

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO" FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA MESTRADO  
EM AGRONOMIA**

**BRUNA REGINA ARAUJO DA SILVA**

**TÍTULO**  
**EFEITO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS SOBRE O OÍDIO EM MUDAS DE  
URUCUM-ANÃO (*Bixa orellana* L.)**

**ILHA SOLTEIRA**

**2026**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EFEITO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS SOBRE O OÍDIO EM MUDAS DE  
URUCUM-ANÃO (*Bixa orellana* L.)**

Bruna Regina Araujo da Silva

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Sistema de Produção

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>.Dra Ana Carolina Firmino

Ilha Solteira – SP

Fevereiro/2026

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586e Silva, Bruna Regina Araujo da.  
Efeito de produtos biológicos sobre o oídio em mudas de urucum-anão (*Bixa orellana* L.) / Bruna Regina Araujo da Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2026  
35 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistema de Produção, 2026

Orientador: Ana Carolina Firmino

Inclui bibliografia

1. *Bixa orellana*. 2. *Oidium bixae*. 3. *Trichoderma harzianum*. 4. *Azospirillum brasilense*.

## IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

O impacto esperado desta pesquisa está relacionado à busca por soluções mais sustentáveis e acessíveis para o manejo do oídio em urucum-anão (*Bixa orellana* L.). O estudo contribui para o avanço do conhecimento científico ao avaliar o uso de produtos biológicos em uma cultura que ainda possui poucas alternativas de controle registradas, trazendo uma abordagem inovadora e alinhada às demandas atuais da agricultura.

Na prática, os resultados podem auxiliar diretamente o produtor rural, oferecendo alternativas eficientes para o controle da doença, favorecendo o desenvolvimento das plantas e permitindo que expressem melhor seu potencial produtivo, de forma mais sustentável e com menor dependência de produtos químicos.

Além disso, a pesquisa tem relevância social e ambiental, pois incentiva práticas agrícolas mais seguras, reduzindo impactos ao meio ambiente e à saúde humana. Também contribui para a disseminação de conhecimento sobre o uso de bioinsumos, fortalecendo a adoção de tecnologias mais sustentáveis no campo.

Destaca-se ainda sua importância para a região da Nova Alta Paulista, onde a cultura do urucum possui papel econômico relevante, com potencial de expansão para outras regiões do país e até para o cenário internacional, considerando a crescente valorização de sistemas produtivos mais sustentáveis.

## **POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH**

The expected impact of this research is related to the search for more sustainable and accessible solutions for the management of powdery mildew in dwarf annatto (*Bixa orellana* L.) seedlings. This study contributes to scientific advancement by evaluating the use of biological products in a crop that still has limited registered control options, offering an innovative approach aligned with current agricultural demands.

From a practical perspective, the results can directly support farmers by providing efficient alternatives for disease control, promoting better plant development and allowing crops to express their productive potential in a more sustainable way, with reduced dependence on chemical inputs.

In addition, this research has social and environmental relevance, as it encourages safer agricultural practices, reducing impacts on the environment and human health. It also contributes to the dissemination of knowledge about the use of bioinputs, supporting the adoption of more sustainable technologies in agriculture.

Furthermore, it highlights the importance of this work for the Nova Alta Paulista region, where annatto cultivation plays a significant economic role, with potential expansion to other regions of Brazil and even to the international context, considering the growing demand for more sustainable production systems.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **EFEITO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS SOBRE O OÍDIO EM MUDAS DE URUCUM-ANÃO (Bixa orellana L.)**

AUTORA: BRUNA REGINA ARAUJO DA SILVA

ORIENTADORA: ANA CAROLINA FIRMINO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, especialidade: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. ANA CAROLINA FIRMINO (Participação Virtual)  
Coordenadora de Curso de Engenharia Agrônoma / UNESP / Câmpus de Dracena - FCAT



Prof. Dr. SAMUEL FERRARI (Participação Virtual)  
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Dracena - FCAT



Dra. ELOÁ CABRERA MACHADO MENDES (Participação Virtual)  
Coordenadora Florestal da RIV-Koppert / Koppert Brasil

Ilha Solteira, 26 de fevereiro de 2026.

Dedico este trabalho à minha mãe, Vilma Oliveira de Araújo, e ao meu pai, Carlos Roberto Souza da Silva, pelo amor, apoio e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu esposo, Rodrigo da Silva Vieira, por estar ao meu lado em todos os momentos desta caminhada, pelo apoio, companheirismo e incentivo constante.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Engenharia – Câmpus de Ilha Solteira, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado em Agronomia e pelo apoio institucional durante todas as etapas desta pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

À UNESP – Câmpus de Dracena, pelo suporte técnico e pela disponibilidade de estrutura e equipamentos, fundamentais para o desenvolvimento dos experimentos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Ana Carolina Firmino, pela orientação, paciência, incentivo e comprometimento científico. Agradeço por compartilhar conhecimento, por cada sugestão valiosa e pela confiança depositada em meu trabalho. Sua dedicação e exemplo profissional foram essenciais para a concretização deste estudo e para meu amadurecimento acadêmico.

Aos meus colegas e amigos que me auxiliaram nas atividades realizadas na casa de vegetação, pela colaboração, amizade e parceria em todas as etapas experimentais: Thais Lopes de Oliveira, Dhônata Marcos Perefeito, Gabriele Spioti Baroni e Izabela Ponso Magalhaes, a contribuição e o companheirismo de vocês tornaram o percurso mais leve e produtivo.

À equipe da JP Urucum, pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa de pesquisa que possibilitou a execução deste projeto. O incentivo à pesquisa e à inovação proporcionado pela empresa foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

À empresa Koppert do Brasil, pelo fornecimento dos produtos biológicos utilizados, e em especial à colaboradora Eloá Cabrera Machado Mendes, pelo suporte técnico, disponibilidade e atenção durante todo o processo experimental.

Aos meus pais, Carlos Roberto Souza da Silva e Vilma Oliveira de Araújo, por todo amor, apoio e exemplo de força e honestidade. Agradeço por acreditarem em mim e por estarem sempre presentes em cada conquista, com palavras de incentivo e carinho incondicional.

Ao meu noivo, Rodrigo da Silva Vieira, companheiro fiel em todas as etapas da minha vida acadêmica — desde a graduação até o mestrado —, pela paciência, apoio e compreensão em cada momento. Sua presença constante e incentivo diário foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, oferecendo apoio, amizade e motivação para que cada etapa fosse cumprida com dedicação e gratidão.

## RESUMO

O urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) possui elevada importância econômica devido à produção de bixina, pigmento natural amplamente utilizado nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica. Entre as doenças que afetam a cultura, destaca-se o oídio, causado por *Oidium bixae*, que compromete o desenvolvimento das plantas. Considerando a ausência de fungicidas registrados para a cultura, torna-se necessária a busca por alternativas sustentáveis de manejo. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de produtos biológicos no controle do oídio em mudas de urucum. O experimento foi conduzido em 2024, em casa de vegetação na UNESP, campus de Dracena-SP, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (quatro produtos biológicos e uma testemunha) e dez repetições, utilizando mudas com 90 dias de idade. Foram avaliados os produtos Roadster® (*Ascophyllum nodosum*), Trichodermil® (*Trichoderma harzianum*), Azokop® (*Azospirillum brasilense*) e Boneville® (*Bacillus amyloliquefaciens*), aplicados via foliar. Após três aplicações, realizou-se a inoculação de *Oidium bixae*. Avaliaram-se a severidade da doença, altura e o diâmetro das mudas, sendo os dados submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que *Trichoderma harzianum* e *Azospirillum brasilense* promoveram redução significativa da severidade do oídio, além de incremento no crescimento das mudas. Os demais produtos não apresentaram controle significativo da doença, mas favoreceram o desenvolvimento vegetal. Conclui-se que produtos biológicos constituem alternativas promissoras para o manejo sustentável do oídio em mudas de urucum.

