

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM AGRONOMIA
LACIELY LORRANY LOPES SOUZA

**USO DE BIOINSUMOS MICROBIOLÓGICOS NA CULTURA DO MARACUJÁ,
IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

CERES – GO
2024

LACIELY LORRANY LOPES SOUZA

**USO DE BIOINSUMOS MICROBIOLÓGICOS NA CULTURA DO MARACUJÁ,
IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação da Professora. Dra. Alexsandra Valéria Sousa Costa de Lima.

CERES – GO

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano

S729u

Souza, Laciely Lorrany Lopes.

Uso de bioinsumos microbiológicos na cultura do maracujá, impactos no desenvolvimento vegetativo: uma revisão de literatura [manuscrito] / Laciely Lorrany Lopes Souza. – Ceres, GO: IF Goiano, 2024.

78 fls. : il., tabs.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Alessandra Valeria Souza Costa de Lima.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2024.

1. Desenvolvimento inicial. 2. Biocontrole. 3. Bioestimulantes. 4. Biofertilizantes. 5. Germinação. 6. Inoculantes. 7. Sustentabilidade. I. Lima, Alessandra Valeria Souza Costa de. II. Título. III. Instituto Federal Goiano.

CDU 634.6



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/96, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo:

Nome Completo do Autor: LACIELY LORRANY LOPES SOUZA Matrícula: 2019103200240129
Título do Trabalho: USO DE BIOINSUMOS MICROBIOLÓGICOS NA CULTURA DO MARACUJÁ, IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 19/12/2024

O documento está sujeito a registro de patente? Não Sim O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

gov.br
Documento assinado digitalmente
LACIELY LORRANY LOPES SOUZA
Data: 13/12/2024 13:38:45 -0300
Verifique em <https://val.ifcg.edu.br>

Ceres, 13 de dezembro, 2024.

Assinatura eletrônica do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Cliente e de acordo:

gov.br
Documento assinado digitalmente
ALEXANDRA VALERIA SOUSA COSTA DE LIMA
Data: 14/12/2024 18:51:55 -0300
Verifique em <https://val.ifcg.edu.br>

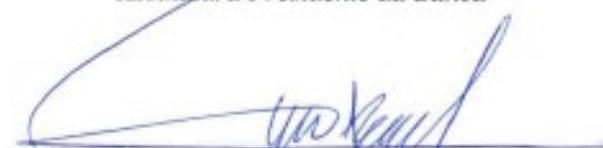
ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

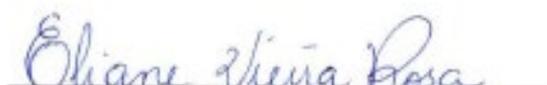
Ao(s) DOZE dia(s) do mês de DEZEMBRO do ano de dois mil e VINTE E QUATRO realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) LACIELY LORRANY LOPES SOUZA, do Curso de BACHARELADO EM AGRONOMIA, matrícula 2019103200240129, cujo título é "USO DE BIOINSUMOS MICROBIOLÓGICOS NA CULTURA DO MARACUJÁ, IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, UMA REVISÃO DE LITERATURA". A defesa iniciou-se às 10 horas e 04 minutos, finalizando-se às 10 horas e 48 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 9,0 no trabalho escrito, média 9,0 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 9,0 de pontos, estando o(a) estudante APTA para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.


Assinatura Presidente da Banca


Assinatura Membro 1 Banca Examinadora


Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre guiou meus passos e iluminou meu caminho, dedico este trabalho como uma expressão da minha gratidão pela sua constante presença em minha jornada.

À minha família, pelo amor incondicional, apoio inabalável e incentivo constante ao longo desta caminhada acadêmica.

À minha orientadora, professora Dra. Alexsandra Valéria Sousa Costa de Lima, pela sabedoria compartilhada, orientação paciente e inspiração constante neste processo de aprendizado.

E não poderia deixar de mencionar minha profunda gratidão à instituição de ensino superior onde estudo, o Instituto Federal Goiano Campus Ceres, por me proporcionar o ensino de excelência.

Que este trabalho possa ser uma pequena contribuição para o conhecimento e um reflexo do apoio que recebi ao longo desta jornada. A todos, o meu sincero agradecimento.

RESUMO

O maracujá é uma cultura de grande importância econômica e social no Brasil, e o uso de bioinsumos, como fungos micorrízicos arbusculares (FMA's), fungos endofíticos e rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs), surge como uma alternativa sustentável aos insumos químicos. O objetivo com esse trabalho foi revisar a literatura sobre o uso de bioinsumos microbiológicos na cultura do maracujá, com foco nos impactos sobre o desenvolvimento vegetativo. A revisão foi realizada entre setembro e novembro de 2024, abrangendo publicações entre 1996 e 2024, obtidas nas plataformas *SciELO*, Google Acadêmico, CAPES Periódicos, *PubMed* e *SCOPUS*. Foram analisados 153 trabalhos, dos quais 136 foram selecionados por sua relevância ao tema. Os termos de busca (termos descritores) incluíram: bioinsumos; biofertilizantes; bioestimulantes; biodefensivos; maracujá; *Passiflora edulis*; dormência; sementes; controle biológico; germinação; estímulo de germinação; *Bacillus spp.*; *Trichoderma spp.*; *Pseudomonas spp.*; *Burkholderia spp.*; *Gigaspora spp.*; *Glomus spp.* Os critérios de inclusão consideraram artigos acadêmicos, revisões, trabalhos de conclusão de curso, teses de mestrado e doutorado, além de capítulos de livros. O uso de bioinsumos na cultura do maracujá é uma alternativa promissora para promover uma agricultura mais sustentável, proporcionando melhorias no desenvolvimento vegetativo, resistência a doenças e eficiência na absorção de nutrientes. No entanto, desafios como regulamentação inadequada, altos custos de produção e falta de conhecimento dos agricultores ainda limitam sua adoção em larga escala. A integração de bioinsumos com práticas de manejo integrado, utilizando doses reduzidas de insumos químicos, pode ser eficaz para equilibrar produtividade e sustentabilidade. Investimentos em pesquisa, políticas públicas de apoio e capacitação dos produtores são essenciais para ampliar o uso desses insumos. A revisão apontou que, apesar do potencial dos bioinsumos em melhorar o cultivo do maracujá, sua adoção ainda enfrenta desafios significativos, como a falta de regulamentação adequada e a carência de conhecimento técnico por parte dos agricultores. Para superar esses obstáculos, é necessário investir em políticas públicas de incentivo, pesquisa e capacitação. A integração dos bioinsumos com práticas de manejo integrado se mostrou promissora para maximizar a produtividade e garantir a sustentabilidade. Com esses esforços, os bioinsumos têm

o potencial de transformar a cultura do maracujá e contribuir para um sistema agrícola mais resiliente e sustentável no Brasil.

Palavras-chave: Desenvolvimento inicial. Biocontrole. Bioestimulantes. Biofertilizantes. Germinação. Inoculantes. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Passion fruit is a crop of great economic and social importance in Brazil, and the use of bioinputs, such as arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs), endophytic fungi, and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPRs), emerges as a sustainable alternative to chemical inputs. The aim of this study was to review the literature on the use of microbiological bioinputs in passion fruit cultivation, focusing on their impacts on vegetative development. The review was conducted between September and November 2024, covering publications from 1996 to 2024, obtained from platforms such as *SciELO*, Google Scholar, CAPES Journals, *PubMed*, and *SCOPUS*. A total of 153 works were analyzed, of which 136 were selected for their relevance to the topic. The search terms (descriptors) included: bioinputs; biofertilizers; biostimulants; biopesticides; passion fruit; *Passiflora edulis*; dormancy; seeds; biological control; germination; germination stimulation; *Bacillus spp.*; *Trichoderma spp.*; *Pseudomonas spp.*; *Burkholderia spp.*; *Gigaspora spp.*; *Glomus spp.* The inclusion criteria considered academic articles, reviews, undergraduate theses, master's and doctoral dissertations, and book chapters. The use of bioinputs in passion fruit cultivation is a promising alternative for promoting more sustainable agriculture, offering improvements in vegetative development, disease resistance, and nutrient absorption efficiency. However, challenges such as inadequate regulation, high production costs, and farmers' lack of knowledge still limit its large-scale adoption. Integrating bioinputs with integrated management practices, using reduced doses of chemical inputs, can effectively balance productivity and sustainability. Investments in research, public policies for support, and farmer training are essential to expand the use of these inputs. The review highlighted that, despite the potential of bioinputs to improve passion fruit cultivation, their adoption still faces significant challenges, such as the lack of adequate regulation and technical knowledge among farmers. To overcome these obstacles, it is necessary to invest in incentive policies, research, and training. The integration of bioinputs with integrated management practices proved to be promising for maximizing productivity and ensuring sustainability. With these efforts, bioinputs have the potential to transform passion fruit cultivation and contribute to a more resilient and sustainable agricultural system in Brazil.

Keywords: initial development. Biocontrol. Biostimulants. Biofertilizers, Germination. Inoculants. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Frutos e flores das diversas espécies do gênero <i>Passiflora</i> , evidenciando a grande biodiversidade do maracujá.	7
Figura 2: Principais espécies comerciais do gênero <i>Passiflora</i> : <i>P. edulis</i> Sims. (a) ; <i>P. alata</i> Curtis (b) ; <i>P. setacea</i> D.C. (c) ; <i>P. ligularis</i> A. Juss. (d) ; <i>P. nitida</i> Kunth (e) ; <i>P. cincinnata</i> Mast. (f) ; <i>P. tripartita</i> (Juss.) Poir. (g) ; <i>P. maliformis</i> L. (h) ; <i>P. edulis</i> f. <i>edulis</i> Sims. (i) ; <i>P. quadrangularis</i> L. (j) ; Híbrido ornamental <i>P. setacea</i> X <i>P. coccinea</i> cv. BRS Estrela do Cerrado (k) ; Híbrido ornamental <i>P. edulis</i> X <i>P. incarnata</i> cv. BRS Céu do Cerrado (l)	8
Figura 3: <i>Passiflora edulis</i> : plantas em campo.	10
Figura 4: Anatomia da folha para a espécie <i>Passiflora cirrhiflora</i> Juss.	12
Figura 5: Anatomia foliar da espécie <i>Passiflora edulis</i> Sims.	12
Figura 6: Morfologia da flor de maracujazeiros de diferentes espécies: (A) <i>P. miersii</i> ; (B) <i>P. amethystina</i> ; (C) <i>P. gardneri</i> (EMBRAPA, 2018a); (D) <i>P. amethystina</i> ; (E) <i>P. edulis</i> amarelo; (F) <i>P. foetida</i> (EMBRAPA, 2018a); (G) <i>P. eichleriana</i> x <i>P. gibertii</i> ; e (H) <i>P. amethystina</i>	13
Figura 7: (A) Frutos de maracujá-do-sono (<i>P. setacea</i>), (B) Maracujá-roxo (<i>P. edulis</i> Sims.), (C) Maracujá doce (<i>P. alata</i>) e (D) Maracujá azedo BRS Sol do Cerrado (<i>P. edulis</i>).	14
Figura 8: <i>Passiflora edulis</i> , semente.	15
Figura 9 Tipos de produtos biológicos segundo à legislação brasileira.	18
Figura 10: Produção de bioinsumos "on farm".	19
Figura 11: Categorias de bioinsumos para uso agrícola.	20
Figura 12: Biofertilizantes de microrganismos.	22
Figura 13: Tipos de bioestimulantes.	24
Figura 14: Classificação dos biodefensivos.	26
Figura 15: <i>Scutelospora heterogama</i> (A) em comparação com a testemunha (B) referente ao tamanho de raízes e volume de folhas.	31
Figura 16: Estruturas de penetração e esporos de <i>Glomus etunicatum</i>	31
Figura 17: Estruturas de penetração e esporos de <i>Scutelospora heterogama</i>	32
Figura 18: Germinação de sementes de maracujá por 15 dias após inoculação com <i>Trichoderma harzianum</i>	35

Figura 19: Crescimento de <i>Trichoderma</i> sp. (esquerda) e <i>Fusarium solani</i> (direita), em cultura pareada, aos quatro (A), oito (B) e doze (C) dias após a incubação. Cultura pura de <i>F. solani</i> aos doze dias de incubação (D).	36
Figura 20: Antagonismo entre <i>Bacillus subtilis</i> e <i>Fusarium solani</i> do maracujazeiro, isolados Anagé e Dom Basílio, após oito dias de incubação em câmara de crescimento, por cultura pareada (T1 e T2), cultura do patógeno sobre cultura do antagonista (T3 eT4), metabólitos voláteis (T5 e T6), metabólitos termoestáveis (T7 e T8) e livre crescimento (tratamento controle) (T9 e T10).	38
Figura 21: Estabilidade da atividade antifúngica do BVAP quando submetido a o a tratamento térmico ou tratamento ácido-base.....	39
Figura 22: Apresentação esquemática de solubilização de fosfato por Microrganismos Solubilizadores de Fosfato. A placa PSB ilustrada na figura representa bactérias solubilizadoras de fosfato com formação de zona de halo.....	44
Figura 23: Bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP), mecanismo de ação.	48
Figura 24: O ciclo simbiótico dos FMA's, nas raízes das plantas.....	49
Figura 25: Esquema exemplificando o possível mecanismo de colonização desenvolvido por fungos endofíticos.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Percentual de germinação de sementes de maracujazeiro amarelo em função de técnicas para superação da dormência aos 5, 6 e 7 dias.....	16
---	-----------

LISTA DE TERMOS

PGPB: Plant Growth-Promoting Bacteria (Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas).

