode melhorar o crescimento das plantas, aumentar a absorção de nutrientes (Sonkurt et al., 2019) e melhorar a resistência a doenças (Witkowicz et al., 2021). A aplicação dessas bactérias no solo ou foliarmente tem sido associada a incrementos significativos na produtividade do trigo, tanto em nível internacional (Baig et al., 2012; Chandra et al., 2021) quanto no Brasil (Beneduzi et al., 2008).

Pesquisas têm mostrado que a inoculação de sementes de trigo com *Bacillus* pode aumentar a produtividade da cultura em até 62% segundo relatos de Mirskaya et al. (2022). Além disso, essas bactérias promotoras de crescimento têm sido eficazes na melhoria da qualidade do trigo, aumentando o teor de proteínas e melhorando a tolerância ao estresse abiótico, como seca e salinidade (Kaewtapee et al., 2017).

No Brasil, estudos realizados em diferentes regiões do país têm demonstrado que a inoculação de sementes de trigo com *Bacillus* pode aumentar significativamente a produtividade da cultura, especialmente em condições de estresse ambiental (Fioreze et al., 2020). Além disso, essas bactérias têm mostrado potencial para reduzir a dependência de fertilizantes químicos, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas pelo aporte de nitrogênio que elas aportam (Beneduzi et al., 2008). Esses resultados destacam a importância do uso de *Bacillus* como uma ferramenta eficaz para aumentar a produtividade e a resiliência da cultura do trigo no Brasil.

Os fungos do gênero *Trichoderma* têm sido empregados como promotores de crescimento vegetal e como biocontroladores de patógenos, assim como, estimuladores do crescimento das plantas (Bettiol et al., 2019; Silva et al., 2022). Eles têm sido amplamente utilizados em diversas culturas agrícolas, incluindo trigo, milho, arroz, tomate e outras (Bueno et al., 2020). No contexto da cultura do trigo, o uso de *Trichoderma* como promotor de crescimento tem mostrado resultados promissores, evidenciando o aumento na velocidade e velocidade de germinação, nos comprimentos da parte aérea e das raízes, na

massa seca das plântulas e na tolerância aos estresses fisiológico, salino, osmótico e hídrico (Couto et al. 2021). Adicionalmente com isso, tem contribuído ao aumento da produtividade de vários cultivos (Hasan et al., 2012; Chagas et al., 2017a, 2017b).

Na cultura do trigo a combinação de bactérias do gênero *Bacillus* e fungos da espécie *Trichoderma* podem promover respostas positivas no desenvolvimento de diferentes cultivares do trigo que favoreçam o desempenho da cultura em solos no Cerrado-Mato-Grossense. O objetivo deste estudo será avaliar os efeitos da aplicação de produtos biológicos no desenvolvimento de duas cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivadas em solo arenoso no Cerrado Sul-Mato-Grossense em condições de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento será realizado em condições de casa de vegetação, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade de Cassilândia, MS (19°05'20" S; 51°48'24" W e altitude média de 510 m), no período de agosto de 2024 a julho de 2025.

O delineamento em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 5 com cinco repetições. Um primeiro fator será constituído por duas cultivares de trigo (BRS 264 e Trunfo) e o segundo fator constituído por cinco tratamentos a base de bactérias [T1: Ephos (*Bacillus subtilis*, *B. megaterium* e *B. aryabhattai*), T2: *Azospirillum brasilense* e T3: *Bacillus aryabhattai*], T4: *Trichoderma harzianum* e T5: Controle sem aplicação de biológicos]. Foram empregados produtos comerciais que aportam de modo individual as bactérias e o fungo. As doses empregadas foram as recomendadas pelo fabricante do produto para tratamento de sementes, e foram aplicadas 10 dias após a emergência das plantas.

Em condições de casa de vegetação as sementes foram semeadas em vasos com capacidade de 8 L e substrato composto de solo coletado na camada superficial (0-20 cm) de um Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico (NQo) de textura arenosa (120 g kg⁻¹ de argila, 40 g kg⁻¹ de silte e 840 g kg⁻¹ de areia).

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso onde serão semeadas 10 sementes e depois devastadas para deixar apenas 5 plantas por vaso.

A irrigação dos vasos foi realizada diariamente mantendo o solo próximo da capacidade de campo, por meio da reposição diária do consumo de água. Será empregado um sistema de irrigação automatizado que emprega micro aspersores. O controle de pragas e doenças será realizado segundo a necessidade de aplicação para não comprometer o resultado esperado da pesquisa.

Por ocasião da colheita, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta (AP, cm), número de perfilho (NP, unidade), número de espigas formadas (NE, unidade), percentagem de espigas formadas em relação ao número de perfilho por planta (%PE, %), altura da inserção da folha bandeira (AIFB, cm), altura da inserção da espiga (AIE, cm), variação entre a AIFB e AIE (VFB-E, cm), comprimento da raiz principal (CR, cm), volume da raiz (VR, cm³), massa seca da parte aérea (MSPA, g), massa seca da raiz (MSR, g), relação MSR/MSPA (R-R/PA, unidade), e densidade da raiz MSR/VR (DR, g cm⁻³).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software estatístico RBio (Bhering, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estratégias sustentáveis são importantes no manejo da cultura do trigo, principalmente para ambientes como o Cerrado Brasileiro onde condições de estresse limitam a produção dessa cultura. A Tabela 1 apresenta o resumo da análise de variância (ANOVA) obtido ao avaliar variáveis no experimento que investigou o efeito de produtos biológicos à base de bactérias e fungos sobre o desenvolvimento de duas cultivares de trigo em solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense, sob condições de casa de vegetação.

Tabela 1. Resumo do ANOVA obtido ao avaliar produtos biológicos a base de bactérias e fungos sob o desenvolvimento de duas cultivares de trigo em solo do cerrado em condições de casa de vegetação.

Fontes de Variação	Biológicos (B)	Cultivares (C)	B x C	CV (%)
Altura da Planta (AP, cm)	0,27	0,000	0,0015	13,07
Número de Perfilhos (NP, unidade)	0,03	0,000	0,072	42,4
Número Espigas Formadas (NE, unid.)	0,04	0,000	0,068	43,31
Percentagem NE e NP (%PE, %)	0,42	0,440	0,038	8,02
Altura Inserção Folha Bandeira (AIFB, cm)	0,33	0,000	0,002	15,85
Altura Inserção da Espiga (AIE, cm)	0,27	0,000	0,002	15,08
Variação entre a AIFB e AIE (VFB-E, cm)	0,87	0,032	0,150	39,14
Comprimento da Raiz principal (CR, cm)	0,41	0,040	0,420	31,31
Volume da Raiz (VR, cm ³)	0,46	0,000	0,780	61,84
Massa Seca da Parte Área (MSPA, g)	0,002	0,000	0,520	53,25
Massa Seca da Raiz (MSR, g)	0,05	0,000	0,026	113,93
Relação MSR/MSPA (R-R/PA, unidade)	0,39	0,002	0,037	136,05
Densidade da Raiz MSR/VR (DR, g cm ⁻³)	0,09	0,000	0,000	70,59

De modo geral houve efeito significativo ($p < 0.05$) da interação entre os dois fatores avaliados para as variáveis AP, %PE, AIFB, AIE, MSR, R-R/PA e DR (Tabela 2). Nas variáveis NP (Figura 1A, 2A) e NE (Figura 1B, 2B) houve efeito dos dois efeitos isolados, e nas variáveis VFB-E, CR e VR houve apenas efeitos do fator cultivar (Figura 2). Observou-se que o fator cultivar influenciou significativamente a maioria das variáveis analisadas ($p < 0,05$), destacando diferenças expressivas entre as cultivares BRS 264 e Trunfo quanto ao seu comportamento fisiológico e morfológico frente às condições edafoclimáticas e aos tratamentos aplicados.

O fator biológico também apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) sobre algumas variáveis, isso demonstra que o uso de microrganismos a base de *Bacillus* spp., *Azospirillum brasilense* e do fungo *Trichoderma harzianum* tem potencial de interferir positivamente no crescimento inicial do trigo, corroborando com resultados de estudos prévios (Fernandes et al., 2014; Sansinenea, 2019; Couto et al., 2021).

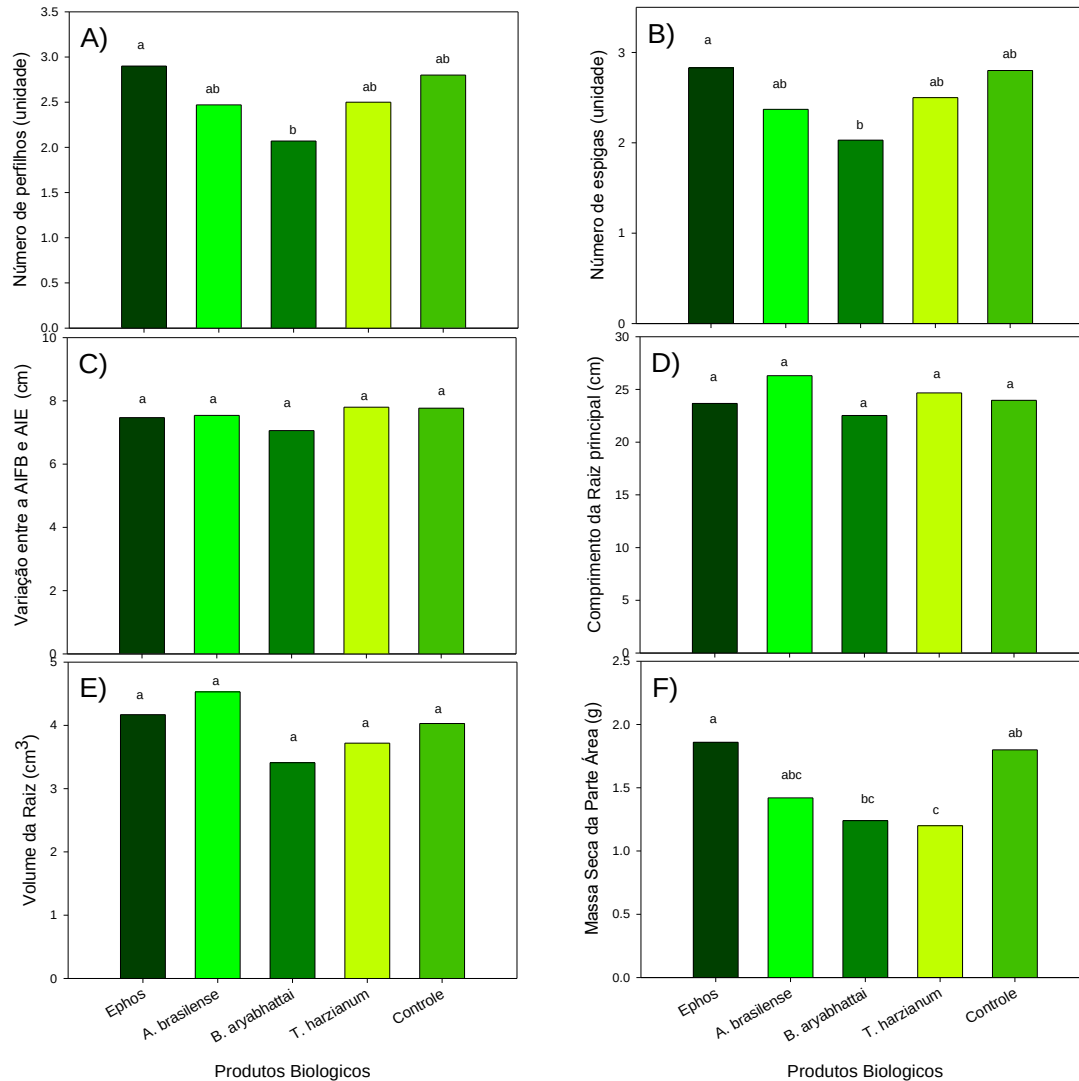


Figura 1. Comparações das médias das variáveis quando avaliado o desenvolvimento de de trigo em solo do cerrado em condições de casa de vegetação e a aplicação de produtos a base de bactérias e fungos. A) número de perfilhos (NP), B) número de espigas formadas (NE), C) variação entre a AIFB e AIE (VFB-E), D) comprimento da raiz principal (CR), E) volume da raiz (VR) e F) massa seca da parte área (MSPA). T1: Ephos (*Bacillus subtilis*, *B. megaterium* e *B. aryabhattai*), T2: *Azospirillum brasilense* e T3: *Bacillus aryabhattai*, T4: *Trichoderma harzianum* e T5: Controle sem aplicação de biológicos.

Vale destacar os elevados CV para algumas variáveis, como densidade da raiz (70,59%), relação MSR/MSPA (136,05%) e massa seca da raiz (113,93%). Esses altos valores de CV podem estar associados à variabilidade natural que existe para essa variável em ambiente de casa de vegetação e à sensibilidade das variáveis radiculares aos estímulos microbiológicos e às condições ambientais, fato também

observado por Galindo et al. (2019) ao avaliar o efeito de algas como bioestimulantes na produtividade de trigo no Cerrado.

A Figura 1 abaixo apresenta o comportamento médio das variáveis morfofisiológicas do trigo quando considerado os diferentes tratamentos biológicos. Nas variáveis NP (Figura 1A), NE (Figura 1B), e MSPA (Figura 1F) o tratamento com Ephos superou significativamente ($p < 0,05$) os demais tratamentos, entretanto, nas outras variáveis VFB-E (Figura 1C), CR (Figura 1D), e VR (Figura 1E) os diferentes tratamentos não se diferenciaram estatisticamente ($p < 0,05$).

Os resultados demonstram a atuação benéfica do tratamento Ephos como bioestimulantes na indução de perfilhamento, formação de espigas e acúmulo de matéria seca na parte área, características importantes na construção do potencial produtivo do trigo (Scheeren, 1986). A conversão de perfilhos férteis em espigas reflete um manejo biológico eficaz, o que está alinhado com os relatos de Beneduzi et al. (2008) e Fioreze et al. (2020), que associam essas bactérias à promoção de crescimento e aumento da eficiência de absorção de nutrientes. Estudos recentes feitos por Chandra et al. (2021) destacam a eficiência de produtos a base de *Bacillus* na indução de crescimento vegetativo e aumento da área foliar, semelhante ao obtido para MSPA (Figura 1F).