**Palavras-chave:** *Bixa orellana*; *Oidium bixae*; *Trichoderma harzianum*; *Azospirillum brasilense*.

## ABSTRACT

The annatto tree (*Bixa orellana* L.) has high economic importance due to the production of bixin, a natural pigment widely used in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries. Among the diseases affecting this crop, powdery mildew caused by *Oidium bixae* stands out for compromising plant development. Considering the absence of registered fungicides for this crop, the search for sustainable management alternatives becomes necessary. The objective of this study was to evaluate the effect of biological products on the control of powdery mildew in annatto seedlings. The experiment was conducted in 2024 under greenhouse conditions at UNESP, Dracena-SP, Brazil, in a completely randomized design with five treatments (four biological products and one control) and ten replicates, using 90-day-old seedlings. The evaluated products were Roadster® (*Ascophyllum nodosum*), Trichodermil® (*Trichoderma harzianum*), Azokop® (*Azospirillum brasilense*), and Boneville® (*Bacillus amyloliquefaciens*), applied foliarly. After three applications, plants were inoculated with *Oidium bixae*. Disease severity, plant height, and stem diameter were evaluated, and data were subjected to analysis of variance and Tukey's test at 5% probability. The results showed that *Trichoderma harzianum* and *Azospirillum brasilense* significantly reduced powdery mildew severity and promoted plant growth. The other products did not significantly control the disease but enhanced plant development. It is concluded that biological products are promising alternatives for the sustainable management of powdery mildew in annatto seedlings.

**Keywords:** *Bixa orellana*; *Oidium bixae*; *Trichoderma harzianum*; *Azospirillum brasilense*.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Média das notas de severidade de oídio em mudas de urucum nas plantas tratadas D1 é a maior dose de produto aplicado, D5 é a testemunha.....	25
<b>Figura 2</b> – Diâmetro das plantas 30 dias após a pulverização.....	25
<b>Figura 3</b> – Crescimento das plantas 30 dias após a pulverização.....	26
<b>Figura 4</b> – Mudas de urucum com oídio 30 dias após a aplicação da alga, <i>Ascophyllum nodosum</i> . ....	26
<b>Figura 5</b> – Média das notas de severidade de oídio em mudas de urucum nas plantas tratadas. ....	27
<b>Figura 8</b> – Crescimento médio das plantas tratadas. ....	28
<b>Figura 9</b> – Média das notas de severidade de oídio em mudas de urucum nas plantas tratadas. ....	29
<b>Figura 10</b> – Mudas de urucum com oídio.....	30
<b>Figura 12</b> – Crescimento médio das plantas tratadas. ....	31
<b>Figura 13</b> – Média das notas de severidade de oídio em mudas de urucum nas plantas tratadas. ....	32
<b>Figura 14</b> – Mudas de urucum com oídio.....	32
<b>Figura 15</b> – Crescimento das plantas tratadas 30 dias após a pulverização. ....	32
<b>Figura 16</b> – Diâmetro médio das plantas tratadas 30 dias após a pulverização. ....	33
<b>Figura 17</b> – Mudas de urucum com oídio.....	34

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1</b> – Caracterização dos quatro experimentos com produtos biológicos utilizados no controle de <i>Oidium bixae</i> em urucum-anão ( <i>Bixa orellana</i> L.). .....	22
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>16</b>
2.1	URUCUM.....	16
2.2	OÍDIO NO URUCUZEIRO .....	18
2.3	PRODUTOS BIOLÓGICOS.....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) é uma espécie perene da família Bixaceae, originária da América tropical, cultivada amplamente em regiões de clima quente e úmido. É uma planta de grande importância econômica, social e ambiental, principalmente devido ao corante natural bixina, extraído das sementes, que é utilizado nas indústrias alimentícia, cosmética, farmacêutica e têxtil (Ventosa et al., 2016; Konrad, 2015). O pigmento é amplamente valorizado por ser natural e atóxico (Lima et al., 2023).

O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de urucum, com destaque para os estados do Pará, Maranhão, Mato Grosso e São Paulo (Ventosa et al., 2016). Na região da Nova Alta Paulista, particularmente no município de Dracena e arredores, a cultura do urucum apresenta importância socioeconômica significativa, sendo cultivada por pequenos e médios produtores que abastecem indústrias regionais (Konrad, 2015).

Entre as variedades cultivadas, destaca-se o urucum-anão, caracterizado por seu porte reduzido, ciclo precoce e boa produtividade. Essa variedade apresenta vantagem no manejo, uma vez que permite maior densidade de plantio e facilidade na colheita, além de ser mais adaptada a sistemas intensivos de produção (Konrad, 2015). A fase reprodutiva do urucum-anão é de aproximadamente 12 a 18 meses após o plantio, com rendimento médio de 1,5 a 2 toneladas de sementes por hectare, dependendo das condições ambientais e do manejo empregado (Konrad, 2015).

Apesar de ser considerada uma espécie rústica, o urucum é suscetível a diversas doenças fúngicas, bacterianas e virais, que podem comprometer seu desenvolvimento e produtividade (Santos, 1990; Embrapa, 2010). Entre as doenças relatadas, destaca-se o oídio, causado principalmente por *Oidium bixae* (Sin. *Erysiphe bixae*), que ocorre com frequência em viveiros e lavouras, especialmente em períodos de alta umidade e temperatura amena (Capretti, 1961; Russomanno et al., 2012; Fonseca et al., 2019). A doença manifesta-se por meio de um micélio branco pulverulento sobre as folhas jovens, brotações e, em alguns casos, sobre os frutos, reduzindo a área fotossintética e causando queda precoce das folhas (Embrapa, 2010). Em infecções severas, pode ocorrer desfolha total, enfraquecimento das plantas e atraso no desenvolvimento.

Além disso, não existem fungicidas registrados para o controle do oídio em urucum no sistema AGROFIT (AGROFIT, 2026), o que limita o uso de produtos químicos convencionais e reforça a importância da busca por alternativas sustentáveis de manejo fitossanitário.

Nesse contexto, a utilização de produtos biológicos e bioestimulantes tem se destacado como alternativa promissora para o controle de doenças em plantas, com benefícios adicionais ao crescimento e desenvolvimento vegetal. Organismos biológicos são amplamente estudados por seus efeitos benéficos, que incluem antagonismo a fitopatógenos, promoção de crescimento e indução de resistência sistêmica em plantas, contribuindo para o vigor e tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos (Cassán & Diaz-Zorita, 2016; Contreras-Cornejo et al., 2016; Craigie, 2011; Fan et al., 2020; Fukami et al., 2018; Harman et al., 2021).

Diante desse cenário, torna-se necessário avaliar o desempenho de diferentes produtos biológicos e bioestimulantes no manejo do oídio no urucum-anão, buscando estratégias que conciliem eficiência no controle da doença e sustentabilidade ambiental. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de produtos biológicos sobre a incidência e severidade do oídio em mudas de urucum-anão (*Bixa orellana* L.), visando contribuir para o desenvolvimento de práticas sustentáveis de produção.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 URUCUM**

O urucuzeiro (*Bixa orellana* L.), popularmente conhecido como urucum, tem origem na América Tropical e é considerado uma planta rústica. Historicamente, era utilizado pelos povos indígenas como corante natural para a realização de pinturas corporais. Devido à presença de bixina, atualmente o urucum é amplamente utilizado como condimento e colorífico nos lares brasileiros, sendo conhecido como colorau, além de sua aplicação nas indústrias cosmética e farmacêutica (Garcia, 2012).

Nos últimos anos, observa-se um aumento significativo na demanda por corantes naturais no mercado internacional, impulsionado por restrições regulatórias ao uso de corantes sintéticos em alimentos. Nos Estados Unidos, órgãos reguladores como a Food and Drug Administration têm intensificado a revisão da segurança de aditivos artificiais, especialmente corantes da classe dos azo-compostos, associados a potenciais efeitos adversos à saúde. Esse cenário tem favorecido a substituição de corantes sintéticos por alternativas naturais, como os

derivados do urucum, ampliando sua importância econômica e consolidando seu uso nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica. Dessa forma, o urucum se destaca como uma fonte estratégica de corante natural, com maior aceitação pelo consumidor e alinhamento às exigências de mercados mais rigorosos. Esse aumento na demanda tem incentivado a expansão do cultivo, muitas vezes em sistema de monocultivo, o que favorece a ocorrência de pragas e doenças.