FMA's: Fungos Micorrízicos Arbusculares.

On farm: Práticas, processos ou atividades realizadas diretamente na propriedade rural, ou seja, na fazenda.

PNB: Programa Nacional de Bioinsumos.

BPCP: Bactérias Promotoras do crescimento de plantas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 METODOLOGIA	4
3 REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 A cultura do maracujá	5
3.1.1 Importância econômica e social do cultivo de maracujá no Brasil e no mundo	5
3.1.2 Principais espécies cultivadas e características morfológicas	7
3.1.2.1 Características Morfológicas	10
3.1.2.1.1 Planta	10
3.1.2.1.2 Folha	11
3.1.2.1.3 Flor	12
3.1.2.1.4 Fruto	13
3.1.3 Técnicas de propagação e desafios no cultivo do maracujá	14
3.2 Bioinsumos na agricultura	17
3.2.1 Introdução ao conceito de bioinsumos	18
3.2.2 Classificação de bioinsumos	20
3.2.2.1 Biofertilizantes	21
3.2.2.2 Bioestimulantes	23
3.2.2.3 Biodefensivos	24
3.3 Bioinsumos microbiológicos no cultivo do maracujá: influência na germinação e crescimento inicial	27
3.3.1 Efeitos dos bioinsumos sobre o comportamento vegetativo do maracujá (<i>Passiflora</i> spp.)	27
3.3.1.1 Efeito do biofertilizantes sobre o comportamento vegetativo	28
3.3.1.1.1. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP)	28
3.3.1.1.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e endofíticos	29
3.3.2. Efeito dos bioestimulantes sobre o comportamento vegetativo	34
3.3.3 Efeitos dos biodefensivos sobre o comportamento vegetativo	36
3.4 Comparação entre o uso de bioinsumos e insumos tradicionais no cultivo de maracujá	42
3.4.1 Efeitos dos bioinsumos na qualidade do solo	42
3.4.1.1 Crescimento vegetativo	43

3.4.1.2 Controle de pragas e doenças	43
3.5 Mecanismos de ação dos microrganismos multifuncionais	44
3.5.1 Interações ecológicas e multifuncionalidade dos microrganismos	45
3.5.2 Solubilização de nutrientes e aumento da disponibilidade de fósforo	46
3.5.3 Produção de fitormônios (auxinas, giberelinas, citocininas) e estímulo ao crescimento	51
3.5.4 Mecanismos de ação antagônica e indução de resistência sistêmica por bioinsumos	52
3.5.4.1 Indução de resistência em plantas	52
3.5.4.2 Produção de compostos de defesa	53
3.5.4.3 Mecanismos antagônicos	53
3.5.4.4 Antibiose e produção de biofilmes	54
3.6 Desafios e perspectivas para o uso de bioinsumos na cultura do maracujá	54
3.6.1 Desafios regulatórios e logísticos	54
3.6.2 Conhecimento por parte dos produtores e custo dos bioinsumos	56
3.6.3 Armazenamento, aplicabilidade e compatibilidade com insumos químicos	56
3.6.4 O Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) e as perspectivas futuras....	58
3.6.5 Oportunidades para uma agricultura sustentável.....	58
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

O termo “maracujá” refere-se genericamente ao fruto e à planta de várias espécies pertencentes ao gênero *Passiflora*. No contexto brasileiro, destaca-se a espécie *Passiflora edulis* Sims, conhecida como maracujazeiro azedo, que desempenha um papel significativo tanto na economia quanto na sociedade do país, ocupando mais de 90% dos pomares e participando ativamente da cadeia produtiva de frutas frescas e do setor agroindustrial (Faleiro, 2022).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2023 a produção brasileira de maracujá foi de aproximadamente 700 mil toneladas. Esse volume de maracujá representa mais de 70% da produção global, posicionando o Brasil como o maior produtor e consumidor mundial desse fruto (Faleiro, 2022).

Conforme estudos anteriores, a propagação do maracujá para estabelecimento de pomares comerciais comumente é feita por meio de sementes, devido ao custo acessível e à ampla disponibilidade. No entanto, garantir a uniformidade e produtividade do pomar depende da germinação uniforme e do desenvolvimento das sementes utilizadas em mudas comerciais, o que pode ser afetado por desafios de dormência (Zaindan; Barbedo, 2004 citado por Oliveira *et al.* 2023). Segundo Brasil (2009), sementes dormentes são definidas como “embora viáveis não germinam, mesmo quando colocadas nas condições especificadas para a espécie em teste. Algumas dessas sementes são capazes de absorver água e intumescer, mas não germinam nem apodrecem até o final do teste”.

Os microrganismos que estimulam o crescimento de plantas podem estabelecer relações simbióticas, seja diretamente nas raízes (micorrízicos) ou dentro dos tecidos (endofíticos), resultando em benefícios para as mudas, incluindo aumento do vigor e resistência a doenças de plantas (Andrade *et al.* 2021). Os fungos endofíticos, por exemplo, colonizam tecidos internos das plantas sem causar doenças e desempenham um papel importante na promoção do crescimento vegetal. Em algumas espécies, esses fungos produzem enzimas hidrolíticas, como lipases e celulasas, que auxiliam na decomposição de compostos orgânicos, na defesa contra patógenos e na disponibilização de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das mudas. Isolados endofíticos dos gêneros *Fusarium*, *Colletotrichum* e *Acremonium* demonstraram atividade lipolítica, favorecendo o crescimento e a resistência de

mudas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*). Ao colonizarem o sistema radicular, esses isolados otimizam a absorção de nutrientes e contribuem para o aumento da biomassa. (Luz *et al.* 2006; Machado *et al.* 2012).

Já os fungos micorrízicos arbusculares (FMA's), como *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, estabelecem simbiose com as raízes das plantas, ampliando a capacidade da planta de absorver fósforo, potássio e outros nutrientes de baixa mobilidade no solo. Esse efeito é particularmente vantajoso para o maracujazeiro, que possui um sistema radicular com poucos pelos absorventes. A inoculação com FMA's tem demonstrado reduzir a necessidade de doses elevadas de fósforo na produção de mudas, promovendo um crescimento vigoroso mesmo em solos pobres em nutrientes (Martins e Soares, 2000; Vitorazzi Filho *et al.* 2012).

Além disso, a adição de compostos fenólicos, como formononetina e quercetina, pode estimular ainda mais a colonização micorrízica em substratos não estéreis, promovendo o desenvolvimento das mudas de maracujá e aumentando o teor de nutrientes, como fósforo e potássio, nas folhas e raízes. Esses compostos fortalecem a interação entre os FMA's e a planta hospedeira, resultando em maior biomassa e resistência da planta, especialmente em condições de estudo desafiadoras (Martins e Soares, 2000).

Como alternativa ao uso de produtos químicos sintéticos, o uso de inoculantes nas lavouras está em contínuo crescimento e pesquisa. De particular interesse são as chamadas rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPR), que podem ser simbiontes ou saprófitas de vida livre (Marochine *et al.* 2018). As bactérias endofíticas são conhecidas por sua capacidade de promover o crescimento de forma direta ou indireta através de uma variedade de atividades metabólicas. Elas facilitam a aquisição de recursos minerais, como fósforo, potássio, zinco e ferro, e regulam a produção de hormônios vegetais, como giberelina e citocinina. Além disso, podem suprimir diretamente o crescimento de fitopatógenos por atividades antagônicas, como a colonização de nichos ecológicos, a competição nutricional e a indução de resistência sistêmica do hospedeiro (Wang *et al.* 2023).

Dentro dos diferentes grupos bacterianos considerados PGPR e endofíticos, *Bacillus* spp. são bem conhecidos pela sua capacidade de estimulação do crescimento nas culturas, e especialmente interessados como agentes de controle biológico devido à sua capacidade de produzir uma ampla gama de compostos

naturais com efeitos antibióticos (Wang *et al.* 2023). Conforme observado por Fiodor (2023), a inoculação com bactérias promotoras do crescimento (PGPB sementes) é uma área de pesquisa em expansão, com potencial para influenciar significativamente a germinação e o vigor inicial das plântulas.

Apesar da relevância desse fenômeno, há poucos estudos que investigam a interação simbiótica entre espécies de *Passiflora* e microrganismos promotores de crescimento, especialmente no contexto da produção de maracujá. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo investigar o impacto da inoculação de bioinsumos na germinação, no crescimento e desenvolvimento das mudas de maracujá (*Passiflora* spp.). Por meio de uma abordagem experimental detalhada, serão analisados os efeitos dos bioinsumos sobre a velocidade e a uniformidade da germinação, o vigor inicial das plântulas e o desenvolvimento das mudas.

O objetivo geral com esse trabalho foi revisar a literatura sobre o uso de bioinsumos microbiológicos na cultura do maracujá, com foco nos impactos sobre o desenvolvimento vegetativo.

Os objetivos específicos deste estudo foram: revisar a literatura sobre o uso de bioinsumos microbiológicos na cultura do maracujá, com ênfase na classificação, modo de ação e potencial desses insumos; analisar os efeitos dos bioinsumos na germinação, no crescimento e no vigor inicial das mudas de maracujá; avaliar sua influência na absorção de nutrientes e na eficiência do uso de recursos minerais pelas plantas; investigar o impacto dos bioinsumos na resistência das plantas a doenças e estresses abióticos, como seca e salinidade; e comparar os efeitos ambientais e a sustentabilidade do uso de bioinsumos em relação aos insumos químicos tradicionais, destacando os benefícios e desafios dessa prática.

2 METODOLOGIA

Esta revisão da literatura ocorreu de setembro a novembro de 2024 e foi elaborada com base em um levantamento da literatura disponível em periódicos nacionais e internacionais abrangendo o período de 1996 a 2024. A busca foi realizada em plataformas amplamente reconhecidas, como SciELO, Google Acadêmico, CAPES Periódicos, PubMed e SCOPUS, com foco nos artigos mais relevantes sobre o tema.

Os termos de busca (termos descritores) incluíram: bioinsumos; biofertilizantes; bioestimulantes; biodefensivos; maracujá; *Passiflora edulis*; dormência; sementes; controle biológico; germinação; estímulo de germinação; *Bacillus spp.*; *Trichoderma spp.*; *Pseudomonas spp.*; *Burkholderia spp.*; *Gigaspora spp.*; *Glomus spp.*

Os critérios de inclusão consideraram artigos acadêmicos, revisões, trabalhos de conclusão de curso, teses de mestrado e doutorado, além de capítulos de livros, que discutem os efeitos dos bioinsumos, destacando seu potencial em melhorar a nutrição das plantas, resistência a doenças e resiliência ao estresse abiótico, além de contribuir para a sustentabilidade ambiental e a redução de custos. Inicialmente, foram selecionados 153 trabalhos, mas, após uma leitura minuciosa de todos os documentos, foram escolhidos 136 que atendiam aos temas abordados e ao critério de publicação nos últimos 28 anos, tanto em Língua Inglesa quanto em Língua Portuguesa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do maracujá

3.1.1 Importância econômica e social do cultivo de maracujá no Brasil e no mundo

O maracujá faz parte de um grupo diversificado de frutas, composto por 18 gêneros, sendo o gênero *Passiflora* o mais proeminente, possuindo 500 espécies, sendo 150 nativas do Brasil. Isso contribui para que a fruta seja vista como um símbolo nacional e desempenhe um papel fundamental na fruticultura brasileira (ApexBrasil, 2023).