A Figura 2 compara as cultivares BRS 264 e Trunfo, independentemente dos tratamentos biológicos. A cultivar Trunfo apresentou nas variáveis NP (Figura 2A), NE (Figura 2B), VR (Figura 2E) e MSPA (Figura 2F) os maiores valores de médias em relação a cultivar BRS 264, com incrementos de 77%, 79%, 141%, 109%, respectivamente. Esse resultado indica que a cultivar Trunfo evidencia uma melhor eficiência fisiológica, características que podem ser vantajosas em ambientes com condições limitantes e onde a cultura investe, mas em produção de perfilho e raízes e com isso se favorece a absorção de nutrientes e se obtêm um melhor desempenho, associado com um maior acúmulo de matéria seca na parte área.

A variação entre altura da folha bandeira e espiga (VFB-E) é um indicador de como a planta naturalmente desenvolve a espiga logo após o aparecimento da folha bandeira, e entre as duas cultivares comparadas a BRS 264 evidenciou a maior diferença de altura com 8 cm (Figura 2C), o que pode estar relacionado a um maior alongamento do colmo superior. Esse padrão pode favorecer o enchimento dos grãos pela melhor interceptação de luz solar e ventilação, como sugerido por Vieira et al. (2022). Em conjunto, os dados indicam que a cultivar Trunfo apresenta maior vigor vegetativo e radicular em comparação à BRS 264, sendo mais responsiva em condições de casa de vegetação no solo do Cerrado.

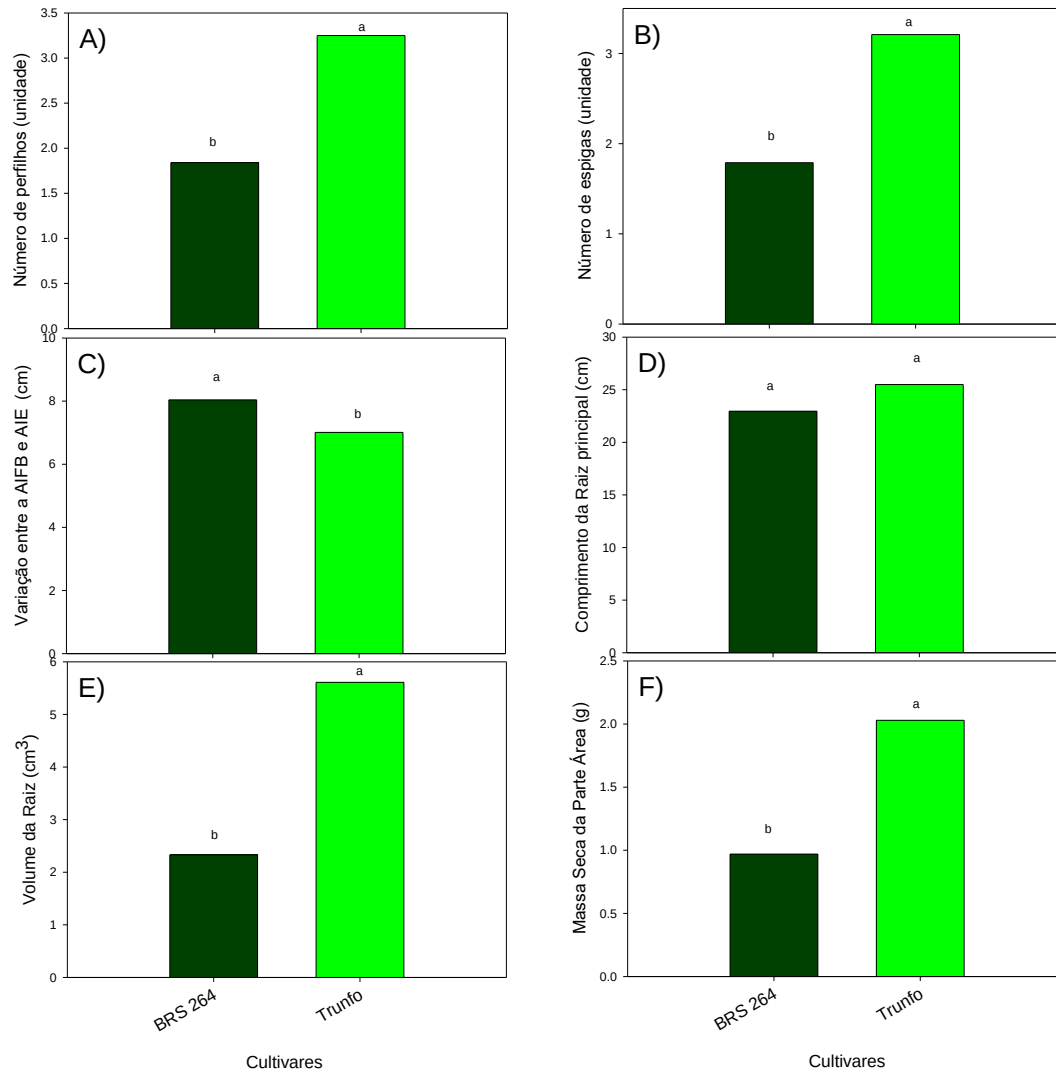


Figura 2. Comparações das médias das variáveis quando avaliado o desenvolvimento de duas cultivares de trigo (BRS 264 e Trunfo) em solo do cerrado em condições de casa de vegetação. A) número de perfilhos (NP), B) número de espigas formadas (NE), C) variação entre a AIFB e AIE (VFB-E), D) comprimento da raiz principal (CR), E) volume da raiz (VR) e F) massa seca da parte área (MSPA).

A Tabela 2 apresenta as médias das variáveis que manifestaram interação significativa entre os dois fatores (cultivares e produtos biológicos) avaliados. Para a altura da planta, a cultivar BRS 264 não evidenciou diferença entre os tratamentos, enquanto a Trunfo mostrou diferenças e o melhor tratamento foi quando aplicado o *B. aryabhatai* (54,53 cm) e o pior foi quando aplicado *A. brasilense* (47,13 cm) e *T. harzianum* (47,26 cm) (Tabela 2).

Quando comparada AP ao considerar os tratamentos aplicados se observa que na maioria deles, a maior altura foi sempre na cultivar BRS 264 incluído no controle, com a exceção da comparação dentro de *B. aryabhatai* que as cultivares não se diferenciaram (Tabela 2). A altura do Trunfo manifestou porte baixo com valores próximo aos descritos por Da Silva et al. (2022) que ao avaliar nas condições da savana roraimense obteve valores de 49,1 cm.

Tabela 2. Comparações das médias das variáveis que manifestaram interação significativa quando avaliado o desenvolvimento de duas cultivares de trigo e a aplicação de produtos a base de bactérias e fungos em solo do cerrado em condições de casa de vegetação.

Produtos Biológicos	Altura da Planta*		Porcentagem NE em relação ao NP	
	(cm)		(%)	
	BRS 264	Trunfo	BRS 264	Trunfo
Ephos	57,82 Aa	47,85 Bab	93,33 Ba	100,00 Aa
<i>A. brasilense</i>	58,51 Aa	47,13 Bb	100,00 Aa	93,89 Ba
<i>B. aryabhattai</i>	52,06 Aa	54,53 Aa	97,78 Aa	100,00 Aa
<i>T. harzianum</i>	52,73 Aa	47,26 Bb	100,00 Aa	100,00 Aa
Controle	56,42 Aa	50,65 Bab	97,78 Aa	100,00 Aa

Produtos Biológicos	Altura Inserção da Folha Bandeira		Altura Inserção da Espiga	
	(cm)		(cm)	
	BRS 264	Trunfo	BRS 264	Trunfo
Ephos	42,19 Aa	34,54 Bab	50,82 Aa	40,85 Ba
<i>A. brasilense</i>	42,61 Aa	33,48 Bb	51,51 Aa	40,13 Ba
<i>B. aryabhattai</i>	37,17 Aa	39,81 Aa	45,06 Aa	47,53 Aa
<i>T. harzianum</i>	37,98 Aa	33,89 Aab	45,73 Aa	40,26 Ba
Controle	42,36 Aa	35,63 Bab	49,42 Aa	43,65 Ba

Produtos Biológicos	Massa Seca da Raiz		Relação MSR/MSPA	
	(g)		(unidade)	
	BRS 264	Trunfo	BRS 264	Trunfo
Ephos	0,186 Ba	2,12 Aab	0,16 Ba	0,68 Aa
<i>A. brasilense</i>	0,229 Ba	1,52 Aabc	0,26 Aa	0,71 Aa
<i>B. aryabhattai</i>	0,236 Aa	0,92 Ac	0,22 Aa	0,58 Aa
<i>T. harzianum</i>	0,262 Ba	1,08 Abc	0,85 Aa	0,55 Aa
Controle	0,210 Ba	2,31 Aa	0,19 Ba	1,05 Aa

Produtos Biológicos	Densidade da Raiz MSR/VR	
	(g cm ⁻³)	
	BRS 264	Trunfo
Ephos	0,089 Ba	0,290 Aab
<i>A. brasilense</i>	0,097 Ba	0,260 Aab
<i>B. aryabhattai</i>	0,082 Ba	0,180 Ab
<i>T. harzianum</i>	0,180 Aa	0,190 Ab
Controle	0,070 Ba	0,380 Aa

* Letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha significam diferenças significativas pelo teste Tukey ao 5% de probabilidade.

O *B. aryabhatai* tem sido mostrado como promotor de crescimento em experimento com trigo com estresse a zinco (Ramesh et al., 2014) e com estresse salino (Farahat et al., 2020; Mehmood et al., 2021). Ramesh et al. (2014) mostram que a expressão de novos genes relacionados ao crescimento de plantas é induzida pela interação com a bactéria endofítica *B. aryabhatai* e que essas mudanças podem promover o crescimento de plantas como verificado no nosso trabalho, onde houve o estímulo na cultivar Trunfo. A baixa altura das plantas manifestada na cultivar Trunfo facilita a colheita e diminui o acamamento das plantas, fator importante no processo de melhoramento genético (Da Silva et al., 2022). Já a cultivar BRS 264 segundo a EMBRAPA (2025), em condições ideais apresenta altura média de 80 cm, entretanto, em experimento no Ceará, apresentou média de 55 cm (Montenegro et al., 2021), este último próximo da variação (52.06 – 57.82 cm) apresentada no presente trabalho (Tabela 2).

A formação de espigas depende inicialmente da formação de perfilhos que podem ou não vir a formar espigas dependendo da condição ambiental, característica que determina a produção e é considerada ao mesurar a percentagem de NE em relação ao NP (Tabela 2). Está variável de modo geral evidenciou valores acima de 93% o que evidencia que independente dos tratamentos aplicados as duas cultivares de trigo conseguiram completar o ciclo produtivo delas sem muita interferência dos tratamentos, na produção de espigas, indicando uma eficiente conversão de estruturas vegetativas em reprodutivas, independentemente da cultivar e do tratamento aplicado. Apenas quando foi aplicado Ephos e *A. brasilense* foram manifestadas variações entre as cultivares, com um estímulo de Ephos na cultivar Trunfo e um estímulo do *A. brasilense* na cultivar BRS 264, evidenciando uma interação que inverte o comportamento das cultivares quando aplicado esses dois tratamentos para esta variável (Tabela 2).

A cultivar BRS 264 não manifestou diferenças significativas entre os tratamentos aplicados quando consideradas as variáveis altura inserção da folha bandeira, altura inserção da espiga, massa seca da raiz, relação MSR/MSPA e densidade da raiz MSR/VR (Tabela 2). A cultivar Trunfo manifestou diferenças significativas nas variáveis altura inserção da folha bandeira com melhor desempenho quando aplicado *B. aryabhatai* com 39,81 cm, massa seca da raiz evidenciou os maiores valores no tratamento controle (ausência de bioinsumos) com 2,31 g de raiz e a densidade da raiz MSR/VR também mostrou o controle ($0,38 \text{ g cm}^{-3}$) como superior, entretanto, este tratamento não se diferenciou dos tratamentos com Ephos ($0,29 \text{ g cm}^{-3}$) e *A. brasilense* ($0,26 \text{ g cm}^{-3}$) (Tabela 2).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento desenvolvido em solo do cerrado, sob condições controladas de casa de vegetação, demonstrou diferenças claras no desenvolvimento das cultivares de trigo BRS 264 e Trunfo. A cultivar Trunfo apresentou desempenho superior em diversas variáveis avaliadas, incluindo número de perfilhos, número de espigas formadas, comprimento e volume das raízes, bem como massa seca da parte

aérea, evidenciando sua maior adaptabilidade e potencial produtivo frente à BRS 264 nas condições testadas.

Quanto aos tratamentos com produtos biológicos à base de bactérias e fungos, a aplicação do produto Ephos, contendo *Bacillus subtilis*, *B. megaterium* e *B. aryabhattai*, destacou-se positivamente, promovendo melhorias significativas no desenvolvimento das plantas em relação aos demais tratamentos e ao controle sem aplicação. Já as aplicações com *Azospirillum brasilense*, *Bacillus aryabhattai* isolado e *Trichoderma harzianum* não apresentaram diferenças expressivas em relação ao controle, indicando que, sob as condições do experimento, seu efeito foi menos evidente.

Esses resultados reforçam a importância da escolha adequada tanto da cultivar quanto dos tratamentos biológicos para potencializar o crescimento e o desenvolvimento do trigo, especialmente em ambientes de cerrado. A combinação da cultivar Trunfo com a aplicação de Ephos pode ser recomendada como estratégia para melhorar a produtividade e a eficiência da cultura, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e adaptadas às condições locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht, J. C. et al. Cultivar Trigo BRS 264: precocidade, qualidade industrial e altos rendimentos para o cerrado do Brasil Central.1-14.
- Baig, K. S., Arshad, M., Shaharoon, B., Khalid, A., & Ahmed, I. Comparative effectiveness of *Bacillus* spp. possessing either dual or single growth-promoting traits for improving phosphorus uptake, growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Annals of microbiology*, v.62, p.1109-1119, 2012.
- Beneduzi, A., Peres, D., Da Costa, P. B., Zanettini, M. H. B., & Passaglia, L. M. P. Genetic and phenotypic diversity of plant-growth-promoting bacilli isolated from wheat fields in southern Brazil. *Research in microbiology*, v.159, n.4, p. 244-250, 2008.
- Bettiol, W., Silva, J. C., Castro, M. L. M. P., Meyer, M., Mazaro, S., & Silva, J. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. Meyer, M. C.; Mazaro, S. M.; Silva, J. C. *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: Embrapa, 21-43, 2019.
- Bhering, L. L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.17, p.187-190, 2017.
- Borém, A., Miranda, G. V., & Fritsche-Neto, R. *Melhoramento de plantas*. 8 ed. São Paulo: Oficina dos Livros. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para Análise de Sementes (RAS)*. Brasília: MAPA/Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.
- Bueno, V. H. P., Parra, J. R. P., Bettiol, W., & Van Lenteren, J. C. Biological control in Brazil. *Biological control in Latin America and the Caribbean: its rich history and bright future*, p.78-107, 2020.