Esse movimento reforça a tendência global de valorização de produtos naturais, ao mesmo tempo em que impõe desafios relacionados à padronização, estabilidade e escalabilidade da produção de corantes de origem vegetal, aspectos que demandam avanços no manejo e na organização da cadeia produtiva do urucum no Brasil.

O urucuzeiro pertence à família Bixaceae e apresenta porte arbóreo, podendo atingir de 3 a 5 metros de altura, com copa densa e tronco variando entre 15 e 25 cm de diâmetro. As folhas são simples, de formato cordiforme e pontiagudas, medindo entre 8 e 11 cm de comprimento. As flores são grandes, ornamentais, de coloração rósea, branca ou lilás, com diâmetro entre 3 e 5 cm, reunidas em panículas terminais de 10 a 15 cm (Lima et al., 2005).

Os frutos são cápsulas, denominadas “cachopas”, contendo diversas sementes em seu interior, sendo estas responsáveis pela produção de bixina, substância que confere a coloração característica e o poder corante do urucum (Garcia, 2005).

Por ser uma planta rústica, apresenta alta adaptabilidade, podendo ser cultivada em solos de baixa fertilidade. No entanto, condições ideais de desenvolvimento incluem temperaturas entre 22 °C e 27 °C, precipitação anual superior a 1.200 mm e solos bem drenados (Ferreira, 2018).

No cenário mundial, o Brasil se destaca como o maior produtor de urucum, representando cerca de 57% da produção, seguido pelo Peru com aproximadamente 31% (Fabri; Teramoto, 2015). Dados mais recentes indicam que, em 2023, a produção nacional ultrapassou 13 mil toneladas, evidenciando a importância econômica da cultura (IBGE, 2023).

No Brasil, o estado de São Paulo é o principal produtor, seguido por Rondônia, Pará e Paraná (Fabri; Teramoto, 2015). Na região da Nova Alta Paulista, especialmente na microrregião de Dracena e municípios adjacentes como Monte Castelo, Tupi Paulista, Junqueirópolis e Ouro Verde, concentra-se grande parte da produção estadual (Fabri, 2015).

Essa região representa cerca de 80% da produção do estado e aproximadamente 20% da produção nacional (IBGE, 2016).

O teor de bixina nas sementes produzidas no estado de São Paulo é superior à média nacional, variando entre 4% e 6%, enquanto a média nacional é de aproximadamente 2,5%, o que contribui para maior valor agregado da produção (Nogueira, 2010).

Na microrregião de Dracena, cultivares considerados adequados devem apresentar alto teor de bixina (acima de 2,5%), elevada produtividade de sementes por cápsula, frutos indeiscentes e porte reduzido, facilitando os tratamentos culturais e a colheita (Castro, 2010).

Os cultivares mais utilizados são Piave, Peruana Paulista, Bico de Pato, Casca Vermelha e Casca Verde, com destaque para os três primeiros, devido à melhor adaptação às condições das regiões Sul e Sudeste (Franco, 2017).

Atualmente, destaca-se também o uso da variedade anão, que apresentam porte reduzido, variando entre 1,5 e 2,0 metros de altura, além de arquitetura mais compacta, o que facilita o manejo, a colheita e a aplicação de insumos (Cati, 2018). Esses materiais têm sido obtidos por meio de seleção de cultivares tradicionais, como a variedade Piave, apresentando elevada produtividade, precocidade com início da produção cerca de um ano após o plantio e teores de bixina que podem variar entre 4% e 5,5%.

Além disso, a variedade anã possibilita maior densidade de plantio e melhor adaptação às condições de produção familiar. No entanto, apesar das vantagens agronômicas, esses materiais ainda apresentam suscetibilidade a doenças, destacando-se o oídio (*Oidium bixae*) como um dos principais entraves ao seu desempenho produtivo, especialmente em condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do patógeno.

## 2.2 OÍDIO NO URUCUZEIRO

O oídio, causado por *Oidium bixae*, é uma das enfermidades de maior ocorrência no cultivo do urucuzeiro, principalmente em condições de viveiro e em fases iniciais de desenvolvimento das plantas. A doença caracteriza-se pela presença de estruturas fúngicas superficiais com aspecto pulverulento, de coloração branco-acinzentada, que se estabelecem preferencialmente sobre tecidos jovens, como folhas em expansão, brotações e, em condições favoráveis, estruturas reprodutivas.

Os primeiros sinais da infecção estão associados à formação de áreas esbranquiçadas na superfície foliar, que evoluem para uma cobertura mais densa do micélio, podendo comprometer extensas áreas do limbo foliar. Esse processo resulta em alterações fisiológicas visíveis, como a perda da coloração verde intensa e o surgimento de tonalidades mais claras na face adaxial das folhas (Albuquerque; Duarte, 1988).

À medida que a severidade da doença aumenta, observa-se o comprometimento funcional das folhas, com redução da capacidade fotossintética, além de deformações, encarquilhamento e queda prematura. Quando a infecção atinge estruturas reprodutivas, como inflorescências, há impacto direto na produtividade, podendo ocorrer abortamento floral e redução na formação de frutos, o que compromete significativamente o rendimento da cultura (Russomanno; Kruppa; Fabri, 2012).

Do ponto de vista fisiológico, o ataque severo do patógeno induz respostas da planta que afetam seu balanço energético. A emissão de novas brotações, estimulada pelo dano tecidual, leva ao redirecionamento de reservas metabólicas da fase reprodutiva para a vegetativa. Esse processo resulta em aumento do gasto energético, elevação das taxas respiratórias e intensificação da transpiração, o que, em conjunto, reduz a eficiência produtiva do urucuzeiro.

O agente causal pertence ao Reino Fungi e apresenta comportamento típico de patógenos biotróficos obrigatórios, ou seja, depende de tecidos vivos para completar seu ciclo de vida. Durante o processo de infecção, o fungo desenvolve estruturas especializadas, como haustórios, responsáveis pela absorção de nutrientes diretamente das células epidérmicas da planta hospedeira. A fase anamórfica é predominante em condições de campo, enquanto a fase sexual, associada a fungos da família Erysiphaceae (Ascomycota), raramente é observada em ambientes tropicais (Santos et al., 2000).

Em relação à epidemiologia, o desenvolvimento do oídio é favorecido por condições de temperatura moderada, geralmente entre 26 e 28 °C, associadas a ambientes com elevada umidade relativa do ar, embora o patógeno apresente ampla capacidade de adaptação, podendo se desenvolver também em condições de baixa umidade, diferentemente de outros fungos fitopatogênicos (AGRIOS, 2005). Essa característica confere ao oídio elevada plasticidade ecológica, permitindo sua ocorrência em diferentes regiões e sistemas de cultivo.

Além disso, espécies do gênero *Oidium* apresentam ampla gama de hospedeiros, incluindo culturas agrícolas, florestais, frutíferas e hortaliças, o que reforça sua importância econômica e fitossanitária (Bedendo, 2011).

Fatores climáticos também exercem influência direta na dinâmica da doença. Períodos de alta precipitação podem atuar como limitantes ao progresso do oídio, uma vez que a ação da chuva contribui para a remoção de esporos e estruturas miceliais da superfície foliar, reduzindo a taxa de infecção (Russomanno; Kruppa; Fabri, 2012).

No contexto da região oeste do estado de São Paulo, onde predomina o clima subtropical úmido do tipo Cwa, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso (INMET, 2020), observa-se uma interação importante entre o ambiente e o ciclo fenológico da cultura. O período reprodutivo do urucuzeiro ocorre, em grande parte, em meses com menor precipitação, o que pode favorecer a incidência do oídio, especialmente em fases críticas como brotação e florescimento, contribuindo para o aumento da severidade da doença nessas condições.

### 2.3 PRODUTOS BIOLÓGICOS

Os produtos biológicos consistem em insumos de origem natural, compostos principalmente por microrganismos benéficos, como fungos, bactérias e actinomicetos, utilizados na promoção do crescimento vegetal e no manejo de doenças. Dentre os principais grupos, destacam-se fungos do gênero *Trichoderma*, bactérias dos gêneros *Bacillus*, além de bactérias promotoras de crescimento vegetal, como *Azospirillum brasilense* (Bettiol; Morandi, 2009; Bashan; De-Bashan, 2010).