Os principais países produtores de maracujá, em ordem de importância, incluem Brasil, Peru, Sri Lanka, Equador, Austrália, Quênia, Havaí e África do Sul. Enquanto Peru e Equador lideram a exportação de suco concentrado de maracujá, a Colômbia vem se destacando na exportação de frutas frescas de diferentes espécies de *Passiflora*, especialmente *P. edulis* Sims f. *edulis*, conhecida como maracujá-roxo ou gulupa, e *P. ligularis* Juss., chamada granadilla (Campo & Negócios, 2022).

A espécie de maior relevância econômica e social no Brasil é a *Passiflora edulis* Sims, conhecida como maracujazeiro-azedo, que representa mais de 95% dos pomares, devido à qualidade de seus frutos, vigor, produtividade e rendimento em suco. Essa espécie possui uma cadeia produtiva consolidada, abrangendo tanto o mercado de frutas frescas quanto o setor agroindustrial. No Brasil, além da *Passiflora edulis*, outras espécies de maracujá, como *P. alata* (maracujá-doce), *P. setacea* (maracujá do cerrado) e *P. cincinnata* (maracujá da caatinga), também são cultivadas comercialmente. O país é considerado o principal centro de diversidade de maracujás, com diversas espécies nativas que apresentam grande potencial comercial, incluindo híbridos interespecíficos com fins ornamentais (Campo & Negócios, 2022).

O Brasil destaca-se como o principal produtor mundial de maracujá, responsável por 70% da produção global, com uma produção superior a 700 mil toneladas e rendimento médio de 15.543 kg por hectare, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O país cultiva maracujá em uma área de 46 mil hectares plantados e é também o maior consumidor da fruta. A região

Nordeste é a mais relevante, sendo responsável por 60,0% da produção nacional, com a Bahia e o Ceará entre os estados de maior destaque (IBGE, 2023).

Com seu sabor inconfundível e propriedades nutricionais, três variedades de maracujá têm destaque no cenário do cultivo brasileiro: o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), o maracujá-roxo (*Passiflora edulis Sims*) e o maracujá-doce (*Passiflora alata*). Com manejo adequado, especialmente irrigação, é possível cultivar a fruta durante todo o ano, adaptando-se às diferentes condições climáticas das várias regiões brasileiras (ApexBrasil, 2023).

De acordo com a Abrafrutas (2023), além de atender à demanda do mercado interno, o país também exporta a fruta em várias formas, como fruta fresca, em conserva e como suco concentrado. São os países europeus que mais desfrutam dessa iguaria tropical, impulsionando ainda mais a economia frutícola brasileira. Em relação à exportação do suco de maracujá, em 2022 o Brasil vendeu cerca de 1.261.000 toneladas, representando uma alta de mais de 30% em relação ao registro do ano anterior (Embrapa, 2023).

O maracujá emergiu como um produto de exportação significativo para a América do Sul, gerando cerca de 1,2 milhão de dólares no mercado brasileiro em 2019 (Comex Stat, 2019).

Segundo Rizzi et al. (1998), a cultura do maracujá tem se destacado na fruticultura tropical, segmento que se expandiu significativamente nos últimos 30 anos. De acordo com Meletti et al. (2010), essa cultura é vista como uma alternativa atrativa para pequenas propriedades cafeeiras, sendo a fruta que mais tem despertado o interesse dos produtores. O maracujá oferece um retorno econômico rápido e uma receita distribuída ao longo do ano, características que o tornam uma boa opção em comparação com outras frutas, que costumam levar anos para entrar em produção. Esse fator é especialmente relevante para produtores que precisam de renda imediata, após perdas em outras atividades agrícolas.

O maracujazeiro-azedo é cultivado por pequenos, médios e grandes produtores em todos os biomas, regiões e unidades federativas do Brasil, onde existem diferentes condições de solo e de clima e variados sistemas de produção (Campo e Negócios, 2022).

Além dessa ampla distribuição, o cultivo do maracujá gera empregos e promove a inclusão social, especialmente em comunidades rurais. A cultura beneficia diretamente pequenos produtores, fortalecendo a agricultura familiar e sendo uma importante fonte de renda, sobretudo em regiões tropicais. Assim, contribui para o desenvolvimento local e a melhoria da qualidade de vida.

3.1.2 Principais espécies cultivadas e características morfológicas

Como citado anteriormente, o gênero *Passiflora* detém cerca de 500 espécies de maracujá, das quais 150 nativas do Brasil, um dos principais centros de diversidade genética (Cervi, 2010). A Figura 1 expressa essa diversidade genética.



Figura 1: Frutos e flores das diversas espécies do gênero *Passiflora*, evidenciando a grande biodiversidade do maracujá.

Fonte: Junqueira; Faleiro, 2017.

O Brasil e a Colômbia destacam-se por possuírem a maior diversidade de espécies de maracujá, tanto silvestres quanto comerciais. A espécie de maior expressão econômica e territorial é o maracujá-azedo ou maracujá-amarelo

(*Passiflora edulis* Sims.), que ocupa mais de 90% dos pomares brasileiros. No entanto, outras espécies também são cultivadas comercialmente, embora em áreas menores, como *Passiflora alata* Curtis (maracujá-doce), *P. setacea* DC. (maracujá-do-sono ou maracujá-sururuca) e *P. cincinnata* Mast. (maracujá-do-mato ou maracujá-da-caatinga) (Junghans, 2022). A Figura 2, mostra as principais espécies do gênero *Passiflora* cultivadas comercialmente.

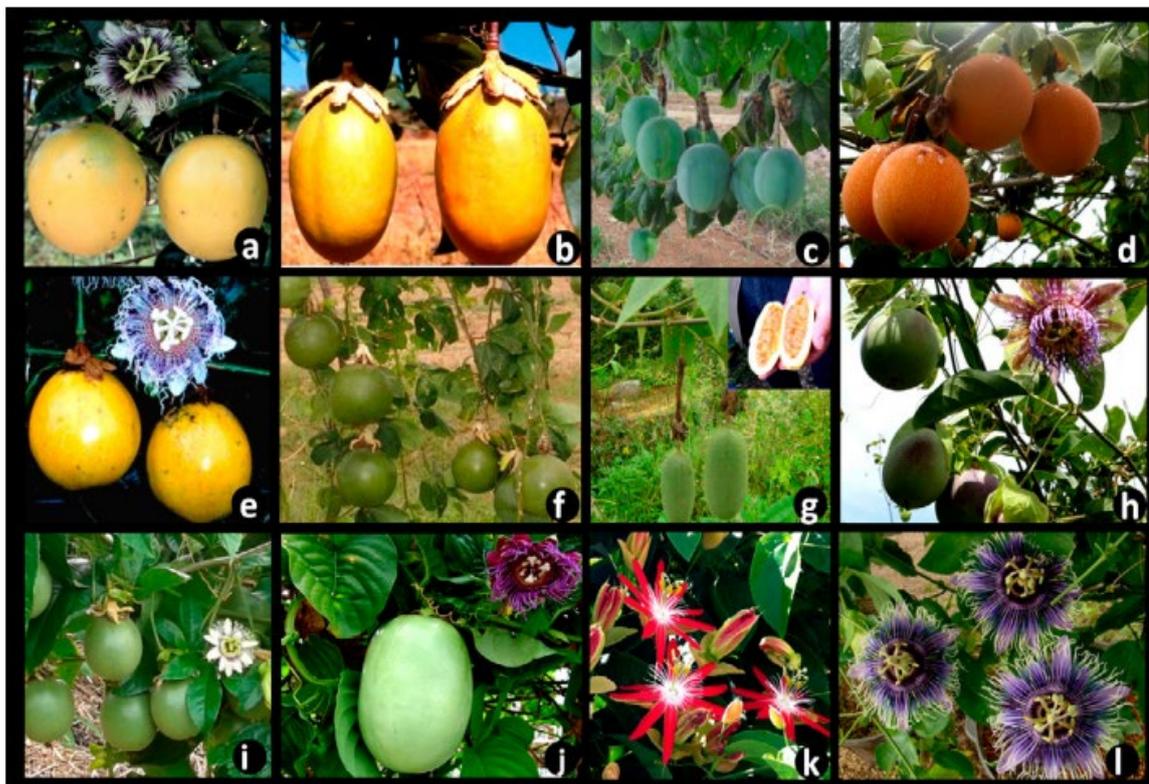


Figura 2: Principais espécies comerciais do gênero *Passiflora*: *P. edulis* Sims. (a); *P. alata* Curtis (b); *P. setacea* D.C. (c); *P. ligularis* A. Juss. (d); *P. nitida* Kunth (e); *P. cincinnata* Mast. (f); *P. tripartita* (Juss.) Poir. (g); *P. maliformis* L. (h); *P. edulis* f. *edulis* Sims. (i); *P. quadrangularis* L. (j); Híbrido ornamental *P. setacea* X *P. coccinea* cv. BRS Estrela do Cerrado (k); Híbrido ornamental *P. edulis* X *P. incarnata* cv. BRS Céu do Cerrado (l).

Fonte: Junqueira; Faleiro, 2017.

Além dessas, outras espécies como *P. nitida* Kunth (maracujá suspiro, maracujá do cerrado), *P. quadrangularis* L. (maracujá gigante, badea, maracujá de quilo), e *P. maliformis* L. (cholupa, granadilla de piedra) são cultivadas em menor escala no Brasil. A cadeia produtiva no país também está ampliando o uso de híbridos interespecíficos para fins ornamentais, uma prática comum em alguns países europeus. (Faleiro *et al.* 2017).

Os cultivares de maracujá desenvolvidos pela Embrapa e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) incluem tecnologias de destaque para a produção de maracujá-azedo (*Passiflora edulis*). O IAC lançou três cultivares principais: IAC 273, IAC 275 e IAC 277, desenvolvidos com foco em alta produtividade e qualidade de frutas, tanto para consumo in natura quanto para a agroindústria. Essas cultivares destacam-se pelo maior teor de sólidos solúveis e pela cor da polpa, fatores importantes para o mercado. Já a Embrapa introduziu cultivares como BRS Rubi do Cerrado, BRS Gigante Amarelo e BRS Sol do Cerrado, que também apresentam dupla aptidão e características como maior percentual de polpa e produtividade elevada. Desde 2008, a Embrapa ganhou espaço no mercado com suas sementes licenciadas, competindo com as tecnologias do IAC, especialmente no segmento de frutas frescas (Fredo *et al.* 2021).

Conforme (Junqueira *et al.* 2017, citado por Junghans, 2022), há ainda mais de 60 espécies silvestres de maracujá possuem potencial econômico, com possibilidades de exploração nas áreas de alimentação, uso medicinal ou ornamental ainda pouco exploradas.

Segundo o IBGE (2021), o maracujá-amarelo ou maracujá-azedo é uma espécie nativa do Brasil, sendo cultivada em todos os estados do país. Por muito tempo, o maracujá-amarelo e o maracujá-roxo foram diferenciados como *P. edulis* forma *flavicarpa* e *P. edulis* forma *edulis*, respectivamente, conforme a descrição de Degener (1932) e citado por Junghans (2022). No entanto, Killip (1938), citado por Junghans (2022), argumentou que as distinções entre variedades eram inconsistentes, uma vez que as características não variavam de maneira associada. Essa visão foi apoiada por Bernacci *et al.* (2008), que sugeriram o uso de categorias de cultivares, afirmando que ambos os tipos de maracujá devem ser designados como *P. edulis* Sims.

De acordo com Jesus *et al.* (2017), no Brasil, existem várias cultivares de maracujá-azedo disponíveis, e é essencial que o agricultor teste as diferentes opções para selecionar a que melhor se adapta à sua região, já que a produtividade da espécie é fortemente influenciada pelo ambiente.