- Casagrande, C. R., Mezzomo, H. C., De Sousa, D. J. P., Dos Santos, C. V., Yamanaka, C. H., Olivoto, T., ... & Nardino, M. Envirotypes applied to evaluate the adaptability and stability of wheat genotypes in the tropical region in Brazil. *Euphytica*, v.220, n.2, p.27, 2024.
- Chagas, L. F. B. et al. Eficiência de *Trichoderma asperellum* em componentes do rendimento de soja. *Comunicata Scientiae*, v.8, p.165-169, 2017a.
- Chagas, L. F. B., Martins, A. L. L., De Carvalho Filho, M. R., De Oliveira Miller, L., De Oliveira, J. C., & Junior, A. F. C. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. *Agri-environmental sciences*, v3, n.2, p.10-18, 2017b.
- Chandra, P., Khobra, R., Sundha, P., Sharma, R. K., Jasrotia, P., Chandra, A., Singh, D. P., & Singh, G. P. Plant growth promoting *Bacillus*-based bio formulations improve wheat rhizosphere biological activity, nutrient uptake and growth of the plant. *Acta Physiologiae Plantarum*, 43, 1–12, 2021.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2023). Acompanhamento de safra brasileira: grãos. Terceiro levantamento, dezembro 2022. Disponível em: [22https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/45427_510a1459a11d50bd53a250780fea86a4.pdf](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/45427_510a1459a11d50bd53a250780fea86a4.pdf).> Acesso em: 17 nov. 2023
- Couto, A. P. S., Pereira, A. E., Abati, J., Fontanela, M. L. C., Dias-Arceira, C. R., & Krohn, N. G. Seed treatment with *Trichoderma* and chemicals to improve physiological and sanitary quality of wheat cultivars. *Revista Caatinga*, v.34, p.813-823, 2021.
- Da Silva, A. J. et al. Performance of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars in the savannah of Roraima, Brazil. *Revista Agro@mbienteOn-line*, v. 16, p. 1-11, 2022.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products. 2023. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products. 2024. Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/es/#compare>
- Farahat, M. G., Mahmoud, M. K., Youseif, S. H., Saleh, S. A., & Kamel, Z. Alleviation of salinity stress in wheat by ACC deaminase-producing *Bacillus aryabhattai* EWR29 with multifarious plant growth-promoting attributes. *Plant Arch*, v. 20, n. 1, p. 417-429, 2020.
- Fernandes, R. H., Vieira, B. S., Fuga, C. A. G., & Lopes, E. A. *Pochonia chlamydosporia* e *Bacillus subtilis* no controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em mudas de tomateiro. *Bioscience Journal*, v.30, n.1, p.34-38, 2014.
- Fioreze, S. L., Pinheiro, M. G., Pereira, Y. D., & Cruz, S. P. Inoculation of wheat plants with *Pseudomonas* spp. and *Azospirillum brasilense* under drought stress. *Journal of Experimental Agriculture International*, v.42, p.01-07, 2020.
- Galindo, F. S., Teixeira Filho, M. C. M., Buzetti, S., Alves, C. J., De Paula Garcia, C. M., & Nogueira, L. M. Extrato de algas como bioestimulante da produtividade do trigo irrigado na região do Cerrado. In *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215 (Vol. 15, No. 1, pp. 130-140), 2019.

- Hasan, M. M. et al. Potencialidade antagônica de *Trichoderma harzianum* frente a fungos patogênicos transmitidos por sementes de trigo de inverno cv. Protiva in vitro e in vivo. Revista de Microbiologia e Biotecnologia, v.22, p.585-591, 2012.
- Kaewtapee, C., Burbach, K., Tomforde, G., Hartinger, T., Camarinha-Silva, A., Heinritz, S., ... & Rosenfelder-Kuon, P. Effect of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* supplementation in diets with low-and high-protein content on ileal crude protein and amino acid digestibility and intestinal microbiota composition of growing pigs. Journal of Animal Science and Biotechnology, v.8, p.1-15, 2017.
- Kielek, F. A., & Lazaretti, N. S. Avaliação na cultura do trigo após tratamento com bionemática. Revista Cultivando o Saber, p.97-107, 2023.
- Mehmood, S.; Khan, A. A.; Shi, F.; Tahir, M.; Sultan, T.; Munis, M. F. H.; Kaushik, P.; Alyemeni, M. N.; Chaudhary, H. J. Alleviation of salt stress in wheat seedlings via multifunctional *Bacillus aryabhattai* PM34: an in-vitro study. Sustainability, v. 13, n. 14, p. 8030, 2021.
- Mirskaya, G. V., Khomyakov, Y. V., Rushina, N. A., Vertebny, V. E., Chizhevskaya, E. P., Chebotar, V. K., ... & Pishchik, V. N. Plant development of early-maturing spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under inoculation with *Bacillus* sp. V2026. Plants, v.11, n.14, p.1817, 2022.
- Montenegro, A. A. T.; Caierão, E.; Miranda, F. R.; Nascimento, J. A. M.; Ferreira, C. Da S. Avaliação de cultivares de trigo sob diferentes densidades de semeadura na região da Serra da Ibiapaba, Ceará. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2021. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 221).
- Oliveira, G. R. F., Silva, M. S., Marciano, T. Y. F., Proença, S. L., & Sá, M. E. Crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor de sementes e inoculação com *Bacillus subtilis*. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v.10, n.4, p.439-448, 2016.
- Pires, C. V., Oliveira, M. G. D. A., Rosa, J. C., & Costa, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. Food Science and Technology, v.26, p.179-187, 2006.
- Pradebon, F. B. Insumos biológicos no crescimento inicial do trigo. 2023. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 2022.
- Ramesh, A., Sharma, S. K., Sharma, M. P., Yadav, N., & Joshi, O. P. Inoculation of zinc solubilizing *Bacillus aryabhattai* strains for improved growth, mobilization and biofortification of zinc in soybean and wheat cultivated in Vertisols of central India. Applied Soil Ecology, 73, 87-96, 2014.
- Sansinenea, E. *Bacillus* spp.: As plant growth-promoting bacteria. Secondary metabolites of plant growth promoting rhizomicroorganisms: Discovery and applications, p.225-237, 2019.
- Scheeren, P. L. Instruções para utilização de descritores de trigo (*Triticum* sp.) e tritcale (*Triticosecale* sp.) Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1986. 32 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 9).

- Silva, L. G., Camargo, R. C., Mascarin, G. M., Nunes, P. S. D. O., Dunlap, C., & Bettiol, W. Dual functionality of *Trichoderma*: Biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* and biostimulant of cotton plants. *Frontiers in Plant Science*, v.13, p.983127, 2022.
- Soares, D. C., Bonfim-Silva, E. M., Da Silva, T. J., Anicésio, É. C., Duarte, T. F., & Oliveira, J. R. Growth and production of wheat cultivars under water tensions in Cerrado soil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, p.279-286, 2023.
- Sonkurt, M., & Çiğ, F. The effect of plant growth-promoting bacteria on the development, yield and yield components of bread (*Triticum aestivum* L.) and durum (*Triticum durum*) wheats. *Applied Ecology & Environmental Research*, v.17, n.2, 2019.
- Vieira, E. M., Albuquerque, C. J. B., Rigueira, J. P. S., Gomes, V. M., Coelho, M. A. O., Rocha Júnior, V. R. R., Monção, F. P., Santana, I. A., Hora, F. F., & Gomes, M. L. R. (2022). Produção e valor nutricional de cultivares de trigo e tritcale em diferentes épocas de colheita no semiárido mineiro. *Semina: Ciências Agrárias*, 43(1), 381-396.
- Witkowicz, R., Skrzypek, E., Gleń-Karolczyk, K., Krupa, M., Biel, W., Chłopicka, J., & Galanty, A. Effects of application of plant growth promoters, biological control agents and microbial soil additives on photosynthetic efficiency, canopy vegetation indices and yield of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Biological Agriculture & Horticulture*, v.37, n.4, p.234-251, 2021.

Avaliação do efeito do estresse hídrico em cultivares de trigo em solo do Cerrado-mato-grossense

Recebido em: 06/09/2025

Aceito em: 20/09/2025

 10.46420/9786585756662cap7

Adriano Rasia Maas 

Gabriel de Freitas Lima 

Beatriz Freitas de Souza 

Lamayson Gabriel Schirrmann Bronstrup 

Emilio Veitía Cándó 

Alan Mario Zuffo 

Fábio Steiner 

Jorge González Aguilera 

INTRODUÇÃO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) ostenta uma posição de destaque singular na geopolítica alimentar global e na segurança nutricional da humanidade. Reconhecido como um dos cereais mais cultivados e consumidos mundialmente, o trigo serve de alimento básico para mais de um terço da população do planeta (FAO, 2023). Sua versatilidade é inigualável, sendo a principal matéria-prima para uma vasta gama de produtos, desde pães e massas a biscoitos e outros alimentos processados, o que o torna um componente indispensável na dieta diária e na indústria alimentícia (FAO, 2023). A dimensão de sua importância é evidenciada pelos números da safra de 2022, que registrou uma produção superior a 800 milhões de toneladas em escala global (FAOSTAT, 2024). Regiões como a União Europeia, China, Índia e Rússia lideram o ranking de produção, demonstrando a capacidade e a relevância estratégica do cultivo em diversas partes do mundo. Além do impacto econômico, o trigo é uma fonte nutricional primordial, fornecendo carboidratos complexos, fibras, vitaminas do complexo B e minerais essenciais, contribuindo significativamente para a saúde humana e prevenção de doenças crônicas (Pires et al., 2006; Vieira et al., 2022).

No Brasil, a triticultura apresenta particularidades principalmente associadas a regiões onde a cultura é produzida. Embora a produção nacional, que atingiu cerca de 10 milhões de toneladas na safra de 2022, posicione o país como o 15º maior produtor mundial (CONAB, 2023; FAOSTAT, 2024), ela ainda é insuficiente para atender à demanda interna. Essa demanda gera uma considerável dependência de importações, impactando diretamente a balança comercial e a soberania alimentar (CONAB, 2024). Historicamente, o cultivo de trigo no Brasil concentrou-se nas regiões Sul, devido às condições climáticas mais amenas, favoráveis às variedades de inverno (EMBRAPA, 2023). Contudo, nas últimas décadas, um robusto esforço governamental e de pesquisa, com destaque para a atuação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), tem sido direcionado para a expansão da cultura para outras regiões, visando à autossuficiência e à redução da vulnerabilidade do mercado nacional (MAPA, 2024). Esse

movimento inclui o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas a climas mais quentes e o aprimoramento de tecnologias de manejo, essenciais para o avanço da cultura em novas fronteiras agrícolas (EMBRAPA, 2023).

A região do Cerrado brasileiro representa a mais promissora dessas novas fronteiras para a triticultura. Caracterizado por um bioma de savana tropical com vasta extensão territorial e solos de baixa fertilidade natural, mas com alta capacidade de resposta à correção e adubação, o Cerrado tem se consolidado como um celeiro agrícola multifuncional (EMBRAPA, 2024a). As condições edafoclimáticas da região, aliadas a investimentos em tecnologia e manejo, têm permitido a adaptação e o florescimento do cultivo de trigo tropical (Galindo et al., 2019; Soares et al., 2023; Casagrande et al., 2024). O desenvolvimento de variedades de trigo com maior tolerância a altas temperaturas e estresse hídrico, juntamente com o aprimoramento de sistemas de produção como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), tem impulsionado a produtividade e a qualidade dos grãos nesta região (Borèm et al., 2021). A capacidade de adaptação do trigo, impulsionada pelo melhoramento genético contínuo, tem permitido que a cultura se torne cada vez mais versátil e de ampla distribuição geográfica, ampliando as áreas de cultivo além das tradicionais (Borèm et al., 2021).

No entanto, o clima do Cerrado, classificado como Tropical sazonal, apresenta desafios intrínsecos à produção agrícola. As estações são bem definidas: um verão quente e chuvoso e um inverno seco, com temperaturas médias anuais que oscilam entre 22°C e 23°C (ECOLOGIA IB, [s.d.]). Apesar da abundância de chuvas durante a estação úmida, a irregularidade na distribuição pluviométrica é uma característica marcante. A ocorrência de “veranicos” – períodos de estiagem prolongada e inesperada durante a estação chuvosa ou em momentos críticos do desenvolvimento da cultura – constitui um dos principais fatores limitantes para a produtividade do trigo de sequeiro (EMBRAPA, 2024b; CANAL RURAL, 2024). Fases críticas do desenvolvimento do trigo, como a floração e o enchimento de grãos, são altamente sensíveis a condições de estresse ambiental e podem comprometer drasticamente o rendimento e a qualidade final da colheita (EMBRAPA, 2023). Dessa forma, a produtividade do trigo é influenciada por uma série de fatores interligados, incluindo o manejo adequado do solo, o uso de tecnologias modernas de plantio e colheita, e a seleção de variedades adaptadas às condições locais, promovendo um aumento dos rendimentos da cultura (Borèm et al., 2021; Casagrande et al., 2024). A demanda hídrica da cultura, sob as condições do Cerrado, obriga os pesquisadores e produtores a selecionar genótipos com resposta favorável para esse estresse abiótico (Trindade et al., 2006).

Diante dos desafios climáticos, a irrigação emerge como uma estratégia fundamental para a viabilidade e o sucesso do cultivo de trigo no Cerrado. Conforme Mistro e Camargo (2002), o bom desempenho da lavoura de trigo na região tem se manifestado com o emprego da irrigação por aspersão, combinada com colheita mecanizada e o uso de genótipos de trigo de baixo porte, resistentes ao acamamento, com palha forte e altamente responsivos à adubação, principalmente a nitrogenada. A irrigação não só mitiga os efeitos dos “veranicos”, mas também permite o cultivo em épocas mais secas,

otimizando o uso da terra e dos recursos disponíveis. Contudo, a irrigação representa um custo significativo de implementação e operação, o que exige um manejo eficiente e sustentável do recurso hídrico para garantir a viabilidade econômica do agrossistema. A aplicação de lâminas de água adequadas é crucial, pois tanto o excesso quanto a escassez podem influenciar negativamente o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas (Prado et al., 2021).