Esses microrganismos atuam por diferentes mecanismos, que podem ser classificados em diretos e indiretos. Entre os mecanismos diretos, destacam-se o micoparasitismo, a antibiose e a competição por espaço e nutrientes. Já os mecanismos indiretos envolvem a indução de resistência nas plantas, especialmente a resistência sistêmica induzida, além da melhoria das condições fisiológicas e nutricionais da planta hospedeira (Harman et al., 2004; Shores et al., 2010).

Além do controle de patógenos, os produtos biológicos contribuem significativamente para a melhoria da qualidade do solo. A atividade desses microrganismos favorece a ciclagem de nutrientes, a decomposição da matéria orgânica e o aumento da biodiversidade microbiana, resultando em solos mais equilibrados e biologicamente ativos. Esse processo impacta

diretamente o desenvolvimento radicular e a eficiência na absorção de nutrientes pelas plantas (Bettiol; Morandi, 2009).

Outro aspecto relevante refere-se ao menor impacto ambiental associado ao uso de produtos biológicos. Diferentemente dos insumos químicos convencionais, esses produtos apresentam menor risco de contaminação ambiental e são compatíveis com sistemas de produção sustentável, sendo amplamente utilizados em programas de manejo integrado de doenças (Bettiol; Morandi, 2009).

No que se refere à promoção do crescimento vegetal, bactérias como *Azospirillum brasilense* desempenham papel fundamental na fixação biológica de nitrogênio e na produção de fitormônios, como auxinas, citocininas e giberelinas, promovendo maior desenvolvimento radicular e vigor das plantas (Bashan; De-Bashan, 2010).

Espécies do gênero *Bacillus* também apresentam grande potencial no controle biológico, principalmente pela produção de metabólitos secundários com ação antimicrobiana, como lipopeptídeos (iturinas, surfactinas e fengicinas), que atuam na inibição de diversos fitopatógenos. Além disso, esses microrganismos podem colonizar a rizosfera, formando uma barreira biológica contra agentes causadores de doenças (Ongena; Jacques, 2008).

Os produtos biológicos também podem induzir mecanismos de defesa nas plantas, como a resistência sistêmica induzida, ativando respostas bioquímicas e fisiológicas que aumentam a tolerância a estresses bióticos e abióticos. Esse efeito contribui para a redução da severidade de doenças e melhora o desempenho das culturas em condições adversas (Shoresh et al., 2010).

Outro benefício associado ao uso desses produtos é a redução do estresse vegetal. Plantas cultivadas em solos biologicamente ativos tendem a apresentar maior tolerância a condições de estresse hídrico e térmico, o que está diretamente relacionado à ação dos microrganismos na regulação hormonal e na melhoria das condições do solo (Zandonadi et al., 2014).

Apesar das inúmeras vantagens, é importante destacar que a eficiência dos produtos biológicos pode variar em função das condições edafoclimáticas, do manejo adotado e da interação com a microbiota nativa do solo. Dessa forma, sua eficácia em campo pode ser variável, sendo necessária a validação em condições específicas de cultivo (Bettiol; Morandi, 2009).

Dessa forma, o uso de produtos biológicos se apresenta como uma alternativa promissora no manejo integrado de doenças, especialmente em culturas com restrições ao uso de defensivos químicos, como o urucuzeiro. Nesse contexto, microrganismos como *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. destacam-se como potenciais agentes no controle de patógenos, incluindo fungos causadores de doenças foliares, como o oídio (*Oidium bixae*), embora ainda existam lacunas na literatura quanto à sua eficácia específica para essa cultura.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Dracena – SP, localizada nas coordenadas 21°28’57” S e 51°32’28” W, a uma altitude de 421 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado como tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso (Alvares et al., 2013). As temperaturas médias anuais variam entre 21 e 26 °C, e a precipitação média anual é de aproximadamente 1.200 mm (Cabi, 2016). O experimento foi conduzido durante os meses de junho e julho de 2024, período correspondente ao inverno.

Foram realizados quatro experimentos independentes, avaliando quatro produtos biológicos diferentes. Para cada produto foram testadas quatro doses. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), composto por cinco tratamentos e dez repetições, sendo cada unidade experimental constituída por uma muda de urucum-anão (*Bixa orellana* L.) em estágio vegetativo inicial, com 90 dias de idade, produzida em tubetes.

As mudas foram adquiridas de um viveiro localizado no município de Monte Castelo – SP. Após a chegada, foram transplantadas para vasos contendo 1,5 kg de substrato composto por substrato comercial e Ninho Fértil®, na proporção de 3:1 (v/v). Em seguida, as plantas foram mantidas na casa de vegetação do setor de Fitopatologia por 10 dias após o transplante, com irrigação diária, para aclimação.

Após o período de aclimação, as mudas foram transferidas para a casa de vegetação do setor de Solos, onde não havia irrigação direta sobre as folhas, sendo a irrigação realizada apenas no solo com irrigador de capacidade de 1 L. Posteriormente, foram realizadas as aplicações dos produtos biológicos por via foliar, utilizando pulverizador manual do tipo atomizador, com volume de calda equivalente a 200 mL por planta, aplicado até o ponto de

escorrimento. O volume remanescente da calda presente no pulverizador foi aplicado diretamente no solo de cada vaso.

Os tratamentos consistiram em quatro produtos biológicos e uma testemunha (controle), conforme descrito na Quadro 1.

**Quadro 1 – Caracterização dos quatro experimentos com produtos biológicos utilizados no controle de *Oidium bixae* em urucum-anão (*Bixa orellana* L.).**

PRODUTO COMERCIAL	INGREDIENTE ATIVO	DOSES APLICADAS	DESCRIÇÃO DO PRODUTO
Roadster® (Koppert)	Extrato de algas marinhas ( <i>Ascophyllum nodosum</i> )	0,5; 1; 2 e 4 mL·L <sup>-1</sup> .	Fertilizante organomineral líquido com 5,3% de K <sub>2</sub> O, 6,0% de carbono orgânico total, pH 8,0 e densidade de 1,16 g·mL <sup>-1</sup> ,
Trichodermil® (Koppert)	<i>Trichoderma harzianum</i> Cepa 1306	3,12; 6,25; 12,5 e 25 mL·L <sup>-1</sup> .	Produto comercial contendo concentração mínima de 1 × 10 <sup>9</sup> esporos·mL <sup>-1</sup> .
Azokop® (Koppert)	<i>Azospirillum brasilense</i>	1; 2; 4 e 8 mL·L <sup>-1</sup> .	Inoculante líquido com concentração mínima de 1 × 10 <sup>8</sup> UFC·mL <sup>-1</sup> .
Boneville® (Koppert)	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> Cepa UMAF6614	0,9; 1,7; 3,5 e 7 mL·L <sup>-1</sup> .	UMAF6614: produto com concentração mínima de 1 × 10 <sup>10</sup> UFC·g <sup>-1</sup> , composto por 50 g·kg <sup>-1</sup> (5% m/m) de princípio ativo e outros ingredientes complementares.
Testemunha	Água destilada		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

As aplicações dos produtos foram realizadas no período da manhã, sob temperatura média de 25 °C e umidade relativa do ar de aproximadamente 70%, condições consideradas favoráveis à absorção dos produtos e à redução de perdas por evaporação. Foram realizadas três aplicações, com intervalo de sete dias entre elas.

Sete dias após a terceira aplicação, foi realizada a inoculação do fungo *Oidium bixae* em plantas saudáveis. A inoculação foi realizada por meio da deposição de folhas naturalmente infectadas, coletadas em campo, sobre as folhas saudáveis na parte aérea das mudas, permitindo

que os conídios presentes fossem transferidos para as folhas sadias por contato e dispersão natural, conforme metodologia descrita por Paz Lima et al. (2004).

O período de incubação do patógeno foi de aproximadamente 10 dias, sendo possível observar os primeiros sintomas a partir do sétimo dia após a inoculação.