3.1.2.1 Características Morfológicas

3.1.2.1.1 Planta

Para Jesus e Faleiro ([s.d]), as plantas de maracujazeiro (Figura 3), que podem ser herbáceas ou lenhosas, geralmente alcançam entre 5 e 10 metros de comprimento. Essas espécies caracterizam-se por um crescimento vigoroso e contínuo, com sistema radicular superficial e um longo período produtivo, florescendo e frutificando ao longo de vários meses do ano. Folhas, flores e frutos também variam em formato, cor e tamanho, dependendo da espécie.



Figura 3: *Passiflora edulis*: plantas em campo.

Fonte: Jornal Agrícola, 2013.

O início da fase reprodutiva do maracujá ocorre seis meses após a semeadura, com flores autoincompatíveis e diâmetro de aproximadamente 8,5 cm. As flores abrem às 13h e fecham às 18h. Na região do Submédio do Vale do São Francisco, as flores abrem às 13h, momento em que os filetes se curvam para baixo e as anteras se abrem, posicionando-se em direção à corona. Os estiletes iniciam a curvatura logo após a antese, levando em média 1 hora e 11 minutos para

completar o processo, e têm um tempo de vida de 12 horas (Siqueira; Kill, 2009, citado Junghans, 2022).

Os frutos de uma variedade identificada e armazenada pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, abscindem quando a casca apresenta coloração verde-amarelada, com o ponto de colheita ocorrendo dois meses após a polinização. O comprimento médio do fruto é de 9,5 cm (variando de 9,2 cm a 9,8 cm), e o diâmetro médio é de 8,6 cm (variando de 8,4 cm a 8,9 cm). O pedúnculo tem comprimento médio de 6,9 cm, e a massa média do fruto é de 232 g (variando de 225 g a 239 g), enquanto a massa média da casca é de 110 g (variando de 101 g a 121 g). Cada fruto contém, em média, 400 sementes, com arilo amarelo-alaranjado, massa média de 100 sementes de 2,3 g e comprimento médio de 0,63 cm (Junghans, 2022).

De acordo com Fávaris et al. (2020), a propagação seminífera é o método principal utilizado para propagar as espécies de maracujá. No entanto, a germinação das sementes de maracujá doce é geralmente baixa e desigual, fato que pode estar relacionado à impermeabilidade do tegumento, à imaturidade fisiológica e embrionária, bem como à presença de substâncias inibitórias.

3.1.2.1.2 Folha

Como aponta Faleiro et al. (2005), nas espécies da família *Passifloraceae* a morfologia, tanto reprodutiva, sobretudo flores e brácteas, quanto vegetativa, especialmente folhas e estípulas, é muito variável, sendo que a diversidade morfológica foliar representa a maior variação descrita em angiospermas.

Em alguns casos, é possível distinguir as espécies apenas pela morfologia foliar, como é o caso de *Passiflora cirrhiflora* Juss., da região Amazônica (Figura 4).



Figura 4: Anatomia da folha para a espécie *Passiflora cirrhiflora* Juss.

Fonte: Beraldo; Kato, 2010.

A Figura 5 mostra a diferença entre a morfologia foliar entre as espécies.

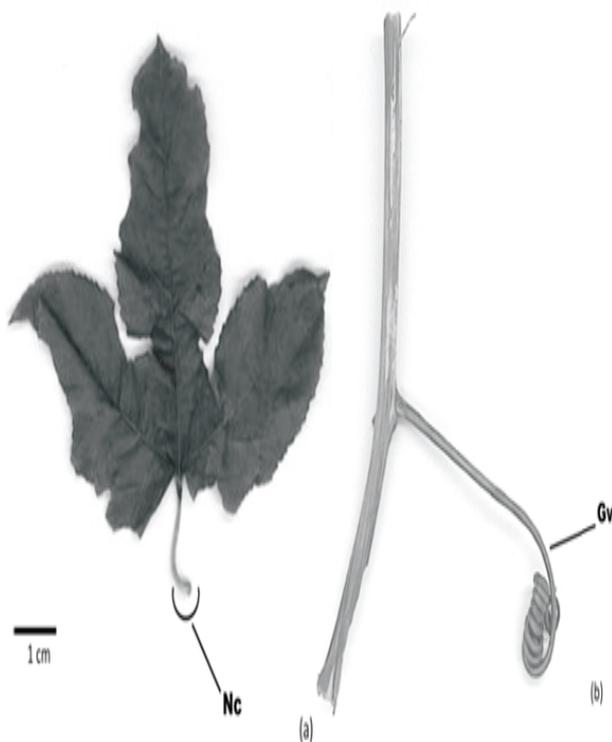


Figura 5: Anatomia foliar da espécie *Passiflora edulis* Sims.

Fonte: Prevóst, 2000.

3.1.2.1.3 Flor

Como aponta Faleiro *et al.* (2017), nas plantas do gênero *Passiflora*, as flores, além de hermafroditas, são grandes e chamativas, com cores que variam entre branco, rosa, magenta, tons de vermelho, azul ou roxo, e possuem brácteas foliares na base para proteção (Figura 6). A corona, formada por múltiplos filamentos, é uma característica distinta do gênero, cuja origem, segundo estudos, vem de sépalas e pétalas, não de estames.

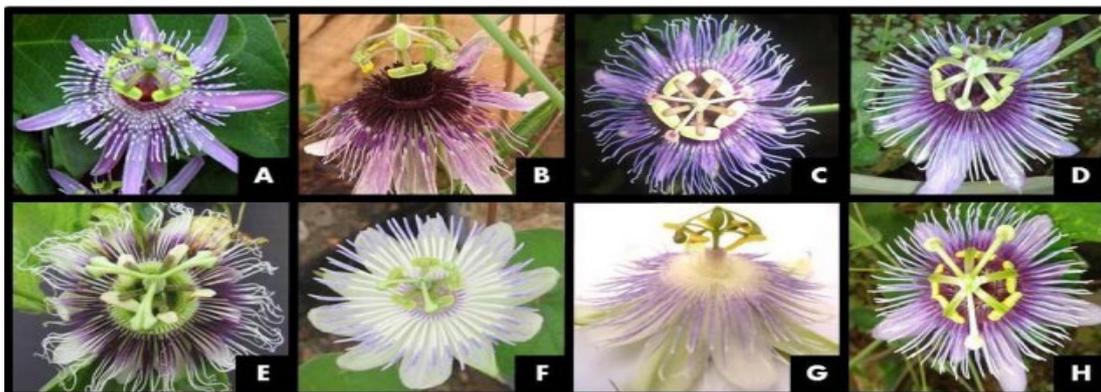


Figura 6: Morfologia da flor de maracujazeiros de diferentes espécies: (A) *P. miersii*; (B) *P. amethystina*; (C) *P. gardneri* (EMBRAPA, 2018a); (D) *P. amethystina*; (E) *P. edulis* amarelo; (F) *P. foetida* (EMBRAPA, 2018a); (G) *P. eichleriana* x *P. gibertii*; e (H) *P. amethystina*.

Fonte: Esashika, 2018.

No centro da flor, há um androginóforo colunar que sustenta o ovário, que é globoso, unilocular e multiovulado. A estrutura feminina conta com três estiletos com estigmas capitados, e a estrutura masculina é composta por cinco estames com anteras dorsifixas.

A abertura das flores ocorre em diferentes períodos do dia conforme a espécie, podendo ser matutina, vespertina ou noturna, e algumas espécies precisam de dias mais longos para induzir o florescimento, indicando sensibilidade ao fotoperíodo.

3.1.2.1.4 Fruto

Os frutos do maracujá geralmente são bagas indeiscentes ou cápsulas deiscentes e apresentam uma variedade de formas, como ovalada, oblonga, arredondada, oblata, elipsoide, fusiforme, oboval e periforme, além de cores que podem variar entre verde, amarelo, laranja, rosado, vermelho e roxo, como mostra

a Figura 7 (Vanderplank, 2000; Ulmer e Macdougall, 2004; Faleiro *et al.* 2017; Jesus *et al.* 2019). As sementes, por sua vez, são normalmente comprimidas, com superfícies reticuladas, pontuadas ou alveoladas transversalmente, e envoltas em um arilo mucilaginoso. Essas sementes são classificadas como ortodoxas ou ortodoxas intermediárias (Nunes e Queiroz, 2006; Faleiro *et al.* 2017).

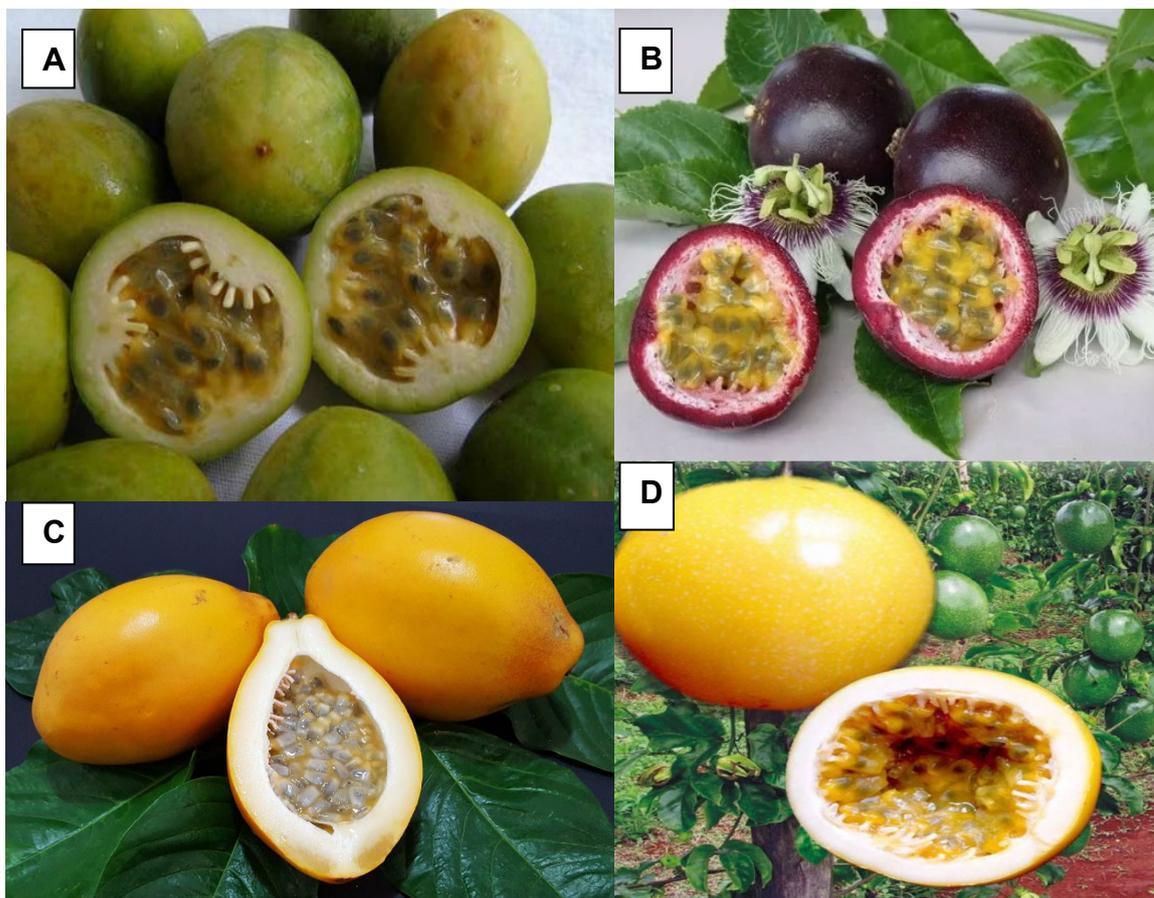


Figura 7: (A) Frutos de maracujá-do-sono (*P. setacea*), (B) Maracujá-roxo (*P. edulis Sims*), (C) Maracujá doce (*P. alata*) e (D) Maracujá azedo BRS Sol do Cerrado (*P. edulis*).

Fonte: Embrapa, [s.d].