Neste cenário de busca por maior resiliência das culturas agrícolas frente aos estresses abióticos, a pesquisa com microrganismos benéficos tem ganhado destaque. Particularmente, o uso de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR) oferece uma alternativa biológica e sustentável para melhorar a capacidade das plantas de lidar com condições adversas, como o déficit hídrico (Ferreira et al., 2021). Entre essas bactérias, o microrganismo *Bacillus aryabhattai* tem se mostrado promissor na agricultura. Isolada pela primeira vez da rizosfera de plantas na Índia, esta bactéria, frequentemente encontrada na camada de solo diretamente influenciada pelas raízes, possui múltiplos mecanismos de ação que conferem maior tolerância das plantas ao estresse hídrico e outros estresses ambientais

Estudos recentes demonstram que *B. aryabhattai* pode mitigar os efeitos da seca por diversas vias. Um dos mecanismos envolve a produção de um biofilme protetor ao redor das raízes, que ajuda a reter umidade e reduzir a perda de água, otimizando a absorção de nutrientes e água do solo mesmo sob condições de pouca disponibilidade (EMBRAPA, 2021; Verde.Ag, [s.d.]a). Além disso, essa rizobactéria é capaz de sintetizar e secretar fitormônios, como auxinas, giberelinas e citocininas, que estimulam o crescimento radicular e da parte aérea, promovendo um sistema radicular mais robusto e eficiente na captação de água em maiores profundidades (Silva, 2024; Verde.Ag, [s.d.]b). Outro mecanismo importante é a modulação da resposta fisiológica da planta ao estresse. *B. aryabhattai* pode induzir a expressão de genes relacionados à tolerância à desidratação e à síntese de compostos osmoprotetores, como prolina e açúcares solúveis, que ajudam as células vegetais a manter o turgor e a função metabólica sob condições de escassez hídrica (AGROLINK, 2024; Verde.Ag, [s.d.]b). A validação de cepas específicas, como a CMAA 1363 da Embrapa, reforça o potencial de *B. aryabhattai* como um bioproduto eficaz para auxiliar as lavouras a enfrentar períodos de seca no campo (AGROLINK, 2024). A introdução dessas bactérias no sistema de cultivo pode, portanto, aumentar a eficiência no uso da água disponível no solo e promover um melhor desenvolvimento da planta, culminando em maior produtividade mesmo em cenários de déficit hídrico.

No contexto atual existe urgência em desenvolver e validar estratégias que garantam a sustentabilidade da produção de trigo em regiões desafiadoras como o Cerrado. A otimização do uso da água e a promoção da resiliência das plantas ao estresse hídrico são imperativos frente às mudanças climáticas e à crescente demanda por alimentos. Compreender como diferentes cultivares de trigo respondem a variações na reposição hídrica e como a inoculação com *Bacillus aryabhattai* pode influenciar essa resposta é fundamental para subsidiar práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de cultivares de trigo submetidos a diferentes condições de reposição hídrica em solos no Cerrado Mato-Grossense em combinação com a aplicação de *Bacillus aryabhattai*, para atenuar os efeitos do déficit hídrico e otimizar a produtividade da cultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na Unidade Universitária de Cassilândia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Cassilândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. A estrutura da casa de vegetação, com sua cobertura plástica transparente, permitiu o controle rigoroso do regime hídrico, ao impedir a incidência de precipitação direta, enquanto assegurava a entrada de luz solar e a circulação de ar, refletindo as condições de temperatura ambiente típicas do clima tropical sazonal do Cerrado. O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi um Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico (NQo), coletado na própria UEMS de Cassilândia. Este solo é caracterizado por sua textura predominantemente arenosa, com 120 g kg^{-1} de argila, 40 g kg^{-1} de silte e 840 g kg^{-1} de areia. Previamente à instalação do experimento, foi realizada uma análise química detalhada do solo, cujos resultados guiaram o plano de correção e adubação.

A análise de solo revelou deficiências nos principais nutrientes essenciais para as plantas. Em relação aos macronutrientes, foram identificados teores de fósforo (P) em $0,12 \text{ mg dm}^{-3}$, potássio (K) em $0,29 \text{ cmolc dm}^{-3}$, cálcio (Ca) em $0,86 \text{ cmolc dm}^{-3}$ e magnésio (Mg) em $0,34 \text{ cmolc dm}^{-3}$, todos considerados baixos. Essa carência de elementos é um fator limitante para o desenvolvimento das culturas. É importante notar que o teor de nitrogênio (N), um macronutriente crucial, não foi determinado nesta análise.

Em relação aos micronutrientes, foram encontrados teores de boro (B) em $0,23 \text{ mg dm}^{-3}$, cobre (Cu) em $0,80 \text{ mg dm}^{-3}$ e zinco (Zn) em $0,90 \text{ mg dm}^{-3}$.

A implantação do experimento teve início em 20 de março de 2025, com a correção e adubação do solo nos vasos, seguindo as recomendações da análise química. Cada vaso, com capacidade de 8 litros, recebeu 6 gramas de um adubo mineral formulado 4-20-20 (N-P₂O₅-K₂O) e 3 gramas de calcário como corretivo de solo. O experimento totalizou 90 vasos, sendo cada um considerado uma unidade experimental. Foram utilizadas três variedades de trigo: 'Trunfo', 'TBIO Calibre' e 'TBIO 190057', com 30 vasos alocados para cada variedade. Foram realizadas duas adubações de cobertura, à base de ureia aproximadamente 46% de N, foram realizadas para suprimento de nitrogênio, com a aplicação de 0,31 gramas por vaso. A primeira ocorreu em 25 de abril de 2025 na fase de perfilhamento e a segunda em 9 de maio de 2025, no começo do espigamento. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi efetuado conforme a necessidade da cultura e as boas práticas agronômicas para cultivos em ambiente controlado.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 2 \times 3$, com cinco repetições, resultando em 90 vasos (parcelas). Um primeiro fator foi constituído por três

lâminas de irrigação (T1: controle sem déficit hídrico 100% da capacidade de campo, T2: 50% da capacidade de campo, e T3: 25% da capacidade de campo), um segundo fator foi constituído por três cultivares de trigo (TBIO CALIBRE, TBIO 190057 e TBIO Trunfo) e um terceiro fator foi constituído por dois níveis da aplicação no vaso da bactéria *Bacillus aryabhattai* (com e sem aplicação).

Para os tratamentos de inoculação, 15 vasos de cada cultivar receberam a bactéria *B. aryabhattai* via inoculação diretamente no vaso, seguindo as recomendações do fabricante sendo aplicado 5 ml por vaso, enquanto os 15 vasos restantes de cada cultivar serviram como controle, sem inoculação e aplicada água na mesma proporção. O produto empregado foi Acta Ary® (Acta Bio, Jaboticabal, São Paulo) contendo *B. aryabhattai* isolado CMAA 1363, com uma concentração mínima de 1.0×10^9 unidades formadoras de colônia por mililitro de inoculante (UFC mL⁻¹). Dentro desses dois grupos (com e sem bactéria), os vasos foram subdivididos igualmente para os três níveis de capacidade de campo (5 vasos para 100%, 5 vasos para 50% e 5 vasos para 25%).

A manutenção das condições de reposição hídrica foi assegurada por meio da verificação do volume necessário para saturar o solo dentre os tratamentos de 100%, e após a saturação do solo e drenagem livre do excesso foi estimado o volume de água a ser aplicado nos outros tratamentos dentre de cada cultivar para garantir o 50% e o 25%, em relação ao 100% estimado.

O estresse hídrico aplicado foi iniciado quando, mais do 50% das plantas de cada variedade haviam emitido a espiga, marcando o início da fase reprodutiva (Scheeren, 1986), um período crítico para a cultura. Esse período de estresse teve uma duração de 28 dias. As datas de início e término foram diferenciadas conforme a fenologia de cada variedade: para a cultivar TBIO Trunfo, o estresse hídrico ocorreu de 7 de maio de 2025 a 4 de junho de 2025; para as cultivares TBIO Calibre e TBIO 190057, o período de estresse foi de 21 de maio de 2025 a 18 de junho de 2025.

Num primeiro momento foram feitas as avaliações 14 dias após o término do estresse hídrico para todas as três cultivares, visando observar as respostas das plantas após o período de estresse. Um vaso com cinco plantas representativo do tratamento foi empregado, e as raízes das plantas foram lavadas com água abundante até a eliminação de todo o solo.

Em condições de laboratório as plantas foram separadas em parte área e raiz. Foi mensurada o número de perfilhos por planta (NP, unidade), número de espigas por planta (NE, unidade), percentagem de espigas por planta (PEP, %), altura da inserção da folha bandeira (AIFB, cm), altura da inserção da espiga (AIE, cm), variação da AIFB e AIE (VFB-E, cm), comprimento da raiz (CR, cm), volume da raiz (VR, ml), massa seca da folha (MSPA-folha, g), massa seca do colmo (MSPA- colmo, g), massa seca da raiz (MSR, g), e massa seca total da planta da parte área (MSTPA, g). Foram empregados 15 círculos de 8,6 mm de diâmetro que representa 13.51 mm², secados a 65°C em estufa de ar forçada, e com o peso deles foi obtido o valor de área foliar (AF, mm²), empregando MSPA-folha como referência.

O VR foi obtido ao determinar a quantidade de água em ml pelo método de deslocamento de volume de água. Empregando proveta graduada de 100 ml (após cuidadosa lavagem e remoção do

excesso de água superficial das raízes), foi fixado o volume de 50 ml e verificado o volume de deslocamento da água.

As variáveis relacionadas com matéria seca (MSPA-folha, MSPA-colmo e MSR) foram obtidas ao colocar as amostras em estufa de recirculação de ar forçado a 65 °C por três dias até peso constante. A mensuração da matéria seca foi feita em balança de precisão.

Num segundo momento quando as cultivares de trigo estavam na maturação fisiológica (Scheeren, 1986) quatro vasos de cada cultivar dentre os tratamentos aplicados foram empregados para determinar os componentes de produção: altura final do cultivo (AFC, cm), número de espigas por planta (NEP, unidade), número de grãos por espiga (NGE, unidade), peso médio de grãos (PMG, g), e peso total de grãos por vaso (PTGV, g).

Para a análise estatística, os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). As análises foram realizadas utilizando o software estatístico RBio (Bhering, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações iniciais mostraram que existe interação tripla entre os três fatores avaliados (cultivar, bactéria e irrigação), sendo assim foi feita uma análise para cada cultivar individual considerando os fatores bactéria x irrigação em cada uma delas.

*Cultivar TBIO Calibre submetida ao estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhattai**

A análise de variância para a cultivar de trigo TBIO Calibre (Tabela 2) indicou que o fator irrigação influenciou significativamente a maioria das variáveis avaliadas. A aplicação da bactéria *B. aryabhattai* teve efeito significativo apenas na altura da planta (AP) e no número de espigas por planta (NEP). A interação entre os fatores bactéria e irrigação foi significativa para volume de raiz (VR), massa seca de raiz (MSR), área foliar (AF) e peso total de grãos por vaso (PTGV), demonstrando a importância da combinação desses fatores para o desenvolvimento e a produtividade da cultivar.

A disponibilidade hídrica emergiu como o principal fator limitante para a maioria dos parâmetros de crescimento e produtividade na cultivar TBIO Calibre (Tabela 3). Essa resposta é amplamente documentada na literatura, onde o estresse hídrico, mesmo que moderado, afeta negativamente processos fisiológicos vitais, como a fotossíntese e a expansão celular, resultando em menor crescimento e desenvolvimento da cultura (TAIZ et al., 2017). Nossos resultados corroboram essa tendência, mostrando que a redução na irrigação para 25% resultou em uma diminuição significativa no número de perfilhos e de espigas, além de um menor acúmulo de massa seca em diversas partes da planta (Tabela 3).

Tabela 2. Resumo do ANOVA obtida ao avaliar a cultivar de trigo TBIO Calibre submetida a estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhattai* em condições de casa de vegetação num solo do Cerrado Mato-Grossense.

Variável	Bactéria (B)	Irrigação (I)	B x I	CV (%)
Número de Perfílios (NP, unidade)	0,25628	0,00170	0,28723	26,01
Número de Espigas (NE, unidade)	0,35923	0,00036	0,42983	28,93
Porcentagem de Produção de Espigas (PPE, %)	0,98607	0,35232	0,64485	29,03
Altura da Inserção da Folha Bandeira (AIFB, cm)	0,09866	0,00086	0,08226	8,42
Altura da Inserção da Espiga (AIE, cm)	0,04781	0,00023	0,04204	8,92
Variação na Inserção da FB e a Espiga (VFB-E, cm)	0,10217	0,08702	0,23621	29,89
Comprimento de raiz (CR, cm)	0,07012	0,42711	0,08171	15,81
Volume de raiz (VR, ml ³)	0,09170	0,00276	0,00298	30,55
Massa seca da folha (MSF, g)	0,33468	0,07533	0,06413	28,12
Massa seca do colmo (MSC, g)	0,53657	0,00005	0,14103	27,46
Massa seca de raiz (MSR, g)	0,50697	0,00402	0,00153	31,98
Área foliar (AF, mm ²)	0,28834	0,44484	0,04054	31,76
Massa seca total da parte aérea (MTPA, g)	0,83229	0,00014	0,06843	24,39
Altura da planta (AP, cm)	0,00392	0,00000	0,82704	5,62
No. de espigas por planta (NEP, unidade)	0,03449	0,00094	0,05085	12,89
No. de grãos por espiga (NGE, unidade)	0,84861	0,00000	0,41244	18,00
Peso médio de grãos (PMG, g)	0,63110	0,00051	0,36379	13,72
Peso total de grãos por vaso (PTGV, g)	0,05334	0,00000	0,03655	19,42

A ausência de um efeito significativo da bactéria *B. aryabhattai* na maioria das variáveis (Tabela 3), como massa seca da folha e do colmo, sugere que, na ausência de interação, a bactéria não foi capaz de alterar substancialmente o padrão de crescimento da planta. Contudo, o efeito significativo na altura da planta e no número de espigas por planta indica que o microrganismo pode atuar em mecanismos específicos de desenvolvimento, mesmo sem uma resposta de interação. Esse resultado está em consonância com estudos que mostram que bactérias promotoras de crescimento vegetal podem modificar a arquitetura da planta através da produção de fitormônios, como auxinas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A interação significativa entre bactéria e irrigação para o volume de raiz (Tabela 4) é um dos achados mais relevantes deste estudo. Sob estresse hídrico severo (25% de irrigação), a aplicação de *B. aryabhattai* resultou em um maior volume radicular, superando o tratamento sem a bactéria (Tabela 4). Este comportamento é um forte indicativo de que a bactéria auxilia a planta a mitigar os efeitos negativos do estresse hídrico, um mecanismo já descrito na literatura como a capacidade de certas bactérias de induzir o alongamento e a ramificação de raízes, melhorando a captação de água e nutrientes (Araújo et al., 2015; Castanha et al., 2021).

