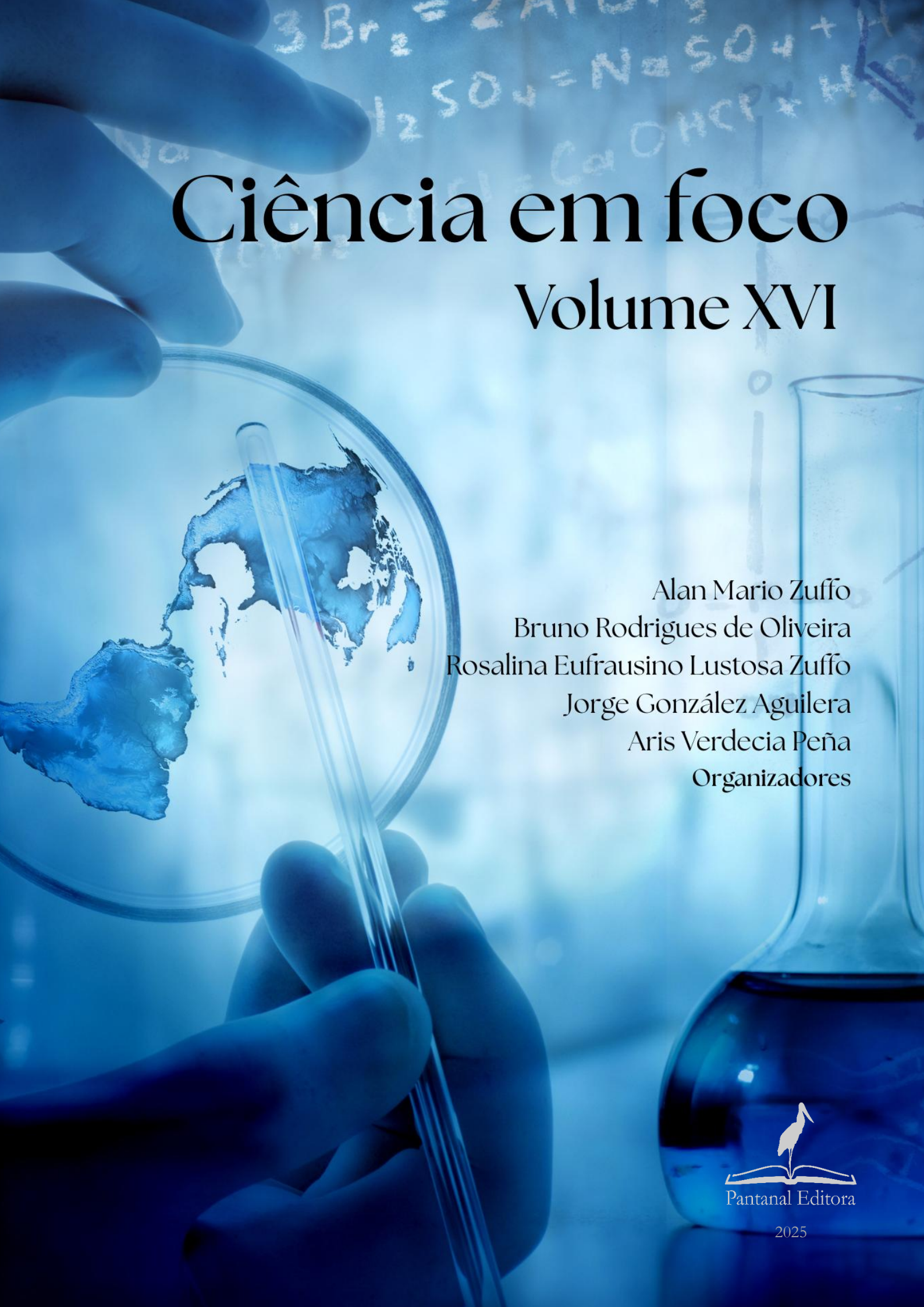




$3\text{Br}_2 = 2\text{AlBr}_3$
 $\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

Ciência em foco

Volume XVI

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

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

Ciência em foco
Volume XVI



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

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

C569

Ciência em foco - Volume XVI / Organização de Alan Mario Zuffo, Bruno Rodrigues de Oliveira, Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo, et al. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2025.
76p. ; il.

Outros organizadores: Jorge González Aguilera, Aris Verdecia Peña.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-57-0

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756570>

1. Ciência. 2. Conhecimento. 3. Tecnologia. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Oliveira, Bruno Rodrigues de (Organizador). III. Zuffo, Rosalina Eufrausino Lustosa (Organizadora). IV. Título.

CDD 500

Índice para catálogo sistemático

I. Ciência



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

O conteúdo do e-book “Ciência em foco Volume XVI” é dividido em cinco capítulos, que abordam temas diversos e relevantes:

Capítulo 1: “Mecanismos de Resistência em *Candida* sp.: Impactos na Saúde e Abordagens Terapêuticas”. Este capítulo discute a importância das doenças causadas por microrganismos, com foco na candidíase, a infecção fúngica mais comum. Ele detalha os fatores de virulência de espécies de *Candida*, as formas clínicas da candidíase (cutaneomucosa e sistêmica), os principais agentes antifúngicos utilizados (polienos, azóis, equinocandinas, alilaminas e análogos de nucleosídeos), e, crucialmente, os mecanismos de resistência fúngica a essas terapias, incluindo bombas de efluxo, alterações da enzima-alvo (ERG11), desenvolvimento de vias de escape (ERG3) e a emergência de *Candida auris*.

Capítulo 2: “Você usa plantas medicinais? Ação de extensão em Alta Floresta, Mato Grosso”. Este capítulo aborda o uso de plantas medicinais no Brasil, destacando sua importância na medicina tradicional e a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF). Ele descreve uma ação de extensão realizada em Alta Floresta, Mato Grosso, onde 16 espécies medicinais foram apresentadas à comunidade. Informações detalhadas sobre cada planta incluem nome científico, nome popular, parte usada, formas de preparo e uso, origem e droga vegetal, como *Aloe vera*, carqueja (*Baccharis crispa*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*), e muitas outras.

Capítulo 3: “Inteligência Artificial na Educação Básica: desafios e soluções no contexto das Escolas Públicas Municipais de Santa Maria/RS”. Este estudo explora a integração da Inteligência Artificial (IA) na educação básica, buscando entender como ela pode personalizar o ensino, otimizar processos e desenvolver competências digitais. A pesquisa analisa os benefícios e desafios da IA nas escolas públicas municipais de Santa Maria/RS, considerando infraestrutura, acessibilidade e capacitação docente, e discute o alinhamento com documentos como a BNCC e a Instrução Normativa 02/2024 do município. Plataformas como Google Classroom, Khan Academy e Mangahigh são analisadas por seus recursos de IA.

Capítulo 4: “Uso do angico (*Anadenanthera colubrina*, Leguminosae) na medicina popular brasileira: uma espécie com distribuição geográfica recém-ampliada para a Amazônia”. Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o uso medicinal popular da espécie *Anadenanthera colubrina* (angico) no Brasil. Detalha as partes da planta utilizadas (casca, entrecasca, folhas e sementes), modos de preparo (decocção, garrafada, lambedor) e suas finalidades terapêuticas, principalmente para tosse, gripe e inflamações. O estudo também aponta que, embora a espécie seja amplamente usada no Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, seu uso é menos conhecido na Amazônia.

Capítulo 5: “Ensaio de competitividade de diferentes cultivares de Alface Americana”. Este capítulo apresenta um experimento avaliando a competitividade e o desempenho agrônômico de cinco cultivares de alface americana (*Lucy Brown*, *Serena*, *Dandara*, *Trixie* e *Tieta*) em Cascavel, Paraná.

Foram analisados parâmetros como diâmetro da parte aérea, índices de clorofila, diâmetro da cabeça e massa verde, fornecendo insights sobre a adequação de cada cultivar para o cultivo e comercialização.

O e-book “Ciência em foco Volume XVI” oferece uma coletânea de pesquisas recentes e insights valiosos em diversas áreas da ciência, desde a saúde e o meio ambiente até a educação e a agricultura.

Boa leitura!

Os organizadores

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1.....	7
Mecanismos de Resistência em <i>Candida</i> sp.: Impactos na Saúde e Abordagens Terapêuticas	7
Capítulo 2.....	21
Você usa plantas medicinais? Ação de extensão em Alta Floresta, Mato Grosso	21
Capítulo 3.....	31
Inteligência Artificial na Educação Básica: desafios e soluções no contexto das Escolas Públicas Municipais de Santa Maria/RS	31
Capítulo 4.....	51
Uso do angico (<i>Anadenanthera colubrina</i> , Leguminosae) na medicina popular brasileira: uma espécie com distribuição geográfica recém-ampliada para a Amazônia.....	51
Capítulo 5.....	62
Ensaio de competitividade de diferentes cultivares de Alface Americana	62
Índice Remissivo	74
Sobre os organizadores.....	75

Mecanismos de Resistência em *Candida* sp.: Impactos na Saúde e Abordagens Terapêuticas

Recebido em: 24/03/2025

Aceito em: 14/04/2025

 10.46420/9786585756570cap1

Samara Araújo Bezerra Azevedo 

Cléo Pereira dos Santos 

Enzo Almeida do Espírito Santo Medeiros 

Larissa Alves Guimarães 

Denise Fernandes Coutinho 

Tássio Rômulo Silva Araújo Luz 

INTRODUÇÃO

Doenças causadas por microrganismos têm destaque no contexto nacional e mundial por apresentar elevados índices de morbimortalidade (WHO, 2018). Dentre as principais, a candidíase, doença oportunista, é a mais comum das infecções fúngicas (Peixoto et al., 2014). São conhecidas cerca de 200 diferentes espécies do gênero *Candida*, porém poucas relatadas por promover infecções em humanos (James et al., 2006, Peixoto et al., 2014), sendo *C. albicans* a mais patogênica entre todos e de grande prevalência, em 70 a 90% dos casos (Menezes et al., 2012; Tay et al., 2015).

Os microorganismos desse gênero são encontrados vivendo de forma simbiótica na microbiota gastrointestinal e reprodutiva do ser humano. Eles tornam-se patogênicos principalmente em momentos de baixa imunidade do hospedeiro, sendo assim considerados patógenos oportunistas (Da Rocha et al., 2021). Dentre os fatores de virulência das espécies de *Candida*, destacam-se a formação de biofilme, bombas de efluxo, secreção de enzimas hidrolíticas e expressão de adesinas; que facilitam a proliferação e infestação desses patógenos (Silva et al., 2021).

A candidíase pode apresentar-se de diversas formas, caracterizadas por suas manifestações clínicas específicas. Com isso, separa-las em candidíase cutâneomucosa e candidíase sistêmica é a melhor maneira de englobar todas as suas síndromes clínicas. Em relação a candidíase cutâneomucosa, tem-se que as principais formas são a candidíase orofaríngea e a vulvovaginal, sendo elas as mais prevalentes. A candidíase sistêmica é a forma mais grave, sendo caracterizada como uma síndrome invasiva (Vieira & Santos, 2017; Vieira & Nascimento, 2017).

Os principais agentes antifúngicos disponíveis empregados em candidíase incluem geralmente polienos, azóis ou fluoropirimidinas, e em casos de infecções resistentes utilizam-se equinocandinas (Basma et al., 2009). A resistência às terapias antifúngicas advém de vários fatores, como a extensa prescrição associada à baixa adesão ao tratamento, promovendo irregularidades geralmente sub-ótimas nas concentrações do fármaco (Shields et al., 2014); terapia repetida ou prolongada e exposição profilática a medicamentos (Sanglard, 2016).

AGENTES ANTIFÚNGICOS E TRATAMENTO DA CANDIDÍASE

Os agentes antifúngicos utilizados atualmente estão divididos em cinco classes: Polienos, azóis, equinocandinas, alilaminas e análogo de nucleosídeo. Destacaremos as classes mais utilizadas. As escolhas da classe de antifúngico e forma de administração são feitas a partir do quadro clínico do paciente, local da micose, espécie fúngica envolvida e da ação do fármaco no organismo, sendo eles fungistáticos (que apenas param o crescimento e facilitam a resposta imune do hospedeiro) ou fungicidas (que levam a morte do microorganismo) (Trabulsi & Alterthum, 2015). Um resumo dos mecanismos de ação pode ser observado na Figura 3.

a) Polienos

Polienos incluem anfotericina B e nistatina, descobertos na década de 50 e obtidos a partir de *Streptomyces noursey* e *Streptomyces nodosus*, bactérias aeróbias com atividade antifúngica de amplo espectro (Colombo et al., 2013) e ambas empregadas em infecções por *Candida*: anfotericina B em formas graves de candidíase invasiva, enquanto a nistatina é utilizada somente em infecções superficiais, na forma de suspensão, pomada ou pasta associada a óxido de zinco, devido ao seu caráter nefrotóxico (Graninger et al., 2018).

Sua principal ação parte da interação com o ergosterol presente nas membranas celulares, promovendo a formação de poros na membrana, com consequente extravasamento de constituintes celulares essenciais (como o íon potássio), levando a ruptura da célula e posterior morte celular. Sugere-se que esta classe induza a produção de radicais livres de oxigênio por fagócitos no hospedeiro (Graninger et al., 2018).

Por ligarem-se as moléculas de ergosterol, a definição de sua ação fungistática ou fungicida vai ser variável, dependendo assim da concentração de ergosterol associado à membrana plasmática das diferentes espécies de fungos, e da dose administrada do medicamento (Golan et al., 2014).

Por décadas considerou-se anfotericina B o padrão ouro, entretanto, ela não é absorvível por via oral e tem uso exclusivamente intravenoso, apesar da ação nefrotóxica, minimizada quando veiculado em formulações lipossômica e lipídica, que por mais vantajosas que sejam, tem como seu contraponto o elevado custo financeiro (Almeida, 2013; Steimbach et al., 2017).

b) Azóis

Frequentemente os medicamentos desta classe são utilizados em quadros invasivos e não invasivos devido ao amplo espectro de ação e disponibilidade de formas farmacêuticas, entre cremes, injetáveis, óvulos vaginais, shampoo e comprimidos (Colombo et al., 2013).

O mecanismo de ação dos azólicos dá-se através da inibição da enzima lanosterol desmetilase do citocromo P450 (14 α -esterol desmetilase), codificada pelo gene ERG11, na via de biossíntese do ergosterol. O átomo de nitrogênio livre presente no anel azólico liga-se a um átomo de ferro dentro do

grupo heme da enzima (Sanguinetti et al., 2015). Desta forma, não há ativação do oxigênio, levando à desmetilação do lanosterol, que inibe o processo de biossíntese do ergosterol, um componente essencial das membranas celulares do fungo. Quando inibido, há acúmulo dos esteróis metilados na membrana celular fúngica, promovendo a intoxicação e interrompe o crescimento celular (Robbins et al., 2017).

Outros mecanismos são incluídos, como a inibição da transformação de levedura em micélio e menor adesão de fungos celulares (Heeres et al., 2010; Colombo et al., 2013). Esses fármacos são geralmente considerados fungistáticos, porém em algumas circunstâncias, como em altas doses, podem ter ação fungicida (Golan et al., 2014).

Esses fármacos dividem-se em duas subclasses, variando o número de átomos de nitrogênio ligados ao núcleo azólico, sendo os que têm 2 nitrogênios chamados de imidazóis, e os que têm 3 nitrogênios chamados de triazóis.

- Imidazóis

Dentre muitos agentes, clotrimazol é o primeiro antifúngico tópico, lançado em meados da década de 60, seguido por miconazol e cetoconazol, primeiro empregado em terapia oral. A desvantagem em seu uso é a elevada toxicidade quando utilizados por via oral (FDA, 2016), que pode estar relacionado ao seu mecanismo de ação que inibe diversas enzimas e bloqueia a formação de colesterol no fígado, promovendo hepatotoxicidade e queda na esteroidogênese e consequentemente, alterações dos níveis de testosterona e cortisol (Shea; Del Poeta, 2006).

- Triazóis

Podem dividir-se em triazóis de primeira (itraconazol e fluconazol) ou segunda gerações (voriconazol e posaconazol). São os representantes mais utilizados nesta categoria, com vantagem de maior especificidade aos sítios alvo, comparado aos imidazólicos, estabelecendo-se como seus substitutos (Arnold et al., 2010; De Vasconcelos et al., 2011). Estão disponíveis para administração via oral e intravenosa. Entre estes, o fluconazol é o mais comumente prescrito para infecções por *Candida*, devido à sua farmacocinética desejável e eficácia dentro do hospedeiro (Robbins et al., 2016). Porém, apresentam atividade reduzida contra *C. glabrata* e *C. krusei*, comparado às demais espécies de *Candida*.

Reações adversas mais comuns descritas incluem cefaleia, dor abdominal, diarreia, náuseas, vômitos e aumento de enzimas hepáticas (Arnold et al., 2010).

c) *Equinocandinas*

São compostos lipopeptídicos recentemente empregados em casos de infecções fúngicas sistêmicas, exclusivamente por via parenteral. São obtidos por diferentes processos, como semi-síntese a partir da fermentação de *Glarea lozoyensis* ou modificação de um lipopeptídio solúvel em água presente na espécie *Coleophoma empedri* (Graninger et al., 2018). As equinocandinas possuem grande espectro de ação, atuando como fungicidas e fungistáticas frente a cepas de *Candida sp.* e *Aspergillus sp.*, respectivamente, porém têm ação reduzida sobre cepas *Cryptococcus neoformans* e *Mucorales* (Patterson et al., 2016).

Três agentes compõem esta classe: caspofungina, micafungina e anidulafungina, empregados em infecções invasivas em que os azóis foram ineficientes, inibindo de forma não competitiva a síntese de beta (1,3)-d-glucano, componente essencial e exclusivo da parede celular fúngica, o que garante grande especificidade e seletividade para as células dos fungos, tornando-se a classe melhor tolerada e mais segura na terapêutica, uma vez que apresenta pouca interação com as vias metabólicas do hospedeiro (Sucher et al., 2009).

Após a ruptura da integridade da parede celular fúngica, ocorre um extravasamento de componentes essenciais e um estresse osmótico, com posterior lise celular e morte do fungo (Golan et al., 2014).

As equinocandinas não são metabolizadas no fígado, portanto tem chances mínimas de interação com outras drogas, comparada à outras classes já descritas (Colombo et al., 2013), com vantagens em relação a efeitos adversos, geralmente raros ou leves, como febre, elevação transitória de enzimas hepáticas, flebite local, erupção cutânea, prurido, broncoespasmo e sensação de calor (Menichetti, 2009).

d) Alilaminas

Classe composta por agentes empregados em tratamento de onicomises e dermatomicoses por *Candida* e *Tinea*, a terbinafina, burtenafina e naftifina, podem ser encontrados nas formas de comprimido e cremes. Sua ação dá-se pela interrupção na cadeia produtora de ergosterol, bloqueando a enzima esqualeno epoxidase, que converte esqualeno em lanosterol. Além disso favorece o acúmulo de metabólito tóxico do esqualeno no citoplasma e consequente morte fúngica, classificando as alilaminas como fungicidas na maioria dos casos, mas podendo também ter ação fungistática (Shea; Del Poeta, 2006). Exibem afinidade com tecido adiposo e queratina, permitindo sua manutenção farmacologicamente ativa por seis semanas na pele após a suspensão do tratamento (Crawford; Hollis, 2007).

Reações adversas descritas podem ser várias, principalmente para uso por via oral, incluindo dores de cabeça, náuseas, perda de apetite, dor abdominal leve, desconforto estomacal (azia), diarreia, inchaço, erupções cutâneas (comichão), dores musculares e articulares, distúrbio de humor, perda de sentido do paladar, tonturas e cansaço (Colombo et al., 2013).

e) Análogo de nucleosídeo

A 5-flucitosina (5-FC) ou fluorocitosina é um inibidor sintético indireto da divisão celular e da síntese proteica, prejudicando o crescimento fúngico (Graninger et al., 2018). Ela entra na célula fúngica por permeases específicas de citosina, expressas apenas na membrana dos fungos, o que protege as células dos mamíferos por meio dessa seletividade. A 5-FC é convertida por uma citosina desaminase no interior da célula fúngica em 5-fluorouracila (5-FU), sendo esse um antimetabólito antineoplásico, que irá inibir especificamente uma enzima essencial para a síntese de DNA em fungos, a timidilato sintetase, que

consequentemente inibe o processo de divisão celular, caracterizando a flucitosina como fármaco fungicida (Golan et al., 2014).

É empregado em casos que necessitam de grande penetração nos tecidos, por sua facilidade de permeação; seu espectro é estreito, incluindo a maioria de *Candida sp.*, *Cryptococcus neoformans* e isolados de *Cladophialophora carrionii*, portanto, atualmente limita-se ao tratamento de meningite criptocócica e candidíase sistêmica. Reações adversas incluem náuseas e vômitos, erupções cutâneas e aumento de enzimas hepáticas em cerca de 10% dos pacientes, em administração oral (Colombo et al., 2013).

f) Amorolfina e ciclopirox

Amorolfina, derivado morfolínico, é largamente empregado em tratamentos de onicomicoses e dermatomicoses, nas formas creme e esmalte, (Colombo et al., 2013) apresentando efeito fungistático e fungicida a partir da alteração da membrana da célula fúngica, interrompendo a biossíntese correta do ergosterol, por meio da inibição de duas enzimas essenciais para sua síntese a delta 14-redutase e delta 7-8 isomerase, agindo na homeostase estrutural do fungo (Silva et al., 2021). Além disso, leva ao acúmulo de esteróis defeituosos e incomuns de estrutura plana, devido à redução de ergosterol (Graninger et al., 2018).

Ciclopirox olamina é um agente antifúngico derivado de hidroxipiridonas com ação fungicida e corresponde a única classe com mecanismo de ação diferente dos outros antifúngicos tópicos já descritos, pois atua através da quelação (sequestro de íons metálicos por ligação covalente) de cátions metálicos polivalentes, como férrico (Fe^{3+}) e alumínio (Al^{3+}), levando à inibição de enzimas dependentes de metal (citocromos, catalase e peroxidase), interrompendo atividades celulares básicas, como produção de energia, ingestão de nutrientes através da membrana celular por alteração da permeabilidade e do transporte, síntese de proteínas e ácidos nucleicos (Subissi et al., 2010; Graninger et al., 2018). Assim como a amorolfina, é possível encontrá-lo nas formas de esmalte e loção.