3.1.3 Técnicas de propagação e desafios no cultivo do maracujá

Como apontam Faleiro *et al.* ([s.d.]), o maracujazeiro pode ser propagado por sementes, estaquia e enxertia, sendo a propagação por sementes a mais comum, devido ao menor custo e à facilidade de execução. As principais cultivares de maracujá são, portanto, comercializadas na forma de sementes.

Em geral, os estudos sobre sementes de diferentes espécies de *Passiflora* indicam que a germinação é baixa e irregular, caracterizada por um longo intervalo

entre o início e o término do processo germinativo, o que resulta em irregularidades no desenvolvimento das mudas, dificultando o cultivo dessas espécies (Souza; Meletti, 1997). Além disso, é comum que as sementes de muitos maracujazeiros sejam recalcitrantes, perdendo rapidamente sua viabilidade em função da temperatura. Em diferentes condições de armazenamento, observa-se não apenas a redução da velocidade de germinação e do vigor, mas também uma diminuição significativa na porcentagem de germinação (Santos *et al.* 2012; Gurung *et al.* 2014).

A obtenção de mudas de qualidade de maracujazeiro é um dos principais desafios no cultivo dessa frutífera, pois influencia diretamente a taxa de sobrevivência e o desenvolvimento das plantas em campo. Além disso, algumas espécies do gênero *Passiflora* apresentam dormência física, causada pela impermeabilidade do tegumento, que impede a entrada de água (Wagner Junior *et al.* 2007) (Figura 8).



Figura 8: *Passiflora edulis*, semente.

Fonte: Tatiana Góes Junghans, 2022.

Essa dormência exige técnicas específicas para sua superação, conforme discutido por Wagner Júnior *et al.* (2007). Diversas abordagens têm sido testadas com diferentes graus de eficácia, incluindo a escarificação mecânica por lixa em sementes de maracujá doce (*P. alata*) e maracujazeiro amarelo (*P. edulis* f. *flavicarpa*) (Rossetto *et al.* 2000), ou uso de banho-maria a 50 °C por cinco minutos em sementes de *P. mucronata* (Santos *et al.* 2012), e a embebição em água destilada por 24 horas em sementes de maracujazeiro amarelo (Wagner Júnior *et*

al. 2005). Recentemente, Wagner Júnior *et al.* (2021) observaram que o hidrocondicionamento das sementes de maracujá-amarelo, aplicado de secagem por 144 horas a 20 °C, foi o tratamento mais eficaz para favorecer a germinação e a emergência, superando técnicas como o uso de ácido sulfúrico ou modificado em água quente.

A germinação é uma etapa crucial para o cultivo, pois envolve uma série de mudanças bioquímicas ativadas por redes de genes e hormônios (Zhao *et al.* 2021; Fiodor *et al.* 2023). A velocidade e uniformidade da germinação são determinantes para o desenvolvimento saudável da planta.

Em regiões subtropicais, algumas sementes de *Passiflora edulis* exigem um período de armazenamento de 30 a 40 dias para otimizar a emergência (Meletti *et al.* 2002). Em contraste, em Cruz das Almas, BA, sementes recém-colhidas apresentam alta emergência, entre 90% e 100% em até 18 dias (Junghans, 2022). Dormência, possivelmente devido à variação genética entre acessos, ainda é observada em alguns acessos do Banco de Germoplasma da Embrapa (Meletti *et al.* 2002).

A dormência das sementes de maracujá representa um desafio crucial para os produtores, pois impede uma germinação adequada e, conseqüentemente, a formação de mudas saudáveis e vigorosas (Junior *et al.* 2010). Essa condição, muitas vezes causada pela impermeabilidade do tegumento, resulta em baixa taxa de emergência, o que pode comprometer a produtividade das tarefas (Loffler, 2019). Portanto, é fundamental buscar soluções que promovam a superação dessa dormência. A tabela 1 ilustra o percentual de germinação de sementes de maracujazeiro amarelo em função de técnicas para superação da dormência.

Tabela 1: Percentual de germinação de sementes de maracujazeiro amarelo em função de técnicas para superação da dormência aos 5, 6 e 7 dias.

Tratamentos	Tempo (dias)		
	5 dias	6 dias	7 dias
Testemunha	0%	18,75%	26,25%
Ácido Sulfúrico	0%	7,50%	10%
Ácido Giberélico	11,25%	17,50%	12,50%
Escarificação mecânica	10%	26,25%	12,50%
80 °C a 20 minutos	1,25%	11,25%	26,25%

Fonte: Abreu *et al.* 2014.

De acordo com o estudo de Abreu *et al.* (2014), a técnica de superação de dormência que obteve os melhores resultados quanto ao índice e à porcentagem de germinação das sementes de maracujazeiro amarelo foi a escarificação mecânica combinada com o condicionamento térmico, conforme apresentado na Tabela 1. Ainda assim, o percentual máximo de germinação foi de 26,25%, considerado pouco satisfatório frente à necessidade de produção de mudas em larga escala para fins comerciais.

Nesse contexto, os bioinsumos destacam-se como uma alternativa promissora. Produtos como biofertilizantes e bioestimulantes têm demonstrado potencial para melhorar a qualidade das sementes e facilitar o processo de germinação (Ferreira *et al.* 2007). Ao promover alterações nas propriedades do solo e nas condições de umidade, os bioinsumos podem aumentar a eficiência dos tratamentos para a superação da dormência. Assim, sua aplicação se torna não apenas uma estratégia de manejo sustentável, mas também uma ferramenta essencial para maximizar a produção e a qualidade das mudas de maracujá.

3.2 Bioinsumos na agricultura

Os bioinsumos são vistos como a nova fronteira para a expansão agrícola no país, principalmente porque têm como base o uso da matriz biológica presente na natureza, incluindo substâncias bioativas e a diversidade de espécies vegetais, animais e microbianas, tanto na superfície quanto no subsolo. Em outras palavras, as possibilidades de combinações desses recursos são praticamente infinitas (Vidal e Dias, 2023). A Figura 9, ilustra diferentes possibilidades de tipos de bioinsumos que podem ser utilizados na agricultura.



Figura 9 Tipos de produtos biológicos segundo à legislação brasileira.

Fonte: Gomes, 2023.

3.2.1 Introdução ao conceito de bioinsumos

O uso de bioinsumos na agricultura tem se destacado como uma estratégia promissora para promover práticas agrícolas mais sustentáveis, diminuindo a dependência de insumos químicos tradicionais e aumentando a eficiência dos sistemas de produção infinitas (Vidal e Dias, 2023). Segundo Zanetti *et al.* (2023), os bioinsumos consistem em produtos biológicos que melhoram a saúde do solo e promovem o crescimento das plantas, contribuindo para a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Esses insumos são baseados em uma abordagem que utiliza produtos e organismos vivos, melhora o crescimento das plantas, a qualidade das culturas e o desenvolvimento dos agroecossistemas (Oliveira *et al.* 2023). O desenvolvimento e regulamentação desses insumos, como destaca Sousa (2023), envolve a introdução de normas que garantem a qualidade e segurança dos bioinsumos, especialmente aqueles produzidos na própria propriedade, conhecidos como "*on farm*" (Figura 10). Essa regulamentação é essencial para garantir que os bioinsumos sejam aplicados de maneira segura e eficaz, beneficiando diretamente o produtor e o meio ambiente.



Figura 10: Produção de bioinsumos "on farm".

Fonte: Amaral, 2023.

No Brasil, o uso desses microrganismos tem ganhado destaque com a implementação do Programa Nacional de Bioinsumos em 2020, promovido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) por meio do Decreto 10.375 e das Portarias 102 e 103. Esse programa visa ampliar e fortalecer a prática de inovações no setor agrícola, proporcionando uma alternativa ao uso de insumos tradicionais e promovendo a sustentabilidade, além de valorizar o conhecimento sobre o patrimônio genético nativo (Vidal *et al.* 2021).

Os microrganismos benéficos desempenham um papel crucial no desenvolvimento agrícola, contribuindo para o melhor desempenho das culturas. Eles proporcionaram diversos benefícios tanto às plantas quanto ao solo, especialmente com a introdução de bactérias e fungos (Jaén-Contreras *et al.* 2022).

Diversos fatores apontam os bioinsumos como alternativas promissoras aos agroquímicos, especialmente por serem altamente eficazes, possuírem alvos específicos e apresentarem menores riscos ao meio ambiente. Esses produtos podem ser originados de uma ampla diversidade de organismos, com muitos já lançados e registrados no mercado agrícola (Samada e Tambunan, 2020).

No contexto do cultivo do maracujá, Silva *et al.* (2022) enfatizam que os bioinsumos, como biofertilizantes e agentes biocontroladores, apresentam um impacto significativo na produtividade e resistência das plantas, auxiliando no controle de patógenos e na absorção eficiente de nutrientes. A aplicação desses insumos aumenta a resiliência da cultura, especialmente em condições de solo com baixa fertilidade. Assim, a integração de bioinsumos no manejo do maracujazeiro

não apenas potencializa o desenvolvimento das plantas, mas também contribui para uma produção mais econômica e ambientalmente responsável.

3.2.2 Classificação de bioinsumos

Os bioinsumos representam uma importante inovação para práticas agrícolas sustentáveis e podem ser classificados em diferentes categorias, de acordo com sua função e modo de ação. Essa classificação facilita a compreensão sobre como cada tipo de bioinsumo pode beneficiar o cultivo do maracujá, melhorando a produtividade e a resistência das plantas. As principais categorias de bioinsumos são: biofertilizantes, bioestimulantes e biodefensivos ou defensivos biológicos, como mostra a Figura 11 (Botelho, 2023).

BIOINSUMO	Biofertilizante	Microbiológico	Fixadores de N	
	Bioestimulante	Manejo abiótico de estresse	Mobilizadores de K	
			Solubilizadores P ₂ O ₅	
			Aminoácidos	
			Microrganismos	
			Extrato de plantas	
	Defensivo Biológico	Substância química natural	Ácidos orgânicos	
			Algas	
			Semiquímico	Ferormônios
			Aleloquímicos	
			Ácidos orgânicos	
		Agente de controle biológico	Bioquímico	Enzimas
				Extratos de plantas
				Promotores de crescimento vegetal (PCV)
				Bactérias
Fungos				
Agente de controle biológico	Microbiológico	Leveduras		
		Protozoários		
		Vírus		
		Insetos		
		Macrobiológico	Ácaros	
			Nematóides	

Figura 11: Categorias de bioinsumos para uso agrícola.

Fonte: Dill, 2022.

Dentre os diversos bioinsumos disponíveis, é importante destacar os produtos biológicos voltados para o controle de pragas e doenças na agricultura. Esses produtos podem incluir agentes macrobiológicos (como ácaros, insetos e nematoides), agentes microbiológicos (vírus, bactérias e fungos), semioquímicos (feromônios), bioquímicos (hormônios) e fitoquímicos (de origem vegetal), todos considerados princípios ativos biológicos que integram a formulação de diversos

produtos destinados à produção, armazenamento e transformação na agricultura (Salva, 2022; Santos e Oliveira, 2023).

O termo "bioinsumos" é frequentemente associado ao uso em sistemas agrícolas, embora também apresente grande potencial de aplicação na produção animal e no processamento de produtos de origem animal e vegetal. No Brasil, essa associação ocorre principalmente porque os maiores avanços no setor de bioinsumos têm ocorrido no contexto agrícola, com foco no controle de pragas e doenças, além da nutrição vegetal e da fertilidade do solo (Vidal *et al.* 2020).

3.2.2.1 Biofertilizantes

Devido à alta concentração de nitratos e fosfatos em sua composição, os fertilizantes são considerados altamente poluentes. Quando aplicados nas lavouras, seja via solo ou foliar, esses compostos podem ser erodidos para os rios e lagos ou lixiviados no perfil do solo, contaminando o solo, os lençóis freáticos, as águas subterrâneas, além dos cursos d'água superficiais. Para evitar esses impactos, é fundamental que a produção alcance níveis de desenvolvimento sustentável, conciliando crescimento econômico com a preservação ambiental (Chen, 2006).

Diante dos diversos efeitos adversos causados pelo uso prolongado de fertilizantes químicos, a agricultura biológica surgiu como uma alternativa promissora, atendendo à crescente demanda por alimentos saudáveis, promovendo a sustentabilidade a longo prazo e respondendo às preocupações com a poluição (Reddy, 2013).