Tabela 3. Medias de variáveis que não apresentaram interação significativa quando avaliada a cultivar de trigo TBIO Calibre submetida a estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhatai* em condições de casa de vegetação num solo do Cerrado Mato-Grossense.

Bactéria*	NP (unid.)	NE (unid.)	%E (%)	AIFB (cm)	VFB-E (cm)
Com	9,42 a	4,25 a	44,94 a	41,62 a	6,95 a
Sem	10,67 a	4,75 a	44,85 a	39,20 a	5,63 a

Irrigação	NP (unid.)	NE (unid.)	%E (%)	AIE (cm)	VFB-E (cm)
100 %	12,25 a	6,00 a	50,00 a	44,90 a	7,58 a
50 %	11,00 a	4,75 a	40,36 a	38,75 b	5,67 a
25 %	6,88 b	2,75 b	44,32 a	37,57 b	5,63 a

Bactéria	CR (cm)	MSF (g)	MSC (g)	MSTPA (g)	AP (cm)
Com	33,33 a	1,70 a	5,13 a	6,86 a	65,00 a
Sem	37,75 a	1,90 a	4,78 a	6,72 a	60,25 b

Irrigação	CR (cm)	MSF (g)	MSC (g)	MSTPA (g)	AP (cm)
100 %	36,63 a	1,98 a	7,15 a	9,16 a	70,25 a
50 %	36,63 a	1,98 a	4,59 b	6,60 b	66,38 a
25 %	33,38 a	1,44 a	3,13 b	4,61 b	51,25 b

Bactéria	NEP (unid.)	NGE (unid.)	PMG (g)
Com	4,04 b	18,25 a	0,0270 a
Sem	4,56 a	18,52 a	0,0278 a

Irrigação	NEP (unid.)	NGE (unid.)	PMG (g)
100 %	4,89 a	24,74 a	0,0236 b
50 %	4,38 a	21,49 a	0,0261 b
25 %	3,63 b	8,93 b	0,0325 a

*Tratamentos com e sem aplicação de *B. aryabhatai*, NP: Número de perfilho, NE: Número de Espigas, %E: Percentagem de Produção de Espigas, AIFB: Altura da Inserção da Folha bandeira, VFB-E: Variação na inserção da FB e a Espiga, CR: Comprimento de Raiz, MSF: Massa seca da folha, MSC: Massa seca do colmo, e MSTPA: Massa seca total da parte aérea. Letras minúsculas diferentes na coluna representa diferenças significativas pelo teste tukey aos 5% de probabilidade.

O mesmo padrão foi observado para a massa seca de raiz e a área foliar (Tabela 4). A bactéria demonstrou um efeito mais expressivo em condições de estresse hídrico (25%), promovendo um aumento na massa de raiz e na área foliar em relação ao tratamento sem bactéria. Em condições de irrigação plena (100%), a planta não precisou desse auxílio e o tratamento sem a bactéria obteve melhores resultados nessas variáveis, indicando que o benefício da bactéria se manifesta em cenários de estresse.

A resposta mais marcante foi observada no peso total de grãos por vaso (Tabela 4). Em condições de irrigação plena (100%) e moderada (50%), o tratamento sem a bactéria foi superior. No entanto, em estresse hídrico severo (25%), a aplicação de *B. aryabhattai* resultou em maior rendimento de grãos (Tabela 4). Isso reforça a hipótese de que a bactéria tem um papel protetor, minimizando a perda de produtividade do trigo sob condições de seca. A capacidade de promotoras de crescimento vegetal de aumentar a tolerância ao estresse biótico e abiótico já foi demonstrada, com impactos positivos na produtividade em ambientes desfavoráveis (Santos et al., 2013).

Tabela 4. Medias de variáveis que apresentaram interação significativa quando avaliada a cultivar de trigo TBIO Calibre submetida a estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhattai* em condições de casa de vegetação num solo do Cerrado Mato-Grossense.

Irrigação	Altura da Inserção da Espiga (cm)		Volume de raiz (mL ³)	
	Com*	Sem	Com	Sem
100 %	52,13 Aa	54,44 Aa	16,25 Ab	30,25 Aa
50 %	49,03 Aa	39,81 Bb	13,25 Aa	18,00 Ba
25 %	45,19 Aa	41,21 Ba	16,50 Aa	9,25 Ba

Irrigação	Massa seca de raiz (g)		Area foliar (mm ²)	
	Com	Sem	Com	Sem
100 %	4,36 Ab	7,93 Aa	0,65 Ab	1,20 Aa
50 %	3,70 Aa	4,06 Ba	0,87 Aa	0,85 ABa
25 %	4,92 Aa	2,18 Bb	0,83 Aa	0,67 Ba

Irrigação	Peso total de grãos por vaso (g)	
	Com	Sem
100 %	15,80 Ab	20,55 Aa
50 %	12,62 Aa	16,04 Ba
25 %	6,77 Ba	4,89 Ca

*Com e Sem representa a presença e ausência de aplicação *B. aryabhattai*. Letras minúsculas diferentes na linha e maiúscula na coluna representa diferenças significativas pelo teste tukey aos 5% de probabilidade.

Cultivar TBIO 190057 submetida a estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhattai*

A análise de variância da cultivar TBIO 190057 (Tabela 5) revelou que a irrigação foi o fator que mais influenciou as variáveis. A aplicação da bactéria *B. aryabhattai* teve impacto significativo na altura da inserção da folha bandeira (AIFB), altura da planta (AP), número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE) e peso médio de grãos (PMG). A interação entre bactéria e irrigação foi

significativa para a altura da inserção da folha bandeira, volume de raiz (VR) e peso médio de grãos (PMG).

A forte influência da irrigação na maioria das variáveis (Tabela 6) demonstra a sensibilidade da cultivar TBIO 190057 ao estresse hídrico. A diminuição da disponibilidade de água resultou em reduções significativas em parâmetros essenciais para o rendimento, como a altura da planta e a massa seca total da parte aérea (Taiz et al., 2017). A resposta da planta à seca é um mecanismo de adaptação para economizar água, o que, consequentemente, afeta o crescimento e a produção de biomassa (Castanha et al., 2021).

Tabela 5. Resumo do ANOVA obtida ao avaliar a cultivar de trigo TBIO 190057 submetida a estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhattai* em condições de casa de vegetação num solo do Cerrado Mato-Grossense.

Variável	Bactéria (B)	Irrigação (I)	B x I	CV (%)
Número de Perfilhos (NP, unidade)	0,58688	0,00107	0,68949	23,42
Número de Espigas (NE, unidade)	0,71311	0,90118	0,78589	25,72
Porcentagem de Produção de Espigas (PPE, %)	0,14189	0,00019	0,105471	21,78
Altura da Inserção da Folha Bandeira (AIFB, cm)	0,03320	0,00000	0,03149	6,08
Altura da Inserção da Espiga (AIE, cm)	0,82483	0,00000	0,05349	5,79
Variação na Inserção da FB e a Espiga (VFB-E, cm)	0,00081	0,00000	0,91883	18,35
Comprimento de raiz (CR, cm)	0,44112	0,46649	0,27944	13,55
Volume de raiz (VR, ml ³)	0,60855	0,11755	0,04074	44,76
Massa seca da folha (MSF, g)	0,60098	0,00146	0,41553	22,96
Massa seca do colmo (MSC, g)	0,69262	0,00018	0,76780	21,71
Massa seca de raiz (MSR, g)	0,85114	0,01020	0,38290	46,89
Área foliar (AF, mm ²)	0,47377	0,00086	0,53207	24,56
Massa seca total da parte aérea (MTPA, g)	0,82613	0,00316	0,90498	21,23
Altura da planta (AP, cm)	0,014364	0,000009	0,08215	7,54
No. de espigas por planta (NEP, unidade)	0,045308	0,041618	0,11557	22,85
No. de grãos por espiga (NGE, unidade)	0,020730	0,000008	0,27517	21,48
Peso médio de grãos (PMG, g)	0,008719	0,000003	0,034007	7,54
Peso total de grãos por vaso (PTGV, g)	0,057444	0,000000	0,225110	16,29

O efeito da bactéria *B. aryabhattai* na cultivar TBIO 190057, mesmo sem interação significativa em algumas variáveis, indica que o microrganismo atuou em mecanismos fisiológicos específicos (Moreira; Siqueira, 2006). A aplicação da bactéria resultou em uma redução da altura da planta e um maior número de espigas por planta, um padrão que pode estar relacionado a uma alocação de recursos da planta para a formação de estruturas reprodutivas, em detrimento do crescimento vegetativo.

Tabela 6. Medias de variáveis que não apresentaram interação significativa quando avaliada a cultivar de trigo TBIO 190057 submetida a estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhattai* em condições de casa de vegetação num solo do Cerrado Mato-Grossense.

Bactéria*	NP (unid.)	NE (unid.)	%E (%)	AIE (cm)	VFB-E (cm)	CR (cm)
Com	8,08 a	4,17 a	54,00 a	62,03 a	7,62 b	37,42 a
Sem	7,67 a	4,33 a	61,91 a	61,70 a	10,32 a	39,08 a

Irrigação	NP (unid.)	NE (unid.)	%E (%)	AIE (cm)	VFB-E (cm)	CR (cm)
100 %	7,5 b	4,38 a	58,58 a	76,59 a	13,97 a	39,38 a
50 %	6,0 b	4,25 a	74,54 a	62,54 b	9,30 b	39,00 a
25 %	10,13 a	4,13 a	40,75 b	46,45 c	3,64 c	36,38 a

Bactéria	MSF (g)	MSC (g)	MSR (g)	MSTPA (g)	AF (mm ²)	AP (cm)
Com	1,56 a	6,48 a	3,03 a	8,08 a	0,73 a	70,83 b
Sem	1,48 a	6,72 a	3,14 a	8,23 a	0,68 a	77,00 a

Irrigação	MSF (g)	MSC (g)	MSR (g)	MSTPA (g)	AF (mm ²)	AP (cm)
100 %	1,41 b	8,69 a	3,02 ab	10,13 a	0,65 b	84,13 a
50 %	1,20 b	6,22 b	1,87 b	7,46 b	0,54 b	72,63 b
25 %	1,94 a	4,89 b	4,37 a	6,87 b	0,93 a	65,00 c

Bactéria	NEP(unid.)	NGE (unid.)	PTGV (g)
Com	4,82 a	21,23 b	14,88 a
Sem	3,94 b	26,54 a	17,03 a

Irrigação	NEP (unid.)	NGE (unid.)	PTGV (g)
100 %	4,30 ab	31,61 a	21,40 a
50 %	5,11 a	25,93 a	17,80 b
25 %	3,74 b	14,12 b	8,67 c

*Tratamentos com e sem aplicação de *B. aryabhattai*, NP: Número de Perfilhos, NE: Número de Espigas, %E: Percentagem de Produção de Espigas, AIE: Altura da Inserção da Espiga, VFB-E: Variação na inserção da FB e a Espiga, CR: Comprimento de Raiz, MSF: Massa seca da folha, MSC: Massa seca do colmo, MSR: Massa seca de Raiz, MSTPA: Massa seca total da parte aérea, e AF: Área foliar.

A interação significativa entre bactéria e irrigação para o volume de raiz (Tabela 7) é um dos achados mais notáveis. Em condições de estresse hídrico severo (25%), a aplicação da bactéria resultou em um volume radicular maior do que o tratamento sem a bactéria, indicando um papel protetor do microrganismo. Em contrapartida, sob irrigação plena, o tratamento sem bactéria apresentou maior

volume de raiz. Essa resposta sugere que o efeito benéfico da bactéria se manifesta em condições de estresse, quando a planta mais necessita de mecanismos de adaptação para absorção de água (Araújo et al., 2015).

Tabela 7. Medias de variáveis que apresentaram interação significativa quando avaliada a cultivar de trigo TBIO 190057 submetida a estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhattai* em condições de casa de vegetação num solo do Cerrado Mato-Grossense.

Irrigação	Altura da inserção da Folha Bandeira (cm)		Volume de Raiz (ml ³)	
	Com*	Sem	Com	Sem
100 %	65,53 Aa	59,71 Ab	7,0 Bb	14,75 Aa
50 %	52,06 Ba	54,43 Aa	7,5 ABa	8,0 Aa
25 %	45,63 Ca	40,00 Bb	15,50 Aa	10,25 Aa

Irrigação	Peso médio de grãos (g)	
	Com	Sem
100 %	0,02933 Ca	0,03050 Ba
50 %	0,03678 Ba	0,03170 Bb
25 %	0,04235 Aa	0,03685 Ab

*Com e Sem representa a presença e ausência de aplicação *B. aryabhattai*. Letras minúsculas diferentes na linha e maiúscula na coluna representa diferenças significativas pelo teste tukey aos 5% de probabilidade.

Similarmente, a interação para o peso médio de grãos (Tabela 7) revelou que, sob estresse hídrico (25%), a aplicação da bactéria proporcionou um peso de grão significativamente maior. Esse resultado é crucial, pois demonstra que, mesmo com a redução no número de grãos por espiga, a bactéria contribui para a manutenção da qualidade do grão, um fator importante para o rendimento final (Santos et al., 2013).

Cultivar Trunfo submetida a estresse hídrico e aplicação de B. aryabhattai

Na cultivar Trunfo (Tabela 8), a análise estatística demonstrou que a irrigação teve efeito significativo na maioria das variáveis avaliadas. A aplicação de *B. aryabhattai* teve efeito significativo apenas na altura da planta (AP) e no número de grãos por espiga (NGE). Em contraste com as outras cultivares, não houve interação significativa entre a bactéria e a irrigação para nenhuma das variáveis analisadas.

O padrão de resposta da cultivar Trunfo ao estresse hídrico (Tabela 9) é semelhante ao observado nas outras cultivares. A redução da irrigação para 25% resultou em uma diminuição significativa no número de espigas, massa seca do colmo, massa seca total da parte aérea e, especialmente, no peso total de grãos por vaso. Esses resultados confirmam que a falta de água é um fator limitante para o crescimento e produtividade, pois a diminuição do turgor celular, o fechamento dos estômatos e a consequente redução da fotossíntese levam à perda de biomassa e rendimento (Taiz et al., 2017).