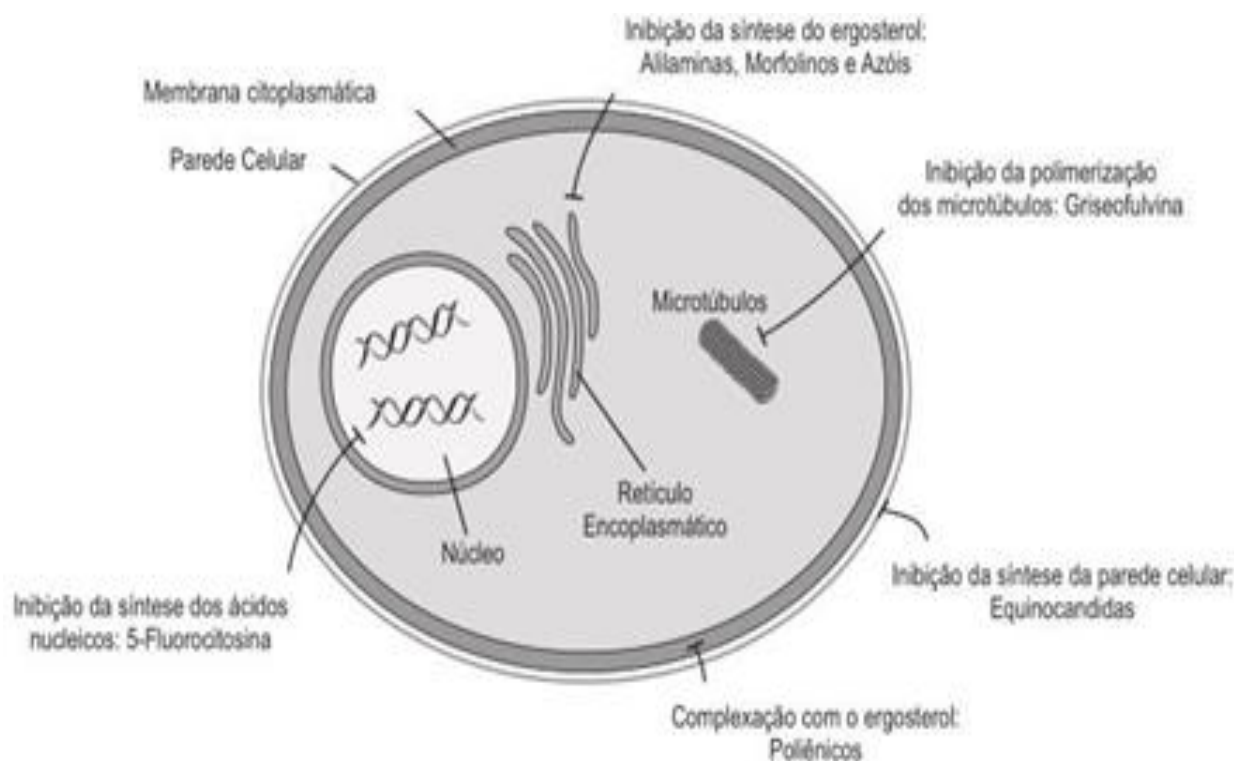


Figura 1. Esquema resumido dos principais sítios-alvo dos agentes antifúngicos. Fonte: Trabulsi & Alterthum, 2015.

Tabela 1. Tratamentos farmacológicos empregados para diferentes tipos de candidíase **Fonte:** Trabulsi & Alterthum, 2015; Pfaller et al., 2015.

<i>Tipo de infecção</i>	<i>Primeira opção</i>	<i>Segunda opção</i>	<i>Observações</i>
<i>Candidíase vulvovaginal</i>	Miconazol creme a 2%, via vaginal, um aplicador cheio, à noite ao deitar-se, por 7 dias ou Nistatina 100.000 UI, uma aplicação, via vaginal, à noite ao deitar-se, por 14 dias.	Fluconazol 150 mg, VO, dose única ou Itraconazol 100 mg, 2 comprimidos, VO, 2 x dia, por 1 dia	Durante a gravidez, o tratamento deve ser realizado somente por via vaginal. O tratamento oral está contraindicado na gestação e lactação
<i>Candidíase orofaríngea</i>	Nistatina 100.000-400.000 UI / mL e 4-6 mL, 4x ao dia por 14 dias ou Itraconazol 200 mg VO com alimentos por 7-14 dias	Fluconazol 200 mg VO ou IV no primeiro dia, seguido de 100 mg VO por 14-21 dias	
<i>CVVR</i>	Triazol tópico 7-14 dias ou Fluconazol 150 mg / dia a cada 72 h (dias 1, 4 e 7) ou até a remissão completa dos sintomas	Fluconazol 150 mg / 1x semana durante seis semanas	

Tipo de infecção	Primeira opção	Segunda opção	Observações
Candidíase cutânea	Cetoconazol tópico ou oral	Fluconazol 150 mg 1x/semana de 2 - 6 semanas	
Onicomiose	Amorolfina 5% esmalte – 1 x por semana Ciclopirox 8% esmalte - diariamente Tioconazol solução 28% - diariamente	Itraconazol 200 mg/dia 6- 12 sem (mãos) e 12-24 sem (pés) ou Fluconazol 150 a 300 mg/sem – até cura	Deve-se lixar semanalmente as unhas permitindo maior contato do medicamento com a área infectada
Balanite	Fluconazol 150 mg VO dose única		

Legendas: UI – Unidades internacionais; VO – Via oral; CVVR – Candidíase vulvovaginal recorrente.

RESISTÊNCIA FÚNGICA

O gênero *Candida* é um dos principais causadores de infecções fúngicas, com um impacto significativo na saúde pública globalmente. Em 2017, nos Estados Unidos, foram relatados aproximadamente 3.400 casos de infecções por *Candida*, resultando em 1.700 óbitos e 34 mil hospitalizações (CDC, 2019). Essas infecções variam de candidíase superficial a infecções invasivas graves, frequentemente afetando pacientes imunocomprometidos e aqueles em unidades de terapia intensiva. A resistência crescente aos antifúngicos tem sido uma preocupação constante. No Brasil, a situação tem evoluído, e embora inicialmente existissem poucos dados específicos e atualizados sobre o gênero *Candida* (França et al., 2008; Wu, 2023, estudos mais recentes e dados atualizados foram publicados. O mais recente levantamento nacional indica um aumento na resistência, refletindo uma tendência preocupante observada globalmente (Almeida et al., 2023).

O aumento da resistência, especialmente ao fluconazol, é alarmante. As taxas de resistência variam entre as espécies de *Candida*. *Candida tropicalis* apresenta uma taxa de resistência ao fluconazol de 4-9%, *C. parapsilosis* varia entre 2-6%, e *C. glabrata* tem taxas mais elevadas, de 11-13% (Pfaller et al., 2015). A resistência primária, como observada em *Candida krusei*, pode ocorrer mesmo sem exposição prévia ao antifúngico, complicando ainda mais o tratamento (Pfaller et al., 2008). Além disso, a emergência de *Candida auris* tem intensificado a preocupação devido à sua resistência a múltiplas classes de antifúngicos e à sua capacidade de persistir em ambientes hospitalares, exacerbando o problema da infecção cruzada e a dificuldade no controle de surtos (de Cássia Orlandi Sardi et al., 2018).

Em 2020, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) emitiu um alerta de risco com a notificação de um caso de *Candida auris* no estado da Bahia, o primeiro confirmado no Brasil desde a implantação da Rede Nacional para Identificação de *Candida auris* em serviços de saúde, em 2017 (Brasil, 2020). Desde então, novos casos foram identificados em diferentes estados brasileiros, evidenciando a expansão da presença de *Candida auris* no país (Brasil, 2025).

Resistência a Azóis

A resistência de *Candida* aos azóis, como o fluconazol, é mediada por vários mecanismos complexos:

a) Indução de Bombas de Efluxo: A resistência frequentemente envolve a indução de bombas de efluxo, como as codificadas pelos genes CDR e MDR. Essas bombas reduzem a concentração do antifúngico dentro da célula fúngica. Em *C. albicans*, *C. glabrata* e *C. dubliniensis*, a indução de bombas de efluxo associada a CDR é responsável por resistência a uma ampla gama de azóis, enquanto a resistência mediada por MDR é mais específica para o fluconazol (Sanguinetti et al., 2015; Sanglard et al., 2016). Recentemente, foram identificadas novas bombas de efluxo, como a Cdr1p e Cdr2p, que contribuem para a resistência a diferentes antifúngicos, incluindo a fluconazol (Lee et al., 2021). As bombas de efluxo atuam como um sistema de defesa que expulsa o antifúngico da célula antes que ele possa atingir seu alvo, diminuindo a eficácia do tratamento.

b) Alteração da Enzima Alvo: A lanosterol 14- α -desmetilase, codificada pelo gene ERG11, é a principal enzima alvo dos azóis. Os azóis atuam inibindo essa enzima, que é essencial para a biossíntese de ergosterol, um componente crucial da membrana celular fúngica. Alterações na estrutura do gene ERG11, como mutações, podem modificar a conformação da enzima e afetar a sua capacidade de interagir com os azóis. Essas mutações frequentemente resultam em substituições de aminoácidos no sítio ativo da enzima, comprometendo a ligação dos azóis e, portanto, reduzindo sua eficácia (Sanguinetti et al., 2015). Isso impede que o azol se ligue corretamente ao sítio ativo da lanosterol 14- α -desmetilase, resultando na continuidade da biossíntese de ergosterol e, conseqüentemente, na manutenção da integridade da membrana celular fúngica.

c) Desenvolvimento de Via de Escape: A resistência também pode ser mediada pelo desenvolvimento de vias de escape, como mutações no gene ERG3. Essas mutações impedem a formação de 14- α -metil-3,6-diol, um intermediário crucial na biossíntese de ergosterol, comprometendo a integridade da membrana celular (Cowen et al., 2015). A interrupção na formação deste intermediário pode prejudicar a eficiência dos azóis, uma vez que a biossíntese de ergosterol é essencial para a ação dos antifúngicos.

Resistência a Equinocandinas

A resistência a equinocandinas é menos comum, mas tem aumentado em frequência, especialmente entre cepas de *Candida glabrata*. Estudos recentes mostram que a taxa de resistência pode variar, com algumas pesquisas indicando que a incidência de resistência está crescendo, embora os dados específicos ainda estejam sendo consolidados (Dąbrowska et al., 2023). Cerca de 38% dos isolados de *Candida glabrata* resistentes a equinocandinas também são resistentes ao fluconazol (Pfaller et al., 2013), o que reduz significativamente as opções de tratamento disponíveis.

O mecanismo de resistência a equinocandinas é principalmente associado a mutações no gene FKS1. Essas mutações alteram a estrutura da β -(1,3)-D-glucano sintase, que é o alvo das equinocandinas e é responsável pela síntese da parede celular fúngica (Trabulsi; Alterthum, 2015). Estudos mais recentes elucidaram que as mutações em FKS1 não só afetam a estrutura da enzima, mas também a capacidade da célula fúngica de se adaptar e sobreviver à pressão seletiva exercida pelas equinocandinas, tornando a resistência mais prevalente e difícil de manejar (Maubon et al., 2014).

Resistência a Fluorocitosina

A resistência à fluorocitosina é comum devido a sua alta taxa de resistência primária e secundária. A fluorocitosina é um antifúngico que atua inibindo a síntese de DNA e RNA na célula fúngica. No entanto, a resistência pode surgir devido a mutações que afetam a conversão da fluorocitosina em sua forma ativa, 5-fluoruridina monofosfato. A conversão ocorre na célula fúngica, onde a citosina permease transporta a fluorocitosina para dentro da célula e a uracil fosforibosil transferase converte a fluorocitosina em 5-fluoruridina monofosfato, um metabolito ativo que inibe a síntese de DNA e RNA (Colombo et al., 2013; Trabulsi; Alterthum, 2015).

Mutações que resultam na perda de atividade da citosina permease ou na diminuição da atividade da uracil fosforibosil transferase impedem a entrada e conversão da fluorocitosina, levando à resistência. Portanto, a combinação de fluorocitosina com outros antifúngicos, como anfotericina B ou fluconazol, é frequentemente utilizada para aumentar a eficácia do tratamento e reduzir a probabilidade de desenvolvimento de resistência.

Resistência a Polienos

A anfotericina B e a nistatina, ambos polienos, são tradicionalmente eficazes contra a maioria das cepas de *Candida*. No entanto, a resistência a polienos, embora menos comum, tem sido documentada. Mecanismos de resistência incluem a diminuição da concentração de ergosterol na membrana celular, modificação do ergosterol, e alterações estruturais que reduzem a afinidade dos polienos pelo ergosterol (Espinel-Ingroff et al., 2017). Mutações em genes como ERG2 e ERG3 são frequentemente associadas à resistência, levando a alterações na estrutura da membrana celular e afetando a eficácia dos polienos.

Recentemente, o desenvolvimento de novos polienos, como a lipossomática anfotericina B, tem mostrado promissora eficácia contra cepas resistentes, devido à sua capacidade de entregar o antifúngico diretamente no alvo com menor toxicidade sistêmica (Pristov; Ghannoum, 2019).

SISTEMA GLOBAL DE VIGILÂNCIA DA RESISTENCIA ANTIMICROBIANA

Para enfrentar a crescente resistência antimicrobiana, a Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou o Global Antimicrobial Resistance Surveillance System (GLASS) em 2015. Este sistema visa agrupar dados sobre infecções agudas, gerando relatórios que permitem uma visão mais clara do cenário

de resistência antimicrobiana (RAM) global. O GLASS inclui dados de 71 países até dezembro de 2018, com o Brasil participando ativamente do monitoramento. A sigla RAM refere-se à Resistência Antimicrobiana, que abrange a capacidade de microrganismos de resistir aos efeitos de medicamentos antimicrobianos, tornando infecções mais difíceis de tratar e exigindo o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas (WHO, 2018).

Além das iniciativas globais, a pesquisa em novos antifúngicos derivados de compostos naturais continua a ser uma área ativa de investigação. Compostos de origem vegetal têm mostrado potencial significativo na luta contra infecções fúngicas resistentes, com novas moléculas sendo aprovadas pela European Medicines Agency (EMA) e pela Food and Drug Administration (FDA) (Patridge et al., 2016). A eficácia desses compostos contra uma ampla gama de doenças infecciosas e não infecciosas sugere novas possibilidades para o tratamento de infecções fúngicas resistentes (Castro et al., 2006; Thomford et al., 2018).

CONCLUSÃO

Com o aumento das infecções fúngicas resistentes a tratamentos convencionais, observou-se a necessidade de uma compreensão aprofundada dos mecanismos de resistência, como a indução de bombas de efluxo, alterações na enzima alvo, desenvolvimento de vias de escape e mutações genéticas que conferem resistência a diferentes classes de antifúngicos, incluindo azóis, equinocandinas e polienos.

A emergência de espécies altamente resistentes, como *Candida auris*, e o surgimento de cepas multirresistentes evidenciam a urgência de estratégias eficazes para o controle e tratamento dessas infecções. Os tratamentos antifúngicos disponíveis enfrentam limitações, não apenas devido à resistência, mas também pela toxicidade e falta de alternativas eficazes. Neste contexto, é crucial incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de novos antifúngicos e promover práticas que minimizem o surgimento de resistência, como o uso racional de antifúngicos e o monitoramento contínuo das infecções por *Candida*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. V. A. (2013). Anfotericina B e suas formulações lipídicas. Tese de Doutorado, [sn].
- Arnold, T. M., Dotson, E., Sarosi, G. A., & Hage, C. A. (2010). Traditional and emerging antifungal therapies. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 7(3), 222-228.
- Basma, R., Barada, G., Ojaimi, N., & Khalaf, R. A. (2009). Susceptibility of *Candida albicans* to common and novel antifungal drugs, and relationship between the mating type locus and resistance, in Lebanese hospital isolates. *Mycoses*, 52(2), 141-148.
- Brasil, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Identificação de caso de *Candida auris* no Brasil (2020). Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/ptbr/assuntos/noticias-anvisa/2020/identificacao-de-possivel-caso-de-candida-auris-no-brasil>>. Acesso em 10 Dez 2020

- Brasil, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alerta de risco para casos suspeitos de *Candida auris* (2025). Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/comunicados-de-risco-1/alerta-candida-auris-02-04-2025.pdf>. Acesso em 20 de abril de 2025.
- Castro, T. L., et al. (2006). Mecanismos de resistência da *Candida* sp. a antifúngicos. *Infarma*, 18(9), 10.
- CDC, Antibiotic Resistance Threats in the United States (2019). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, CDC; 2019. Disponível em <www.cdc.gov/DrugResistance/Biggest-Threats.html> Acesso em 20 Dez 2020.
- Colombo, A. L., et al. (2013). Brazilian guidelines for the management of candidiasis – a joint meeting report of three medical societies: Sociedade Brasileira de Infectologia, Sociedade Paulista de Infectologia and Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 17(3), 283-312.
- Cowen L.E., Sanglard, D., Howard, S.J., Rogers, P.D., Perlin, D.S. (2015) Mechanisms of antifungal drug resistance. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 5(7):a019752.
- Crawford, F., & Hollis, S. (2007). Topical treatments for fungal infections of the skin and nails of the foot. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3), 1-157.
- Dąbrowska, M., Zielińska-Bliźniewska, H., Kwiatkowski, P., Guenther, S., Łopusiewicz, Ł., Kochan, E., Pruss, A., & Sienkiewicz, M. (2023). Improved efficacy of eugenol and *trans*-anethole in combination with octenidine dihydrochloride against *Candida albicans* and *Candida parapsilosis*. *Annals of agricultural and environmental medicine : AAEM*, 30(1), 204–210. <https://doi.org/10.26444/aaem/157995>
- Da Rocha, W. R. V., et al. (2021). Gênero *Candida* - Fatores de virulência, epidemiologia, candidíase e mecanismos de resistência. *Research, Society and Development*, 10(4), e43910414283.
- de Cássia Orlandi Sardi, J., Silva, D. R., Soares Mendes-Giannini, M. J., & Rosalen, P. L. (2018). *Candida auris*: Epidemiology, risk factors, virulence, resistance, and therapeutic options. *Microbial Pathogenesis*, 125, 116-121.
- de Vasconcelos Jr., A. A., Menezes, E. A., & Cunha, F. A. (2011). Chromogenic medium for direct susceptibility testing of *Candida* spp. isolated from urine. *Mycopathologia*, 172(2), 125-130.
- Espinel-Ingroff, A., Arendrup, M., Cantón, E., Córdoba, S., Dannaoui, E., García-Rodríguez, J., Gonzalez, G.M., Guarro, J., Las-Flord, C., Lackhard, S.L., Martin-Mazuelos, E., Meis, J.F., Ostrovsky-Zeichner, L., Pelaez, T., St-Germain, G., Turnidge, J. (2017) Multicenter study of method-dependent epidemiological cutoff values for detection of resistance in *Candida* spp. and *Aspergillus* spp. to *Amphotericin B* and *Echinocandins* for the Etest agar diffusion method. *Antimicrob. Agents Chemother.* 61(1):e01792-16.
- FDA: Food & Drug Administration. FDA Drug Safety Communication: FDA warns that prescribing of Nizoral (ketoconazole) oral tablets for unapproved uses including skin and nail infections

- continues; linked to patient death (2016). Disponível em: <<https://www.fda.gov/Drugs/DrugSafety/ucm500597.htm>> Acesso em 02 Mar 2018.
- França, J.C.B., Ribeiro, C.E.L., Queiroz-Telles, F. (2008) Candidemia em um hospital terciário brasileiro: incidência, frequência das diferentes espécies, fatores de risco e suscetibilidade aos antifúngicos. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, 41(1):23-28.
- Golan, D. E., et al. (2014). *Princípios de farmacologia: a base fisiopatológica da farmacologia* (3rd ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Graninger, W., Diab-Elschahawi, M., & Presterl, E. (2018). Antifungal agents. In *Clinically Relevant Mycoses* (pp. 31-42). doi:10.1007/978-3-319-92300-0_3
- Heeres, J., Meerpoel, L., & Lewi, P. (2010). Conazoles. *Molecules*, 15, 4129-4188.
- James, W. D., Berger, T. G., Elston, D. M., & Odom, R. B. (2006). *Andrews' Diseases of the Skin: Clinical Dermatology* (10th ed.). Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Lee, Y., et al. (2021). Antifungal drug resistance: Molecular mechanisms in *Candida albicans* and beyond. *Chemical Reviews*, 121(6), 3390-3411.
- Maubon, D., et al. (2014). Resistance of *Candida* spp. to antifungal drugs in the ICU: where are we now? *Intensive Care Medicine*, 40(9), 1241-1255.
- Menezes, E. A., et al. (2012). Isolation and antifungal susceptibility testing of *Trichosporon asahii* in Ceará, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 54(1), 1-3.
- Menichetti, F. (2009). Anidulafungin, a new echinocandin: effectiveness and tolerability. *Drugs*, 69(Suppl. 1), 95-97.
- Partridge, E., et al. (2016). Na analysis of FDA-approved drugs: natural products and their derivatives. *Drug Discovery Today*, 21(2), 204-207.
- Patterson, T. F., et al. (2016). Practice guidelines for the diagnosis and management of aspergillosis: 2016 update by the Infectious Diseases Society of America. *Clinical Infectious Diseases*, 63(4), e1-e60.
- Peixoto, J. V., et al. (2014). Candidíase: uma revisão de literatura. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research*, 8(2), 75-82.
- Pfaller, M. A., Diekema, D. J., Gibbs, D. L., Newell, V. A., Nagy, E., Dobiasova, S., Rinaldi, M., Barton, R., Veselov, A., & Global Antifungal Surveillance Group (2008). *Candida krusei*, a multidrug-resistant opportunistic fungal pathogen: geographic and temporal trends from the ARTEMIS DISK Antifungal Surveillance Program, 2001 to 2005. *Journal of clinical microbiology*, 46(2), 515–521. <https://doi.org/10.1128/JCM.01915-07>
- Pfaller, M. A., Messer, S. A., Woosley, L. N., Jones, R. N., & Castanheira, M. (2013). Echinocandin and triazole antifungal susceptibility profiles for clinical opportunistic yeast and mold isolates collected from 2010 to 2011: application of new CLSI clinical breakpoints and epidemiological cutoff values for characterization of geographic and temporal trends of antifungal resistance. *Journal of clinical microbiology*, 51(8), 2571–2581. <https://doi.org/10.1128/JCM.00308-13>

- Pfaller, M. A., Rhomberg, P. R., Messer, S. A., Jones, R. N., & Castanheira, M. (2015). Isavuconazole, micafungin, and 8 comparator antifungal agents' susceptibility profiles for common and uncommon opportunistic fungi collected in 2013: temporal analysis of antifungal drug resistance using CLSI species-specific clinical breakpoints and proposed epidemiological cutoff values. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 82(4), 303–313. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2015.04.008>
- Pristov, K. E., & Ghannoum, M. A. (2019). Resistance of *Candida* to azoles and echinocandins worldwide. *Clinical Microbiology and Infection*, 25(7), 792-798.
- Robbins, N., Caplan, T., & Cowen, L. E. (2017). Molecular evolution of antifungal drug resistance. *Annual Review of Microbiology*, 71, 753-775.
- Sanglard, D. (2016). Emerging threats in antifungal-resistant fungal pathogens. *Frontiers in Medicine*, 3, 1-10.
- Sanguinetti, M., Posteraro, B., & Lass-Flörl, C. (2015). Antifungal drug resistance among *Candida* species: mechanisms and clinical impact. *Mycoses*, 58, 2-13.
- Shea, J. M., & Del Poeta, M. (2006). Lipid signaling in pathogenic fungi. *Current Opinion in Microbiology*, 9(4), 352-358.
- Shields, R. K., et al. (2014). Abdominal candidiasis is a hidden reservoir of echinocandin resistance. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 58, 7601-7615.
- Silva, K. G. V., et al. (2021). Morfologia, epidemiologia e virulência de espécies do gênero *Candida*. *Tópicos nas Ciências da Saúde*, 7, 42.
- Steimbach, L. M., et al. (2017). Efficacy and safety of amphotericin B lipid-based formulations - A systematic review and meta-analysis. *Mycoses*, 60(3), 146-154.
- Subissi, A., et al. (2010). Ciclopirox: Recent nonclinical and clinical data relevant to its use as a topical antimycotic agent. *Drugs*, 70, 2133-2152.
- Sucher, A. J., Chahine, E. B., & Balcer, H. E. (2009). Echinocandins: The newest class of antifungals. *Annals of Pharmacotherapy*, 43, 1647-1657.
- Tay, S. T., Lotfalikhani, A., Sabet, N. S., Ponnampalavanar, S., Sulaiman, S., Na, S. L., & Ng, K. P. (2014). Occurrence and characterization of *Candida nivariensis* from a culture collection of *Candida glabrata* clinical isolates in Malaysia. *Mycopathologia*, 178(3-4), 307–314. <https://doi.org/10.1007/s11046-014-9778-9>
- Trabulsi, L. R., & Alterthum, F. (2015). *Microbiologia* (6th ed.). São Paulo: Atheneu.
- Thomford, N. E., Senthebane, D. A., Rowe, A., Munro, D., Seele, P., Maroyi, A., & Dzobo, K. (2018). Natural Products for Drug Discovery in the 21st Century: Innovations for Novel Drug Discovery. *International journal of molecular sciences*, 19(6), 1578. <https://doi.org/10.3390/ijms19061578>

- Vieira, A. J. H., & Santos, J. I. dos. (2017). Mecanismos de resistência de *Candida albicans* aos antifúngicos anfotericina B, fluconazol e caspofungina. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, 49(3), 235-239.
- Vieira, F., & Nascimento, T. (2017). Resistência a fármacos antifúngicos por *Candida* e abordagem terapêutica. *Revista Portuguesa de Farmacoterapia*, 9, 29-36.
- World Health Organization. Antimicrobial Resistance fact sheets- What is antimicrobial resistance? [internet]. [Genebra]: WHO. [acesso em 2017 set 10]. Disponível em: <https://www.who.int/features/qa/75/en/>
- Wu, L., Lavorato Soldati, L., & Garcia, P. G. (2023). Prevalência de leveduras do gênero *Candida* isoladas de hemocultura de pacientes hospitalizados. *HU Revista*, 49, 1–8. <https://doi.org/10.34019/1982-8047.2023.v49.40948>

Você usa plantas medicinais? Ação de extensão em Alta Floresta, Mato Grosso

Recebido em: 11/01/2025

Aceito em: 13/01/2025

 10.46420/9786585756570cap2

José Martins Fernandes 

Evelyn Calline Sales de Souza 

Isabelly Custódio Cavalcante 

Mariana Buena Gomes 

Michele Flauzina de Paulo 

Suêlen Mara de Lima Garcia 

Cauane Caroline Cervini Pelizzar 

Mislaine de Almeida Araújo 

INTRODUÇÃO

O emprego de plantas medicinais na recuperação da saúde tem evoluído ao longo dos tempos desde as formas mais simples de tratamento local, provavelmente utilizadas desde o início da humanidade, até as formas tecnologicamente sofisticadas da fabricação industrial utilizada pelo homem moderno (Lorenzi & Abreu-Matos, 2021). No Brasil, o conhecimento sobre as plantas medicinais foi sendo construído com a influência dos povos indígenas, africanos, europeus e asiáticos, principalmente, por meio da oralidade, da observação e da experimentação.