Os biofertilizantes são considerados uma alternativa sustentável, econômica e ecologicamente favorável em relação aos fertilizantes sintéticos, pois podem aumentar a produção agrícola com menor impacto de poluição ambiental (Kawalekar, 2013; Silva, 2021). São insumos de origem biológica que fornecem nutrientes essenciais às plantas, melhorando a fertilidade do solo. Eles frequentemente contêm microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, capazes de fixar nitrogênio ou solubilizar fósforo, tornando esses nutrientes mais acessíveis às plantas (Figura 12). Na cultura do maracujá, a aplicação de

biofertilizantes pode promover o desenvolvimento saudável das raízes e das folhas, resultando em uma maior produtividade (Vidal e Días, 2022).



Figura 12: Biofertilizantes de microrganismos.

Fonte: Silva, 2024.

Os biofertilizantes são formulados a partir de uma ou mais linhagens de microrganismos benéficos que, ao serem aplicados no solo ou nas sementes, promovem o crescimento das plantas e favorecem o aproveitamento de nutrientes em associação com a planta ou sua rizosfera (Altier *et al.* 2012; Dill, 2022). Eles podem atuar tanto diretamente quanto indiretamente em partes ou no todo da planta cultivada, aumentando sua produtividade ou melhorando sua qualidade, abrangendo processos e tecnologias relacionadas a essa definição (Brasil, 2020). Entre esses bioinsumos, incluem-se inoculantes à base de rizóbios, micorrizas e rizobactérias, que incentivam o crescimento vegetal (Altier *et al.* 2012; Dill, 2022).

As interações ecológicas benéficas entre plantas e microrganismos, especialmente as bactérias, têm sido objeto de estudo ao longo dos anos em diversas regiões do mundo. Pesquisas sobre a fixação biológica de nitrogênio, tanto simbiótica quanto associativa, analisaram as comunidades bacterianas presentes nas raízes das plantas. Esses estudos revelaram diferentes mecanismos que promovem o crescimento das plantas, como a produção de fitormônios e a solubilização de fosfatos, além da fixação biológica de nitrogênio. Alguns gêneros bacterianos, comuns nas rizosferas de várias espécies vegetais, apresentam mais de um desses mecanismos. Entre eles, destacam-se *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Bacillus* e rizóbios, evidenciando a multifuncionalidade desses microrganismos (Bashan *et al.* 2010; Gohil *et al.* 2022; Hungria; Neves, 1986; Lynch, 1990; Baldani;

Baldani, 2005; Ahmad *et al.* 2008; Moreira; Siqueira, 2006; Mus *et al.* 2016; Rocha *et al.* 2018; Wekesa *et al.* 2021; Malik; Sindhu, 2011; Botelho *et al.* 2023).

As bactérias conhecidas como Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCP) estão sendo utilizadas para desenvolver e consolidar tecnologias agrícolas conservacionistas, atualmente referidas como bioinsumos. No entanto, ainda há muito a ser investigado, uma vez que apenas cerca de 10% da diversidade microbiana do solo e, conseqüentemente, dos microrganismos associados às raízes, são conhecidos, especialmente em um país que abriga a maior biodiversidade já documentada no planeta (Moreira; Siqueira, 2006).

3.2.2.2 Bioestimulantes

De acordo com a legislação brasileira, os bioestimulantes são definidos como produtos que contêm substâncias naturais que pode ser aplicado diretamente nas plantas, nas sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade de sementes, estimular o desenvolvimento radicular, favorecer o equilíbrio hormonal da planta e a germinação mais rápida e uniforme, interferir no desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação e o alongamento celular, incluídos os processos e as tecnologias derivados do bioestimulante (Brasil, 2020).

Os bioestimulantes estão inseridos na categoria de fertilizantes especiais, porém sua regulamentação ocorre de forma separada devido às suas características específicas. Esses produtos não são classificados como defensivos agrícolas, pois não atuam diretamente no controle de pragas ou doenças. Em vez disso, os bioestimulantes exercem uma função distinta, promovendo estímulos em processos metabólicos das plantas, o que contribui para o crescimento, o vigor e a resistência das culturas a estresses abióticos, como seca e salinidade. (Brasil, 2020).

Bioestimulantes são compostos que estimulam processos naturais nas plantas, favorecendo o desenvolvimento e a produtividade sem adicionarem nutrientes diretamente. Incluem extratos vegetais, aminoácidos e hidrolisados de proteínas, microrganismos, ácidos húmicos e fúlvicos (Figura 13). Eles são utilizados para aumentar a tolerância das plantas ao estresse, como seca e

salinidade, além de estimular a germinação e o crescimento inicial (Marrone, 2002). Em geral, eles podem inibir, retardar ou acelerar reações e processos fisiológicos (Silva *et al.* 2010).



Figura 13: Tipos de bioestimulantes.

Fonte: Agroquímicos Arca, [s.d].

Os bioestimulantes também apresentam potencial para integração em sistemas de manejo sustentável, pois permitem a redução da dependência de insumos químicos. Em um contexto onde a agricultura busca alternativas mais ecológicas e sustentáveis, o uso de bioestimulantes é incentivado por promover práticas que aumentam a resiliência das culturas e reduzem os impactos ambientais, como a lixiviação de nutrientes e a degradação do solo (Pezzato Junior, 2017). Em resumo, esses produtos contribuem para uma agricultura de maior qualidade e alinhada com a sustentabilidade, que atende às demandas de um mercado cada vez mais consciente e exigente (Pereira, 2017).

Muitos bioestimulantes aumentam a absorção de água e nutrientes pelas plantas, além de fortalecer sua resistência ao estresse hídrico e aos efeitos residuais de herbicidas no solo, o que tem contribuído para a ampliação de seu uso na agricultura (Vasconcelos, 2006). O uso de bioestimulante para a mitigação dos efeitos da restrição hídrica em mudas de Maracujá, conforme discutido em estudo, pode auxiliar significativamente a capacidade das plantas de suportarem condições de baixa disponibilidade de água, promovendo um crescimento mais vigoroso e aumentando a resistência ao estresse ambiental (Bonfim, 2022).

3.2.2.3 Biodefensivos

Os bio defensivos, também chamados de defensivos biológicos, representam uma categoria importante de bioinsumos na agricultura, destacando-se como alternativas naturais aos defensivos químicos tradicionais. Esses produtos utilizam agentes biológicos – como microrganismos, extratos vegetais e metabólitos secundários – para o controle de pragas e doenças, oferecendo um manejo mais sustentável para a proteção de plantas e a manutenção da saúde do ecossistema agrícola (Sousa, 2023). De acordo com Souza Filho (2015), os bio defensivos apresentam menor toxicidade e são biodegradáveis, o que reduz o impacto ambiental e o risco de resíduos químicos na colheita.

Eles são regulamentados pela legislação relacionada aos agrotóxicos e classificados em quatro categorias principais. A primeira categoria é a dos “agentes microbiológicos de controle”, que consistem no uso de organismos benéficos, como predadores e parasitoides, que atuam no controle de pragas agrícolas. Exemplos dessa categoria incluem inimigos naturais, como ácaros, insetos e nematoides (Baleeiro *et al.* 2024).

A segunda categoria é a dos “agentes microbiológicos de controle”, que abrange microrganismos vivos, de ocorrência natural ou obtidos por técnicas que envolvam a introdução natural de material hereditário, excluindo os organismos modificados por engenharia genética. Essa categoria inclui microrganismos entomopatogênicos e antagonistas, utilizados para o controle de pragas, como vírus, bactérias e fungos (Nunes; Rezende, 2015; Baleeiro *et al.* 2024).

Os semioquímicos são compostos químicos que têm como objetivo modificar o comportamento de pragas. Eles incluem feromônios que podem ser utilizados para atrair insetos para armadilhas, interromper o acasalamento ou repelir pragas. Essa abordagem é extremamente específica, afetando apenas a espécie alvo e minimizando impactos ambientais. O uso de semioquímicos é uma técnica que integra o manejo integrado de pragas (MIP), oferecendo uma alternativa eficiente e segura aos inseticidas químicos tradicionais (Nunes; Rezende, 2015).

Os bioquímicos são substâncias naturais produzidas por plantas ou microrganismos que possuem ação defensiva contra pragas e doenças. Eles podem incluir enzimas, hormônios vegetais, feromônios e outros metabólitos naturais. Esses produtos são usados como repelentes, indutores de esterilidade,

modificadores de comportamento e reguladores de crescimento. Por exemplo, o uso de fitotoxinas produzidas por fungos pode ter efeito herbicida, sendo uma alternativa viável ao uso de herbicidas sintéticos. Os bioquímicos apresentam uma vantagem adicional ao serem biodegradáveis e menos tóxicos para o meio ambiente e a saúde humana (Nunes e Rezende, 2015; Baleeiro *et al.* 2024). A Figura 14 exemplifica as categorias e tipos de bio defensivos.

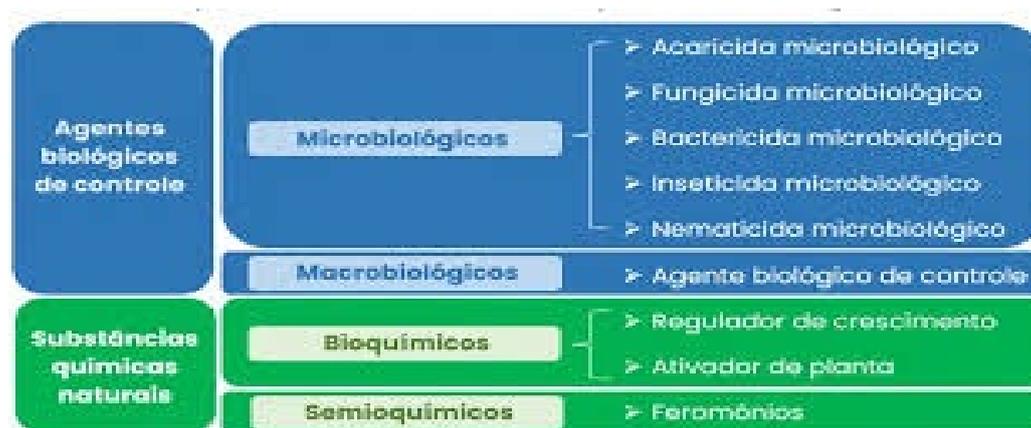


Figura 14: Classificação dos bio defensivos.

Fonte: Boschiero, 2024.

Um dos principais atrativos dos bio defensivos é sua contribuição para o manejo integrado de pragas (MIP), possibilitando a redução no uso de produtos químicos e melhorando a qualidade do solo e da água (Sant'anna, 2017). Estudos têm demonstrado que o uso de bio defensivos favorece a sustentabilidade e o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais resilientes. Mariano (2017) destaca que esses produtos são cada vez mais necessários no contexto agrícola brasileiro, onde o clima tropical favorece a incidência de pragas.

No entanto, o uso de bio defensivos ainda enfrenta desafios importantes, como a falta de capacitação técnica e a necessidade de investimentos em pesquisas para o desenvolvimento de produtos específicos para diferentes culturas e pragas (Pezzato Junior, 2017). Além disso, a regulamentação e os custos de registro de novos bio defensivos representam barreiras para sua popularização no mercado. A busca por soluções integradas, que combinem defensivos químicos e biológicos, tem sido apontada como uma das alternativas para o futuro do setor (Pereira, 2017).

3.3 Bioinsumos microbiológicos no cultivo do maracujá: influência na germinação e crescimento inicial

O cultivo de plantas de maracujá (*Passiflora* spp.) tem batido recordes nos últimos anos, impulsionado pelo fato de o Brasil ser o maior produtor e consumidor mundial dessa fruta (Faleiro, 2022). Esse mercado em expansão gera uma demanda crescente por soluções tecnológicas que promovam o desenvolvimento adequado da cultura, como o aprimoramento da germinação das sementes que podem possuir dormência e a redução das deficiências de fósforo (P), dada sua baixa disponibilidade em solos tropicais.