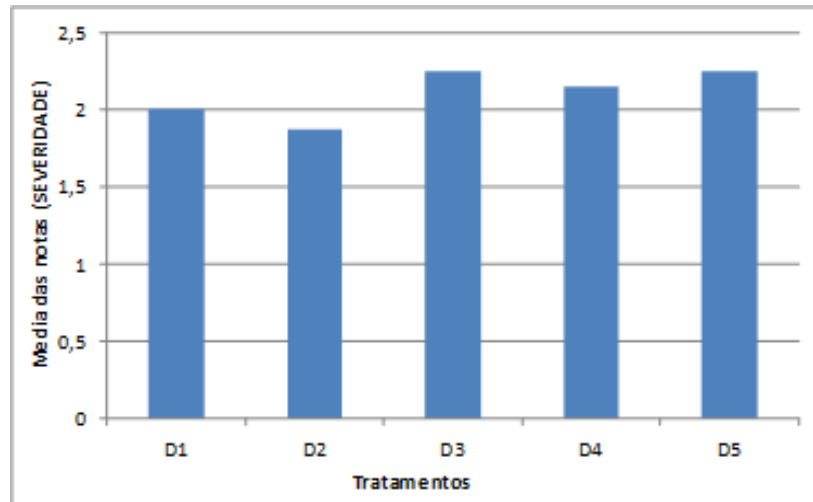
As avaliações foram realizadas 30 dias após a inoculação. Foram avaliados os seguintes parâmetros: severidade da doença, altura das mudas e diâmetro do caule. A severidade foi estimada com base em escala diagramática adaptada de Paz Lima et al. (2004), com notas variando de 0 (ausência de sintomas) a 4 (infecção muito severa, com mais de 75% da área foliar afetada). A altura das mudas (cm) foi medida com régua graduada, da base ao ápice da planta, enquanto o diâmetro do caule (mm) foi determinado com auxílio de paquímetro digital, a 2 cm do colo da muda.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando observadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SISVAR 5.6 (Ferreira, 2019).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nas figuras de 1 a 4, observa-se a influência das doses de extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) no desenvolvimento de mudas de urucum-anão (*Bixa orellana* L.) e na severidade do oídio (*Oidium bixae*). Apesar de não apresentar diferenças estatísticas significativas entre as doses avaliadas, verificou-se tendência de incremento na altura e no diâmetro das mudas em relação à testemunha. A dose de 4 mL·L<sup>-1</sup> apresentou o maior valor médio de altura (17,20 cm), enquanto o diâmetro do caule variou de 2,80 a 3,20 mm. A severidade da doença manteve-se baixa em todas as doses, variando entre 1,2 e 1,8 na escala de notas. Esses resultados sugerem que o extrato de algas exerce efeito bioestimulante, contribuindo para o vigor das mudas, embora não tenha apresentado controle expressivo sobre o oídio.

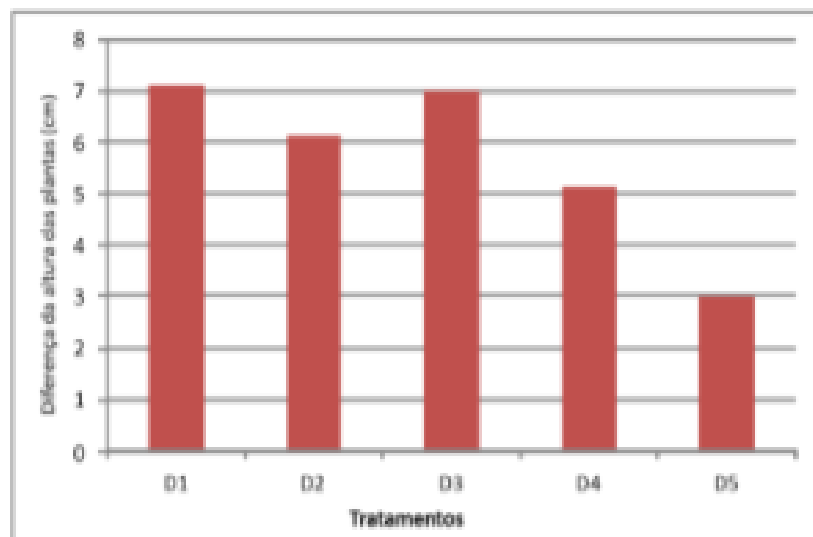
**Figura 1 – Média das notas de severidade de oídio em mudas de urucum nas plantas tratadas D1 é a maior dose de produto aplicado, D5 é a testemunha.**



Legenda: \*Não houve diferença significativa entre os tratamentos (CV = 21,12).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

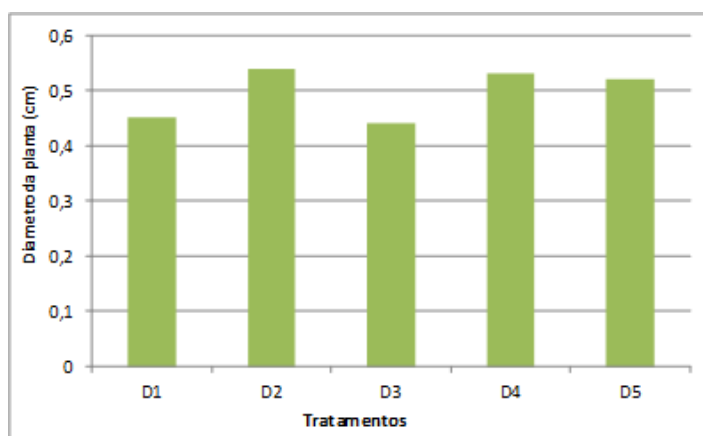
**Figura 2 – Diâmetro das plantas 30 dias após a pulverização.**



Legenda: \*Não houve diferença significativa entre os tratamentos (CV = 39,91).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

**Figura 3 – Crescimento das plantas 30 dias após a pulverização.**



Legenda: \*Não houve diferença significativa entre os tratamentos (CV = 57,43).  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

**Figura 4 – Mudanças de urucum com oídio 30 dias após a aplicação da alga, *Ascophyllum nodosum*.**

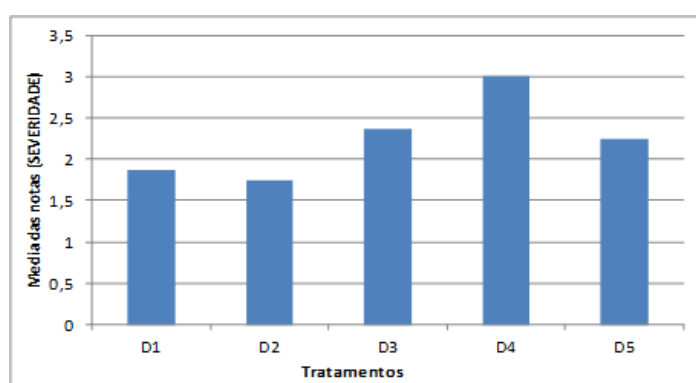


Legenda: **A:** 2 mL.L de água<sup>-1</sup> (D2); **B:** 1 mL.L de água<sup>-1</sup> (D3); **C:** 0,5 mL.L de água<sup>-1</sup> (D4); **D:** somente água (D5-testemunha).  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) apresentou tendência de aumento de vigor e crescimento, embora sem diferenças estatísticas quanto à severidade do oídio. Tal efeito é coerente com os resultados de estudos que indicam que os extratos de algas contêm compostos bioativos, como polissacarídeos, betainas e fenóis, que atuam como elicitores, induzindo respostas fisiológicas e bioquímicas de defesa em plantas (Sharma et al., 2014; Shukla et al., 2019; Kocira et al., 2020). O uso de bioestimulantes como este pode, portanto, contribuir para a resistência indireta e para o fortalecimento da planta, ainda que o efeito de controle direto sobre o patógeno seja limitado

Nas Figuras 5 a 8, referente aos tratamentos com *Trichoderma harzianum*, verifica-se redução significativa da severidade da doença em comparação à testemunha. As doses de 6,25 e 12,5 mL·L<sup>-1</sup> apresentaram as menores médias de severidade (0,8 e 0,9, respectivamente), correspondendo a reduções de até 70% em relação à testemunha. Além disso, observou-se aumento significativo na altura e no diâmetro das mudas, indicando que o fungo não apenas atuou como agente de biocontrole, mas também promoveu crescimento vegetal. Esse efeito é coerente com o potencial de *T. harzianum* de colonizar a rizosfera, liberar metabólitos secundários e induzir resistência sistêmica em plantas hospedeiras.