Embora a medicina moderna esteja bem desenvolvida na maior parte do mundo, a Organização Mundial da Saúde reconhece que grande parte da população dos países em desenvolvimento depende da medicina tradicional para sua atenção primária, tendo em vista que 80% desta população utilizam práticas tradicionais nos seus cuidados básicos de saúde e 85%, plantas ou preparações delas (Brasil, 2016). Nesse sentido, o Ministério da Saúde do Brasil apresentou a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF), em 2006, tornando-se uma institucionalização do saber popular e tradicional, na disseminação do conhecimento da biodiversidade nacional e no fomento à indústria farmacêutica nacional (Brasil, 2006; Castro & Figueiredo, 2019).

O município de Alta Floresta (MT), ainda não possui uma política municipal de plantas medicinais e fitoterápicos. Mas algumas atividades de extensão já foram realizadas em 2023 e 2024, como “I Workshop Alta-florestense de Práticas Integrativas e Complementares no SUS: Plantas Medicinais e Fitoterapia”; duas ações de extensão intituladas “Você usa plantas medicinais?” e “II Mostra - você usa plantas medicinais?”; o minicurso “Preparação de plantas medicinais e extrato de própolis na prática”, durante a XVI Semana da Biologia – SEBAF; e, participação no projeto “O uso das plantas medicinais na prevenção e cura de doenças”, com alunos do 6º ano da Escola Estadual de Tempo Integral Dom Bosco.

Sabendo da complexidade de inserção de uma política pública voltada para as plantas medicinais no Sistema Único de Saúde de Alta Floresta, além das atividades de extensão já mencionadas, a leitura e escrita também vêm ocorrendo como forma de subsidiar discussões práticas e objetivas com os gestores da Secretaria Municipal de Saúde do município. Nesse sentido, apresentamos as espécies medicinais utilizadas durante a ação de extensão intitulada “você usa plantas medicinais?”, ocorrida no Bairro Aquarela Hamoa, município de Alta Floresta, Mato Grosso, com informações sobre nome científico, família botânica, nome popular, parte usada, formas de preparo e uso, origem e droga vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

À ação de extensão “Você usa plantas medicinais?” foi realizada no dia nove de junho de 2024, no Bairro Planejado Aberto do Aquarela HAMOA, durante a terceira edição do projeto Ciência Aqui, Ciência Acolá, no município de Alta Floresta, Mato Grosso (Figura 1).

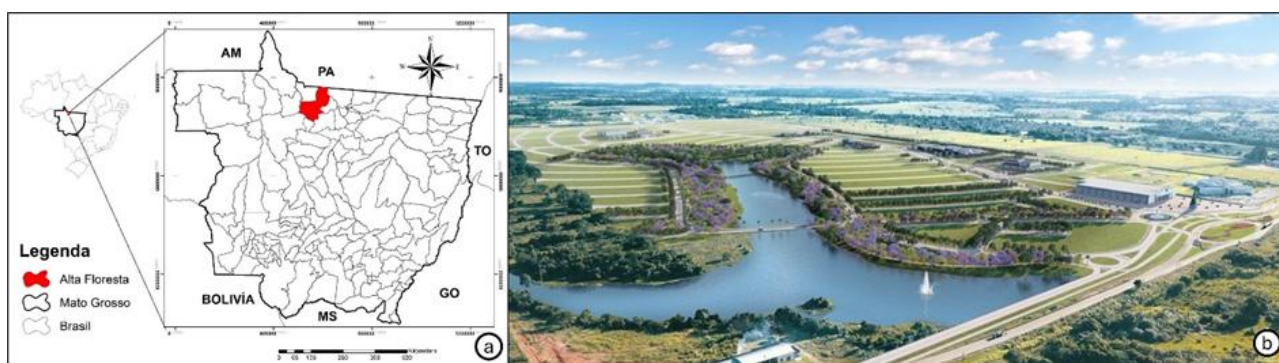


Figura 1. Local da ação de extensão: a) município de Alta Floresta, Estado de Mato Grosso; b) bairro Planejado Aberto do Aquarela HAMOA. Fonte: a) A. A. S. D. Almeida (Fernandes et al., 2023); b) JMD Urbanismo.

O evento contou com 16 espécies medicinais cultivadas em vasos, que anteriormente foram selecionadas com base nas espécies já estudadas e respaldadas em literaturas especializadas como as monografias de plantas medicinais apresentadas na Farmacopeia Brasileira (ANVISA, 2019), a lista de plantas medicinais e fitoterápicos apresentadas pelo Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo (CRFSP, 2019), e os livros “Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas” (Lorenzi & Matos, 2021) e “Morfologia de plantas medicinais utilizadas em Alta Floresta: subsídios ao ensino, pesquisa e extensão em botânica” (Fernandes, 2022).

As espécies foram selecionadas levando em consideração a confiabilidade terapêutica, fácil disponibilidade de mudas e acesso aos recursos vegetais na região de Alta Floresta. As mudas das espécies foram compradas em viveiros do município ou doadas por vizinhos e acadêmicos.

No dia da ação de extensão, os vasos foram posicionados em mesas com respectivas fichas impressas em papel cartão e coladas em papelão, devidamente posicionadas à frente e atrás dos vasos, e apresentadas por acadêmicos dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas e

Engenharia Floresta, Campus Universitário de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), como atividade para creditação em extensão. As fichas continham as seguintes informações: nome popular, nome científico, família botânica, parte usada, formas de preparo e uso, origem e droga vegetal foram confeccionadas com base em literaturas especializadas (ANVISA, 2019; CRFSP, 2019; Lorenzi & Matos, 2021; Fernandes, 2022; Flora e Funga do Brasil, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

“Você usa plantas medicinais?” foi uma das ações de extensão realizada no bairro planejado aberto do Aquarela HAMOA, município de Alta Floresta (MT), como um momento de integração entre acadêmicos do Campus Universitário de Alta Floresta (UNEMAT) com a sociedade (Figura 2a-f). Teve duração de três horas, com a exposição de 16 espécies medicinais durante a terceira edição do projeto “Ciência Aqui, Ciência Acolá”, da UNEMAT, com a participação de acadêmicos dos cursos de graduação em Ciências Biológicas e Engenharia Florestal.

Durante o evento, vários visitantes conversaram com os acadêmicos extensionistas, tiram fotos das plantas medicinais e das fichas, pediram mudas e relataram que usam no dia a dia. A seguir, estão algumas informações sobre as plantas medicinais, como nome científico, local de publicação da espécie, nome da família, nome popular, parte usada, preparo e uso, origem da espécie e droga vegetal, principalmente, além de uma fotografia tirada no momento do evento.

Aloe vera (L.) Burm. f., Fl. Indica: 83. 1768

Família: Asphodelaceae. Nome popular: babosa. Parte usada: mucilagem da folha. Preparo e uso: mucilagem fresca para uso tópico em queimadura e ferimento, eficiente na cicatrização; supositório para hemorroida. Uso interno (infecções como gastrite, úlceras, etc.), em excesso, pode comprometer o funcionamento dos rins.

Origem: África. Droga vegetal: gel mucilaginoso de folhas frescas contendo, no mínimo, 0,3% de carboidratos totais - antraquinonas. Figura 3a. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019), Lorenzi e Matos (2021) e Fernandes (2022).

Baccharis crispa Spreng., Syst. Veg. [Sprengel] 3: 466. 1826

Família: Asteraceae. Sinônimo relevante: *Baccharis trimera* (Less.) DC. Nome popular: carqueja. Parte Usada: caule alado. Preparo e uso: chá (infusão) feito com 1 colher de sopa do caule em 1 xícara de água, 3 vezes ao dia, antes das refeições. Usado para problemas intestinais, estomacais e hepáticos devido propriedades digestivas, antiúlceras, antiácidas, analgésicas e anti-inflamatórias.

Origem: nativa do Brasil. Droga vegetal: caule dessecado e fragmentado, contendo, no mínimo, 1,7% de ácidos cafeicos totais, expressos como ácido clorogênico (C₁₆H₁₈O₉, 354,31). Figura 3b. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019), Lorenzi e Matos (2021) e Fernandes (2022).



Figura 2. Ação de extensão realizada no bairro Planejado Aberto do Aquarela HAMOA, município de Alta Floresta, Mato Grosso: a) parte do público durante o evento, incluindo acadêmicos e visitantes; b) diálogos entre visitantes e acadêmicas durante à ação de extensão “você usa plantas medicinais?”; c) demonstração de como as plantas medicinais e fichas com informações foram posicionadas aos visitantes; d) diálogos entre visitantes e acadêmicas; e) banner do evento de extensão; f) demonstração de uma ficha com informações para os visitantes e acadêmicos. Fonte: J. M. Fernandes.

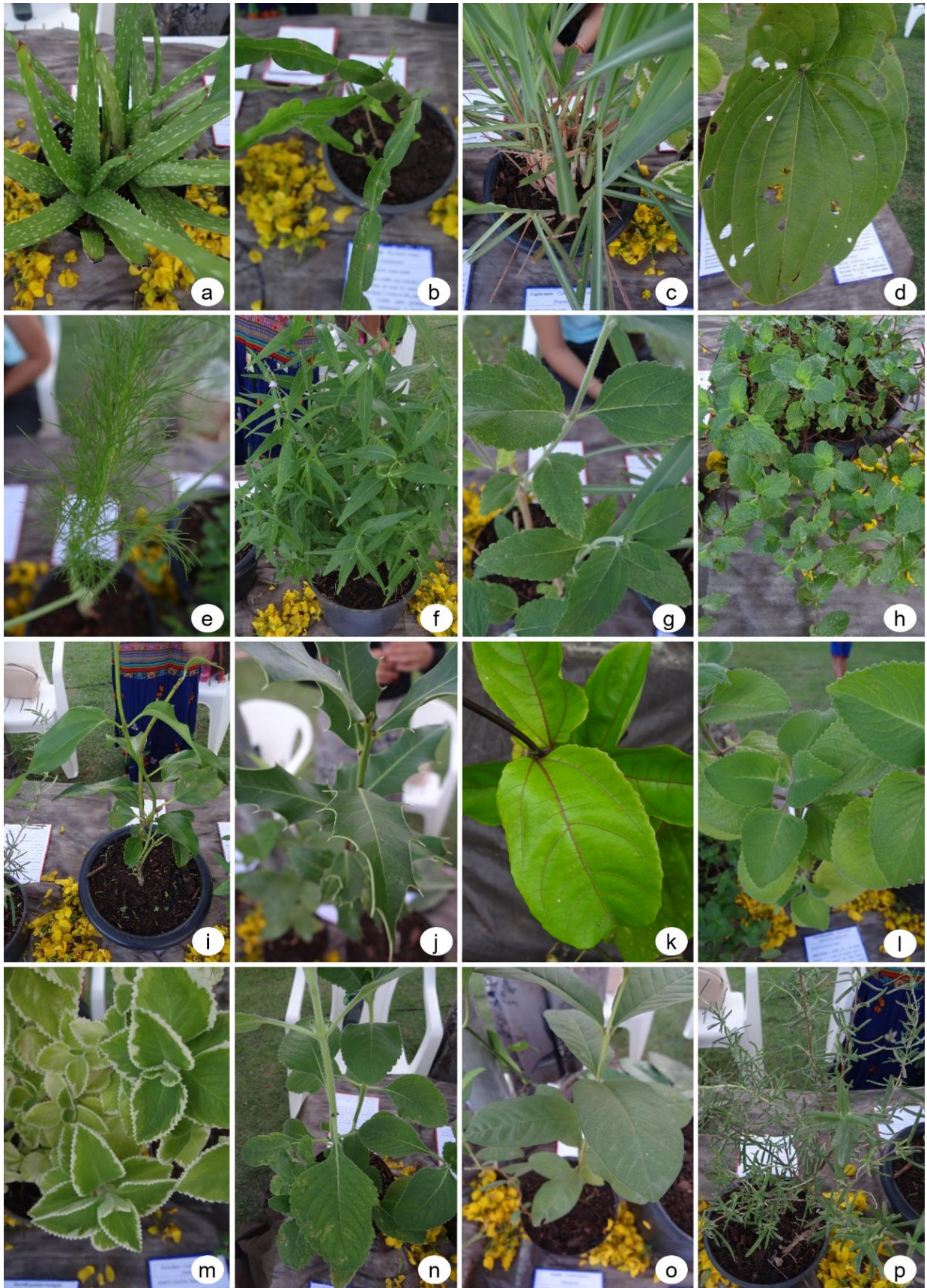


Figura 3. Plantas medicinais selecionadas para atividade de extensão no Aquarela Hamoa, Alta Floresta (MT): a) *Aloe vera*; b) *Baccharis crispa*; c) *Cymbopogon citratus*; d) *Echinodorus grandiflorus*; e) *Foeniculum vulgare*; f) *Justicia pectoralis*; g) *Lippia alba*; h) *Mentha × piperita*; i) *Mikania laevigata*; j) *Monteverdia ilicifolia*; k) *Passiflora edulis*; l) *Plectranthus amboinicus*; m) *Plectranthus amboinicus* ‘variegata’; n) *Plectranthus barbatus*; o) *Psidium guajava*; p) *Rosmarinus officinalis*. Fonte: J. M. Fernandes.

***Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, Bull. Misc. Inform. Kew 1906: 322. 1906**

Família: Poaceae. Nome popular: capim-santo. Parte usada: folha. Preparo e uso: chá (infusão) de folhas secas ou frescas como calmante, relaxante muscular, analgésico, cólica intestinal e uterina. Não possui ação tóxica!

Origem: Índia, etc. Droga vegetal: folhas secas contendo no mínimo 0,5% de *óleo volátil*. Figura 3c. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019) e Lorenzi e Matos (2021).

***Echinodorus grandiflorus* (Cham. & Schltdl.) Micheli, Monogr. Phan. 3: 57. 1881**

Família: Alismataceae. Nome popular: Chapéu-de-couro. Parte usada: folhas. Preparo e uso: chá (infusão) de 1 grama de folha seca em 150 mL de água, 3 vezes ao dia para edemas (inchaço) por retenção de líquidos e processos inflamatórios. Contraindicação: não deve ser utilizado por pessoas portadoras de insuficiência renal e cardíaca.

Origem: Neotropical. Droga vegetal: folhas secas contendo, no mínimo, 2,8% de derivados do ácido *hidroxicinâmico*, expressos em *verbascosídeo* (C₂₉H₃₆O₁₅, 624,59). Figura 3d. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019) e Fernandes (2022).

***Foeniculum vulgare* Mill., Gard. Dict. (ed. 8): Foeniculum no. 1. 1768**

Família: Apiaceae. Nome popular: erva-doce. Parte usada: frutos. Preparo e uso: chá (decoção) de 10 g em 1 litro de água, tomar 4 a 5 xícaras ao dia como antiflatulento, antidispéptico (dor ou desconforto na parte superior do estômago) e antiespasmódico (movimento do intestino).

Origem: Europa. Droga vegetal: frutos secos contendo, no mínimo, 2,0% (v/p) de *óleo volátil*. Figura 3e. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019), Lorenzi e Matos (2021) e Fernandes (2022).

***Justicia pectoralis* Jacq., Enum. Syst. Pl.: 11. 1760**

Família: Acanthaceae. Nome popular: anador. Parte usada: folhas. Preparo e uso: chá (infusão) de 5 gramas de folhas secas ou frescas em 150 mL de água, 2 ou 3 vezes ao dia como expectorante, broncodilatador, analgésico, relaxante muscular previne e reduz febre. *Contraindicação*: pacientes com problemas de coagulação e em uso de anticoagulantes e analgésicos.

Origem: Brasil, etc. Droga vegetal: folhas secas contendo, no mínimo, 0,2% de *cumarina* (C₉H₆O₂, 146,15). Figura 3f. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019), Lorenzi e Matos (2021) e Fernandes (2022).

***Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson, Bot. Porto Rico 6(1): 141. 1925**

Família: Verbenaceae. Nome popular: erva-cidreira. Parte usada: folhas e flores. Preparo e uso: chá (infusão) de 1-3 gramas de folhas secas ou frescas e flores em 150 mL de água, 3 ou 4 vezes ao dia para quadros leves de ansiedade e insônia, como calmante suave. Cólicas abdominais, distúrbios

estomacais, flatulência, como digestivo e expectorante. Auxiliar na prevenção da enxaqueca.

Contraindicação: quem tem pressão baixa.

Origem: Brasil, etc. Droga vegetal: folhas secas ou frescas com presença de óleos (*mirreno*, *citral*, *mucolítico*). Figura 3g. Fonte: CRFSP (2019), Lorenzi e Matos (2021) e Fernandes (2022).

Mentha × piperita L., Sp. Pl. 2: 576. 1753

Família: Lamiaceae. Nome popular: hortelã-pimenta. Parte usada: ramo jovem/folhas. Preparo e uso: chá (infusão) de folhas secas ou frescas possui propriedades antiespasmódica, anti-inflamatória, antiúlcera e antiviral; o chá em gargarejo para inflamação da garganta e da gengiva.

Origem: Europa. Droga vegetal: folhas secas contendo, no mínimo, 1,2% de *óleo volátil – mentol*, *mentona* e *mentofurano*. Figura 3h. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019) e ANVISA (2015).

Mikania laevigata Sch. Bip. ex Baker, Fl. Bras. 6(2): 241. 1876

Família: Asteraceae. Nome popular: guaco. Parte usada: folha. Preparo e uso: chá (infusão) com 4 folhas em 1 xícara de água, 2 ou 3 vezes ao dia para antigripal, anti-inflamatório, antinevrálgico, antirreumático, antisséptico, broncodilatador, calmante, cicatrizante, depurativo, diurético, emoliente, expectorante, febrífugo, sudorífico, tônico, etc. Pode acrescentar mel! *Interação medicamentosa:* pode causar hemorragia em gestantes e criança menos de 1 ano.

Origem: Brasil. Droga vegetal: folhas secas contendo no mínimo 0,15% de *cumarina* (C₉H₆O₂, 146,15). Figura 3i. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019) e Lorenzi e Matos (2021).

Monteverdia ilicifolia (Mart. ex Reissek) Biral, Syst. Bot. 42(4): 689. 2017

Família: Celastraceae. Sinônimo relevante: *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek. Parte usada: folha. Preparo e uso: chá (infusão) com 1 colher de sobremesa de folhas em 1 xícara de água, antes das refeições, para *afecções gástricas* como úlceras, gastrites, para contração do estômago. Possui atividade anti-tumoral, antibiótica, produção do ácido clorídrico do estômago, etc.

Origem: Brasil, etc. Droga vegetal: folhas secas contendo no mínimo 2,0% de taninos totais, expressos em *pirogalol* (C₆H₆O₃ 126,11), e, no mínimo, 0,28% de *epicatequina* (C₁₅H₁₄O₆, 290,27). Figura 3j. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019) e Lorenzi e Matos (2021).

Passiflora edulis Sims, Bot. Mag. 45: pl. 1989. 1818

Família: Passifloraceae. Nome popular: maracujá. Parte usada: folha. Preparo e uso: chá (infusão) de 3-4 folhas frescas ou 3-5 gramas de folhas secas em 150 mL de água, ingerir 1-3 xícaras ao dia para induzir o sono, tranquilizante, ansiedade, calmante. *Efeitos adversos:* pode causar sonolência.

Origem: Brasil, etc. Droga vegetal: folhas secas contendo, no mínimo, 1,0% de *flavonoides totais*, expressos em apigenina ($C_{15}H_{10}O_5$, 270,24). Figura 3k. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019) e Lorenzi e Matos (2021).

***Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng., Syst. Veg. [Sprengel] 2: 690. 1825**

Família: Lamiaceae. Nome popular: hortelã-graúda. Parte usada: folha. Preparo e uso: 30 a 40 folhas frescas e 1 copo de açúcar para o preparo do xarope em fogo baixo, ingerir 1 ou 2 colheres de sopa, 3 vezes ao dia contra tosse, resfriado bronquite e infecção de garganta. O xarope também é apurado para fazer o pirulito.

Origem: Nova Guiné. Droga vegetal: folhas contendo óleo essencial com *timol* e *sesquiterpenos*, *mucilagem*, *quercetina*, *luteolina* e diversos outros flavonoides e alguns *ácidos triterpênicos*. Figura 3l. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019) e Lorenzi e Matos (2021).