Neste sentido, os bioinsumos, compostos por biofertilizantes, bioestimulantes e biodefensivos, têm sido adotados como alternativas promissoras no manejo do maracujá, promovendo desde a germinação até o crescimento inicial das plantas (Bonfim, 2022; Alves, 2022; Barreto *et al.* 2023).

3.3.1 Efeitos dos bioinsumos sobre o comportamento vegetativo do maracujá (*Passiflora* spp.)

Espécies do gênero *Passiflora* são geralmente propagadas por sementes, embora estas apresentem um revestimento externo duro e coberto por uma resina impermeável. Essa característica induz uma dormência exógena, possivelmente resultante de uma combinação de efeitos mecânicos e químicos, o que contribui para as baixas taxas de germinação observadas (Pruthi, 1963; Ellis *et al.* 1985 citados por Miranda *et al.* 2009; Ramírez Gil *et al.* 2015). Estudos, como o de Salomão; José; Santos, (2023), evidenciam que tratamentos de pré-germinação são eficazes para superar essa dormência, promovendo uma germinação mais rápida e uniforme. No entanto, conforme apontado por Ramírez Gil *et al.* (2015), mais pesquisas são necessárias, visto que as taxas de germinação ainda apresentam variabilidade significativa.

A aplicação de bioinsumos pode desempenhar um papel crucial no crescimento inicial e na resistência das mudas de maracujá, promovendo maior vigor, desenvolvimento saudável e resistência aos estresses abióticos e bióticos. Biofertilizantes, bioestimulantes e biodefensivos, quando aplicados melhor,

apresentam impacto positivo no comportamento vegetativo e produtivo das plantas, com benefícios que vão desde a melhoria na absorção de nutrientes até o controle de pragas e patógenos.

3.3.1.1 Efeito do biofertilizantes sobre o comportamento vegetativo

O uso de biofertilizantes no cultivo do maracujá tem se consolidado como uma alternativa sustentável para promover o desenvolvimento inicial das mudas, melhorar a nutrição e favorecer o vigor das plantas. Entre os biofertilizantes microbiológicos mais utilizados estão rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP), fungos micorrízicos arbusculares (FMA's) e fungos endofíticos, que contribuem diretamente para a nutrição e saúde do solo, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e promovendo um sistema mais equilibrado (Schiavo, 2003; Agra, 2007; Cuervo Lozada, 2010; Anjos *et al.* 2005; Vitorazi Filho *et al.* 2012).

3.3.1.1.1. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP)

No cultivo do maracujá, as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP), especialmente bactérias do gênero *Bacillus*, desempenham um papel importante na nutrição das plantas. *Bacillus subtilis*, por exemplo, é conhecido por sua capacidade de solubilizar fosfatos, o que aumenta a disponibilidade desse nutriente para as plantas e contribui para o crescimento inicial das mudas. Em experimentos com maracujá, a inoculação com isolados de *Bacillus* aumentou a matéria fresca das raízes e da parte aérea, indicando um efeito positivo no desenvolvimento inicial (Agra, 2007). Além disso, *Bacillus firmus* age tanto como biofertilizante quanto como agente de controle biológico, solubilizando fosfatos e melhorando a saúde do solo, tornando-se uma ferramenta valiosa no manejo integrado de doenças e nutrição das plantas (Cuervo Lozada, 2010).

Bacillus spp. tem mostrado resultados promissores na promoção do crescimento do maracujá, especialmente quando combinadas com outros microrganismos benéficos, como *Trichoderma asperellum*. Esse efeito combinado é particularmente vantajoso em solos contaminados por patógenos, onde esses

microrganismos atuam de forma sinérgica para proteger as plantas e melhorar a resistência a infecções, além de aumentar a matéria seca das raízes e da parte aérea, promovendo um crescimento vigoroso e mudas de melhor qualidade (Lopes *et al.* 2018).

Bacillus spp. também são conhecidos por seu papel na produção de lipopeptídeos, que possuem a capacidade de provocar lise de conídios e micélio em espécies de *Fusarium* sp. (Li *et al.* 2012). Além disso, essas bactérias produzem antibióticos que inibem organismos fitopatogênicos, ajudando a proteger as plantas e a garantir o desenvolvimento saudável (Ishida e Furuya, 2021).

Os endófitos presentes em sementes de *Passiflora edulis* têm demonstrado potencial para adaptação a ambientes ricos em compostos antimicrobianos, como resveratrol e piceatannol, que são acumulados em níveis elevados e possuem propriedades antimicrobianas e antioxidantes (Ishida e Furuya, 2021). Esses compostos não apenas inibem a colonização por microrganismos patogênicos, mas também selecionam endófitos capazes de estabelecer simbiose e promover o crescimento das plântulas após a germinação, proporcionando uma melhor defesa contra patógenos.

Portanto, as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas, especialmente do gênero *Bacillus*, representam uma ferramenta importante e eficaz para o manejo sustentável no cultivo do maracujá, promovendo o crescimento inicial, melhorando a nutrição e fornecendo proteção contra patógenos do solo, o que reduz a necessidade de produtos químicos e contribui para um sistema agrícola mais equilibrado e sustentável.

3.3.1.1.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA's) e endófitos

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA's), como *Glomus etunicatum*, *Scutellospora heterogama* e *Gigaspora albida*, também são essenciais para o desenvolvimento inicial de mudas de maracujá, especialmente em solos com baixa

disponibilidade de fósforo. Esses fungos formam estruturas chamadas arbúsculos nas raízes das plantas, que aumentam a eficiência na absorção de fósforo e outros nutrientes essenciais, fortalecendo o crescimento e a resistência das mudas. Em estudos com diferentes doses de fósforo, a inoculação com FMA's promoveu um aumento na altura das plantas, no número de folhas e na biomassa total das mudas de maracujá, reduzindo o tempo necessário para atingir o estágio de transplântio (Anjos *et al.* 2005; Vitorazzi filho *et al.* 2012).

A interação entre FMA's e bactérias diazotróficas, como *Burkholderia silvatlantica*, pode também trazer benefícios adicionais para o maracujá. A inoculação conjunta desses microrganismos aumentou a altura e a área foliar das mudas, independentemente da adição de fósforo no solo, sugerindo um efeito sinérgico na promoção de um crescimento mais vigoroso e resistente, o que pode ser crucial para a adaptação das mudas em solos tropicais (Vitorazzi Filho *et al.* 2012).

A inoculação com micorrizas e rizobactérias promoveu o crescimento das mudas de maracujá, com *Scutellospora heterogama* destacando-se em altura, biomassa da raiz e matéria fresca total (Figura 15) e *Glomus etunicatum* no número de folhas. Associações com rizobactérias, como os isolados I15 e I09, ampliaram esses benefícios. Combinações de fungos (mix) foram menos eficazes, indicando competição. A absorção de fósforo e outros nutrientes foi melhorada, reforçando o potencial dessas práticas para reduzir insumos químicos e aumentar a sustentabilidade (Agra, 2007).



Figura 15: *Scutellospora heterogama* (A) em comparação com a testemunha (B) referente ao tamanho de raízes e volume de folhas.

Fonte: André Gustavo Santos de Melo Agra, 2007.

Neste trabalho, foram utilizadas imagens ilustrativas que demonstram as estruturas de penetração e esporos dos fungos micorrízicos arbusculares em raízes de maracujazeiro. A Figura 16 apresenta as estruturas de penetração e esporos de *Glomus etunicatum*, enquanto a Figura 17 mostra as estruturas de *Scutellospora heterogama*. Essas imagens fornecem uma visão clara da interação dos fungos com as raízes, contribuindo para uma melhor compreensão dos mecanismos de ação dos bioinsumos microbiológicos utilizados no cultivo do maracujazeiro.

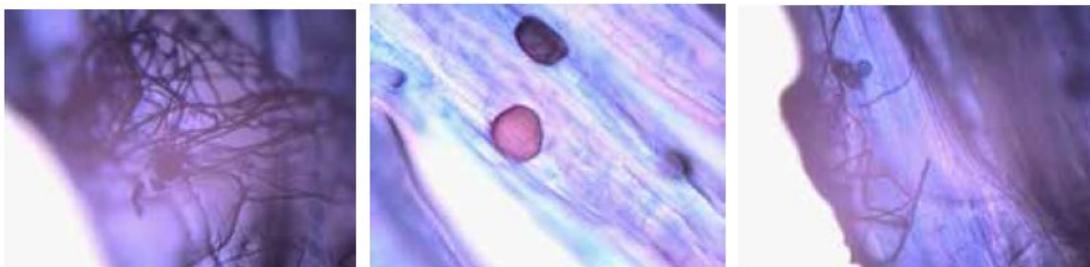


Figura 16: Estruturas de penetração e esporos de *Glomus etunicatum*.

Fonte: Agra, 2007.

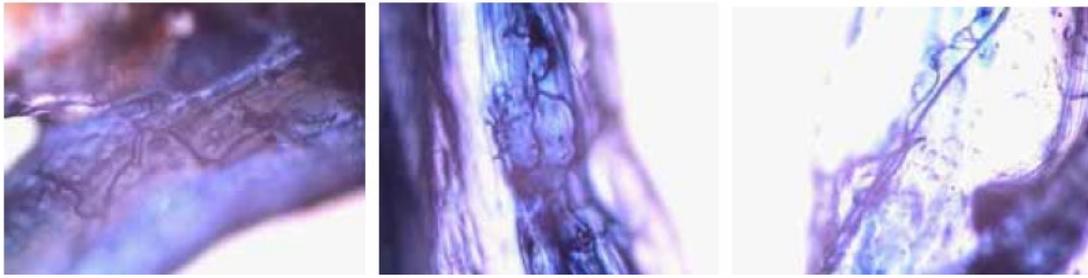


Figura 17: Estruturas de penetração e esporos de *Scutellospora heterogama*.

Fonte: Agra, 2007.

Estudos mostram que o uso de bioinsumos, como fungos endofíticos e bactérias do gênero *Bacillus*, contribui significativamente para o desenvolvimento inicial das mudas de maracujá. A aplicação de fungos endofíticos, por exemplo, revelou que espécies como *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Curvularia* e *Acremonium* promovem o crescimento da biomassa aérea e radicular de mudas de maracujazeiro-amarelo. Em testes, isolados como EM173 (*Alternaria*), EM139 (*Curvularia*), EM20 (*Colletotrichum*) e EM6 (*Acremonium*) aumentaram a biomassa em até 204,4% para raízes frescas e 70,2% para raízes secas após 90 dias da inoculação, mostrando a capacidade desses fungos em estimular o desenvolvimento vegetal por meio de enzimas hidrolíticas e fitormônios que favorecem o crescimento inicial (Luz *et al.* 2006).

Além disso, o uso do fungo *Trichoderma harzianum* também tem sido promissor como promotor de crescimento de mudas de maracujá. Em experimentos, a inoculação com *T. harzianum* em concentrações nativas e comerciais resultou em aumentos significativos na altura das plantas, espessura radicular e massa seca total das mudas. Esse fungo não apenas promoveu uma taxa de germinação mais elevada, com um aumento de até 40% em comparação com o controle, mas também acelerou o crescimento inicial das mudas, preparando-as melhor para o transplante. A cepa nativa (*T. harzianum* TCN-014) apresentou os melhores resultados, com uma germinação de 93,3% nas concentrações mais altas de conídios. A capacidade do *T. harzianum* de promover um crescimento mais vigoroso e saudável demonstra seu potencial como um bioinsumo sustentável, oferecendo uma alternativa para o manejo do maracujá sem a necessidade de produtos químicos (Cubillos-Hinojosa, 2009).

O estudo de Netto et al. (2014) avaliou o efeito de diferentes espécies de FMA's no crescimento de *Passiflora alata* Curtis e na bioprodução de fenóis totais. O estudo incluiu tratamentos com *Glomus etunicatum*, *Glomus intraradices* e um inóculo misto (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*), com ou sem adubação fosfatada. Os resultados demonstraram que a inoculação com FMA's promoveu um aumento significativo na massa da matéria seca, na altura das plantas e no número de folhas, especialmente na ausência de adubação fosfatada. Além disso, foi observado um incremento nos conteúdos de nitrogênio, fósforo e potássio nas partes aéreas das plantas, evidenciando os benefícios dos FMA's na melhoria do estado nutricional e na produção de compostos fenólicos, essenciais para o desenvolvimento saudável das plantas.