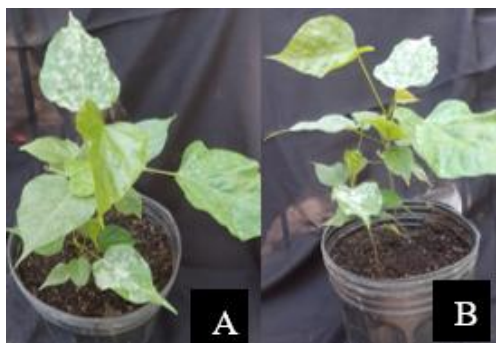
**Figura 5 – Média das notas de severidade de oídio em mudas de urucum nas plantas tratadas.**



Legenda: \*Não houve diferença significativa entre os tratamentos (CV = 14,55).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

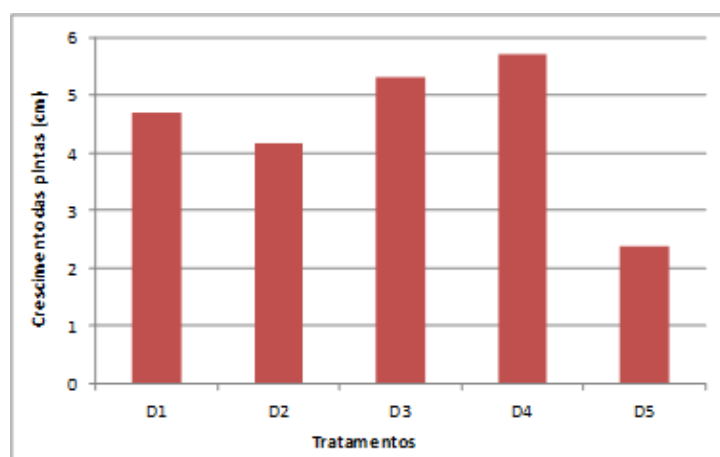
Figura 6 – Mudanças de urucum com oídio



Legenda: A) tratamento D4 e B) tratamento D5.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

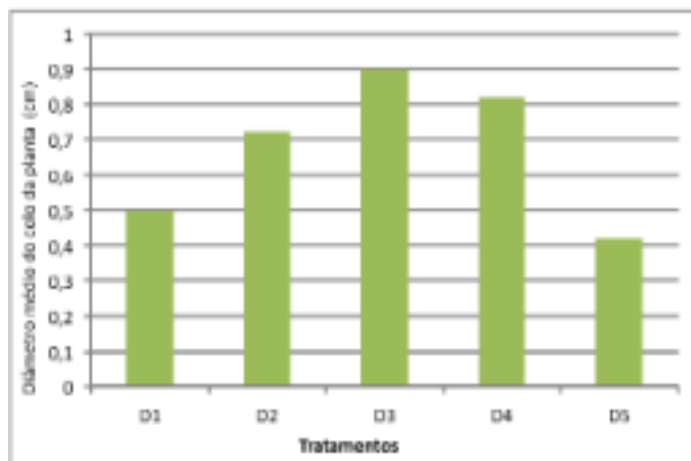
Figura 7 – Diâmetro médio das plantas tratadas



Legenda: \*Não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $CV = 60,30$ ).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 6 – Crescimento médio das plantas tratadas.

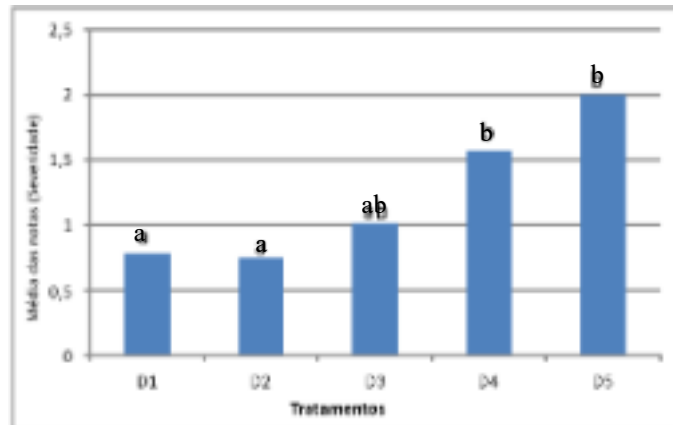


Legenda: \*Não houve diferença significativa entre os tratamentos (CV = 49,57).  
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O desempenho de *Trichoderma harzianum* confirma sua ampla utilização como agente de biocontrole de fitopatógenos em diversas culturas, devido à sua capacidade de competir por nutrientes e espaço, produzir enzimas hidrolíticas (quitinases,  $\beta$ -1,3-glucanases) e compostos voláteis com ação antifúngica, além de induzir mecanismos de resistência sistêmica nas plantas hospedeiras (Contreras-Cornejo et al., 2016; Vinale et al., 2014; Harman et al., 2021; Valentim, 2019). Estudos anteriores demonstram que a aplicação de *Trichoderma* em viveiros promove tanto a proteção contra doenças de solo e foliares quanto o crescimento radicular e o vigor vegetativo, como observado também neste trabalho (Contreras-Cornejo et al., 2016; Harman et al., 2021; Valentim, 2019)

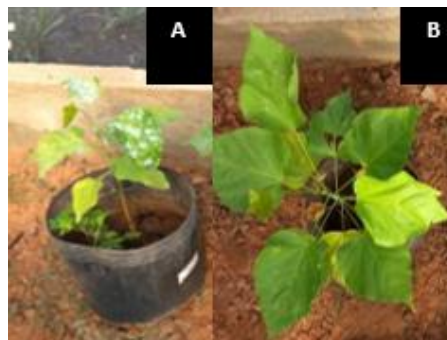
A aplicação de *Azospirillum brasilense* também apresentou resultados satisfatórios Figuras 9 a 12. As menores doses (1 e 2 mL·L<sup>-1</sup>) proporcionaram redução significativa da severidade da doença, com notas médias de 0,7 e 0,9, respectivamente, enquanto as doses mais elevadas apresentaram tendência de estabilidade. Verificou-se ainda incremento expressivo na altura média das plantas (19,10 cm), demonstrando o efeito promotor de crescimento do microrganismo. A ação de *A. brasilense* pode estar relacionada à produção de fitormônios como auxinas, giberelinas e citocininas, que estimulam o desenvolvimento radicular e aumentam a absorção de nutrientes, além de favorecerem a ativação de mecanismos de defesa fisiológica.

**Figura 7 – Média das notas de severidade de oídio em mudas de urucum nas plantas tratadas.**



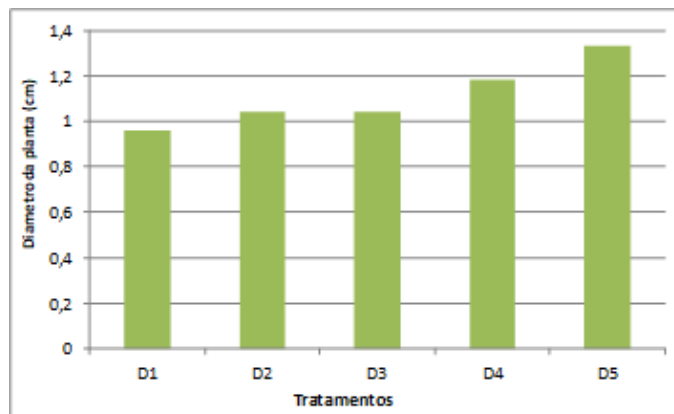
Legenda: \*Médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si entre os tratamentos (CV = 61,56).  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