Observação: a forma variegada (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. ‘variegata’) é mais usada como ornamental, mas o extrato apresenta maiores níveis de flavonoides e ácido rosmarínico e maior atividade antioxidante; e o extrato possui efeito anticâncer igual a *P. amboinicus*. Figura 3m. Fonte: Dutra et al. (2019).

***Plectranthus barbatus* Andrews, Bot. Repos. 9. 1809**

Família: Lamiaceae. Nome popular: boldo. Parte usada: folhas. Preparo e uso: chá (infusão) de 3 a 4 folhas frescas ou macerar a mesma quantidade em 1 xícara de água, 2 ou 3 vezes ao dia para problemas do *fígado* e *estômago*, algumas delas conhecidas como dispepsia (*queimação* no estômago, *ressaca*, náuseas, *arrotos constantes*, sensação de saciedade precoce e inchaço abdominal). *Contraindicação*: gestantes, lactantes, crianças, pessoas com hipertensão, hepatites e obstrução das vias biliares.

Origem: Índia, etc. Droga vegetal: folhas frescas com *barbatusina*, *ciclobarbatusina*, *cariocal*, *triterpenoides* e *esteroides*. Figura 3n. Fonte: CRFSP (2019), Lorenzi e Matos (2021) e Fernandes (2022).

***Psidium guajava* L., Sp. Pl. 1: 470. 1753**

Família: Myrtaceae. Nome popular: goiaba. Parte usada: broto. Preparo e uso: chá (infusão) de 3 a 4 brotos em 1 xícara de água, 1 ou várias vezes ao dia para diarreia (a variedade da polpa vermelha é mais eficiente). Possui atividade antimicrobiana.

Origem: Brasil, etc. Droga vegetal: folhas secas contendo no mínimo 10,0% de *taninos* totais e, no mínimo, 0,3% de derivados *glicosilados de quercetina* ($C_{15}H_{10}O_7$, 302,24). Figura 3o. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019), Lorenzi e Matos (2021) e Fernandes (2022).

***Rosmarinus officinalis* L., Sp. Pl. 1: 23. 1753**

Família: Lamiaceae. Nome popular: alecrim. Parte usada: folhas, flores e frutos. Preparo e uso: chá (infusão) com 1 colher de chá (2 gramas) em 1 xícara de água, 3 vezes ao dia. Uso tópico é preparado por maceração de ramos. Função: diurético, gases intestinais, dor de cabeça, cólica menstrual, anti-inflamatório, etc.

Origem: Mediterrâneo. Droga vegetal: partes frescas ou secas; possuem óleo essencial (cineol, alfa-pineno, cânfora; ácido cafeico, diterpenos amargos, flavonoides, triterpenos). Figura 3p. Fonte: ANVISA (2019), CRFSP (2019), Lorenzi e Matos (2021) e Fernandes (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Você usa plantas medicinais?” foi um momento de aprendizado para acadêmicos e moradores da região de Alta Floresta, Mato Grosso, sobre as plantas medicinais, sobre os compostos terapêuticos devidamente comprovados pela ciência multidisciplinar, e que é uma das práticas integrativas e complementares reconhecida, incentivada e apoiada pelo Ministério da Saúde do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2019). Farmacopeia Brasileira, Volume II. *Monografias - Plantas Medicinais*. 6 ed. Brasília: Ministério da Saúde.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2015). *Monografia da espécie Mentha x piperita L. (hortelã pimenta)*. Brasília: Ministério da Saúde.
- BRASIL. (2016). *Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos*. Brasília: Ministério da Saúde.
- BRASIL. (2006). *Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos*. Brasília: Ministério da Saúde.
- Castro, M. R., & Figueiredo, F. F. (2019). Saberes tradicionais, biodiversidade, práticas Integrativas e complementares: o uso de plantas medicinais no SUS. *HYGELA -Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 15(31), 56-70.
- CRFSP – Conselho Regional de Farmácia de São Paulo. (2019). *Plantas medicinais e fitoterápicos*. 4 ed. São Paulo: Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo.
- Dutra, J. C. V., Pereira, P. R. C., Ferreira, P. S., Delarmelina, J. M., Jamal, C. M., & Batitucci, M. C.P. (2019). Leaf variegation alters in antioxidant activity and phenolic compounds concentration of indian borage (*Plectranthus amboinicus*). *Journal of Plant Physiology & Pathology*, 7, 1-7.
- Fernandes, J. M. (2022). *Morfologia de plantas medicinais utilizadas em Alta Floresta: subsídios ao ensino, pesquisa e extensão em botânica*. Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora.
- Fernandes, J. M., Soares, C. R. A., Almeida, A. A. S. D., & Oliveira, D. B. (2023). *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Fabaceae): morfologia, uso na medicina popular e proibição em produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil. *SAJES – Revista da Saúde da AJES*, 9(17), 46-55.

Flora E Funga Do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2024. Disponível em:
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

Lorenzi, H., & Matos, F. J. A. (2021). *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*. 3 ed. Nova Odessa: Jardim Botânico Plantarum.

Inteligência Artificial na Educação Básica: desafios e soluções no contexto das Escolas Públicas Municipais de Santa Maria/RS

Recebido em: 15/04/2025

Aceito em: 10/05/2025

 10.46420/9786585756570cap3

Antônio Rodrigo Delepiane de Vit 

Carine Ferreira Machado Virago 

Eliane Cristina Amoretti 

Daniela Viero Catelan Pivetta 

Graziela Machado Rocha 

João Alcides Haetinger Esmério 

Ricardo Tombesi Macedo 

Sidnei Renato Silveira 

INTRODUÇÃO

As escolas enfrentam desafios para preparar estudantes com base nas demandas do século XXI, marcadas por rápidas transformações tecnológicas. Neste contexto, a IA (Inteligência Artificial) surge como uma oportunidade estratégica para personalizar os processos de ensino e de aprendizagem, promover competências digitais e otimizar processos pedagógicos e administrativos. Nesse cenário, a integração estratégica de tecnologias emergentes, tais como a IA surge não só como uma oportunidade, mas também uma ferramenta de apoio para alinhar a Educação às exigências contemporâneas.

Nesse contexto de necessidades de mudança, é impossível conceber uma Educação voltada para esse novo panorama que não integre em sua metodologia as TDICs (Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação), incluindo a IA, que tem o potencial de personalizar os processos de ensino e de aprendizagem, facilitar a aprendizagem e otimizar processos administrativos. Isso permite que os estudantes vivenciem e se conectem ao mundo de maneira mais dinâmica, ao mesmo tempo em que constroem conhecimento de forma mais individualizada e interativa. Para que essas inovações sejam integradas de maneira eficaz, é essencial compreender seu funcionamento e aplicá-las com objetivos pedagógicos claros. Embora o uso de diferentes TDICs em sala de aula já não seja considerado uma novidade, a adoção da IA ainda enfrenta desafios significativos, como a capacitação de professores e a garantia de infraestrutura adequada nas escolas. Assim, esse estudo busca responder à seguinte problemática: “Como a integração de ferramentas de IA pode transformar a Educação em Santa Maria/RS, considerando infraestrutura, acessibilidade e capacitação docente, no contexto das Escolas Públicas Municipais?”

Por meio de uma RSL (Revisão Sistemática da Literatura) (Okoli, 2019) e de um estudo de caso (Yin, 2005) sobre a rede municipal de ensino de Santa Maria, este trabalho analisa os benefícios e desafios da implementação de tecnologias de IA. O objetivo é o de explorar como essas ferramentas podem melhorar a eficiência das avaliações, apoiar o desenvolvimento contínuo dos professores e potencializar intervenções pedagógicas mais eficazes. Além disso, essa investigação destaca a importância de políticas públicas e diretrizes curriculares, tais como a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) (Brasil, 2018) e a Instrução Normativa 02/2024 do município de Santa Maria (Santa Maria, 2024), que promovem o uso ético e eficaz das TDICs no âmbito educacional.

Com base nesse contexto, o estudo reflete sobre a inserção do componente curricular de Computação e o papel estratégico de ferramentas computacionais, tais como *Mangahigh*, *Khan Academy* e *Google Classroom*. Essas ferramentas, que utilizam algoritmos de IA, oferecem personalização, interatividade e um suporte constante para a aprendizagem, alinhando-se aos objetivos de promover a inclusão e o protagonismo dos estudantes.

Para proceder essa análise, faz-se necessário, em um primeiro momento, compreender como as TDICs são apresentadas pelos documentos oficiais que embasam e regulamentam o fazer pedagógico. Portanto, para construir esse embasamento teórico, lançamos o olhar sobre a BNCC de 2018 (Brasil, 2018) e sobre a Instrução Normativa 02/2024 (Santa Maria, 2024).

A BNCC valoriza e incentiva o uso de TDICs como ferramentas que potencializam o ensino e a aprendizagem, promovendo inclusão, interatividade e o desenvolvimento de habilidades essenciais dos estudantes. Além disso, enfatiza a importância de utilizar essas tecnologias para oferecer uma aprendizagem personalizada e adaptativa, atendendo às necessidades e interesses individuais de cada um.

Está em questão também possibilitar vivências significativas de práticas colaborativas em situações de interação presenciais ou em ambientes digitais e aprender, na articulação com outras áreas, campos e com os projetos e escolhas pessoais dos jovens, procedimentos de levantamento, tratamento e divulgação de dados e informações e o uso desses dados em produções diversas e na proposição de ações e projetos de natureza variada, para fomentar o protagonismo juvenil de forma contextualizada (Brasil, 2018, p. 494).

Analisando como a BNCC orienta o uso das tecnologias digitais, já se percebe que essa temática é apontada nas dez competências gerais da Educação Básica, onde a quinta competência da BNCC foca no uso específico das tecnologias digitais com senso crítico:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (Brasil, 2018, p. 9).

Em 2022, a BNCC (Brasil, 2022) ganhou uma ampliação significativa ao receber um anexo que trata sobre Computação, um documento complementar que estabelece competências transversais e habilidades computacionais a serem desenvolvidas ao longo de toda a Educação Básica. Organizado em três eixos fundamentais, o documento visa fornecer conhecimentos práticos e promover uma

compreensão profunda e crítica do mundo digital. O primeiro eixo trata do pensamento computacional e enfatiza a resolução de problemas por meio do pensamento lógico, premissa evidenciada pela quinta competência transversal do documento anexo à BNCC:

Avaliar as soluções e os processos envolvidos na resolução computacional de problemas de diversas áreas do conhecimento, sendo capaz de construir argumentações coerentes e consistentes, utilizando conhecimentos da Computação para argumentar em diferentes contextos com base em fatos e informações confiáveis com respeito à diversidade de opiniões, saberes, identidades e culturas (Brasil, 2022, p. 11).

O segundo eixo trata da compreensão do mundo digital, com habilidades relacionadas ao funcionamento técnico da internet, das redes, da computação em nuvem e de diversos outros elementos do universo virtual, como apresentado na terceira competência transversal: “Expressar e partilhar informações, ideias, sentimentos e soluções computacionais utilizando diferentes linguagens e tecnologias da Computação de forma criativa, crítica, significativa, reflexiva e ética” (Brasil, 2022, p. 11).

Por fim, o terceiro eixo aborda a cultura digital e propõe um olhar crítico e ético sobre o uso das tecnologias digitais, destacando esse eixo como essencial na formação dos estudantes, estimulando o uso consciente e produtivo das tecnologias em diferentes áreas do saber. Nesse item é proposta a alfabetização digital do estudante, promovendo o desenvolvimento de habilidades tais como o uso responsável e ético das tecnologias, criação de conteúdos digitais, análise de conteúdos confiáveis e crítica à disseminação de informações falsas e manipulação digital.

Além da BNCC, analisando a Instrução Normativa 02/2024 da Secretaria Municipal de Educação de Santa Maria (Santa Maria, 2024), que define as Diretrizes Transitórias para a Organização Curricular da Rede Municipal de Ensino de Santa Maria no ano letivo de 2024, onde a nova organização curricular proposta inseriu o componente curricular Informática Educativa e o currículo das escolas municipais de Santa Maria deve organizar-se da seguinte forma, conforme o Artigo 9º:

§1º A Formação Básica Comum contemplará as áreas do conhecimento de Matemática, Linguagens (Língua Portuguesa, Língua Inglesa, Língua Espanhola, Arte e Educação Física), Ciências da Natureza, Ciências Humanas (História e Geografia) e Ensino Religioso.

§2º A parte diversificada será estruturada a partir dos conhecimentos na área de Informática Educativa (Computação - Pensamento Computacional. Mundo Digital e Cultura Digital) e Projetos e/ou Programas.

A partir dessa resolução e, conforme preconiza a BNCC, surge a necessidade de que as escolas tenham um profissional capacitado no seu quadro de recursos humanos para atender à demanda da Informática Educativa. Para tanto, o município de Santa Maria conta com uma política pública municipal denominada Conexão de Saberes. Esta política prioriza um ensino individualizado, que atenda às especificidades e à diversidade dos conhecimentos trilhados pelo estudante, a partir do desenvolvimento de competências inovadoras, empreendedoras, cooperativas, criativas e solidárias, potencializando assim, uma aprendizagem significativa. A política pública municipal Conexão de Saberes, iniciada em março de

2019, contempla as 77 escolas municipais, compreendendo um universo de aproximadamente 20.000 estudantes e cerca de 1.800 profissionais (Santa Maria, 2019).

A partir dessa política pública e contando com o Núcleo de Tecnologia Educacional Municipal de Santa Maria são promovidos, mensalmente, encontros de formação continuada para apresentar as tecnologias disponíveis para o trabalho pedagógico e proporcionar formação àqueles que atuam com a disciplina de Informática Educativa. Além disso, diversas plataformas tecnológicas são disponibilizadas para uso pedagógico, tais como: *Google Classroom*, *Khan Academy* e *Mangahigh*.

Diante do exposto, este artigo se propõe a realizar uma análise preliminar das plataformas que são disponibilizadas para uso dos professores da Rede Municipal de Ensino de Santa Maria, relacionando a aplicabilidade e usabilidade dessas plataformas com os conceitos de IA apresentados pelos autores estudados, bem como verificando como essas ferramentas podem ser potencializadoras dos processos de ensino e de aprendizagem.

METODOLOGIA

Para investigar de que maneira as tecnologias de IA podem ser integradas no contexto educacional específico da rede municipal de Santa Maria/RS, abordando os benefícios potenciais e os desafios relacionados à infraestrutura, acessibilidade e formação dos profissionais da educação, foi realizada uma revisão sistemática de literatura a partir da proposta de Okoli (2019), seguida de um estudo de caso. O método de estudo de caso adotado na pesquisa possui natureza qualitativa e cunho exploratório. Esse método pressupõe que a exploração de um único caso dará subsídios para a compreensão e aquisição do conhecimento acerca do fenômeno estudado. De acordo com Yin (2005), esse método da pesquisa qualitativa é adequado para responder questionamentos que se referem ao como e ao porquê da investigação científica, permeados por investigações diretas, corroborando para o estudo que aqui pretende-se apresentar.

Optou-se por combinar a RSL, que contextualiza tendências globais, com o estudo de caso, que fornece insights sobre o contexto específico de Santa Maria/RS, acerca da aplicação da Inteligência Artificial na Educação Básica, além de outras TDICs. Essa abordagem busca compreender como essas tecnologias podem ser implementadas de maneira eficaz, levando em conta as particularidades locais, como limitações de infraestrutura, desafios relacionados à acessibilidade e a necessidade de capacitação docente.

Para realizar a RSL, foi elaborada uma *string* de busca, procurando incluir o maior número de estudos referentes à temática abordada. A *string* foi composta por termos na língua inglesa, e foi definida como: (“*Collaborative learning environment AND education settings AND personalized learning AND education basic*”) AND (“*Virtual reality OR AP*”).

As bases de dados utilizadas foram *Scopus*, *Web of Science*, *ACM (Association for Computing Machinery)* e *Science Direct*, escolhidas por sua ampla cobertura de estudos recentes em IA educacional (Zhai *et al.*, 2020). A busca foi por produções desenvolvidas nos últimos 5 anos.

A partir das buscas realizadas foram obtidos 358 resultados. A triagem e a organização dos estudos encontrados, foi feita por meio da plataforma colaborativa *Rayyan*, usada para organizar e gerenciar os artigos. Em seguida foi realizada a leitura dos abstracts, para aplicar os critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão foram CI1 - Estudos voltados às aplicações da IA na Educação Básica e CI2 - Estudos publicados nos últimos 5 anos. Os critérios de exclusão foram CE1 - Trabalhos duplicados e CE2 - Trabalhos que não tratam das aplicações da IA na Educação Básica e CE3- Revisão Sistemática da Literatura ou Estudo Bibliométrico.

Aplicando os critérios elencados na seção anterior foram incluídos 15 estudos para compor a RSL, por meio da leitura dos textos na íntegra e de uma análise rigorosa para garantir que os mesmos se encaixam nos critérios adotados na pesquisa. Esses artigos forneceram subsídios necessários para compreender como se aplica a IA na Educação Básica e proceder à análise das plataformas com utilização de IA, disponibilizadas na rede municipal de ensino de Santa Maria, o que se encontra descrito e analisado na próxima seção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 sintetiza o processo de busca, que foi realizado em quatro diferentes bases de dados, sendo elas: *ACM Digital Library*, *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science*. O montante de artigos encontrados foi de 358, porém a maioria foi excluído, por serem aplicados ao ensino superior, e desses, um ponto interessante, predominantemente da área da saúde. Conforme a *string* de busca já mencionada, anteriormente, chegou-se em 15 artigos objeto de análise, sendo 13 da base *Web of Science* e 2 da *ACM Digital Library*.

Tabela 1. Resultado Sistemático da Busca. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Base de busca	Artigos Incluídos	Artigos Excluídos	Total de artigos
<i>ACM Digital Library</i>	2	77	79
<i>Scopus</i>	0	12	12
<i>Science Direct</i>	0	21	21
<i>Web of Science</i>	13	231	246
TOTAL			358

No Quadro 1 estão descritos os principais resultados dos artigos selecionados para compor a RSL. A partir dos 15 artigos selecionados, é apresentada uma esquematização detalhada do de cada um

dos artigos, considerando em que contexto imersivo/interativo foi aplicado, o que se obteve de resultados, os feedbacks sobre as IAs, se visou integração/formação/treinamento, quais os desafios, bem como impactos éticos e plataformas utilizadas.

Este quadro apresenta informações sobre iniciativas educacionais que utilizam tecnologias de IA, com destaque para resultados, desafios e a necessidade de políticas públicas. Os resultados indicam impactos positivos, como maior engajamento, personalização do ensino e aumento da motivação, mas enfrentam limitações, tais como a baixa aplicação prática em alguns contextos educacionais. A utilização de IA é notável em áreas como análise multimodal, *feedback* em tempo real e ferramentas de avaliação automatizada, mostrando seu potencial para transformar a eficiência pedagógica. Contudo, a integração dessas tecnologias exige investimentos significativos em formação continuada de professores, especialmente no desenvolvimento de competências técnicas e pedagógicas para lidar com ferramentas avançadas, além de melhorias na infraestrutura tecnológica. Por fim, políticas públicas voltadas à acessibilidade e à capacitação devem ser priorizadas, garantindo que o uso dessas tecnologias seja equitativo e amplamente disseminado.

Quadro 1. Resultados dos Artigos Seleccionados para Compor a RSL Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Nº	Título	Aplicação	Resultados	Feedback/IA Utilizada	Formação de Professores	Desafios	Impactos Éticos	Plataformas/ Tecnologias
1	<i>Learning in Immersed Collaborative Virtual Environments</i> Karakaya <i>et al.</i> (2022)	Ambientes virtuais imersivos para aprendizado social e cognitivo	Maior engajamento e colaboração	IA otimiza interações e gera <i>feedback</i> dinâmico	Integração com RV/IA	Acessibilidade e treinamento	Privacidade de dados	<i>C2STEM, Multimodal Analytics Tools</i>
2	<i>Learning Design to Support Student-AI Collaboration</i> Kim, Lee e Cho (2022)	Personalização e apoio ao aprendizado colaborativo	Ensino personalizado habilidades complexas	<i>Feedback</i> em tempo real para avaliações precisas	Formação em IA	Infraestrutura segura e equitativa	Mitigação de vieses	<i>Google AI</i>
3	<i>Educators' Opinions on VR/AR/XR</i> Al-Ansi A. e Al-Ansi M. (2024)	Experiências em VR/AR para aprendizado interativo	Curiosidade docente; baixa aplicação prática	Ferramentas de avaliação automáticas	Treinamento em tecnologias emergentes	Infraestrutura conectada	Impactos pedagógicos incertos	<i>ARKit, Unity</i>

Nº	Título	Aplicação	Resultados	Feedback/IA Utilizada	Formação de Professores	Desafios	Impactos Éticos	Plataformas/ Tecnologias
4	<i>Beyond Traditional Classrooms</i> Hakim, Schoenfeld e Smith (2021)	Realidades virtuais para motivação educativa	Motivação e retenção aumentadas	Análise de engajamento	Treinamento técnico para integração VR-IA	Recursos tecnológicos limitados	Suporte às minorias	<i>Oculus Rift</i>
5	<i>Studying Teacher Withitness in the Wild</i> Van Leeuwen <i>et al.</i> (2023)	Painéis em tempo real para apoio ao docente	Maior eficiência e redução de carga cognitiva	<i>Dashboards</i> multimodais para análise de áudio e vídeo	Interpretação de painéis	Expansão tecnológica	Privacidade e segurança	<i>Dashboards</i> multimodais
6	<i>Text-to-speech and VR Agents</i> Zhu <i>et al.</i> (2023)	Ferramentas para aprendizado oral e engajamento em sala de aula	Engajamento e habilidades comunicativas ampliadas	<i>Feedback</i> automatizado sobre habilidades expressivas	Práticas orais mediadas por IA	Inclusão em mídias orais	Representatividade cultural	<i>Podcasts</i> com IA (por exemplo, <i>ChatGPT</i>)
7	<i>Re-embracing Orality in Digital Education</i> Elkhatat (2024)	<i>Podcasts</i> como incentivo à criatividade	Expressão oral e criatividade aumentadas	Discussões em grupo e criação de conteúdo	Integração de práticas digitais	Limitação no acesso	Aprendizado social e ético	<i>Podcasting</i> em ambientes digitais

Nº	Título	Aplicação	Resultados	Feedback/IA Utilizada	Formação de Professores	Desafios	Impactos Éticos	Plataformas/ Tecnologias
8	<i>Virtual Reality and Language Models</i> Izquierdo-Domenech, Linares-Pellicer e Ferri-Molla (2024)	Integração de VR e LLMs para aprendizado interativo	Compreensão aumentada em STEM	<i>Feedback</i> em tempo real durante simulações	Introdução de VR em laboratórios educativos	Custos elevados e treinamento docente	Acessibilidade equitativa	VR, RAG, LLMs
9	<i>Digital Transformation and Inclusive Education</i> Kaimara (2023)	Gamificação para educação inclusiva	Inclusão e motivação aumentadas	Personalização de materiais inclusivos	Técnicas inclusivas e tecnologias avançadas	Resistência ao uso de novos métodos	Aumento de inclusão	Gamificação com AR/VR
10	<i>AI Adaptivity in a Mixed-Reality System</i> Yannier <i>et al.</i> (2024)	Realidade mista com IA adaptativa	Retenção de conteúdos científicos	<i>Feedback</i> adaptativo baseado nas interações	Capacitação para ensino experimental	Estudos longitudinais para validação	Privacidade dos dados	Sistemas de realidade mista
11	<i>Hybrid Teaching Intelligence</i> Cosentino <i>et al</i> (2024)	Ensino adaptativo com IA e movimentos corporais	Engajamento e compreensão conceitual ampliados	<i>Feedback</i> em tempo real com sons/projeções	Professor como facilitador	Acessibilidade e redução de estresse	Ética no uso de dados	MOVES-NL, SENSEi

Nº	Título	Aplicação	Resultados	Feedback/IA Utilizada	Formação de Professores	Desafios	Impactos Éticos	Plataformas/ Tecnologias
12	<i>Empowering STEAM Activities</i> Fruett <i>et al.</i> (2024)	IA no aprendizado de STEAM	Engajamento em programação e exploração avançada	<i>Feedback</i> interativo para solução de problemas	Ferramentas simplificadas	Inclusão em escolas com poucos recursos	Privacidade e dependência excessiva	<i>BitDogLab</i> , GPT
13	<i>Capturing Self-Regulated Learning</i> Sobocinski <i>et al.</i> (2024)	Análise de autorregulação em VR	Compreensão de processos de autorregulação	<i>Feedback</i> crítico adaptado	Estratégias de autorregulação	Ética no uso de dados fisiológicos	Personalização do aprendizado	VR, <i>Multimodal Data Analysis</i>
14	<i>SmileyCluster</i> Wan <i>et al.</i> (2020)	Ferramentas interativas para aprendizado científico	Engajamento e compreensão aumentados	<i>Feedback</i> em investigações exploratórias	Ensino por métodos exploratórios	Infraestrutura mínima	Exclusão tecnológica	Ferramentas digitais interativas
15	<i>Adaptive Networked Teaching</i> Li <i>et al.</i> (2021)	Reconhecimento facial/vocal para ensino adaptativo	Personalização e engajamento aumentados	<i>Feedback</i> baseado em reconhecimento de emoções	Treinamento em IA adaptativa	Limitação de infraestrutura	Ética no uso de dados emocionais	Plataformas educacionais interativas

Principais aplicações da Inteligência Artificial na Educação Básica

A Inteligência Artificial vem se consolidando como uma ferramenta capaz de promover a transformação em diversos setores, incluindo a Educação Básica. Sua aplicação na área da Educação pode potencializar os processos de ensino e de aprendizagem, promover a personalização do ensino e, também, otimizar a gestão de sistemas educacionais. Nos últimos anos, os estudos têm explorado como as tecnologias de IA podem superar desafios educacionais tradicionais e criar oportunidades para práticas pedagógicas inovadoras.