Tabela 8. Resumo do ANOVA obtida ao avaliar a cultivar de trigo TBIO TRUNFO submetida a estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhattai* em condições de casa de vegetação num solo do Cerrado Mato-Grossense.

Variável	Bactéria (B)	Irrigação (I)	B x I	CV (%)
Número de Perfílos (NP, unidade)	0,74574	0,07308	0,57093	28,07
Número de Espigas (NE, unidade)	0,79109	0,00054	0,88195	31,97
Porcentagem de Produção de Espigas (PPE, %)	0,95091	0,00047	0,12015	20,82
Altura da Inserção da Folha Bandeira (AIFB, cm)	0,81842	0,00768	0,14627	11,1
Altura da Inserção da Espiga (AIE, cm)	0,47043	0,00016	0,61429	10,74
Varição na Inserção da FB e a Espiga (VFB-E, cm)	0,19144	0,00176	0,14360	31,65
Comprimento de raiz (CR, cm)	0,18665	0,17577	0,24871	16,69
Volume de raiz (VR, ml ³)	0,09122	0,00334	0,10039	34,65
Massa seca da folha (MSF, g)	0,54331	0,02184	0,24177	33,67
Massa seca do colmo (MSC, g)	0,97483	0,00008	0,82087	38,34
Massa seca de raiz (MSR, g)	0,38310	0,08497	0,09677	51,22
Area foliar (AF, mm ²)	0,14757	0,27527	0,15035	38,77
Massa seca total da parte aérea (MTPA, g)	0,89489	0,00013	0,71393	35,94
Altura da planta (AP, cm)	0,01503	0,00410	0,211081	9,74
No. de espigas por planta (NEP, unidade)	0,24945	0,01569	0,684390	13,61
No. de grãos por espiga (NGE, unidade)	0,00427	0,00002	0,080506	17,71
Peso médio de grãos (PMG, g)	0,22209	0,00000	0,121883	7,5
Peso total de grãos por vaso (PTGV, g)	0,87205	0,00000	0,30600	10,39

A ausência de interação significativa entre a bactéria e a irrigação para a cultivar Trunfo (Tabela 8) é um resultado importante, pois sugere que a resposta do microrganismo é específica para cada genótipo de trigo. Ao contrário das outras cultivares, a Trunfo não pareceu se beneficiar da presença da bactéria em condições de estresse hídrico, o que reforça a necessidade de se considerar a compatibilidade entre a bactéria e a cultivar para maximizar os benefícios em campo (Araújo et al., 2015).

Apesar da falta de interação, o efeito isolado da bactéria em algumas variáveis (Tabela 9) é digno de nota. A aplicação de *B. aryabhattai* resultou em uma menor altura da planta, mas em um maior número de grãos por espiga. Essa resposta é similar à observada em outras cultivares e pode ser um indicativo da capacidade do microrganismo em redirecionar o metabolismo da planta para a formação de estruturas reprodutivas (Moreira; Siqueira, 2006; Santos et al., 2013). O maior número de grãos por espiga pode ser uma estratégia da planta para compensar as perdas causadas pelo estresse, e a bactéria parece ter contribuído para essa compensação, mesmo que de forma isolada.

Tabela 9. Medias de variáveis que não apresentaram interação significativa quando avaliada a cultivar de trigo TBIO TRUNFO submetida a estresse hídrico e aplicação de *B. aryabhattai* em condições de casa de vegetação num solo do Cerrado Mato-Grossense.

Bactéria*	NP (unid,)	NE (unid,)	%E (%)	AIFB (cm)	AIE (cm)
Com	6,75 a	4,83 a	70,95 a	32,13 a	38,16 a
Sem	6,50 a	4,67 a	71,33 a	32,47 a	39,41 a

Irrigação	NP (unid,)	NE (unid,)	%E (%)	AIFB (cm)	AIE (cm)
100 %	7,88 a	6,38 a	81,03 a	35,99 a	45,30 a
50 %	6,38 a	5,13 a	82,24 a	30,08 b	36,02 b
25 %	5,63 a	2,75 b	50,15 b	30,82 b	35,02 b

Bactéria	VFB-E (cm)	CR (cm)	VR (ml ³)	MSF (g)	MSC (g)
Com	5,63 a	34,50 a	11,25	1,10 a	5,01 a
Sem	6,71 a	31,42 a	14,50	1,01 a	4,98 a

Irrigação	VFB-E (cm)	CR (cm)	VR (ml ³)	MSF (g)	MSC (g)
100 %	8,37 a	32,75 a	17,50 a	1,37 a	7,92 a
50 %	5,95 ab	35,75 a	12,50 ab	0,96 ab	4,62 b
25 %	4,20 b	30,38 a	8,63 b	0,84 b	2,44 b

Bactéria	MSR (g)	MSTPA (g)	AF (mm ²)	AP (cm)	NEP (unid.)
Com	2,11 a	6,15 a	0,64 a	50,92 b	4,90 a
Sem	2,54 a	6,03 a	0,50 a	56,67 a	4,58 a

Irrigação	MSR (g)	MSTPA (g)	AF (mm ²)	AP (cm)	NEP (unid.)
100 %	3,14 a	9,32 a	0,65 a	58,50 a	5,29 a
50 %	2,00 a	5,62 b	0,59 a	54,50 ab	4,69 ab
25 %	1,84 a	3,32 b	0,47 a	48,38 b	4,24 b

Bactéria	NGE (unid.)	PMG (g)	PTGV (g)
Com	23,60 a	0,0281 a	14,72 a
Sem	18,61 b	0,0292 a	14,62 a

Irrigação	NGE (unid.)	PMG (g)	PTGV (g)
100 %	28,16 a	0,0282 b	23,37 a
50 %	18,01 b	0,0328 a	12,63 b
25 %	17,15 b	0,0249 c	8,01 c

*Tratamentos com e sem aplicação de *B. aryabhattai*, NP: Número de Perfilhos, NE: Número de Espigas, %E: Percentagem de Produção de Espigas, AIE: Altura da Inserção da Espiga, VFB-E: Variação na inserção da FB e a Espiga, CR: Comprimento de Raiz, MSF: Massa seca da folha, MSC: Massa seca do colmo, MSR: Massa seca de Raiz, MSTPA: Massa seca total da parte aérea, AF: Área foliar

CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou que a resposta do trigo à aplicação de *Bacillus aryabhattai* e ao estresse hídrico é complexa e depende da cultivar. A irrigação foi o fator de maior impacto no desenvolvimento e na produtividade das três cultivares, confirmando que o déficit hídrico é o principal limitante para a cultura do trigo.

A interação significativa entre bactéria e irrigação na cultivar TBIO Calibre e TBIO 190057 indica que a bactéria desempenha um papel importante como agente protetor em condições de estresse hídrico. A aplicação de *B. aryabhattai* foi particularmente eficaz em cenários de seca severa (25% de irrigação), onde promoveu um aumento no volume de raízes, área foliar e peso total de grãos, mitigando os efeitos negativos da falta de água e auxiliando a planta a manter a produção.

Por outro lado, a ausência de interação na cultivar Trunfo sugere que a compatibilidade entre a bactéria e a cultivar é crucial. Embora a bactéria tenha influenciado parâmetros como a altura da planta e o número de grãos por espiga isoladamente, ela não foi capaz de oferecer os mesmos benefícios adaptativos em condições de estresse hídrico.

Em suma, a aplicação de *B. aryabhattai* pode ser uma estratégia promissora para aumentar a tolerância do trigo ao estresse hídrico, mas sua eficácia é genótipo-específica. Os resultados ressaltam a necessidade de pesquisas futuras que se concentrem em selecionar combinações ideais de rizobactérias e cultivares de trigo para maximizar o rendimento em ambientes com escassez de água, oferecendo uma alternativa sustentável para a agricultura em solos de Cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, G. R. de et al. Inoculação de *Azospirillum brasilense* e irrigação na cultura do milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 4, p. 325-331, 2015.
- Beni, D. et al. Efeito do estresse hídrico e da inoculação com rizobactérias promotoras de crescimento na cultura do milho. Revista Ciência Agronômica, v. 46, n. 2, p. 331-339, 2015.
- Bhering, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.17: 187-190p, 2017.
- Borèm, A.; Ferreira, V. F.; Araújo, R. V.; Rolim, S. N. Trigo tropical: avanços tecnológicos e perspectivas. Viçosa, MG: Editora UFV, 2021.
- Canal Rural. Cultivar de trigo tropical pode render até 7 sacas/ha a mais em anos secos. Canal Rural, [S. l.], 30 mar. 2024. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/agricultura/cultivar-de-trigo-tropical-pode-render-ate-7-sacas-ha-a-mais-em-anos-secos/>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Casagrande, D. R.; Alves, P. R.; Silva, F. M.; Santos, L. M.; Pereira, R. M. Trigo no Cerrado: desafios e oportunidades para uma cultura estratégica. Revista Campo e Negócios, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 45-52, 2024.

- Castanha, B. R. et al. Desempenho do feijoeiro submetido à inoculação com rizobactérias e estresse hídrico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 51, n. 2, p. e63523, 2021.
- Companhia Nacional De Abastecimento - CONAB. Boletim da safra de trigo. Brasília, DF: CONAB, 2024. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 8 ago. 2025.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília, DF: Conab, 2023.
- EMBRAPA TRIGO. Tecnologias para a expansão do trigo no Cerrado. Passo Fundo, RS: EMBRAPA, 2023. Disponível em: <http://www.embrapa.br/trigo>. Acesso em: 8 ago. 2025.
- EMBRAPA TRIGO. Zoneamento e história da cultura do trigo no Brasil. Passo Fundo, RS: EMBRAPA, 2023. Disponível em: <http://www.embrapa.br/trigo>. Acesso em: 8 ago. 2025.
- EMBRAPA. Cerrado. [S. l.]: Embrapa, 2024a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrado>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- EMBRAPA. Cultivar de trigo tropical da Embrapa tem rendimento 12% superior em anos secos. Portal Embrapa, [S. l.], 26 mar. 2024b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/87863570/cultivar-de-trigo-tropical-da-embrapa-tem-rendimento-12-superior-em-anos-secos>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma: FAO, 2023.
- FAOSTAT. Production. Roma: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Ferreira, L. M. et al. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR) no combate ao estresse hídrico. *Revista Brasileira de Microbiologia do Solo*, v. 25, n. 4, p. 123-135, 2021.
- Galindo, E. B.; Silva, C. J.; Oliveira, P. P.; Guimarães, G. C. O Cerrado como nova fronteira do trigo: desafios e perspectivas. *Scientia Agraria Paranaensis*, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 301-308, 2019.
- Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento - MAPA. Estratégia Nacional para o Trigo. Brasília, DF: MAPA, 2024. Disponível em: <http://www.gov.br/agricultura>. Acesso em: 8 ago. 2025.
- Mistro, S. T. S.; Camargo, P. B. Trigo de sequeiro no cerrado. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 10 p. (Comunicado Técnico, 64).
- Moreira, F. M. De S.; Siqueira, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
- Pires, C. C.; Reisser Júnior, C.; Bergamaschi, H.; Radin, B.; Bergonci, J. I. Qualidade tecnológica de cultivares de trigo irrigado no sul do Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1060-1066, 2006.
- Prado, R. M.; Ferreira, L. C.; Menezes, C. R.; Souza, A. L.; Lima, S. P. Efeito de lâminas de irrigação no desenvolvimento e produtividade de culturas agrícolas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 25, n. 1, p. 11-17, 2021.
- Santos, J. B. et al. Uso de rizobactérias promotoras de crescimento na cultura da soja sob estresse hídrico. *Ciência Rural*, v. 43, n. 1, p. 54-61, 2013.

- Scheeren, P.L. Informações sobre o trigo (*Triticum* spp.). Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1986. 34p. (Embrapa Trigo. Documentos, 2).
- Silva, F. B. da. Uso de regimes hídricos e *Bacillus aryabhattai* no desempenho agrônômico na cultura do milho verde. 2024. 35 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, CE, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unilab.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3893/1/Vers%C3%A3o%20FINAL%20Barroso.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Soares, B. L.; Pereira, R. A.; Costa, M. G.; Ribeiro, T. S.; Mendes, C. O. Trigo tropical: adaptação e produtividade no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 58, e00000, 2023.
- Taiz, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- Trindade, E. V.; Marcos, F. B.; Silva, J. A. Respostas fisiológicas e de rendimento de cultivares de trigo a diferentes regimes hídricos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 41, n. 1, p. 17-23, jan. 2006.
- Universidade De São Paulo. Instituto De Biociências. Aspectos do bioma. Disponível em: https://ecologia.ib.usp.br/cerrado/aspectos_bioma.htm. Acesso em: 8 ago. 2025.
- Verde.Ag. *Bacillus aryabhattai*: conheça este microrganismo e seus benefícios para a agricultura. Blog Verde.ag, [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/bacillus-aryabhattai-conheca-este-microrganismo-e-seus-beneficios-para-a-agricultura/>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Verde.Ag. Como a rizobactéria *Bacillus aryabhattai* pode ajudar mitigar os efeitos dos estresses bióticos e abióticos. Blog Verde.ag, [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/como-a-rizobacteria-bacillus-aryabhattai-pode-ajudar-mitigar-os-efeitos-dos-estresses-bioticos-e-abioticos/>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Vieira, E. A.; Alves, P. R.; Santos, L. M. Composição nutricional de grãos de trigo: importância na alimentação e saúde humana. Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, v. 29, n. 1, p. 1-12, 2022.

Sexualidade e abuso sexual

Recebido em: 09/06/2025

Aceito em: 30/06/2025

 10.46420/9786585756662cap8

Gabriela Cordeiro Belo 

Thamires Guedes Torquato 

Daniela Reis Moraes 

Eduarda Aparecida Moraes 

Whitney Ares Silva 

Jéssica Faria de Castro 

Lília Rosário Ribeiro 

INTRODUÇÃO

A sexualidade está conectada ao ser humano e se manifesta de diferentes formas para cada pessoa, sendo influenciada pelo contexto social, histórico, cultural e individual (de Moraes, Brêtas, & Vitale, 2018).