**Figura 8 – Mudanças de urucum com oídio.**



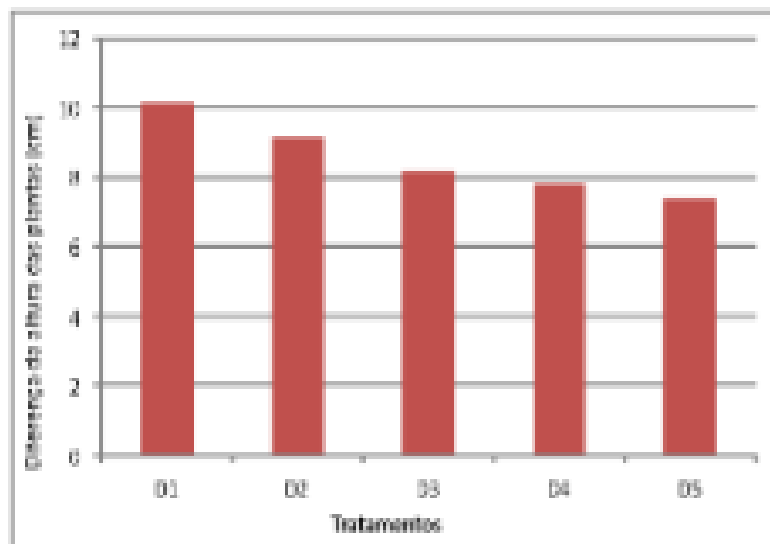
Legenda: A) testemunha e B) tratamento.  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

**Figura 11 – Diâmetro médio das plantas tratadas**



Legenda: \* Não houve diferença significativa entre os tratamentos (para o teste de Tukey a 5% (CV = 66,09)).  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

**Figura 9 – Crescimento médio das plantas tratadas.**

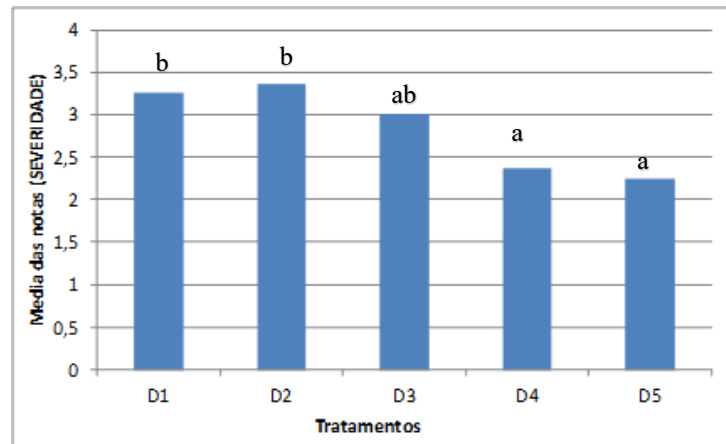


Legenda: \* Não houve diferença significativa entre os tratamentos (para o teste de Tukey a 5% (CV = 63,79).  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O efeito positivo de *A. brasilense* pode ser explicado por sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, sintetizar fitormônios (auxinas, giberelinas e citocininas) e estimular o desenvolvimento radicular, favorecendo a absorção de nutrientes e a tolerância a estresses bióticos (Cassán & Diaz-Zorita, 2016; Fukami, Cerezini & Hungria, 2018). Além disso, há evidências de que cepas de *A. brasilense* podem atuar indiretamente na redução de doenças foliares, em razão da melhoria do metabolismo da planta e do fortalecimento de suas barreiras estruturais e bioquímicas (Cassán & Diaz-Zorita, 2016). Esses mecanismos explicam a redução significativa da severidade do oídio e o incremento do crescimento observados nas mudas tratadas.

O produto à base de *Bacillus amyloliquefaciens* figuras 13 a 16 não apresentou diferenças estatisticamente significativas para a severidade do oídio, mas observou-se tendência de redução dos sintomas e aumento do vigor geral das mudas. As doses de 3,5 e 7 mL·L<sup>-1</sup> promoveram maior diâmetro médio de caule (3,35 mm) e folhas com coloração mais intensa e uniforme, sugerindo melhora no estado fisiológico das plantas. A ausência de diferenças estatísticas pode estar associada à necessidade de maior tempo de colonização do rizoplano pelo microrganismo para expressão plena de seus efeitos.

**Figura 10 – Média das notas de severidade de oídio em mudas de urucum nas plantas tratadas.**



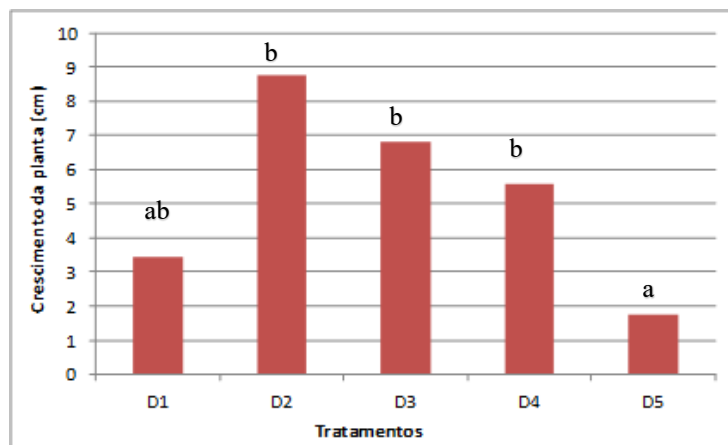
Legenda: \*Médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si entre os tratamentos (CV = 32,89).  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

**Figura 11 – Mudanças de urucum com oídio.**



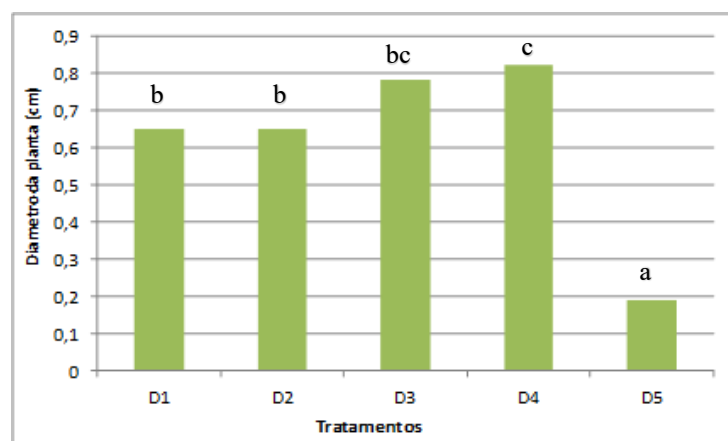
Legenda: A) tratamento D1 e B) tratamento D5.  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

**Figura 12 – Crescimento das plantas tratadas 30 dias após a pulverização.**



Legenda: \*Médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si entre os tratamentos (CV = 43,02).  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

**Figura 13 – Diâmetro médio das plantas tratadas 30 dias após a pulverização.**



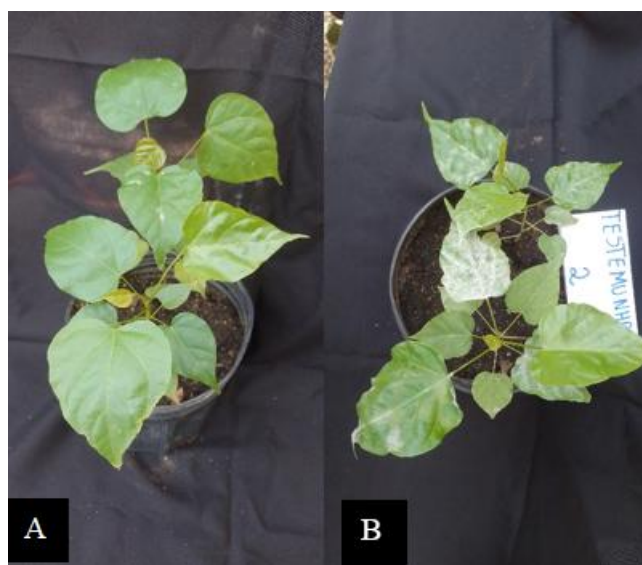
Legenda: \*Médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si entre os tratamentos (CV = 42,40).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O produto à base de *Bacillus amyloliquefaciens* também mostrou resultados promissores, embora sem diferenças significativas. Essa espécie bacteriana é amplamente reconhecida por produzir lipopeptídeos, como iturina, fengicina e surfactina, com propriedades antifúngicas, capazes de inibir a germinação de esporos e o crescimento micelial de patógenos (Fan et al., 2020; Xu et al., 2022). Além disso, *B. amyloliquefaciens* pode promover crescimento vegetal por meio da produção de sideróforos e da solubilização de fosfatos, estimulando a nutrição e o metabolismo das plantas (Fan et al., 2020). Mesmo que o tempo de colonização não tenha sido suficiente para expressar todo o potencial do microrganismo, sua ação benéfica foi perceptível no vigor das mudas e na coloração foliar mais intensa.