Entre as contribuições mais significativas da IA na Educação, destaca-se o estudo realizado por Zhai *et al.* (2021), em que os autores revisam avanços significativos na década de 2010 a 2020 sobre os sistemas de avaliação automatizada, que têm sido projetados para oferecer suporte objetivo e eficiente aos educadores, visto que proporcionam análises mais precisas e ágeis sobre o desempenho dos estudantes. Os autores destacam as tecnologias de IA empregadas, incluindo processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina, que permitem uma análise mais aprofundada e precisa das respostas dos estudantes. Além disso, discutem os benefícios desses sistemas, como a redução da carga de trabalho dos educadores, *feedback* imediato para os estudantes e a padronização das avaliações e enfatizam a importância de desenvolver sistemas de avaliação que sejam justos, transparentes e que complementam o papel dos educadores.

Outra frente de pesquisa em IA educacional é o uso de tecnologias para fornecer *feedback* personalizado. Roll e Wylie (2016) destacaram como a evolução da IA possibilitou um suporte adaptativo aos estudantes, fornecendo orientações baseadas em suas necessidades individuais, o que promove um maior engajamento e compreensão dos conteúdos. Os Sistemas Tutores Inteligentes têm potencial para adaptar o ensino às necessidades individuais dos estudantes, utilizando IA para analisar interações e identificar as potencialidades e as dificuldades de cada estudante. A partir dessa análise, os sistemas fornecem *feedback* específico, ajustando o nível de dificuldade das atividades e sugerindo recursos adicionais, baseados em algoritmos de aprendizado de máquina e modelos cognitivos.

Além do suporte cognitivo, a IA também pode abordar aspectos emocionais e motivacionais, reconhecendo sinais de frustração ou desengajamento por meio de expressões faciais e padrões de interação, permitindo que o sistema responda de maneira a melhorar o engajamento do estudante. Como um exemplo prático desta abordagem em sala de aula, tem-se o uso de Sistemas Tutores Inteligentes equipados com reconhecimento emocional (Roll; Wylie, 2016). Esses sistemas podem identificar, por meio de análise facial ou padrão de interação, quando um estudante está frustrado ao tentar resolver um problema de uma disciplina, e diante disso, o sistema pode oferecer uma explicação mais detalhada, apresentar dicas ou até propor uma pausa com uma atividade lúdica para reduzir a tensão emocional, ajudando o estudante a recuperar a confiança e manter o engajamento no aprendizado. Assim, a IA tem o potencial de transformar a educação, oferecendo *feedback* personalizado em grande escala, o que pode melhorar significativamente a eficácia do ensino e apoiar o sucesso individual dos estudantes.

Adicionalmente, a capacidade da IA de prever o desempenho acadêmico dos estudantes emerge como uma área promissora. Williamson e Eynon (2016) discutem como algoritmos podem analisar dados educacionais para identificar padrões de aprendizado, antecipar dificuldades e ajudar os educadores a tomar decisões mais informadas para apoiar o desenvolvimento acadêmico. Esses modelos permitem que educadores e instituições antecipem quais estudantes podem necessitar de apoio adicional, possibilitando intervenções proativas para melhorar os resultados educacionais. Os autores também destacam os desafios e considerações éticas associadas a essa prática. Entre as preocupações estão a privacidade e a segurança dos dados dos estudantes, o potencial para reforçar desigualdades existentes devido a vieses nos algoritmos e a necessidade de transparência nos processos preditivos. Assim, é importante desenvolver abordagens responsáveis que garantam que o uso da IA beneficie todos os estudantes de maneira equitativa.

Dentro deste contexto, a aplicação da IA na Educação Básica tem o potencial para enriquecer a prática pedagógica, trazendo inovação para a sala de aula e beneficiando tanto estudantes quanto professores. A utilização da IA permite aos professores a otimização do tempo para o planejamento das aulas e correção de atividades e, para os estudantes a possibilidade de personalização de atividades bem como de feedback imediato, vindo a contribuir com o engajamento nas atividades propostas.

IA na Educação: Aplicações, Resultados e Desafios na Rede Municipal de Santa Maria

Esta seção aborda o caso do município de Santa Maria - RS, destacando os desafios enfrentados na integração de tecnologias educacionais de Inteligência Artificial, tais como barreiras relacionadas à infraestrutura, acesso desigual à tecnologia, necessidade de formação continuada para docentes e fatores culturais, além das estratégias adotadas para superar esses desafios.

Conforme o Censo Escolar da Educação Básica de 2024 (Inep, 2024), a Rede Municipal de Ensino de Santa Maria - RS é composta por 86 escolas (EMEI – Escola Municipal de Educação Infantil, EMEF – Escola Municipal de Ensino Fundamental e Ensino Profissionalizante), atendendo um total de 18.170 estudantes. Por meio de informações disponibilizadas pelo NTEM (Núcleo de Tecnologias Educacionais), os professores têm acesso a plataformas tais como Google Classroom, *Khan Academy* e *Mangahigh*, todas com recursos de IA, conforme analisado neste estudo. Dentre essas, destaca-se a Plataforma *Mangahigh*, uma ferramenta digital adaptativa, voltada para o ensino de matemática. Essa ferramenta foi adotada no ano de 2021 pela Secretaria de Educação do Município, com o objetivo de apoiar o ensino híbrido durante a pandemia da Covid-19, funcionando tanto como um recurso instrucional quanto como uma ferramenta de avaliação formativa.

Os sistemas de aprendizado adaptativo, como o que apresenta a Plataforma *Mangahigh*, são considerados sistemas que utilizam IA pois, de acordo com Leão et al. (2021, p. 1):

Os sistemas de aprendizado adaptativo utilizam algoritmos de IA para ajustar o conteúdo educacional com base no desempenho individual dos alunos, enquanto plataformas de ensino a

distância incorporam IA para monitorar e apoiar o progresso dos alunos. Além disso, ferramentas como tutores inteligentes e assistentes virtuais oferecem suporte contínuo, facilitando a aprendizagem em qualquer momento e lugar.

Analisando o que propõe Roll e Wylie (2016) sobre ferramentas com *feedback* adaptativo, percebe-se que existem ferramentas adequadas à disposição dos educadores da Rede Municipal de Ensino. De acordo com esses autores, esses sistemas permitem uma interação dinâmica entre estudante e tecnologia, promovendo maior engajamento e desenvolvimento de habilidades críticas. São exemplos a *ASSISTments*, uma plataforma que avalia o progresso dos estudantes enquanto fornece suporte individualizado baseado em suas respostas. Outro exemplo é o *Betty's Brain*, que utiliza a metodologia de “ensinar para aprender”, encorajando os estudantes a desenvolverem habilidades metacognitivas ao explicar conceitos para um agente digital. Além disso, o *AutoTutor* é um sistema que emprega linguagem natural para engajar os estudantes em diálogos significativos, auxiliando na resolução de problemas complexos e promovendo o pensamento crítico.

As plataformas *Mangahigh*, *Khan Academy* e *Google Classroom*, amplamente utilizadas no contexto educacional de Santa Maria/RS, podem ser relacionadas às ferramentas descritas por Roll e Wylie (2016) devido a sua aplicação de técnicas de IA para promover a personalização e o engajamento no aprendizado. Assim como a *ASSISTments*, a *Mangahigh* utiliza sistemas adaptativos baseados em IA para ajustar automaticamente os desafios matemáticos ao nível de habilidade de cada estudante. Essa abordagem personalizada fornece feedback imediato e adapta o conteúdo em tempo real, ajudando os estudantes a progredirem em seu próprio ritmo e garantindo que as lacunas no conhecimento sejam abordadas de forma eficiente. A *Khan Academy* é uma plataforma que aplica princípios semelhantes aos do *Betty's Brain*, oferecendo um ambiente onde os estudantes podem explorar conteúdos de forma autônoma e receber *feedback* contínuo sobre seu desempenho. Além disso, a *Khan Academy* promove a autorregulação e o pensamento crítico, alinhando-se às competências transversais da BNCC ao fornecer explicações detalhadas e práticas para reforçar conceitos fundamentais. Sobre o *Google Classroom*, embora seu foco principal seja a gestão de tarefas e comunicação entre estudantes e professores, essa plataforma pode ser integrada a ferramentas tais como o *AutoTutor*, para proporcionar interações mais dinâmicas e inteligentes. Por exemplo, ao usar extensões ou aplicativos baseados em IA, tais como chatbots educacionais, os estudantes podem receber apoio direto e personalizado para dúvidas em tempo real, ampliando o alcance das aulas e facilitando a aprendizagem de conceitos mais complexos.

A relação entre essas plataformas e as ferramentas descritas mostra como a IA está transformando o ambiente educacional ao oferecer experiências de aprendizado mais interativas, adaptativas e centradas nas necessidades dos estudantes. Essas soluções, quando integradas ao currículo e práticas pedagógicas, contribuem para uma formação mais completa e alinhada às demandas educacionais do século XXI.

Conforme Williamson e Eynon (2020) a arquitetura das TDICs, especialmente aquelas baseadas em IA, podem reforçar as formas de exclusão e de discriminação devido ao “viés da máquina” presente nos conjuntos de dados utilizados para treinar os algoritmos. Os autores também apontam a necessidade

de entender a IA na Educação dentro de um contexto histórico que envolve o crescimento do setor comercial de tecnologia educacional e seu suporte por diversos agentes, tais como os órgãos governamentais, as entidades filantrópicas e o setor privado.

Na rede municipal de Santa Maria, onde muitas escolas enfrentam desafios relacionados à inclusão social e à preparação dos estudantes para contextos que vão além do ambiente escolar, torna-se necessário repensar o papel do professor, conforme defendido por Roll e Wylie (2016, p. 14):

Quando o tutor humano apoia mais do que apenas conhecimento de domínio, mas também habilidades para a vida toda e interação com colegas; quando o tutor deixa o conforto de sua casa ou sala de aula e encontra o aluno sob suas condições; quando o tutor se desvia dos problemas dos livros didáticos e apoia o aluno em seus problemas de vida; então, talvez, o tutor se torne um mentor.

Assim, mesmo com todos os avanços da IA, o papel do professor permanece essencial na mediação dos processos de ensino e de aprendizagem, por sua compreensão do contexto individual do estudante, na mediação de conflitos, no estímulo ao pensamento crítico e na promoção de interações humanas significativas que vão além do que a tecnologia é capaz de proporcionar.

Um dos principais aspectos abordados pela BNCC em relação às TDICs é justamente a necessidade de incorporá-las de forma crítica e responsável no currículo escolar. Isso significa não apenas utilizar as tecnologias digitais como meio de acesso a informações e recursos educacionais, mas também desenvolver a capacidade dos estudantes de avaliar criticamente as informações encontradas online, discernir entre fontes confiáveis e não confiáveis e utilizar as tecnologias de forma ética e segura. E para o sucesso desta premissa, se faz importante o papel do professor, mediando essa interação entre as tecnologias e os estudantes.

INOVAÇÃO E CONEXÕES NA AIED: TENDÊNCIAS, METODOLOGIAS E CASOS PRÁTICOS

A IAEd (Inteligência Artificial na Educação ou *AIEd Artificial Intelligence in Education*) tem evoluído rapidamente, impulsionada por avanços tecnológicos e pela crescente demanda por soluções inovadoras voltadas aos processos de ensino e de aprendizagem. Nesse contexto, esta seção explora três aspectos fundamentais para compreender o futuro da AIED: as tendências emergentes, que moldam o panorama dessa área; a interdisciplinaridade e as novas metodologias de pesquisa, essenciais para abordar questões complexas e promover inovações; e os estudos de caso e projetos recentes, que ilustram a aplicação prática e o impacto transformador da AIED em contextos educacionais diversos. Essas perspectivas oferecem um panorama abrangente sobre os caminhos que estão sendo trilhados, apontando para um futuro promissor e desafiador.

O artigo escrito por Williamson e Eynon (2020), explora o impacto histórico, as lacunas existentes e as perspectivas futuras da IAEd, discutindo como a IA se consolidou em diferentes áreas da sociedade e agora influência, cada vez mais, o campo educacional. Os autores abordam a trajetória histórica do uso

de IA na Educação, destacando avanços em sistemas de tutoria inteligente e aprendizado personalizado. O texto também enfatiza as implicações éticas e sociais da implementação de tecnologias baseadas em IA incluindo questões de discriminação algorítmica, vigilância de dados e impacto das corporações no setor educacional. Além disso, o artigo sublinha como políticas educacionais e infraestruturas tecnológicas têm moldado o desenvolvimento e a aplicação dessas tecnologias. Por fim, o artigo sugere futuras direções de pesquisa, como a necessidade de estudos etnográficos que investiguem o uso diário dessas tecnologias em contextos educacionais, bem como o desenvolvimento de abordagens participativas para integrar múltiplos *stakeholders* nas discussões sobre o futuro da IAEd.

O artigo elaborado por Zhai *et al.* (2021) apresenta uma análise abrangente de como a IA tem sido aplicada no setor educacional ao longo de uma década e explora tendências futuras e desafios associados ao uso da tecnologia na educação. Os autores classificam as aplicações de IA em três dimensões principais: desenvolvimento, extração e aplicação. Na dimensão de desenvolvimento, destacam-se Sistemas Tutores Inteligentes e avaliação eletrônica, que utilizam algoritmos avançados para personalizar os processos de ensino e de aprendizagem. A dimensão de extração aborda o uso de IA para fornecer feedback, raciocínio e aprendizado adaptativo, permitindo interações personalizadas e em tempo real entre estudantes e sistemas educacionais. Por fim, na dimensão de aplicação, técnicas como realidade aumentada, gamificação e computação afetiva são exploradas para criar ambientes de aprendizagem imersivos e emocionalmente envolventes. O artigo também identifica tendências emergentes, como o uso da Internet das Coisas (IoT) e neurociência aplicada à educação. Além disso, discute desafios éticos e sociais, como o uso indevido de dados de estudantes e a necessidade de redefinir o papel dos professores em ambientes dominados por tecnologia (Zhai *et al.*, 2021).

Chiu *et al.* (2022) analisam, de forma sistemática, as aplicações da IAEd e seus impactos em quatro domínios-chave: aprendizado, ensino, avaliação e administração. A revisão inclui 92 artigos publicados entre 2012 e 2021, destacando as oportunidades oferecidas por tecnologias de IA, tais como Sistemas Tutores Inteligentes, *chatbots* e análise preditiva, além de identificar desafios associados à integração dessas tecnologias na prática educacional. Chiu *et al.* (2022) também destacam que as tecnologias de IA têm o potencial de personalizar o aprendizado, atribuindo tarefas baseadas na competência individual dos estudantes e oferecendo feedback em tempo real. Por exemplo, Hirankerd e Kittisunthonphisarn (2020) desenvolveram um sistema de gerenciamento com realidade aumentada para monitorar o progresso do aluno e adaptar tarefas. Além disso, chatbots e assistentes virtuais foram utilizados para melhorar as habilidades de comunicação em contextos de aprendizado de idiomas (Chew e Chua, 2020). Esses avanços demonstram como a AIED pode aumentar a motivação e o engajamento dos alunos.

No ensino, a IA é utilizada para criar estratégias adaptativas, apoiar o desenvolvimento profissional dos professores e simplificar tarefas administrativas, tais como a organização de recursos e a avaliação de desempenho (Gunawan *et al.*, 2021). Estudos como o de Luo (2018) mostraram que sistemas

baseados em IA podem recomendar estratégias de ensino adequadas, enquanto Huang (2018) destaca a capacidade de plataformas de IA para inspirar professores a inovar em suas práticas pedagógicas.

A avaliação também foi impactada pela IA, com o uso de ferramentas para correção automática e previsão do desempenho dos alunos, especialmente em contextos de Educação a Distância. Sistemas tais como os descritos por Fu *et al.* (2020) utilizam algoritmos de aprendizado de máquina para analisar a participação dos alunos em fóruns de discussão e prever resultados acadêmicos.

Apesar das oportunidades, a implementação da IAEd enfrenta obstáculos significativos. Um dos principais desafios é a falta de recursos educacionais adequados para suportar o aprendizado personalizado e adaptativo (Cao *et al.*, 2021). Além disso, a seleção de dados para modelos preditivos de IA é complexa, pois os dados disponíveis nem sempre são apropriados ou éticos para uso em tecnologias educacionais (Sharma *et al.*, 2019). Outro desafio é a integração efetiva da IA nas práticas pedagógicas, já que muitos professores não compreendem totalmente as funcionalidades e os benefícios dessas ferramentas (Kim *et al.*, 2022).

O estudo de Chiu *et al.* (2022) evidencia que a IA oferece amplas possibilidades para transformar a educação, desde o aumento da personalização do aprendizado até a simplificação de processos administrativos. No entanto, para maximizar esses benefícios, é essencial superar barreiras, tais como a falta de infraestrutura, a compreensão limitada dos professores e os riscos éticos associados ao uso de dados. O desenvolvimento de tecnologias inclusivas e acessíveis, aliado à formação docente, é crucial para garantir que a IAEd promova equidade e excelência educacional. Assim, a pesquisa interdisciplinar deve continuar explorando como integrar a IA de forma responsável e eficaz no contexto educacional global. Outro destaque é o movimento de apresentar, além das funcionalidades da IA, questões éticas e de responsabilidade coletiva de uso, promovendo o uso consciente e discussões sobre o assunto valorizando as descobertas entre alunos e professores.

Em síntese, a IA na Educação traz um cenário com diferentes possibilidades e desafios, e os estudos apresentados nesta seção destacam o potencial da IA para personalizar o aprendizado, otimizar processos administrativos e criar experiências educacionais mais imersivas e interativas; o que pode contribuir para o aprimoramento dos processos de ensino e de aprendizagem por meio da inovação tecnológica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo sobre o impacto da IA na Educação destacam análises que enriquecem a reflexão crítica sobre a integração de tecnologias emergentes no ambiente escolar. Segundo Luckin e Holmes (2016), a IA tem potencial de transformar o ensino ao permitir experiências de aprendizado personalizadas, baseadas nas necessidades individuais de cada estudante. Este estudo propõe um repensar das práticas educacionais, onde as tecnologias baseadas em IA funcionem como facilitadores do

aprendizado, promovendo o desenvolvimento cognitivo e social dos estudantes, seja por meio de estudos individualizados ou colaborativos.

A IA pode transformar o ensino ao personalizar a aprendizagem e desenvolver competências essenciais do século XXI. Contudo, é necessário superar desafios como questões éticas de uso, infraestrutura precária e capacitação docente. Recomenda-se o fortalecimento de políticas públicas e programas, tais como o Conexão de Saberes para garantir inclusão digital e alinhamento pedagógico com as tecnologias emergentes. Conforme aponta Holmes et al. (2019), a formação de professores em tecnologias de IA é essencial para garantir sua implementação eficaz e ética. Tecnologias como Sistemas Tutores Inteligentes e ferramentas de análise de dados já estão presentes na Educação Básica e abrem caminho para novas abordagens pedagógicas. Esse avanço exige avaliação contínua e reflexão crítica para promover uma integração da IA que fortaleça os processos de ensino e de aprendizagem, alinhada às diretrizes pedagógicas e às necessidades da comunidade escolar.

Em trabalhos futuros, seria interessante explorar linhas de pesquisa, tais como o desenvolvimento de metodologias para a formação docente em IA investigando estratégias eficazes que capacitem professores a integrar essas tecnologias de forma ética e eficaz às práticas pedagógicas. Além disso, é fundamental realizar avaliações longitudinais do impacto da IA no desempenho escolar, analisando seus efeitos no aprendizado, na motivação e no engajamento dos estudantes. Outra frente importante é o design de tecnologias inclusivas de IA, voltadas para atender diferentes perfis de estudantes, incluindo aqueles com necessidades especiais, garantindo equidade no acesso. A ética e a transparência também devem ser objeto de estudo, visando assegurar que as tecnologias respeitem a privacidade, promovam a diversidade e evitem vieses. Por fim, destaca-se a necessidade de investigar a integração de IA em abordagens colaborativas de aprendizado, explorando como essas ferramentas podem fomentar a aprendizagem em grupo e o desenvolvimento de habilidades socioemocionais. Essas perspectivas apresentam caminhos promissores para aprofundar a reflexão crítica e ampliar o impacto positivo da IA no ambiente escolar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Ansi, A. M.; Al-Ansi, A. (2024) M. Educators' opinions about VR/AR/XR: An exploratory study. *Education and Information Technologies*, v. 29, p. 24861–24880. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12808-7>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Brasil. (2018) *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal.pdf. Acesso em: 10 nov. 2024.
- Brasil. (2022) *Computação na Educação Básica: complemento à BNCC*. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/fevereiro-2022-pdf/236791-anexo-ao-parecer-cneceb-n-2-2022-bncc-computacao/file>. Acesso em: 10 nov. 2024.