Uma das formas de compreender a sexualidade é reconhecê-la como uma busca contínua por satisfação e desenvolvimento contínuo, que envolve as questões biológicas, psicológicas e sociais (de Camargo & Sampaio Neto, 2017). Abrange o sexo, gênero, identidade, papéis e orientação sexual, erotismo, prazer, intimidade e reprodução (Amaral, Santos, da Silva Paes, dos Santos Dantas, & dos Santos, 2017). A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) define sexualidade como “uma energia que nos motiva para encontrar amor, contato, ternura e intimidade; integra-se no modo que sentimos, movemos, e somos tocamos. Ela influencia nossos pensamentos, sentimentos também a nossa saúde física e mental”.

Na adolescência, a sexualidade se torna uma fonte de questionamentos e descobertas, que coincidem com mudanças biológicas marcantes, como o desenvolvimento de características sexuais secundárias, alterações hormonais e transformações emocionais (Amaral et al., 2017). A puberdade é, portanto, uma fase de vulnerabilidade que requer apoio e orientação.

Durante a puberdade, é comum que adolescentes iniciem a vida sexual ativa. Nessa fase, torna-se essencial a orientação adequada sobre o uso de preservativos, com o objetivo de prevenir infecções sexualmente transmissíveis (ISTs) e evitar a gravidez não planejada. A gestação é uma consequência natural da relação sexual desprotegida, mas, apesar disso, muitos jovens negligenciam essa possibilidade, o que representa um importante problema de saúde pública, com impactos significativos na vida pessoal e social dos jovens (Molina, Stoppiglia, de Godoy Martins, & da Silva Alencastro, 2015).

Entre os principais riscos enfrentados por adolescentes sexualmente ativos na faixa etária de 15 a 21 anos, estão as ISTs, devido, em grande parte, à ausência do uso de preservativos. Doenças como

gonorreia, sífilis, herpes genital, cancro mole, hepatites virais e o HIV — este último ainda sem cura — estão entre as mais prevalentes. Se não forem diagnosticadas e tratadas precocemente, essas infecções podem causar complicações graves e até levar ao óbito. Por isso, os jovens devem sempre ser orientados quanto à importância da camisinha, que, além de prevenir a gravidez indesejada, oferece proteção eficaz contra as ISTs (Amoras, Campos, & Beserra, 2015).

Outro aspecto preocupante relacionado à sexualidade na adolescência é o abuso sexual. Esse tipo de violência é caracterizado pelo envolvimento de crianças e adolescentes em atividades sexuais que eles não compreendem plenamente e para as quais não têm capacidade legal ou emocional de consentir. O abuso geralmente ocorre para satisfazer o desejo sexual de um adulto ou adolescente mais velho, por meio de carícias, manipulação de órgãos genitais ou até mesmo por meio do ato sexual. Em casos envolvendo menores de 14 anos, a legislação brasileira considera a violência sexual presumida (Pfeiffer & Salvagni, 2005).

O abuso sexual pode ocorrer por meio intrafamiliar ou extrafamiliar. O meio intrafamiliar ocorre quando é perpetrado por familiares próximos, dentro do ambiente doméstico, gerando consequências psicológicas extremamente prejudiciais para a vítima. O abuso extrafamiliar é cometido por pessoas que têm vínculo com a família, mas não residem no mesmo lar. Os principais agressores são adultos que cuidam dessas crianças, como casos ocorridos em creches, escolas, lares grupais, etc. (Amazarray & Koller, 1998).

As consequências do abuso sexual infantil podem ser classificadas em três categorias: físicas, psicológicas e sexuais. O abuso físico envolve o uso de força física, com ou sem o uso de armas ou instrumentos, que pode resultar em lesões externas ou internas. O abuso psicológico refere-se a ações ou omissões que prejudicam a autoestima, a identidade ou o desenvolvimento da criança, causando danos emocionais duradouros. Já o abuso sexual, ocorre quando a vítima é forçada a realizar atos sexuais, seja por meio de poder, coação física ou manipulação psicológica, com o objetivo de satisfazer os desejos do agressor (Batista, Gomes, & Villacorta, 2023).

Crianças ou adolescentes podem apresentar sinais de alerta quando estão em situação de abuso sexual, manifestados por mudanças no comportamento, como retraimento, medo excessivo ou desconfianças. A vítima pode ter dificuldades em confiar nas pessoas, especialmente em figuras de autoridade ou em indivíduos mais velhos. Crianças e jovens evitam se socializar, principalmente com pessoas que a façam se sentir desconfortável ou que tenham vínculo com o agressor. Além disso, pode haver sinais de depressão e ansiedade, sentimentos de tristeza profunda ou alterações repentinas no humor, indicando trauma do abuso. A baixa autoestima e sentimentos de vergonha também podem estar presentes, a vítima se sente culpada, mesmo sem ser responsável pelo abuso. Muitas vítimas não verbalizam o abuso, mas expressam seu sofrimento por meio de comportamentos que merecem atenção e acolhimento (Florentino, 2015).

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo do tipo relato de experiência, desenvolvido por acadêmicas do curso de Biomedicina do Centro Universitário de Formiga (UNIFOR-MG), no primeiro semestre de 2025. A atividade extensionista consistiu em uma palestra educativa com o tema “Sexualidade e Abuso Sexual”, ministrada para alunos do 9º ano do ensino fundamental II de uma escola pública de Formiga–MG.

A atividade foi planejada e executada com base em pesquisa bibliográfica em artigos científicos e materiais de instituições oficiais de saúde, assegurando rigor metodológico e adequação da linguagem ao público-alvo (de Moraes, Brêtas, & Vitale, 2018; de Camargo & Sampaio Neto, 2017; Amaral et al., 2017). A ação foi direcionada a estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental II.

Durante a apresentação, utilizaram-se recursos visuais e materiais ilustrativos, incluindo um kit de planejamento familiar composto por preservativos masculinos e femininos, diafragma, contraceptivos orais e dispositivo intrauterino (DIU), entre outros. Ao final, realizou-se uma atividade interativa com questões sobre o conteúdo ministrado, seguida da distribuição de brindes aos participantes como estratégia de incentivo (Molina, Stoppiglia, de Godoy Martins, & da Silva Alencastro, 2015).

RELATO DE EXPERIÊNCIA

A atividade extensionista alcançou com êxito seus objetivos, promovendo a participação dos alunos, que demonstraram interesse e envolvimento ao longo da palestra.

Durante a apresentação, foram abordados conceitos fundamentais sobre o desenvolvimento da sexualidade na adolescência, puberdade, métodos contraceptivos, gravidez indesejada, infecções sexualmente transmissíveis, o respeito ao próprio corpo e ao corpo do outro, os limites do consentimento e os direitos sexuais (Amoras, Campos, & Beserra, 2015; Pfeiffer & Salvagni, 2005). Também foram discutidos aspectos importantes sobre o abuso sexual, incluindo sinais de alerta, formas de prevenção e canais de denúncia, com o intuito de orientar os estudantes sobre como identificar situações de risco e onde buscar apoio (Batista, Gomes, & Villacorta, 2023; Florentino, 2015).

O uso de recursos visuais e a apresentação do kit de planejamento familiar (Figura 1) favoreceram a compreensão, tornando o aprendizado mais concreto.



Figura 1. Kit de planejamento familiar utilizado para a demonstração. Fonte: os autores.

A palestra abordou o conteúdo com uma explicação didática, sensível, clara e detalhada, respeitando a faixa etária dos estudantes e promovendo um espaço de diálogo seguro e acolhedor, preparando os adolescentes para lidarem com questões relacionadas à sexualidade de forma saudável e protegida.

Após a palestra, com o intuito de incentivar a participação dos alunos, foram propostas dez perguntas sobre o conteúdo apresentado (Quadro 1), com o objetivo de chamar a atenção e sanar as dúvidas. Os alunos que responderam às perguntas corretamente sobre o tema desenvolvido, foram contemplados com brindes.

Quadro 1. Perguntas propostas aos estudantes. Fonte: os autores.

Perguntas propostas aos estudantes
Como a sexualidade se manifesta? O que deve ser considerado antes da primeira relação sexual? Por que é importante o consentimento de ambos as partes antes da prática sexual? Quais os meios de proteção para uma relação sexual segura? Qual é o único método contraceptivo que também previne as ISTs? Onde buscar ajuda em caso de suspeita de ISTs? Quais consequências uma gravidez indesejada pode gerar para a adolescente? Qual doença IST pode ser prevenida por meio da vacinação entre 9 e 14 anos? Onde buscar apoio em situações de abuso sexual?

A interação durante a dinâmica de perguntas revelou boa assimilação dos conteúdos, e as questões levantadas pelos estudantes demonstraram consciência crítica e curiosidade, evidenciando a importância de espaços educativos sobre o tema (Amoras et al., 2015).

Questões como “O que fazer se alguém tocar em mim sem meu consentimento?” e “Posso denunciar um parente?” indicam que há muitas dúvidas entre os adolescentes sobre os limites do consentimento e os mecanismos de denúncia, o que reforça a necessidade de ações educativas contínuas nesse sentido. Também foram levantadas questões sobre métodos contraceptivos e seus efeitos, como “A pílula engorda?” e “O DIU é seguro para adolescentes?”, o que evidencia a importância de abordar a educação sexual de forma clara e científica em espaços educacionais (Molina et al., 2015).

A linguagem acessível e o ambiente de confiança estimularam o diálogo e contribuíram para a construção de um espaço de acolhimento e troca de saberes, o que está em consonância com os princípios da extensão universitária.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade evidenciou o papel da extensão universitária como instrumento de integração entre universidade e comunidade, além de contribuir para a formação dos graduandos por meio do aprofundamento de conhecimentos técnicos e do desenvolvimento profissional, especialmente na área da Biomedicina. Ao abordar temáticas relacionadas à sexualidade e à prevenção do abuso sexual com adolescentes, a ação favoreceu a promoção da saúde e possibilitou a construção de uma consciência crítica, preparando-os para decisões mais responsáveis em relação à própria saúde e aos seus direitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, A. M. S., Santos, D., da Silva Paes, H. C., dos Santos Dantas, I., & dos Santos, D. S. S. (2017). Adolescência, gênero e sexualidade: uma revisão integrativa. *Revista Enfermagem Contemporânea*, 6(1), 62-67. DOI: <https://doi.org/10.17267/2317-3378rec.v6i1.1114>.
- Amazarray, M. R., & Koller, S. H. (1998). Alguns aspectos observados no desenvolvimento de crianças vítimas de abuso sexual. *Psicologia: reflexão e crítica*, 11(3), 559-578. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-79721998000300014>.
- Amoras, B. C., Campos, A. R., & Beserra, E. P. (2015). Reflexões sobre vulnerabilidade dos adolescentes a infecções sexualmente transmissíveis. *PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP*, 8(1), 163-171. <https://core.ac.uk/download/pdf/233923096.pdf>.
- Batista, M. K. B., Gomes, W. D. S., & Villacorta, J. A. M. (2023). Abuso sexual contra crianças: construindo estratégias de enfrentamento na Atenção Primária à Saúde em um município da região metropolitana do Recife. *Saúde em Debate*, 46, 208-220. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-11042022E517>.
- de Camargo, S. A. P., & de Sampaio Neto, L. F. (2017). Sexualidade e gênero. *Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba*, 19(4), 165-166. DOI: 10.23925/1984-4840.2017v19i4a1.
- de Moraes, S. P., da Silva Brêtas, J. R., & de Souza Vitalle, M. S. (2018). Educação escolar, sexualidade e adolescência: uma revisão sistemática. *Journal of Health Sciences*, 20(3), 221-230. DOI: <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2018v20n3p221-230>.
- Florentino, B. R. B. (2015). As possíveis consequências do abuso sexual praticado contra crianças e adolescentes. *Fractal: Revista de Psicologia*, 27(2), 139-144. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-0292/805>.
- Molina, M. C. C., Stoppiglia, P. G. S., de Godoy Martins, C. B., & da Silva Alencastro, L. C. (2015). Conhecimento de adolescentes do ensino médio quanto aos métodos contraceptivos. *O Mundo da Saúde*, 39(1), 22-31. DOI: 10.15343/0104-7809.201539012231.
- Pfeiffer, L., & Salvagni, E. P. (2005). Visão atual do abuso sexual na infância e adolescência. *Jornal de pediatria*, 81, s197-s204. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0021-75572005000700010>.

Prevenção da gravidez na adolescência: um relato de extensão com ações educacionais na escola

Recebido em: 05/07/2025

Aceito em: 10/07/2025

 10.46420/9786585756662cap9

Bruna Carvalho D'Alessandro 

Líliá Rosário Ribeiro 

Maria Eduarda dos Santos 

Maria Fernanda Rodarte Resende Ferreira 

Thiago Henrique Souza De Jesus 

INTRODUÇÃO

A extensão universitária desempenha um papel fundamental na aproximação entre o saber acadêmico e as demandas sociais da comunidade. Trata-se de uma instância de diálogo entre universidade e sociedade, na qual o conhecimento científico pode ser compartilhado de forma acessível, promovendo a transformação social e o fortalecimento do vínculo entre a academia e a população (Oliveira, Bernet, Hoyos, 2024).

Os projetos de extensão constituem canais importantes de diálogo com a comunidade local, especialmente em temas ligados à saúde pública, como a gravidez na adolescência. Essas ações permitem que os estudantes vivenciem a realidade social da região, desenvolvendo senso crítico, empatia e responsabilidade cidadã (Brasil, 2018).

A adolescência, segundo Schoen-Ferreira, Aznar Farias e Silvares (2010) corresponde ao período da vida entre 10 a 19 anos, no qual ocorrem diversas mudanças corporais, incluindo o desenvolvimento hormonal e o início da capacidade reprodutiva, o que intensifica a curiosidade sobre a sexualidade e o desejo sexual. Quando não há acesso adequado a informações ou métodos contraceptivos, a consequência pode ser uma gravidez não planejada e o risco de contrair infecções sexualmente transmissíveis (Teixeira, Souza & Bastagini, 2020).

A falta de acesso a informações e métodos contraceptivos é um dos fatores centrais nesse fenômeno. As adolescentes grávidas enfrentam riscos de complicações para sua saúde e a do bebê, muitas vezes sem o devido apoio ou acompanhamento necessário para uma gestação saudável (Farias et al., 2020). Os fatores que contribuem para a gravidez na adolescência são variados, incluindo influências sociais, econômicas, culturais e educacionais, especialmente a ausência de educação sexual no ambiente escolar e familiar (Dias & Teixeira, 2010).