De modo geral, todos os produtos biológicos testados demonstraram potencial para o manejo do oídio e para a promoção do crescimento das mudas de urucum-anão, ainda que com variações entre os tratamentos (Figura 17). Observou-se que *T. harzianum* e *A. brasilense* apresentaram os melhores desempenhos no controle da doença, enquanto o extrato de algas marinhas e *B. amyloliquefaciens* mostraram-se mais relacionados à promoção do vigor e à melhoria no desenvolvimento vegetativo. Esses resultados indicam que o uso integrado de diferentes bioinsumos pode proporcionar benefícios complementares, atuando tanto na sanidade quanto no crescimento das plantas.

**Figura 14 – Mudanças de urucum com oídio.**



Legenda: A) tratamento com que *T. harzianum* na D1 e B) testemunha.  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A ausência de fungicidas registrados para o controle do oídio em urucum no sistema AGROFIT (AGROFIT, 2025) reforça a importância da adoção de práticas alternativas e sustentáveis, como o uso de agentes biológicos e bioestimulantes. Esses insumos apresentam vantagens ambientais, econômicas e sociais, além de estarem alinhados às políticas públicas de redução do uso de agrotóxicos, mitigação de impactos ambientais e promoção da agricultura de base biológica, contribuindo para sistemas produtivos mais seguros e sustentáveis (Cassán & Diaz-Zorita, 2016; Contreras-Cornejo et al., 2016; Harman et al., 2021).

Nesse contexto, a integração de diferentes bioinsumos pode representar uma estratégia eficaz para o manejo do oídio, ao combinar mecanismos diretos de controle do patógeno, como

antagonismo, antibiose e competição por nutrientes e espaço, com o fortalecimento fisiológico das plantas, por meio da indução de resistência sistêmica e da promoção do crescimento vegetal (Contreras-Cornejo et al., 2016; Harman et al., 2021; Xu et al., 2022). Essa abordagem está alinhada aos princípios do manejo integrado de doenças (MID) e da produção agrícola sustentável, favorecendo o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais resilientes, eficientes e ecologicamente equilibrados (Craigie, 2011; Fan et al., 2020; Fukami et al., 2018).

## 5. CONCLUSÃO

O fungo *Trichoderma harzianum* e a bactéria *Azospirillum brasilense* reduziram significativamente a severidade do oídio e promoveram o crescimento das mudas de urucum-anão. O extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) e o *Bacillus amyloliquefaciens* apresentaram efeito bioestimulante, com tendência de aumento no vigor das plantas

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT.** Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2026.
- AGRIOS, G. N.** *Plant pathology*. 5. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005.
- ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R.** Doenças do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.). Belém: EMBRAPA, 1988.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E.** How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. *Advances in Agronomy*, v. 108, p. 77–136, 2010.
- BEDENDO, I. P.** *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos*. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011.
- BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B.** *Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. **CABI.** *Bixa orellana (annatto)*. Invasive Species Compendium. Wallingford, 2016.
- CAPRETTI, A.** Powdery mildew on *Bixa orellana* L. *Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale*, Roma, v. 15, n. 2, p. 87–90, 1961.
- CASSÁN, F.; DÍAZ-ZORITA, M.** *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 103, p. 117–130, 2016.
- CASTRO, A. M. C.** Caracterização e seleção de genótipos de urucum (*Bixa orellana* L.). 2010. Trabalho técnico – CATI, São Paulo, 2010.
- CONTRERAS-CORNEJO, H. A. et al.** *Trichoderma* spp. as biocontrol agents: Mechanisms and applications. *Phytopathology*, v. 106, n. 4, p. 355–366, 2016.
- CRAIGIE, J. S.** Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, v. 23, p. 371–393, 2011.
- EMBRAPA.** Doenças do urucuzeiro. Brasília: Embrapa Amazônia Oriental, 2010: Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/395192/1/Doencas-do-urucuzeiro.pdf>. Acesso em: 13 out. 2025.
- FAN, B. et al.** *Bacillus amyloliquefaciens* as a plant growth-promoting bacterium. *Molecules*, v. 25, n. 16, p. 3783, 2020.
- FABRI, E. G.** Cultura do urucum na região da Nova Alta Paulista. Dracena: CATI, 2015.
- FABRI, E. G.; TERAMOTO, J. R. S.** Produção de urucum no Brasil. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 45, n. 2, p. 5–13, 2015.

- FERREIRA, D. F.** SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019.
- FERREIRA, M. E.** Aspectos edafoclimáticos do cultivo do urucum. 2018.
- FONSECA, W. L. et al.** First report of *Erysiphe quercicola* causing powdery mildew in *Bixa orellana* L. *Plant Disease*, v. 103, n. 6, p. 1424, 2019.
- FRANCO, C. F.** Avaliação de cultivares de urucum em diferentes regiões. 2017.
- FUKAMI, J.; CEREZINI, P.; HUNGRIA, M.** Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, p. 1803, 2018.
- GARCIA, J. N.** Caracterização botânica e usos do urucum. 2005.
- GARCIA, J. N.** O urucum e suas aplicações industriais. 2012.
- HARMAN, G. E. et al.** *Trichoderma* species—Opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, v. 2, p. 43–56, 2004.
- HARMAN, G. E. et al.** *Trichoderma*: advances in plant biology. *Fungal Biology Reviews*, v. 37, p. 1–25, 2021.
- IBGE.** Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.
- IBGE.** Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.
- INMET.** Normais climatológicas do Brasil. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2020.
- KOCIRA, S. et al.** Seaweed extracts as biostimulants in agriculture. *Agronomy*, v. 10, n. 3, p. 435, 2020.
- KONRAD, V. E.** Aspectos produtivos do urucum na região da Nova Alta Paulista. Dracena: UNESP, 2015.
- LIMA, D. B. et al.** Caracterização agronômica de variedades de urucum (*Bixa orellana* L.) em condições tropicais. *Revista Científica Rural*, v. 25, n. 1, p. 112–120, 2023.
- NOGUEIRA, R. J. C.** Teor de bixina em diferentes cultivares de urucum. 2010.
- ONGENA, M.; JACQUES, P.** Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology*, v. 16, n. 3, p. 115–125, 2008.
- PAZ LIMA, M. A. C. et al.** Avaliação de genótipos de mamoeiro quanto à resistência ao oídio. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, n. 4, p. 456–460, 2004.
- RUSSOMANNO, O. M. R.; KRUPPA, P. C.; FABRI, E. G.** Ocorrência de oídio (*Oidium bixae*) em urucum (*Bixa orellana* L.) no estado de São Paulo. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 38, n. 2, p. 145–147, 2012.

**SANTOS, A. L.** Levantamento de doenças do urucuzeiro na região amazônica. Belém: Embrapa, 1990.

**SHARMA, H. S. S. et al.** Seaweed-derived biostimulants and crop responses. *Journal of Applied Phycology*, v. 26, p. 465–490, 2014.

**SHORESH, M.; HARMAN, G. E.; MASTOURI, F.** Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopathology*, v. 48, p. 21–43, 2010.

**SHUKLA, P. S. et al.** Ascophyllum nodosum extract-induced resilience in plants. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, p. 655, 2019.

**VALENTIM, R. L.** Efeito de *Trichoderma harzianum* no controle de oídio em urucum. *Revista de Fitopatologia Brasileira*, v. 44, n. 2, p. 231–238, 2019.

**VINALE, F. et al.** *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. *Plant and Soil*, v. 379, p. 1–13, 2014.

**VENTOSA, I. et al.** *Bixa orellana*: an important source of natural pigments. *Journal of Food Research*, v. 5, n. 3, p. 45–53, 2016.

**XU, S. et al.** Bacillus-induced systemic resistance against powdery mildew in cucumber. *Biological Control*, v. 170, p. 104897, 2022.