- Cao, Y. et al. (2021) Barriers to the Implementation of Artificial Intelligence in Education: A Review. *Education and Information Technologies*, [S. l.], v. 26, p. 3781–3799. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10511-6>.
- Chew, E.; Chua, S. K. (2020) Chatbots for language learning: A review of educational technology. *International Journal of Computer-Assisted Language Learning and Teaching (IJCALLT)*, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 1–16. <https://doi.org/10.4018/IJCALLT.2020070101>.
- Chiu, T. K. F.; Lin, T.-J.; Li, H. (2022) Systematic review of artificial intelligence in education: Applications and challenges. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, [S. l.], v. 3, p. 100041. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100041>.
- Cosentino, S.; Anton, G.; Sharma, K.; Gelso, N.; Giannakos, M.; Abrahamson, D. (2024) Hybrid Teaching Intelligence: Lessons Learned from an Embodied Mathematics Learning Experience. *British Journal of Educational Technology*, v. 55, n. 1, p. 123–140. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/bjet.13525>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Elkhatat, A. (2024) Re-embracing orality in digital education: the pedagogical affordances of podcasting in the era of generative AI. *Frontiers in Education*, v. 9. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1447015>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Fruett, F.; Barbosa, F. P.; Guimarães, P. I. A.; Fraga, S. C.Z. (2024) Empowering STEAM Activities with Artificial Intelligence and Open Hardware: the BitDogLab. *IEEE Transactions on Education*, v. 67, n. 2, p. 123–130, jun. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TE.2024.3377555>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Fu, Q. et al. (2020) Predicting academic performance using participation in online discussion forums: A machine learning approach. *Education and Information Technologies*, [S. l.], v. 25, p. 4107–4126, <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10160-0>.
- Gunawan, W. H. et al. (2021) Artificial Intelligence in Education: Opportunities and Challenges for Teaching and Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, [S. l.], v. 1796, n. 1, p. 012108. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012108>.
- Hakim, D.; Schoenfeld, A. H.; Smith, J. (2021) Beyond the Traditional Classroom: Increased Course Structure and Cooperative Learning Remove Differences in Achievement between Students in an Introductory Biology Course. *CBE—Life Sciences Education*, v. 20, n. 2, p. ar23. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.21-01-0007>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Hiranker, W.; Kittisunthonphisarn, S. (2020) Development of an Augmented Reality-based Intelligent Learning System to Enhance Student Learning and Engagement. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, [S. l.], v. 15, n. 6, p. 158–174. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i06.12365>.
- Holmes, W.; Bialik, M.; Fadel, C. (2019) *Artificial Intelligence in Education*. Promise and Implications for Teaching and Learning. Center for Curriculum Redesign. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332180327_Artificial_Intelligence_in_Education_Promise_and_Implications_for_Teaching_and_Learning. Acesso em: 16 nov. 2024.

- Huang, R. (2018) Inspiring Teacher Innovation through AI-enhanced Teaching. *Smart Learning Environments*, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0072-8>.
- Inep – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. (2024) *Censo Escolar da Educação Básica*. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/publicados-resultados-preliminares-do-censo-escolar-2024>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- Izquierdo-Domenech, J.; Linares-Pellicer, J.; Ferri-Molla, I. (2024) Virtual Reality and Language Models: A New Frontier in Learning. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, v.8, n.5, p.46–53. Disponível em: <https://doi.org/10.9781/ijimai.2024.05.004>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Kaimara, P. (2023) Digital Transformation Stands Alongside Inclusive Education: Lessons Learned from a Project Called “Waking Up in the Morning”. *Technology, Knowledge and Learning*, v. 29, n. 3, p. 1–22. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10758-023-09667-5>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Karakaya, K.; Ulusoy, K.; Yildirim, G.; Göktas, Y. (2022) Learning in immersed collaborative virtual environments: design and implementation. *Interactive Learning Environments*, v. 30, n. 8, p. 1467–1483. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2009934>. Acesso em: 5 abr. 2025
- Kim, J.; Lee, H.; Cho, Y. H. (2022) Learning design to support student-AI collaboration: perspectives of leading teachers for AI in education. *Education and Information Technologies*, v. 27, p. 6069–6104. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10831-6>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Kim, Y. G. et al. (2022) Teachers’ perceptions and practices of AI in education: A qualitative study. *Education and Information Technologies*, [S. l.], v. 27, p. 5125–5144. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10916-4>.
- Leão, J. C. et al. (2021) Inteligência artificial na educação: aplicações do aprendizado de máquina para apoiar a aprendizagem adaptativa. *Revista Multidisciplinar do Vale do Jequitinhonha – ReviVale*, v. 1, n. 1. Disponível em: <https://revivale.ifnmg.edu.br/index.php/revivale/article/view/13>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- Li, X.; Zhang, W.; Liu, Y.; Wang, L. (2021) Adaptive Networked Teaching: Human-Computer Integration Based on Psychological Perspectives. *Proceedings of the 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Education*, p. 123–130. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3456887.3457488>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Luckin, R.; Holmes, W. (2016) *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. London: Pearson. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/299561597_Intelligence_Unleashed_An_argument_for_AI_in_Education. Acesso em: 19 nov. 2024.
- Luo, H. (2018) Adaptive Teaching with Artificial Intelligence: Research and Practice. *International Journal of Education and Management Engineering (IJEME)*, [S. l.], v. 8, n. 6, p. 16–22. <https://doi.org/10.5815/ijeme.2018.06.03>.

- Okoli, C. (2019) *Guia para realizar uma revisão sistemática da literatura*. Tradução de David Wesley Amado Duarte; Revisão técnica e introdução de João Mattar. eaD em Foco, 9 (1): e748. DOI: <https://doi.org/10.18264/eadf.v9i1.748>
- Roll, I.; Wylie, R. (2016) Evolution and *Revolution in Artificial Intelligence in Education*. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v. 26, n. 2.
- Santa Maria. (2019) *Conexão de Saberes*. Secretaria Municipal de Educação. Disponível em: <https://www.santamaria.rs.gov.br/smed/677-conexao-de-saberes>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- Santa Maria. (2024) Instrução Normativa 02 de 15 de fevereiro de 2024. Define as Diretrizes Transitórias para a Organização Curricular da Rede Municipal de Ensino de Santa Maria no ano letivo de 2024.
- Sharna, K. et al. (2019) A Review of Predictive Modeling in Learning Analytics: Techniques and Applications. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK19)*, p. 145–155. <https://doi.org/10.1145/3303772.3303793>.
- Sobocinski, M.; Dever, D.; Wiedbusch, M.; Mubarak, F.; Azevedo, R.; Järvela, S. (2024) Capturing self-regulated learning processes in virtual reality: Causal sequencing of multimodal data. *British Journal of Educational Technology*, v. 55, n. 4, p. 1486–1506, jul. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/bjet.13393>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Van Leeuwen, A.; Rodríguez-Tiriana, M. J.; Järvela, S.; Bannert, M.; Erkens, G.; Kirschner, P. A. (2023) Studying teacher withitness in the wild: comparing a mirroring and an alerting & guiding dashboard for collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, v. 18, p. 575–606. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11412-023-09414-z>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Wan, X., Zhou, X., Ye, Z., Mortensen, C. K.; Bai, Z. (2020). SmileyCluster: Supporting Accessible Machine Learning in K-12 Scientific Discovery. In *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference* (pp. 23–35). ACM. Disponível em: https://zhenbai.io/wp-content/uploads/2020/11/SmileyCluster_IDC20.pdf. Acesso: 22 nov. 2024.
- Williamson, B.; Eynon, R. (2020) Historical threads, missing links, and future directions in *AI in education*. *Learning, Media and Technology*, v. 45, n. 3, p. 223-235.
- Yannier, N.; Hudson, S. E.; Chang, H.; Koedinger, K. R. (2024) AI Adaptivity in a Mixed-Reality System Improves Learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v. 34, p. 1541–1558. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00388-5>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Yin R. K. (2005) *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Zhai, X.; Chu, X.; Chai, C. S.; Jong, M. S. Y.; Istenic, A.; Spector, M.; Liu, J.-B.; Yuan, J.; Li, Y. (2021) A Review of Artificial Intelligence (AI) in *Education from 2010 to 2020*. *Complexity*, v. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- Zhu, Y.; Wang, Y.; Wang, Y.; Wang, Y.; Wang, Y. (2023) Text-to-Speech and Virtual Reality Agents in Primary School Classroom Environments. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 39, n. 5, p. 1411–1425. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jcal.13046>. Acesso em: 5 abr. 2025.

Uso do angico (*Anadenanthera colubrina*, Leguminosae) na medicina popular brasileira: uma espécie com distribuição geográfica recém-ampliada para a Amazônia

Recebido em: 10/05/2025

Aceito em: 18/05/2025

 10.46420/9786585756570cap4

José Martins Fernandes 

INTRODUÇÃO

O gênero *Anadenanthera* está distribuído na região Norte da América do Sul, chegando ao Peru, Bolívia, Argentina e Paraguai, representado por duas espécies, cada uma com duas variedades, são elas: *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul, *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *colubrina*, *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *peregrina* e *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul, todas com ocorrência no Brasil (Altschul, 1964; Lock, 2005; Morim, 2025).

O gênero é caracterizado como arbustos ou árvores, ramos inermes; nectário sésstil na região mediana do pecíolo e entre o par de pinas basais; folhas bipinadas, pinas 10-30 ou mais pares, opostas; folíolos de 25-50, ou até mais, opostos; nervura principal em geral excêntrica, venação secundária e terciária ausente; inflorescência em racemos capitados, agrupados em fascículos ou em panículas terminais, brácteas e bractéolas presentes; flores sésseis, 5-meras, alvacentas ou creme; cálice e corola campanulados; corola com pétalas conchudas apenas na base; estames 10, livres, anteras com ou sem glândula apical; ovário subséssil a estipitado; fruto folículo, plano-compresso, margens sinuosas a muito constrictas, como moniliforme, liso, reticulado, verrucoso ou escamoso, glabro, cartáceo a coriáceo; semente alada ou não, pleurograma tênue, presente ou ausente (Morim, 2025).

A espécie *Anadenanthera colubrina* é reconhecida pela presença de anteras com glândulas, fruto com epicarpo liso ou reticulado e sementes estreitamente aladas, enquanto *Anadenanthera peregrina* possui anteras sem glândulas, fruto com epicarpo escamoso ou verrucoso e sementes não aladas; a variedade *A. colubrina* var. *colubrina* é reconhecida pelo fruto com margens muito constrictas, tipicamente moniliforme, e *A. colubrina* var. *cebil* por possuir fruto com margens de sinuosas a levemente constrictas (Morim, 2025).

A distribuição geográfica de *Anadenanthera colubrina* é restrita a Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Peru (Altschul, 1964). No Brasil, está distribuída na Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe (Nordeste), Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso

(Centro-Oeste), Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo (Sudeste) e Paraná (Sul), nos domínios da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, em vários tipos de vegetação, como Caatinga (*stricto sensu*), Cerrado (*lato sensu*), Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila - Floresta Pluvial (Morim, 2025). A ocorrência da espécie foi ampliada recentemente para a Amazônia brasileira, mediante coletas realizadas na região Noroeste de Mato Grosso, especificamente no município de Alta Floresta (Fernandes et al., 2023).

Anadenanthera colubrina é uma espécie usada em várias categorias de uso, com destaque para o uso da madeira para diversas finalidades como construção e uso da casca na preparação de remédios caseiros, principalmente no Nordeste do Brasil, conseqüentemente, merece atenção especial para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação, mediante programas realizados em conjunto com a comunidade local, para diminuir a pressão de uso sobre esta espécie, como o plantio de mudas (Cartaxo, 2009; Pereira-Júnior et al., 2014; Anselmo, 2015; Santos & Pereira, 2020).

O capítulo teve como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre o uso da espécie *Anadenanthera colubrina* (Caesalpinioideae, Leguminosae) na medicina popular brasileira, contemplando as partes usadas da planta, modo de preparo, usos medicinais e locais em que os estudos foram realizados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado entre março e maio de 2025, por meio de uma revisão integrativa de literatura, baseada em Ercole, Melo e Alcoforado (2014), método que sintetiza os resultados obtidos em estudos sobre o tema, de forma sistemática, ordenada e ampla, cumprindo as etapas: etapa 1 - identificação do tema; etapa 2 - estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão de produções publicadas; etapa 3 - definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados; etapa 4 - avaliação dos estudos incluídos; etapa 5 - interpretação dos resultados; etapa 6 - apresentação dos resultados no banco de dados.

No período de escrita, foi realizada a seleção de 20 literaturas entre artigos e dissertações (Monteiro et al., 2006; Cartaxo, 2009; Alves & Nascimento, 2010; Alves & Povh, 2013; Cordeiro & Félix, 2014; Pereira-Júnior et al., 2014; Santos & Silva, 2015; Linhares et al., 2014; Ribeiro et al., 2014; Lopes et al., 2016; Martins, 2016; Cordeiro; Botrel; Holanda, 2017; Silva; Sebastiani; Figueiredo, 2018; Silva et al., 2018; Guimarães; Oliveira; Morais, 2019; Nunes, 2019; Santos & Pereira, 2020; Silva & Sebastiani, 2021; Anselmo et al., 2024; Lezan; Ribeiro; Pasa, 2024) obtidas no *google acadêmico* com informações sobre “uso medicinal de *Anadenanthera colubrina* no Brasil”, tema central dessa investigação. Os dados foram organizados no quadro 1, com quatro informações básicas, nome do táxon específico ou intraespecífico, uso medicinal, local do estudo e fonte bibliográfica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível conhecer 30 finalidades terapêuticas utilizadas pela população brasileira para a espécie *Anadenanthera colubrina*, popularmente conhecida como angico, angico-branco e angico-preto, com amplo predomínio de publicações na região Nordeste do país, mas com algumas para o Sudeste e Centro-Oeste, no Cerrado e na Caatinga (Quadro 1; Figuras 1 e 2).

Quadro 1. Uso medicinal da espécie *Anadenanthera colubrina* conforme pesquisas realizadas no Brasil.

Táxon	Uso	Local do estudo	Fonte
<i>A. colubrina</i>	A casca, folha, raiz e semente, na forma de chá, lambedor e garrafada, para tosse, gripe, dor de coluna, dor de cabeça e inflamações.	Nordeste do Brasil	Anselmo et al. (2024)
<i>A. colubrina</i>	A casca é usada para preparar uma bebida açucarada (xarope); decocção, tintura, “garrafada” e chás que são usados para tratar uma série de doenças.	Caruaru, Pernambuco	Monteiro et al. (2006)
<i>A. colubrina</i>	Uso da casca em decocção e garrafadas para doenças do aparelho respiratório, inflamação, problemas estomacais.	Serra da Raiz, Paraíba	Cordeiro e Félix (2014)
<i>A. colubrina</i>	Uso da casca do caule em Lambedor e chá frio para inflamação na garganta, gripe, bronquite, inflamação, tosse, dor no estômago e inchaço.	Monteiro, Paraíba	Pereira-Júnior et al. (2014)
<i>A. colubrina</i>	Uso da casca e entrecasca preparadas na forma de garrafada para inflamação, febre, dor e furúnculo.	Girau do Ponciano, Alagoas	Santos e Silva (2015)
<i>A. colubrina</i>	Gripe, inflamação, rins.	Floriano, Piauí	Lopes et al. (2016)
<i>A. colubrina</i> var. <i>cebil</i>	Uso da casca como depurativa, adstringente e hemostática.	Região dos Cariris, Paraíba	Alves e Nascimento (2010)
<i>A. colubrina</i>	Bronquite, coluna, dor na coluna, dos nos rins, gripe, infecção, inflamação, tosse, ossos.	Brasileira, Piauí	Nunes (2019)
<i>A. colubrina</i>	Cicatrizante.	Araras, São Paulo	Silva, Sebastiani e Figueiredo (2018)
<i>A. colubrina</i>	Uso da entrecasca em infusão no leite para gripe e tosse.	Curaçá, Bahia	Santos e Pereira (2020).
<i>A. colubrina</i> var. <i>colubrina</i>	A resina, casca do caule e entrecasca do caule, preparadas por decocção, cataplasma infusão, de molho ou lambedor, são usadas para gripe, congestão nasal, tosse, inflamação da garganta, expectorante, dor de barriga, ferimento, cicatrizante, câncer, afecções pulmonares, anti-séptico e infecção em geral.	Aiuaba, Ceará	Cartaxo (2009)

<i>A. colubrina</i>	Casca do tronco e flor Melador, para gripe. Chá da casca para problemas nos rins. Melador da casca para gripe.	Apodi, Rio Grande do Norte	Cordeiro, Botrel e Holanda (2017)
<i>A. colubrina</i>	Decocção da casca para gripe.	Ituiutaba, Minas Gerais	Alves e Povh (2013)
<i>A. colubrina</i>	Uso da casca para bronquite.	Acorizal, Jangada e Rosário Oeste, Mato Grosso	Silva et al. (2018)
<i>A. colubrina</i>	Uso das folhas em infusão e xarope para infecção de garganta e gripe.	Goianá, Minas Gerais	Martins (2016)
<i>A. colubrina</i>	Uso da casca como cicatrizante.	Araras, São Paulo	Silva e Sebastiani (2021)
<i>A. colubrina</i>	Uso da entrecasca preparada na forma de garrafada para o tratamento de alergias, diarreias e pneumonias.	Piracanjuba, Goiás	Guimarães, Oliveira e Moraes (2019)
<i>A. colubrina</i> var. <i>cebil</i>	Uso da casca para tosse.	Cáceres, Rosário Oeste, Várzea Grande, Mato Grosso	Lezan, Ribeiro e Pasa (2024)
<i>A. colubrina</i> var. <i>cebil</i>	Usada como expectorante.	São Luiz, Maranhão	Linhares et al. (2014)
<i>A. colubrina</i>	Uso da entrecasca e casca do caule preparadas por decocção, de molho e lambedor para garganta inflamada, gripe, tosse, febre, inflamação.	Assaré, Ceará	Ribeiro et al. (2014)

Dentre as publicações utilizadas no estudo, nenhuma apresenta coleta de recursos pela população em ambientes naturais na Amazônia, apenas comercializados em feira livre, demonstrando que a espécie é praticamente desconhecida. As possibilidades para esse desconhecimento podem ser devido a identificação errada dos espécimes, distribuição geográfica restrita na Amazônia ou pela pouca interação das pessoas com a espécie. Lembrando que *Anadenanthera colubrina* teve a distribuição geográfica ampliada para a Amazônia brasileira em 2023 (Fernandes et al., 2023), enquanto *Anadenanthera peregrina* já é bem conhecida para a Amazônia (Altschul, 1964; Morim, 2025).

A identificação das espécies e variedades do gênero sempre foi um problema para as pessoas que não são taxonomistas. As características de frutos e sementes são importantes, mas para uma pessoa que não é experiente em identificação podem confundir, apenas a presença ou ausência da glândula na antera não deixa dúvida em relação ao nome da espécie, mas nem sempre as coletas estão com botões desenvolvidos, fase que se observa a glândula com facilidade (Figuras 1 e 2).



Figura 1. Caracterização morfológica de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*: a) tronco; b) casca e entrecasca; c-d) hábito. Fonte: Fernandes et al. (2023).

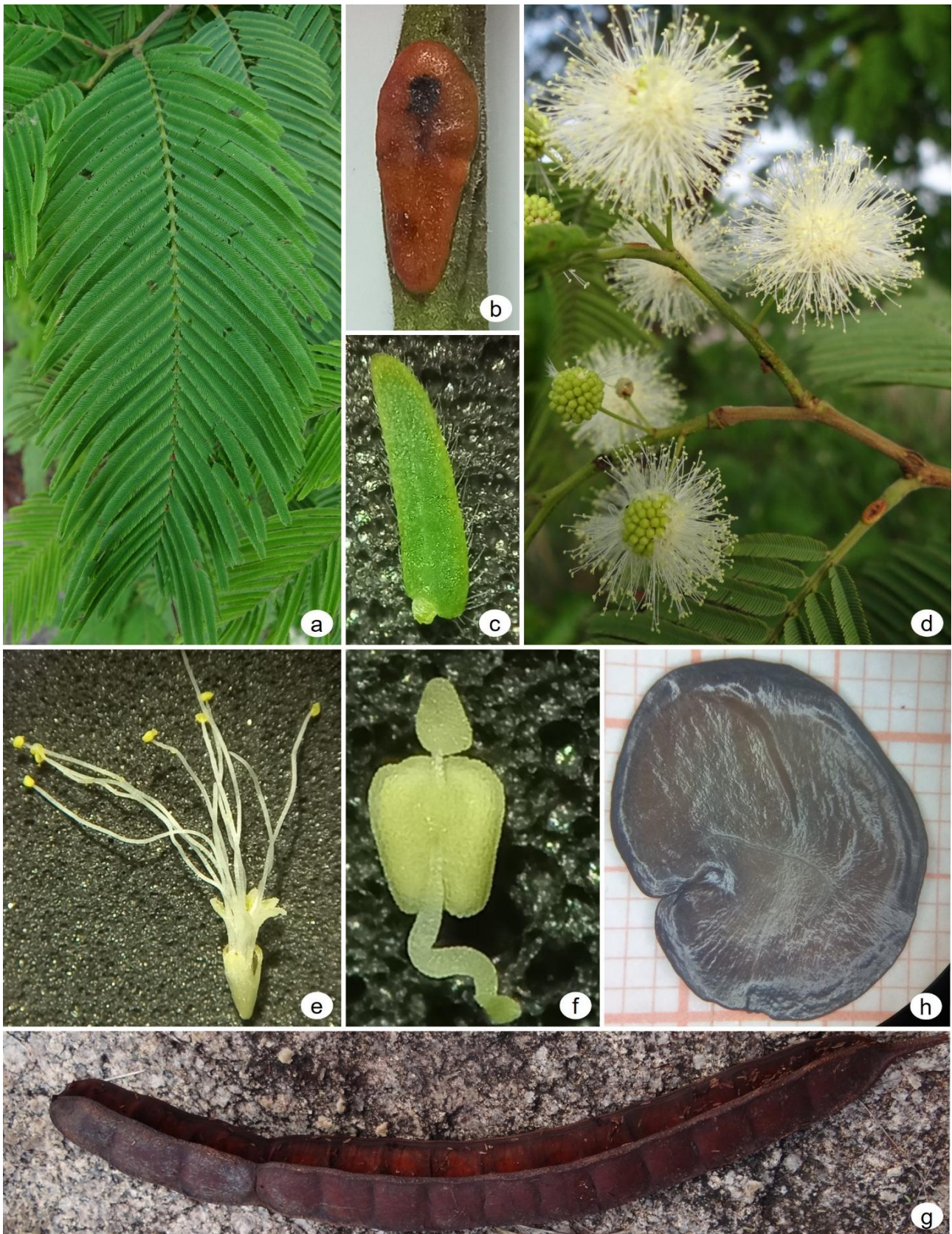


Figura 2. Caracterização morfológica de *Anadenanthera colubrina* var. *cevik*: a) folha; b) nectário no pecíolo; c) foliólulo; d) ramo com inflorescências; e) flor; f) antera com glândula apical; g) fruto; h) semente. Fonte: Fernandes et al. (2023).