Nesse contexto, a gravidez na adolescência deve ser compreendida como uma questão de saúde pública, e não apenas como um problema individual. Conforme apontado por Santos, Guimarães e Gama (2016), a gravidez na adolescência frequentemente leva ao afastamento da escola, prejudicando os

projetos pessoais e profissionais dessas jovens e limitando suas oportunidades futuras. A gravidez precoce também pode aumentar o risco de complicações como hipertensão, anemia, parto prematuro e até mortalidade materna. Os bebês, por sua vez, estão mais sujeitos a nascer com baixo peso, prematuros e com problemas no desenvolvimento (Almeida, Soares & Costa, 2020; Santos, Pereira & Oliveira, 2019). Falar sobre esse tema é uma forma de cuidado e prevenção, sendo necessário promover conhecimento, orientação e apoio aos adolescentes.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo relatar as ações desenvolvidas em uma experiência acadêmica realizada por meio de um projeto de extensão universitária voltado à temática da gravidez na adolescência. A atividade foi conduzida em uma escola pública e consistiu na realização de ações educativas com adolescentes, como palestra informativa e roda de conversa, promovendo a disseminação de conhecimentos e a prevenção de forma dialógica e humanizada.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi idealizado por graduandos do curso de Biomedicina do Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG, nas aulas da disciplina de Extensão. A elaboração da atividade envolveu: levantamento teórico sobre gravidez na adolescência, métodos contraceptivos, direitos sexuais e reprodutivos, riscos físicos, sociais e emocionais; Divisão de tarefas entre os participantes, incluindo criação dos slides, elaboração das perguntas do quiz, seleção dos materiais didáticos e organização dos kits escolares; planejamento metodológico, com definição da abordagem didática e estratégias de interação.

A ação foi realizada no mês de maio de 2025, com estudantes do 8º ano de uma escola pública do município de Formiga - MG. A atividade desenvolveu-se em três momentos principais. No primeiro, ocorreu uma apresentação expositiva no formato de palestra, abordando de forma clara temas como puberdade, métodos contraceptivos, planejamento familiar e as consequências da gravidez precoce. Em seguida, foi realizado um quiz interativo, com perguntas previamente elaboradas e aplicadas em formato de competição entre grupos, o que promoveu o engajamento e a participação ativa dos alunos. Por fim, os participantes receberam kits escolares como forma de incentivo, encerrando a ação com uma mensagem de valorização do autoconhecimento do corpo e a valorização do espaço escolar como um local rico em aprendizagens significativas. Todo o processo contou com o acompanhamento da professora orientadora, que ofereceu suporte teórico e prático aos alunos extensionistas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade de extensão desenvolvida buscou ampliar o conhecimento dos adolescentes sobre os riscos da gravidez na adolescência, as infecções sexualmente transmissíveis (ISTs) e os métodos contraceptivos, incentivando a reflexão crítica, a responsabilidade e a tomada consciente de decisões. A

ação teve como finalidade contribuir para a atenção em saúde sexual e em saúde reprodutiva, que é uma das áreas de atuação prioritárias da atenção básica à saúde no Brasil (Brasil, 2017).

A palestra abordou conteúdo específico sobre o tema, respeitando a faixa etária dos adolescentes. Durante a apresentação, os adolescentes demonstraram atenção e curiosidade, o que indicou que o tema era pertinente à realidade deles. O uso de uma linguagem simples, clara e de exemplos do cotidiano facilitou a compreensão e aproximou os extensionistas do público-alvo (Porfírio, 2020).

Corroborando com Fonseca et al. (2021), que ressaltam a importância de metodologias lúdicas e participativas para a fixação de conteúdos e uma aprendizagem significativa, o momento de maior engajamento dos estudantes foi durante o quiz (Quadro 1). Os alunos se mostraram motivados a participar, discutindo as respostas em grupo, levantando dúvidas e tecendo comentários sobre o assunto.

Quadro 1. Quiz interativo sobre gravidez na adolescência. Fontes: os autores.

1- Com que idade uma gestação é considerada gravidez na adolescência? a) 20 a 25 anos b) 10 a 19 anos c) 26 a 30 anos
2- Entre os métodos contraceptivos a seguir, quais apresentam maior risco de falha e podem resultar em gravidez indesejada? a) Contraceptivo oral b) DIU c) Seguir somente a tabelinha
3-O que são ISTs? a) Doenças sexualmente transmissíveis b) Infecções sexualmente transmissíveis c) Doenças através de fungos e bactérias
4- Quais fatores contribuem para o aumento dos riscos de complicações em gestações na adolescência, tanto para a mãe quanto para o feto? a) Imaturidade física da fase adolescente, apenas. b) Imaturidade física, psicológica e social da adolescência c) Não existe
5- Que tipo de apoio as adolescentes grávidas precisam receber durante a gestação? a) Apoio Psicológica, apoio da família e do parceiro, b) Apenas apoio das amigas é suficiente c) Não precisam de apoio

Foram observadas falas que expressavam surpresa diante de informações sobre os riscos da gravidez precoce, métodos contraceptivos e o impacto emocional envolvido. A atividade despertou

questionamentos e abriu espaço para o diálogo sobre temas muitas vezes evitados no ambiente escolar e familiar (Porfírio, 2020; Brasil, 2017).

Após a palestra dialogada, foi realizada uma atividade demonstrativa utilizando um kit de planejamento familiar (Figura 1), com o objetivo de proporcionar um contato direto com os materiais. Foram explicadas as formas de uso e a eficácia de cada método apresentado.

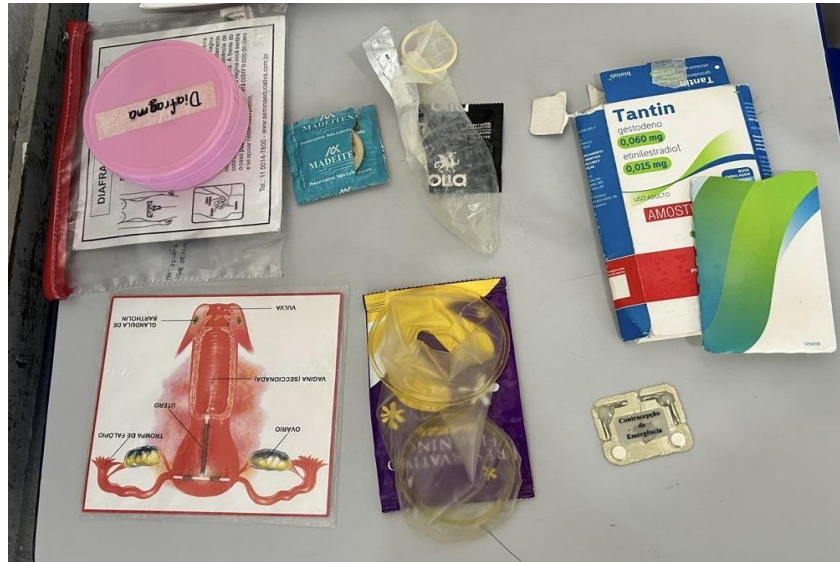


Figura 1. Kit de planejamento familiar para demonstração aos alunos. Fonte: os autores.

Ao final da atividade, os estudantes que participaram do quiz educativo receberam kits escolares, em um gesto que simbolizou não apenas o encerramento das ações, mas também o reconhecimento pelo engajamento e o incentivo à permanência escolar. O envolvimento dos discentes extensionistas também foi significativo: muitos relataram que a experiência os fez repensar o papel do biomédico como educador em saúde e agente de transformação social.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência descrita neste relato reforça a relevância de projetos de extensão universitária como instrumentos de transformação social e formação integral dos estudantes. A ação educativa sobre prevenção da gravidez na adolescência permitiu aos acadêmicos aplicarem conhecimentos teóricos na prática, desenvolver habilidades de comunicação, empatia e compreendessem da realidade vivida por adolescentes brasileiros.

Para os alunos da escola, a atividade representou uma oportunidade valiosa de acesso à informação e ao diálogo aberto sobre sexualidade e saúde. Por fim, recomenda-se que esse tipo de projeto seja ampliado e replicado em outras instituições de ensino, como estratégia eficaz de promoção de saúde e cidadania.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L. R. G., Soares, T. S., & Costa, D. L. (2020). Complicações obstétricas e neonatais em gestações precoces: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, 42(3), 210-216. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1716579>
- BRASIL. (2017). *Caderno de atenção básica: Saúde sexual e reprodutiva de adolescentes e jovens*. Ministério da Saúde.
- BRASIL. (2018). *Diretrizes para a extensão na educação superior brasileira*. Ministério da Educação, MEC/SESu. <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2018/extensao-universitaria-tera-30-dos-curriculos>
- Dias, A. C. G., & Teixeira, M. A. P. (2010). Gravidez na adolescência: um olhar sobre um fenômeno complexo. *Paidéia*, 20(45), 123-131. <https://doi.org/10.1590/S0103-863X2010000100015>
- Farias, R. V., Soares, C. F., Araújo, R. S., Almeida, V. R. S., Leitão, D. S., Santos, J. S., ... & Oliveira, C. B. F. (2020). Gravidez na adolescência e o desfecho da prematuridade: uma revisão integrativa de literatura. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, (56), e3977. <https://doi.org/10.25248/reas.e3977.2020>
- Fonseca, A. C. S., et al. (2021). Metodologias ativas na promoção da saúde sexual de adolescentes: relato de experiência. *Revista Brasileira em Promoção da Saúde*, 34. <https://doi.org/10.5020/18061230.2021.11238>
- Oliveira, D. A. S., Bernet, R. R., & Hoyos, D. C. M. (2024). A integração transformadora de extensão universitária e educação nas comunidades. *Seven Editora*, 576-582. <https://doi.org/10.56238/sevened2024.009-037>
- Porfírio, L. C. (2020). #Ni una menos desde los primeros años: educação em gêneros para infâncias mais livres. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782020250045>
- Santos, M. A., Pereira, J. F., & Oliveira, L. G. (2019). Complicações obstétricas e neonatais na gravidez na adolescência: uma revisão crítica. *Jornal de Ginecologia e Obstetrícia*, 43(2), 98-105. <https://doi.org/10.1590/2179-1639.2019>
- Santos, N. L. B., Guimarães, D. A., & Gama, C. A. P. (2016). A percepção de mães adolescentes sobre seu processo de gravidez. *Revista Psicologia e Saúde*, 8(2). [https://doi.org/10.20435/2177-093X-2016-v8-n2\(07\)](https://doi.org/10.20435/2177-093X-2016-v8-n2(07))
- Schoen Ferreira, T. H., Aznar Farias, M., & Silves, E. F. M. (2010). Adolescência através dos séculos. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 26(2), 227-234. <https://doi.org/10.1590/S0102-37722010000200004>
- Teixeira, L. A., Souza, L. C., & Bastagini, G. M. P. (2020). Educação em sexualidades e a gravidez na adolescência na educação escolar. *Revista Tópicos Educacionais*, 26(1), 165-182.

Índice Remissivo

A

Andrew Feenberg · 11, 16, 18

B

Bacillus · 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 65, 66, 68, 69, 73
 aryabhattai · 43, 44, 45, 51, 52, 79, 80, 81, 91
biológicos · 64, 66, 67, 68, 69, 70, 73
biomedicina · 100
Byung-Chul Han · 11, 16

C

Cerrado · 64, 66, 67, 69, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91
Cerrado-Mato-Grossense · 43, 44, 48, 49, 51

E

Educação a Distância · 56, 58, 59, 60
estresse hídrico · 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91
extensão · 100

I

infecções sexualmente transmissíveis · 101

M

milho · 43, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52

N

Nomofobia · 7, 8, 9

P

Psicopolítica · 19

T

Trichoderma · 65, 66, 68, 73
Triticum aestivum · 64, 66, 77

U

Universidade Aberta do Brasil · 56, 57

Z

Zea mays · 43

Sobre os organizadores



 Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Pedagoga, graduada em Pedagogia (2020) na Faculdades Integradas de Cassilândia (FIC). Estudante de Especialização em Alfabetização e Letramento na Universidade Cathedral (UniCathedral). É editora Técnico-Científico da Pantanal Editora. Contato: rlustosa@hotmail.com.br



 Alan Mario Zuffo

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós-Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 272 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 153 resumos simples/expandidos, 97 organizações de e-books, 53 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 23 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto II na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



 Bruno Rodrigues de Oliveira

Graduado em Matemática pela UEMS/Cassilândia (2008). Mestrado (2015) e Doutorado (2020) em Engenharia Elétrica pela UNESP/Ilha Solteira. Pós-doutorado pela UFMS/Chapadão do Sul na área de Inteligência Artificial aplicada na Engenharia Florestar/Agrônômica. É editor da Pantanal Editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences e Analista no Tribunal de Justiça de Mato Grosso do Sul. Tem experiência nos temas: Matemática, Processamento de Sinais via Transformada Wavelet, Análise Hierárquica de Processos, Teoria de Aprendizagem de Máquina e Inteligência Artificial, com ênfase em aplicações nas áreas de Engenharia Biomédica, Ciências Agrárias e Organizações Públicas. Contato: bruno@editorapantanal.com.br



 Jorge González Aguilera

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato

Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 180 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 67 organizações de e-books, 46 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com



 Aris Verdecia Peña

Médica, graduada em Medicina (1993) pela Universidad de Ciencias Médica de Santiago de Cuba. Especialista em Medicina General Integral (1998) pela Universidad de Ciencias Médica de Santiago de Cuba. Especializada em Medicina en Situaciones de Desastre (2005) pela Escola Latinoamericana de Medicina em Habana. Diplomada em Oftalmología Clínica (2005) pela Universidad de Ciencias Médica de Habana. Mestrado em Medicina Natural e Bioenergética (2010), Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba, Cuba. Especializada em Medicina Familiar (2016) pela Universidade de Minas

Gerais, Brasil. Profesora e Instructora da Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba (2018). Ministra Cursos de pós-graduação: curso Básico Modalidades de Medicina Tradicional em urgências e condições de desastres. Participou em 2020 na Oficina para Enfrentamento da Covi-19. Atualmente, possui 11 artigos publicados, e dez organizações de e-books

Ciência em Foco Volume XVII é uma obra essencial que mapeia a vanguarda do conhecimento multidisciplinar, reunindo pesquisas atuais em **Ciências Agrárias e Ambientais** (focadas em sustentabilidade e inovação agrícola), **Educação e Ciências Humanas** (abordando o impacto da tecnologia digital e políticas públicas) e **Saúde e Sociedade** (discutindo sexualidade e saúde juvenil). Este e-book é leitura essencial para quem busca uma visão crítica e aprofundada dos desafios contemporâneos e das soluções científicas que estão moldando o futuro.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br