A população faz uso predominantemente da casca e entrecasca do caule (Figura 3a), preparadas por várias formas, como decocção, garrafada e lambedor (Figura 3b). Conforme dados da literatura, a decocção é feita colocando a parte da planta (casca, raiz ou semente) na água fria e levar a fervura, entre 10 a 20 minutos, dependendo da parte da planta, e repousar entre 10 e 15 minutos; as garrafadas são produtos complexos que, de modo geral, consistem em combinações de plantas medicinais veiculadas em bebidas alcoólicas, sendo o vinho a mais utilizada, podendo-se, ainda, utilizar mel, vinagre ou água como veículos; o lambedor é uma preparação espessada com açúcar e usado geralmente para o tratamento de dores de garganta, tosse e bronquite, juntando-se parte do chá por infusão ou decocção, conforme o caso, com uma parte de açúcar (Passos et al., 2018; Lorenzi & Abreu-Matos, 2021).

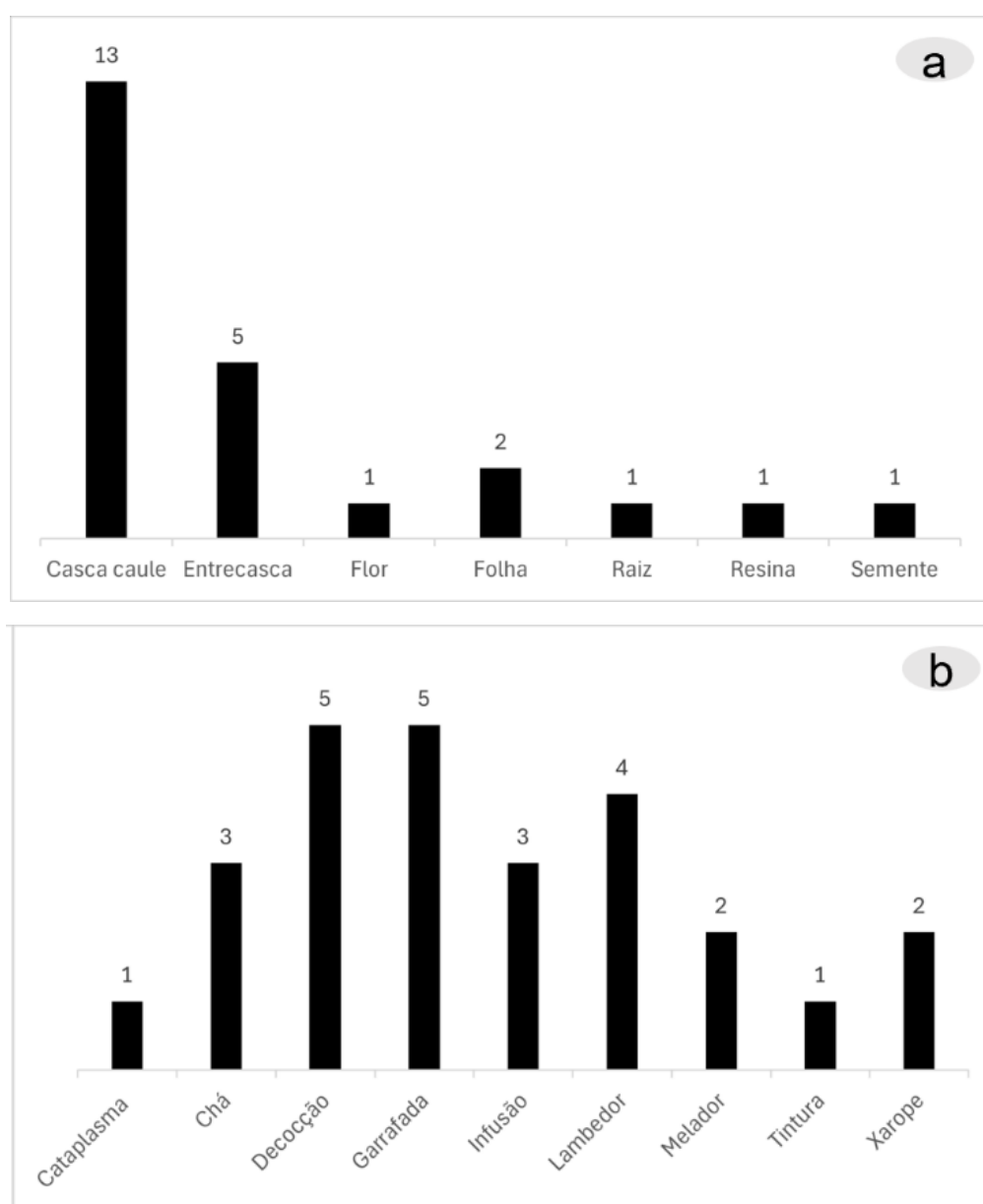


Figura 3. Uso medicinal de *Anadenanthera colubrina* no Brasil: a) partes usadas; b) formas de preparo. Fonte: O autor.

A espécie *Anadenanthera colubrina* que está distribuída em 14 estados brasileiros e no Distrito Federal, é amplamente citada em trabalhos de plantas medicinais e de etnobotânica. As principais finalidades terapêuticas estão apresentadas na Figura 4, como para gripe, tosse e inflamações. Mas também proporciona outras utilidades medicinais a população, dentre elas cicatrizante, expectorante, furúnculo, depurativo, dor de barriga, ferimento, afecções pulmonares e alergias.

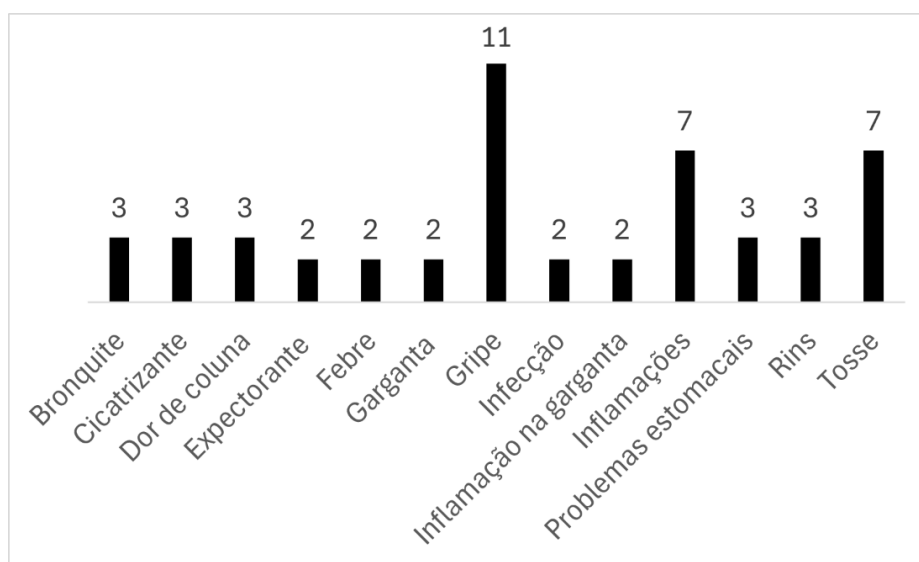


Figura 4. Principais finalidades terapêuticas de *Anadenanthera colubrina* pela população brasileira

Segundo Pedroso, Andrade e Pires (2021), muitas plantas são utilizadas com finalidades medicinais, constituindo alternativas terapêuticas complementares ao tratamento de doenças, trazendo inúmeros benefícios à saúde, quando utilizadas racionalmente e de maneira adequada, no entanto, as plantas constituem um arsenal grande de constituintes químicos, que podem ser benéficos, mas também podem representar um risco potencial à saúde.

No caso da espécie *Anadenanthera colubrina*, está claro que a casca e a entrecasca são amplamente usadas pela população, mas as folhas e as sementes são proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil (ANVISA, 2014; Fernandes, 2022), devido a presença de compostos químicos como glicosídeos cianogênicos (Câmara; Dalcin; Soto-Blanco, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie *Anadenanthera colubrina* é conhecida popularmente como angico, angico-branco e angico-preto, amplamente usada como medicinal na Caatinga nordestina, mas a população das regiões Sudeste e Centro-Oeste também coleta no Cerrado. Na Amazônia, as informações encontradas se referem a recursos comercializados em feira livre, apenas, não sendo relatadas diretamente no campo

pelos usuários, gerando algumas suposições como distribuição geográfica reduzida, identificação botânica errada ou desconhecimento pela população sobre os benefícios terapêuticos na região.

Foi possível constatar que a população está utilizando a casca e a entrecasca nas preparações terapêuticas, não correndo o risco de intoxicação com os glicosídeos cianogênicos, que estão presentes principalmente nas folhas e sementes frescas. Mas é sempre importante conscientizar a população sobre o potencial de intoxicação, sobretudo de *A. colubrina* var. *cebil*, quando usadas as folhas e sementes verdes.

A população está usando a espécie principalmente para o tratamento de problemas respiratórios e inflamações, no entanto, é empregada em dezenas de problemas de saúde. Pelo fato de ser uma espécie amplamente usada na medicina popular, principalmente a casca, além de outros usos como a madeira para construções, estacas e mourões, merece atenção quanto a sua conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altschul, S. von Reis. (1964). A taxonomic study of the genus *Anadenanthera*. *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, 193, 1-65
- Alves, G. S. P., & Povh, J. A. (2013). Estudo etnobotânico de plantas medicinais na comunidade de Santa Rita, Ituiutaba – MG. *Biotemas*, 26 (3): 231-242
- Alves, J. J. A., & Nascimento, S. S. (2010). Levantamento fitogeográfico das plantas medicinais nativas do cariri paraibano. *Revista Geográfica Acadêmica*, 4(2), 73-85.
- Anselmo, M. G. V. (2015). Ocorrência e uso de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan no semiárido paraibano. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Areia, Paraíba.
- Anselmo, M. G. V., Ferreira, E. C., Santos, S. S., Amorim, I. F. F., Lucena, C. M., Souto, J. S., & Lucena, R. F. P. (2024). Conhecimento e usos etnobotânicos de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan no semiárido paraibano, Nordeste do Brasil. *FLOVET - Boletim do Grupo de Pesquisa da Flora, Vegetação e Etnobotânica*, 2(13), p. e2024006. DOI: 10.59621/flovet.2024.v2.n13.e2024006.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2014). *Resolução da diretoria colegiada - RDC N° 26, de 13 de maio de 2014*. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0026_13_05_2014.pdf. Acesso em 06/08/2021.
- Câmara, A. C. L., Dalcin, L., & Soto-Blanco, B. (2014). Patogênese, sinais clínicos e epidemiologia das intoxicações por plantas cianogênicas no nordeste brasileiro. *Semina*, 35(4), 1961-1972.
- Cartaxo, S. L. (2009). *Diversidade e uso de plantas medicinais em uma área de Caatinga em Aiubá-CE, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Regional do Cariri, Crato, Ceará.
- Cordeiro, J. M. P., & Félix, L. P. (2014). Conhecimento botânico medicinal sobre espécies vegetais nativas da caatinga e plantas espontâneas no agreste da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 16(3), 685-692.

- Cordeiro, M. C., Botrel, R. T., & Holanda, A. C. (2017). Levantamento etnobotânico de espécies arbóreas no assentamento Tabuleiro Grande, Apodi, Rio Grande do Norte. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12, 122-131.
- Ercole, F. F., Melo, L. S., & Alcoforado, C. L. G. C. (2014). Editorial - integrative review versus systematic review. *REME - Revista Mineira de Enfermagem*, 18 (1), 12-14.
- Fernandes, J. M. (2022). *Plantas proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil*. Nova Xavantina, MT: Pantanal.
- Fernandes, J. M., Soares, C. R. A., Almeida, A. A. S. D., & Oliveira, D. B. (2023). *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Fabaceae): morfologia, uso na medicina popular e proibição em produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil. *SAJES – Revista da Saúde da AJES*, 9(17), 46-55.
- Guimarães, B. O., Oliveira, A. P., & Morais, I. L. (2019). Plantas medicinais de uso popular na comunidade quilombola de Piracanjuba - Ana Laura, Piracanjuba, GO. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 8(3), 196-220.
- Lezan, L. Z., Ribeiro, T. A. N., & Pasa, M. C. (2024). Etnobotânica nas terras altas e baixas no Centro-Oeste do Brasil. *FLOVET -Flora, Vegetação e Etnobotânica*, 2(13), e2024017.
- Linhares, J. F. P., Hortegal, E. V., Rodrigues, M. I. A., & Silva, P. S. S. (2014). Etnobotânica das principais plantas medicinais comercializadas em feiras e mercados de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, 5(3), 39-46.
- Lock, M. (2005). Tribe Mimoseae. In Lewis, G. P., Schrire, B. D., Mackinder, B. A., & Lock, J. M. (Org.). *Leguminosae of the World*. Kew: Royal Botanic Gardens.
- Lopes, C. G. R., Rodrigues, C. M. O., Alencar, N. L., & Lopes, W. G. R. (2016). Conhecimento tradicional de plantas medicinais na comunidade tabuleiro do Mato de Floriano, Piauí, Brasil. *Espacios*, 37(15), <https://revistaespacios.com/a16v37n15/16371525.html>
- Lorenzi, H., & Abreu-Matos, F. J. (2021). *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*. 3 ed. Nova Odessa: Jardim Botânico Plantarum.
- Martins, A. E. (2016). *Etnofarmacologia no assentamento Denis Gonçalves em Goianá, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais.
- Monteiro, J. M., Almeida, C. F. C. B. R., Albuquerque, U. P., Lucena, R. F. P., Florentino, A. T. N., & Oliveira, R. L. (2006). Use and traditional management of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2(6), Doi:10.1186/1746-4269-2-6
- Morim, M.P. (2025). *Anadenanthera in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22782>>. Acesso em: 20 abr.
- Nunes, G. M. (2019). Disponibilidade e uso de plantas medicinais na zona de amortecimento do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba.

- Passos, M. M. B., Albino, R. C., Feitoza-Silva, M., & Oliveira, D. R. (2018). A disseminação cultural das garrafadas no Brasil: um paralelo entre medicina popular e legislação sanitária. *Saúde Debate*, 42(116), 248-262.
- Pedroso, R. S., Andrade, G., & Pires, R. H. (2021). Plantas medicinais: uma abordagem sobre o uso seguro e racional. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 31(2), e310218.
- Pereira-Júnior, L. R., Andrade, A. P., Araújo, K. D., Barbosa, A. S., & Barbosa, F. M. (2014). Espécies da Caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos. *Floresta e Ambiente*, 21(4), 509-520. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.024212>
- Ribeiro, D. A., Macêdo, D. G., Oliveira, L. G. S., Saraiva, M. E., Oliveira, S. F., Souza, M. M. A., & Menezes, I. R. A. (2014). Potencial terapêutico e uso de plantas medicinais em uma área de Caatinga no estado do Ceará, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 16(4), 912-930.
- Santos, C. B., & Pereira, M. A. T. (2020). O uso de plantas medicinais da Caatinga: as concepções dos moradores da fazenda Fagundes em Curaçá – BA. *Revista Científica do UniRios*, 2, 194-225.
- Santos, L., & Silva, H. C. H. (2015). Levantamento de plantas medicinais utilizadas em garrafadas no assentamento rendeira em Girau do Ponciano - Alagoas: implicações para conservação de espécies lenhosas. *Revista Ouricuri*, 5(2), 81-104.
- Silva, B. A., & Sebastiani, R. (2021). O conhecimento sobre plantas medicinais por assentados rurais de Araras (SP). *Revista Conexão UEPG*, 17, e2116842.
- Silva, B. A., Sebastiani, R., Figueiredo, R. A. (2018). Espécies nativas medicinais usadas por moradores dos assentamentos rurais em Araras (São Paulo, Brasil). *Cadernos de Agroecologia*, 13, <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/847>
- Silva, K. M. C., Oliveira, A. L. S., Sousa, J. N., Silva, R. A. C., Oliveira, F. A. A., Figueirêdo, G. S., Citó, A. M. G. L., Siqueira Júnior, J. P., Ferreira, J. H. L., & Barreto, H. M. (2017b). Evaluation of antimicrobial and modifying resistance to antibiotics activities of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* in *Staphylococcus aureus*. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 19(3), 452-456.
- Silva, R. J. B., Oliveira, A. P. S., Froes, B., & Silva, R. L. F. (2018). Crenças populares: atribuições místicas e medicinais às plantas na baixada cuiabana. Mato Grosso, Brasil. *Biodiversidade*, 18, 61-79.

Ensaio de competitividade de diferentes cultivares de Alface Americana

Recebido em: 18/05/2025

Aceito em: 24/05/2025

 10.46420/9786585756570cap5

Pedro Henrique Damian Grigolo 

Ana Paula Morais Mourão Simonetti 

INTRODUÇÃO

A alface americana (*Lactuca sativa* var. *capitata*) é uma cultura hortícola de grande importância econômica e nutricional em todo o mundo devido à sua ampla utilização na alimentação humana. No contexto da produção agrícola, a competitividade das variedades de alface americana torna-se um tema relevante para a compreensão e otimização dos sistemas de cultivo.

A alface teve sua origem no Mediterrâneo, seu consumo normalmente é in natura, principalmente em saladas, apresentando diversas variedades de folhas, cores, tamanhos e texturas (Carvalho, 2017). O interesse de produtores e consumidores pelo tipo “repolhuda crespa ou americana” cresceu demais com o passar dos anos e já está presente em todos os mercados brasileiros (Henz, 2009).

A alface americana é reconhecida por sua riqueza em nutrientes essenciais, tais como vitaminas A, C e K, além de minerais como cálcio, potássio e magnésio e o folato, que é importante para o desenvolvimento do feto (Yara Brasil, 2023). Atualmente, a China, com 23,6 milhões de toneladas (52% da produção mundial), é o país que lidera a produção mundial de alface (Pessoa; Machado Junior, 2021).

No Brasil, o cultivo da alface tem significativa representatividade na agricultura, sendo uma das culturas folhosas mais produzidas e consumidas (Sala; Costa, 2012). A nível regional, a região Sudeste é a maior produtora de alface, com mais de 66% de participação, seguidas pela região Sul e Nordeste, que somadas, produzem acima de 95% do abastecimento do país (Marjotta-Maistro et al., 2021). A área ocupada por alface pode ultrapassar 86,8 mil hectares cultivados por mais de 670 mil produtores, com volume produzido de 575,5 mil toneladas (Pessoa; Machado Junior, 2021).

A alface americana Lucy Brown, desenvolvida pela empresa Seminis, é uma variedade reconhecida pela sua popularidade tanto entre produtores quanto consumidores, esta cultivar é conhecida pelas suas folhas grossas, que conferem uma ótima proteção à cabeça, e pelo seu grande tamanho e vigor, além de possuir um ciclo médio de 70 a 80 dias, segundo o site da Bayer (s.d), 2022. Por sua cabeça ser compacta e de sabor suave, é ideal para o preparo de sanduíches e saladas. A alface Serena, bem como as alfaces Dandara, Trixie e Tieta, foram desenvolvidas pela Sakata Seed, e são conhecidas por serem plantas

grandes e com formação de saia, sendo que a cultivar Serena se sobressai nesta característica, além de possuírem um ciclo médio total de 68 a 80 dias, segundo a própria desenvolvedora, Sakata Seed (s.d.).

Diante do exposto, o objetivo deste experimento é conduzir e avaliar um ensaio de competitividade das alfaces americanas Lucy Brown, Serena, Dandara, Trixie e Tieta, visando investigar suas características de cultivo em canteiro e desempenho agrônômico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em duas fases distintas: inicialmente, em ambiente controlado na estufa, visando o desenvolvimento inicial das mudas, seguido pela etapa subsequente realizada na horta do Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias - CEDETEC, situado no Centro Universitário Assis Gurgacz, em Cascavel, Paraná, de coordenadas 24.56309" S, -53.30377" W. A região oeste do estado do Paraná é caracterizada por um clima subtropical úmido (Cruz, s.d., 2007), marcado por verões quentes e invernos moderados, com precipitações regularmente distribuídas ao longo do ano, proporcionando um cenário favorável para o cultivo da variedade de alface americana.

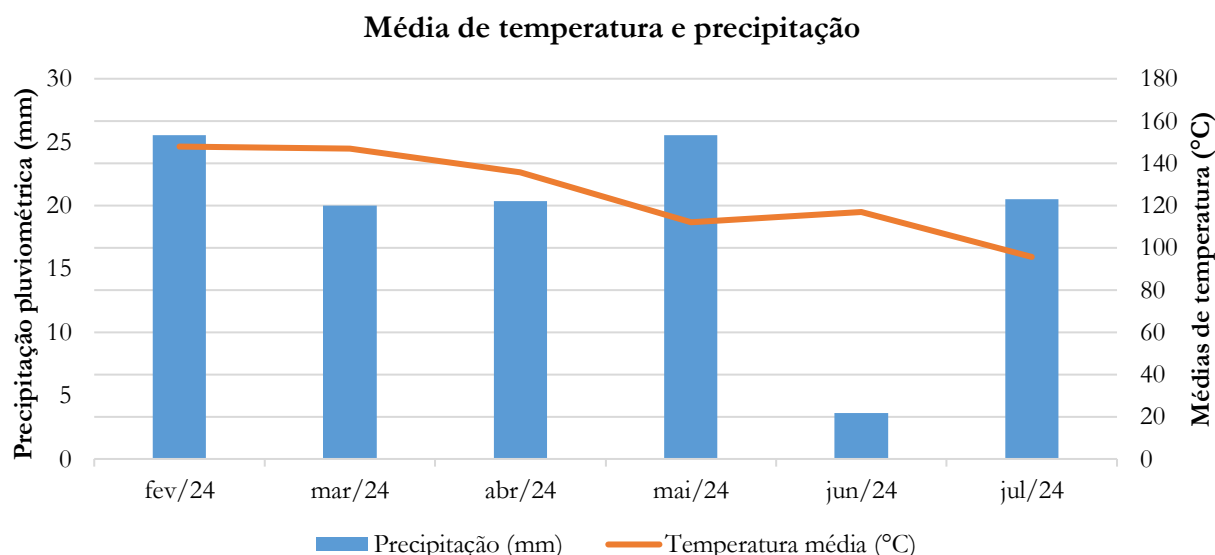


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e médias de temperatura (°C) de fevereiro a julho. Cascavel, 2024. Fonte: os autores.

Na Figura 1 apresenta-se os dados pluviométricos da região de Cascavel – PR, durante os meses que o presente experimento foi conduzido, indicando temperaturas oscilando entre 25 a 17°C e precipitações variando de 21,8 a 153,4 mm, de fevereiro a julho de 2024.

O experimento foi conduzido entre os meses de abril a julho de 2024 e o delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), utilizando cinco tratamentos distintos, cada um composto por uma variedade específica de alface americana: T1 - Dandara, T2 - Serena, T3 - Lucy Brown, T4 - Trixie e T5 - Tieta. Cada tratamento foi replicado em cinco blocos, totalizando 25 parcelas

experimentais, com dimensões de 1,5 m² cada. O espaçamento entre as linhas de plantio e entre plantas foi de 30 centímetros, formando três linhas de plantio em cada parcela.

As parcelas experimentais foram compostas por 15 plantas por tratamento, resultando em 75 plantas para cada variedade cultivada. As sementes utilizadas eram de diferentes cultivares de alface americana, que passaram pela fase de germinação em bandejas de isopor com 128 células (Figura 2b), utilizando o substrato TN GOLD da marca Agrinobre[®] (Figura 2a). Essas bandejas foram preparadas para a produção inicial das mudas, que foram transplantadas posteriormente para o campo.

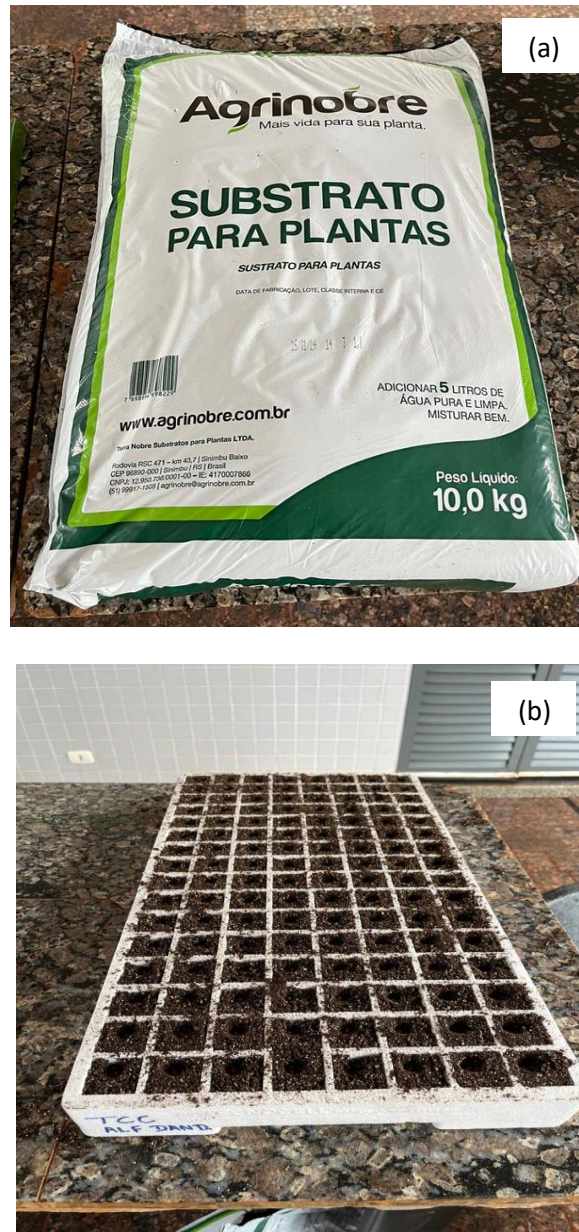


Figura 2. (a) Substrato utilizado para a germinação em bandejas da alface americana. (b) Bandejas com as mudas de alface americana. Fonte: os autores.

Em 16 de abril, as sementes foram semeadas e as mudas transferidas para a estufa, onde permaneceram por um período de aclimação de 28 dias. Após essa fase inicial, no dia 14 de maio, as mudas foram transplantadas manualmente para o canteiro de campo aberto da horta do Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias (CEDETEC), localizado no Centro Universitário Assis Gurgacz, em Cascavel, Paraná. A área destinada ao experimento foi de 45 m², configurando um leito de plantio com 1 metro de largura e 45 metros de comprimento, preparado previamente com o uso de enxada rotativa.

Para o manejo nutricional, utilizou-se adubação química com formulação 10-15-15, complementada com compostos orgânicos, conforme os tratos culturais aplicados na horta da Fazenda Escola FAG. O sistema de irrigação adotado foi por aspersores, que eram ativados simultaneamente em toda a área da horta, assegurando uma distribuição uniforme da água durante o ciclo de crescimento das plantas.

Durante o desenvolvimento das alfaces, foi observada a presença de uma doença fúngica, o míldio. Para o controle dessa doença, aplicou-se o fungicida Infinito[®] (Cloridrato de propamocarbe + Fluopicolida) da Bayer. Adicionalmente, foram observadas infestações de pragas como a “vaquinha” e lagartas. O controle da vaquinha foi feito com o uso de inseticidas apropriados, como o Provado 200 SC[®] (Imidacloprido), enquanto para o controle das lagartas foi utilizado o produto biológico Dipel[®] (*Bacillus thuringiensis*). Esses tratamentos foram realizados de acordo com o protocolo padrão de manejo da Fazenda Escola. Para o controle de plantas daninhas na cultura de alface americana, adotou-se, exclusivamente na fase inicial de desenvolvimento (primeiros 30 dias), o método de arranquio manual e o uso de enxada.

Os primeiros parâmetros de avaliação foram coletados no vigésimo e quadragésimo dia após o transplante das mudas para o campo, quando foram medidos os diâmetros das alfaces, incluindo as folhas externas, chamadas de saias laterais. Todas as medições foram feitas no mesmo dia, para garantir consistência e evitar interferências nos resultados.

A colheita das alfaces foi realizada de forma manual, com a cultivar Tietá (T5) sendo colhida em 12 de julho de 2024, cinco dias antes das demais, devido ao seu ciclo precoce. Em 17 de julho de 2024, as demais cultivares foram colhidas e transportadas para a unidade de apoio, onde foram analisados os demais parâmetros (Figura 3).



Figura 3. Parâmetros avaliados na colheita das alfaces. (a) Índice de clorofila. (b) Diâmetro da cabeça. (c) Massa verde da parte aérea. Fonte: os autores.

Após a colheita, os parâmetros avaliados incluíram o fechamento da cabeça, o índice de clorofila a e b das folhas externas (saia), a massa verde da parte aérea (g/planta) e o diâmetro da cabeça (cm). Para essas análises, foram utilizadas cinco plantas por parcela experimental. A determinação da massa verde foi realizada com o auxílio de uma balança de precisão. A quantificação dos índices de clorofila nas folhas externas foi feita, uma única vez por planta, no centro da folha, com o uso de um clorofilômetro digital portátil (ClorofiLOG[®], modelo CFL 1030). O diâmetro das cabeças, tanto das plantas inteiras antes da colheita quanto das cabeças colhidas, foi medido com uma trena.

Os dados coletados foram submetidos a análise estatística. Inicialmente, foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, seguido pela análise de variância (ANOVA) para detectar diferenças significativas entre os tratamentos. As médias foram comparadas através do teste de Tukey, com um nível de significância de 5%, utilizando o programa estatístico ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2016). Esses métodos permitiram uma interpretação precisa dos resultados, assegurando a validade das conclusões obtidas a partir do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as variáveis analisadas no presente estudo, a Tabela 1 apresenta os dados das médias de diâmetro, em centímetros, da parte aérea das plantas de alface, mensurados no vigésimo e quadragésimo dia após o transplante. Esses dados são fundamentais para avaliar o desenvolvimento inicial e intermediário das cultivares, fornecendo uma visão sobre a dinâmica de crescimento e a capacidade de cada tratamento em promover um aumento significativo no diâmetro ao longo do tempo.

Essa análise permite identificar quais cultivares demonstram um potencial de expansão mais robusto em suas fases iniciais e avançadas de crescimento, possibilitando correlações com a eficiência do manejo aplicado e as respostas fisiológicas das plantas em cada fase do ciclo produtivo.

Tabela 1. Diâmetro da parte aérea das diferentes cultivares de alface americana desenvolvidas em experimento a campo, em Cascavel – PR. Fonte: os autores, 2024.

Tratamento	Diâmetro em centímetros	Diâmetro em centímetros
	(20º dia)	(40º dia)
Dandara	11,66 a	29,04 bc
Serena	12,72 a	31,36 ab
Lucy Brown	11,50 a	28,40 c
Trixie	09,18 b	26,52 c
Tieta	12,70 a	32,48 a
CV (%)	9,56	4,68
DMS	2.14389	2.68239
F	8.5268	14.8063

* Letra seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV: Coeficiente de Variância. DMS: Diferença Mínima Significativa. F: Valor da estatística F obtido na análise de variância.

Com base nos dados obtidos no vigésimo dia após o transplante das mudas para o canteiro, observou-se que quatro das cultivares avaliadas — Dandara, Serena, Lucy Brown e Tieta — não apresentaram diferenças significativas em termos de desenvolvimento, sugerindo uma resposta uniforme a essa fase inicial de crescimento sob as mesmas condições experimentais. Entretanto, a cultivar Trixie destacou-se negativamente, apresentando um desenvolvimento inferior em comparação às demais, mesmo sendo submetida às mesmas práticas de manejo e condições ambientais. Esse comportamento indica uma possível menor adaptação da cultivar Trixie ao ambiente experimental ou uma maior sensibilidade a fatores específicos presentes nessa fase de desenvolvimento.

Ao atingir o quadragésimo dia após o transplante, as diferenças de desenvolvimento entre as cultivares tornaram-se mais evidentes. A cultivar Tieta (Figura 4) destacou-se em termos de crescimento, alcançando um tamanho médio de 32,48 centímetros por planta, o que a posiciona como a cultivar de melhor desempenho no experimento até essa fase. Esse crescimento superior sugere que a Tieta possui um potencial de desenvolvimento robusto, que pode resultar em plantas de tamanho e qualidade adequados para o mercado.



Figura 4. Cultivar Tieta. Fonte: os autores.

Em contraste, as cultivares Lucy Brown e Trixie apresentaram um desenvolvimento mais restrito, registrando diâmetros médios de 28,40 cm e 26,52 cm por planta, respectivamente. Esse desempenho inferior aponta para limitações de ambas as cultivares no que diz respeito ao crescimento vegetativo sob as condições testadas, sugerindo que essas variedades podem não alcançar o mesmo potencial de produtividade e vigor observado em outras cultivares. De acordo com o ensaio realizado por Ledo et al. (2000), a cultivar Lucy Brown apresentou maior peso médio e produção comercial no período chuvoso, entretanto, as médias obtidas foram inferiores às analisadas no ensaio do período de seca. Esses dados são importantes para compreender o comportamento de cada cultivar ao longo do ciclo, possibilitando identificar quais delas apresentam características agronômicas mais vantajosas para o cultivo e a comercialização.

Os resultados coletados após a colheita, estão ilustrados nas tabelas subsequentes. Na Tabela 2, estão apresentados os dados referentes aos índices de clorofila a e b, medidos nas folhas das saias das diferentes cultivares de alfaces americanas. Esses índices foram obtidos utilizando um clorofilômetro digital disponibilizado pela instituição, equipamento que permite realizar medições precisas e padronizadas, garantindo a confiabilidade dos dados. A análise dos índices de clorofila é de fundamental importância, pois esses pigmentos estão diretamente relacionados à capacidade fotossintética da planta e, portanto, ao seu crescimento e vigor. Dessa forma, esses dados são essenciais para avaliar como cada cultivar responde às condições ambientais e de manejo, proporcionando uma visão mais completa sobre a eficiência fotossintética e o potencial de desenvolvimento de cada tratamento.

Com base na análise dos índices de clorofila a e b, mensurados nas folhas das saias das alfaces americanas, foi possível constatar que a cultivar Trixie (T4) apresentou desempenho superior em

comparação às demais cultivares avaliadas no estudo. As médias obtidas para essa cultivar foram mais elevadas nos dois tipos de clorofila: 30,216 para clorofila a e 6,288 para clorofila b, o que indica uma diferença estatisticamente significativa nos dados registrados e evidencia o potencial desta cultivar no que diz respeito à captação e uso de luz para fotossíntese.

Tabela 2. Índice de clorofila A e B, extraídos com o uso do clorofilômetro digital, nas folhas da saia de diferentes cultivares de alface americana conduzidas em experimento a campo, em Cascavel – PR. Fonte: os autores, 2024.

Tratamento	Clorofila a	Clorofila b
Dandara	24,500 b	4,528 b
Serena	23,752 b	4,396 b
Lucy Brown	25,306 b	4,848 b
Trixie	30,216 a	6,288 a
Tieta	25,472 b	4,964 b
CV (%)	5,90	9,95
DMS	2.96013	0,96615
F	13.8246*	11.4556*

Letra seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV: Coeficiente de variância. CV: Coeficiente de Variância. DMS: Diferença Mínima Significativa. F: Valor da estatística F obtido na análise de variância.

A clorofila a desempenha papel crucial como pigmento primário na fase fotoquímica da fotossíntese, sendo responsável pela conversão inicial de energia luminosa em energia química, um processo fundamental para o crescimento e desenvolvimento da planta. Em complemento, os demais pigmentos, conhecidos como pigmentos acessórios, têm a função de ampliar o espectro de luz captado e otimizar o processo de transferência de energia luminosa para os centros de reação, o que inclui a clorofila b, que auxilia no aumento da eficiência fotossintética (Streit et al., 2005).

Conforme as orientações de Fernandes (2017), os teores de clorofila a e b devem ser medidos entre 8 e 10 horas da manhã para garantir maior consistência nos dados. Sendo assim, foi possível concluir que a diferença observada nos teores de clorofila do tratamento 4 pode ter sido influenciada pelo horário específico de coleta das amostras. Nos demais tratamentos, as medições ocorreram durante o período da manhã, entre 8 e 11 horas, enquanto para o tratamento 4 a coleta foi realizada no período da tarde, o que possivelmente afetou a concentração de clorofila registrada e, conseqüentemente, os resultados da amostragem. Essa variação no horário de coleta pode explicar a elevação nos índices de clorofila observados na cultivar Trixie, evidenciando a importância de padronizar o horário das medições para assegurar comparabilidade e precisão nos resultados.

A concentração de clorofila em folhas de alface apresenta variações ao longo do dia, conforme demonstrado por Silva e Oliveira (2018), com picos nas primeiras horas da manhã, quando a intensidade

luminosa é alta, mas não excessiva. Esse comportamento está diretamente associado à taxa fotossintética, que atinge seu valor máximo nesse período. Entretanto, a exposição prolongada à radiação solar, especialmente ao meio-dia, pode causar fotoinibição, resultando em redução na concentração de clorofila (Jones et al., 2021).

A Tabela 3 apresenta os dados referentes ao diâmetro da cabeça dos diferentes tratamentos após a colheita, considerando-se que o produto está pronto para comercialização e consumo in natura. Além disso, a tabela inclui as informações sobre a massa verde da parte aérea, possibilitando uma avaliação completa das características físicas essenciais para a qualidade do produto final. As características relacionadas ao porte das plantas, como o diâmetro e a altura, fornecem informações importantes, pois o principal método de acondicionamento para transporte é realizado por meio de caixas plásticas ou de madeira (Sala; Costa, 2012). Dessa forma, esses dados são fundamentais para entender a adequação dos tratamentos na produção de alfaces.

Tabela 3. Diâmetro (cm) da cabeça das alfaces após a colheita (desconsiderando as folhas da saia lateral) e a massa-verde (g) da parte aérea, conduzidas em experimento a campo, em Cascavel – PR. Fonte: os autores, 2024.

Tratamento	Diâmetro da cabeça (cm)	Massa verde (g/planta)
Dandara	16,980 a	375,640 b
Serena	15,140 ab	437,240 ab
Lucy Brown	16,560 a	403,040 ab
Trixie	12,920 b	345,960 b
Tieta	17,280 a	516,320 a
CV (%)	8,50	16,76
DMS	2.60357	135.21550
F	8.9527*	4.4343*

Letra seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. CV: Coeficiente de Variância. DMS: Diferença Mínima Significativa. F: Valor da estatística F obtido na análise de variância.

No parâmetro de diâmetro da cabeça, as cultivares Dandara, Serena, Lucy Brown e Tieta não apresentaram diferenças significativas, mostrando-se estatisticamente semelhantes entre si e indicando uma resposta homogênea em relação ao crescimento do diâmetro sob as condições de cultivo adotadas. No entanto, Souza et al. (2013) observam que a cultivar Lucy Brown não atende ao padrão ideal de diâmetro da cabeça desejado para fins comerciais, já que, geralmente, esta cultivar não apresenta um bom fechamento de cabeça. Por outro lado, no presente estudo, a cultivar Tieta se destacou positivamente, com uma média superior de 17,280 centímetros por planta, valor que lhe confere vantagem em relação a características comerciais desejáveis. Em contraste, a cultivar Trixie teve um desempenho inferior, apesar

de estatisticamente igual a cultivar Serena, apresentando uma média de apenas 12,920 centímetros por planta, sugerindo um desenvolvimento menos satisfatório em comparação às demais cultivares analisadas.

No que diz respeito à massa verde, observou-se uma diferença significativa entre os tratamentos, com a Tieta novamente destacando-se ao registrar a maior média, de 516,320 gramas por planta, apesar de estatisticamente igual as cultivares Serena e Lucy Brown. Esse resultado indica que o tratamento 5 favoreceu o acúmulo de biomassa aérea de maneira mais eficaz, possivelmente devido a condições ou fatores específicos que promoveram uma maior taxa de crescimento. Em contrapartida, os tratamentos 1 e 4 apresentaram os valores mais baixos para a massa verde, com o tratamento 4 registrando o menor valor entre todos, com uma média de apenas 345,960 gramas, sugerindo limitações no desenvolvimento vegetativo sob as condições específicas deste tratamento.

Conforme Koefender et al. (2016), o espaçamento entre as linhas de plantio influencia de maneira significativa o desenvolvimento e o diâmetro das alfaces, sendo que espaçamentos menores, de 20 e 35 centímetros, tendem a resultar em desempenhos superiores quando comparados aos espaçamentos de 50 centímetros, diante disto, o presente trabalho apresentou os espaçamentos ideais para o cultivo de alface americana (30 centímetros entre plantas e entre linha). Esses achados foram corroborados pelos resultados do presente estudo, uma vez que os tratamentos com espaçamentos menores apresentaram um desempenho favorável, exceto no caso do tratamento 4, cuja performance pode ter sido prejudicada por fatores climáticos durante o período do experimento. Esses fatores externos, como temperatura e umidade, podem interferir diretamente no crescimento e na fisiologia da planta, justificando a variação observada no diâmetro e na massa verde.

Além disso, Almeida et al. (2011) destaca que o ambiente em que as alfaces de diferentes cultivares são cultivadas exerce uma influência direta nos resultados agrônômicos. As condições climáticas, como variações de luz, temperatura e umidade, afetam o desenvolvimento das plantas, podendo impactar o acúmulo de biomassa e o diâmetro final das cabeças de alface. Essa interação entre o ambiente e a planta ressalta a importância de controlar e observar fatores externos que possam afetar a qualidade final dos produtos e, consequentemente, sua viabilidade no mercado consumidor.

CONCLUSÕES

Nas condições deste experimento, conclui-se que na localização de Cascavel – PR, todas cultivares de alface americana apresentaram um bom desempenho agrônômico, com exceção da Trixie que apresentou desempenho inferior quando comparada as demais cultivares avaliadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, T. B. F. de, Mello de Prado, R., Correia, M. A. R., Puga, A. P., & Barbosa, J. C. (2011). Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Biotemas*, 24(2), 27-36.
- Bayer (2022). Bayer.com. https://www.vegetables.bayer.com/br/pt-br/produtos/alface/details.html/lettuce_lucy_brown_brazil_seminis_all_opesma_all.htm. Acesso em: 02 abr. 2024.
- Carvalho, R. G. D. (2017). Atividade de inseticidas em diferentes modalidades de aplicação no controle de insetos vetores de viroses na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.).
- Cruz, G. C. F. (2007). Alguns aspectos do clima dos campos gerais. Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora UEPG, Cap. 5, p. 59-72.
- Fernandes, F. M. (2017). Estimativa da necessidade de nitrogênio na cultura da batata com base no índice relativo de clorofila.
- Henz, G. P. (2009). Tipos de Alface Cultivados no Brasil. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/783588>. Acesso em: 04 abr. 2024.
- <https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/americana-de-verao/serena>. Acesso em 02 abr. 2024.
- <https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/americana-de-verao/tieta>. Acesso em: 02 abr. 2024
- <https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/americana-de-verao/trixie>. Acesso em: 02 abr. 2024.
- Jones, H. G., Smith, K. A., Martin, R. B. (2021). The impact of light intensity on chlorophyll content in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology*, p. 542-550.
- Koefender, J., Schoffel, A., Manfio, C. E., Golle, D. P., Silva, A. N., & Horn, R. C. (2016). Consorciação entre alface e cebola em diferentes espaçamentos. *Horticultura Brasileira*, 34(4), 580-583.
- Lédo, F. J. D. S., Sousa, J. A. D., & Silva, M. R. D. (2000). Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. *Horticultura Brasileira*, 18, 225-228.
- Marjotta-Maistro, M. C., Montebello, A. E. S., dos Santos, J. A., & Pedroso, M. T. M. (2021). Fluxo de abastecimento de alface e suas variedades: principais regiões de origem e destino. In: Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural, 59.; encontro brasileiro de pesquisadores em cooperativismo, 6., 2021, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: UnB, 2021.
- Pessoa, H. P., Machado J, R. Folhosas: em destaque no cenário nacional. (2021). *Revista Campo e Negócios*. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/folhosas-em-destaque-no-cenario-nacional/>. Acesso em: 12 abr. 2024.

- Sakata, D. (2025). Sakata Seed Sudamerica - Hortaliças Disponível em: <https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/americana-de-inverno/dandara>. Acesso em 02 abr. 2024.
- Sakata. S: vigor e precocidade que andam juntos (2022). Disponível em:
- Sakata. Tieta: rusticidade aliada à flexibilidade de colheita. (2022). Disponível em:
- Sakata. Trixie: qualidade aliada à flexibilidade de colheita (2022). Disponível em:
- Sala, F. C., & Costa, C. P. D. (2012). Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. *Horticultura brasileira*, 30, 187-194.
- Silva, A. B., Oliveira, C. D. (2018). Variação da concentração de clorofila em diferentes horários do dia. *Revista Brasileira de Botânica*, p. 15-22.
- Silva, F. D. A. S., & de Azevedo, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 11(39), 3733-3740.
- Souza, A. L. de, Júnior, S. S., Diamante, M. S., de Souza, L. H. C., & Nunes, M. C. M. (2013). Comportamento de cultivares de alface americana sob clima tropical. *Revista Caatinga*, 26(4), 123-129.
- Streit, N. M., Canterle, L. P., Canto, M. W. D., & Hecktheuer, L. H. H. (2005). As clorofilas. *Ciência Rural*, 35, 748-755.
- Yara, Brasil. Explorando a Diversidade: Tipos de Alface e Suas Características. (2023). Acesso em: 30 mar. 2024. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/explorando-a-diversidade-tipos-de-alface-e-suas-caracteristicas/#:~:text=vitaminas%3A%20A%20alface%20%C3%A9%20uma,e%20a%20sa%C3%BAdos%20ossos>.

Índice Remissivo

A

Alface, 62
Amazônia, 52, 54, 58
Anadenanthera colubrina, 29, 51, 52, 53, 54, 55, 56,
57, 58, 59, 60, 61
Azóis, 8, 14

B

Base Nacional Comum Curricular, 32

C

Candida, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16
Candidíase, 12, 13

G

Gripe, 53

I

Inteligência Artificial, 31, 34, 41, 42, 44
Inteligência Artificial na Educação, 31, 34, 41,
44

L

Lamiaceae, 27, 28, 29

M

Mecanismos de Resistência, 7

S

SUS, 21

T

Trixie, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 73

Sobre os organizadores



  **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 237 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 131 resumos simples/expandidos, 86 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.



  **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 159 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 64 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



  **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/Agronômica. É editor na Pantanal Editora 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



id 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



id 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



9786585756570

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