Soares e Martins (2000) destacou que a inoculação com espécies de FMA's, como *Glomus clarum* e *Glomus fasciculatum*, aumentou significativamente a produção de matéria seca e o teor de nutrientes nas mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), especialmente em condições de baixa disponibilidade de fósforo. Os autores observaram que a associação com compostos fenólicos pode ser um fator adicional na promoção da colonização radicular, embora não tenha sido indispensável para o sucesso da colonização pelos FMA's.

Além disso, a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, especificamente *Gigaspora albida*, *Gigaspora margarita* e *Glomus etunicatum*, mostrou-se benéfica para aumentar a eficiência no uso da água e promover o crescimento das mudas de maracujá em condições de déficit hídrico. As plantas micorrizadas apresentaram maior altura, área foliar e biomassa seca, além de maior resistência difusiva e menor taxa de transpiração, indicando que a associação com FMA's contribuiu para melhorar a adaptação das mudas ao estresse hídrico. Esses resultados evidenciam que o uso de FMA's é uma prática eficiente para fortalecer as mudas de maracujá contra condições adversas, como o estresse hídrico, favorecendo o crescimento saudável e sustentável Cavalcante *et al.* (2001).

Portanto, os FMA's e fungos endofíticos representam uma ferramenta eficaz para o manejo sustentável no cultivo do maracujá, promovendo um crescimento inicial mais vigoroso, melhorando a nutrição das plantas e proporcionando proteção

contra patógenos do solo, o que reduz a necessidade de produtos químicos e contribui para um sistema agrícola mais equilibrado e sustentável.

3.3.2. Efeito dos bioestimulantes sobre o comportamento vegetativo

Os bioestimulantes vêm ganhando atenção na agricultura como uma tecnologia capaz de reduzir o impacto do estresse abiótico nas plantas e promover um desenvolvimento mais vigoroso. Segundo Pereira e Simonetti (2021), os bioestimulantes desempenham um papel relevante ao fornecer hormônios, nutrientes e vitaminas que auxiliam no crescimento e desenvolvimento das plantas. Essas substâncias atuam estimulando processos fisiológicos essenciais, incluindo a germinação e o desenvolvimento radicular, o que contribui para uma planta mais resistente e com maior capacidade de absorver nutrientes (Araújo *et al.* 2021).

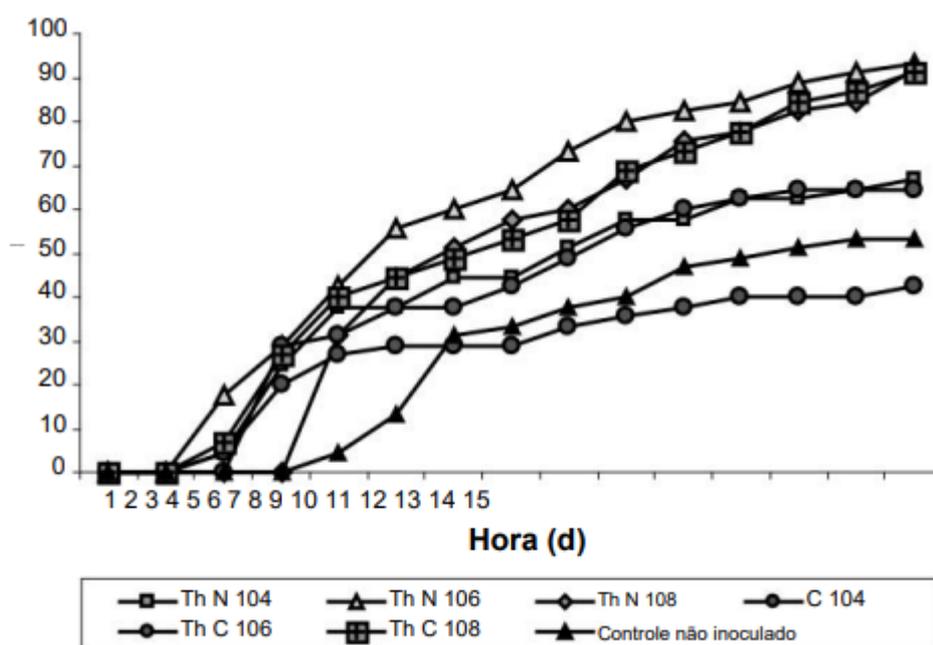
Estudos demonstram que o uso de bioestimulantes pode reduzir os efeitos negativos de condições adversas, como alta salinidade ou baixa fertilidade do solo, e fortalecer mudas desde os primeiros estágios do desenvolvimento, o que é crucial para o maracujazeiro (Silva-Cavalcante *et al.* 2020).

Em estudo, Díaz *et al.* (2020) investigaram o efeito da inoculação de *Trichoderma harzianum* em plântulas de maracujá cultivadas em viveiro, observando aumentos significativos nas variáveis biométricas em relação ao controle. A aplicação de *T. harzianum* resultou em incrementos de 23,75% no número de folhas, 23,84% na altura da planta, 12,27% no comprimento da raiz, 88% no peso seco da parte aérea e 64,3% no peso seco da raiz. Esses resultados indicam que a inoculação de *T. harzianum* é eficaz para promover o crescimento e o desenvolvimento de plântulas de maracujá, tanto na parte aérea quanto na radicular, sendo uma alternativa promissora para melhorar a eficiência no desenvolvimento inicial e na bioproteção das plantas antes do transplante para o campo.

Outro estudo importante foi realizado por Cubillos-Hinojosa *et al.* (2009), avaliou o impacto de duas cepas de *Trichoderma harzianum* (nativa TCN-014 e comercial TCC-005) na germinação de sementes e no crescimento inicial do maracujazeiro. Ambos os tratamentos estimularam a germinação e o desenvolvimento das plantas. Ambos os tratamentos estimularam a germinação e

o desenvolvimento das plantas; incremento do percentual de germinação (até 93,3%) e da velocidade de germinação; redução no tempo médio de germinação em até três dias e melhoria em todas as variáveis de crescimento das plântulas, incluindo altura, número de folhas, comprimento da raiz e biomassa seca total.

Esses resultados destacam o potencial de *T. harzianum* como biofertilizante e bioestimulante, especialmente a cepa nativa, indicando sua aplicação para o manejo sustentável do maracujazeiro. A Figura 18, mostra a germinação de sementes de maracujá durante 15 dias após inoculação com *Trichoderma h.*



Th, *Trichoderma harzianum*; N, Nativo; C, Comercial.

Figura 18: Germinação de sementes de maracujá por 15 dias após inoculação com *Trichoderma harzianum*.

Fonte: Cubillos-Hinojosa *et al.* 2009.

Durante a elaboração desta revisão, foram encontrados dois estudos sobre o uso de bioestimulantes microbiológicos no maracujazeiro. No entanto, a maioria dos estudos se concentrou no uso de bioestimulantes à base de algas e fitormônios. Essa ausência de informações mais abrangentes sugere uma lacuna de pesquisa e representa uma oportunidade para investigações futuras sobre o potencial dos bioestimulantes microbiológicos no cultivo do maracujá.

Portanto, o uso de bioestimulantes no cultivo do maracujá pode ser considerado uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho vegetativo e produtivo, especialmente em situações de estresse. Estudos demonstram que esses produtos não só auxiliam no crescimento inicial das mudas, mas também proporcionam maior resistência a estresses abióticos e melhor capacidade de absorção de nutrientes, favorecendo assim a sustentabilidade do cultivo.

3.3.3 Efeitos dos biodefensivos sobre o comportamento vegetativo

O uso de biodefensivos na cultura do maracujá tem se destacado como uma prática eficaz e sustentável para o controle de doenças e pragas, reduzindo a dependência de defensivos químicos e promovendo a saúde do solo e das plantas. Entre os biodefensivos mais utilizados no manejo de doenças do maracujazeiro, estão espécies de *Bacillus* e *Trichoderma*, microrganismos com propriedades antagonistas que competem com patógenos por nutrientes e espaço, além de produzirem compostos que inibem o crescimento de fungos prejudiciais, como *Fusarium* e *Rhizoctonia* (Cuervo Lozada, 2010).

A Figura 19, mostra o crescimento in vitro pareado entre o fungo *Trichoderma* sp. e *Fusarium solani*, este último, causador da podridão do colo e raízes na cultura do maracujazeiro. Esses agentes de biocontrole têm ganhado popularidade devido aos bons resultados no controle de doenças e à sua contribuição para o manejo sustentável da cultura do maracujá (Silva *et al.* 2023).

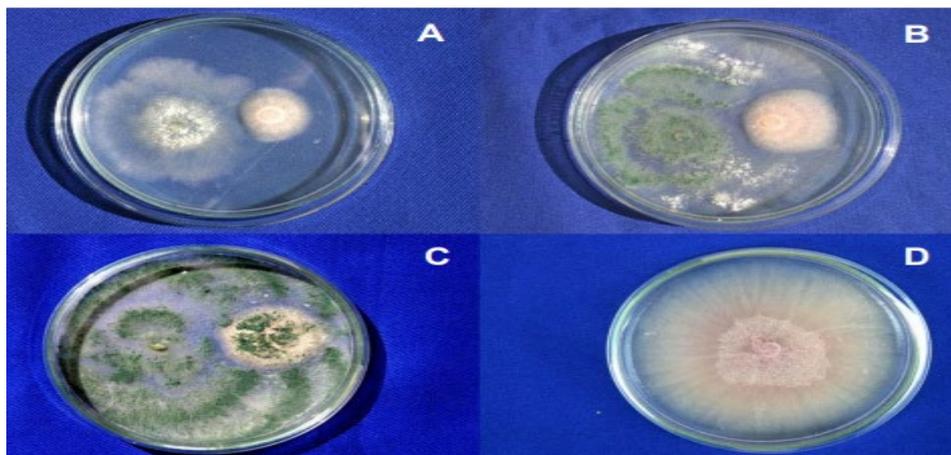


Figura 19: Crescimento de *Trichoderma* sp. (esquerda) e *Fusarium solani* (direita), em cultura pareada, aos quatro (A), oito (B) e doze (C) dias após a incubação. Cultura pura de *F. solani* aos doze dias de incubação (D).

Fonte: Silva, 2011.

Na figura 19, percebe-se o desenvolvimento do *Trichoderma* e inibição do crescimento micelial do *Fusarium s.*, ao longo do período de avaliação, bem como o crescimento de uma colônia de *Fusarium s.* aos 12 dias após a incubação. É provável que o antagonismo das espécies de *Trichoderma* sobre os isolados de *Fusarium solani* tenha ocorrido por meio de antibiose e/ou hiperparasitismo, considerando a inibição do crescimento micelial de *F. solani* e o fato de o antagonista ter praticamente sobreposto o patógeno.

Outro exemplo significativo é o uso de *Bacillus subtilis*, que atua como agente de controle biológico, inibindo patógenos de solo responsáveis por doenças que impactam a produtividade do maracujá. *Bacillus subtilis* é capaz de produzir compostos antimicrobianos que atuam diretamente contra fungos fitopatogênicos, como *Fusarium oxysporum* f. sp. *Passiflorae*, agente causador da fusariose em maracujá. Esse microrganismo se estabelece na rizosfera e nas raízes, criando uma barreira protetora que ajuda a planta a resistir a ataques de patógenos, além de induzir resistência sistêmica nas plantas, fortalecendo sua resposta imunológica contra infecções futuras (Cuervo Lozada, 2010).

Um estudo conduzido por Sobrinho *et al.* (2018), sobre *B. subtilis* demonstrou sua eficácia como agente de biocontrole contra *Fusarium solani*, principal patógeno causador da podridão do colo e raízes do maracujazeiro. *B. subtilis* inibiu o crescimento micelial dos isolados de *F. solani* em diferentes métodos, com destaque para os metabólitos termoestáveis, que alcançaram até 83,2% de inibição (Figura 20). Para o isolado de Dom Basílio, a eficácia foi menor em métodos envolvendo metabólitos voláteis, diminuindo variações na sensibilidade dos isolados. A estabilidade térmica dos metabólitos termoestáveis reforça o potencial de *B. subtilis* como um biocontrolador eficiente em condições de campo.

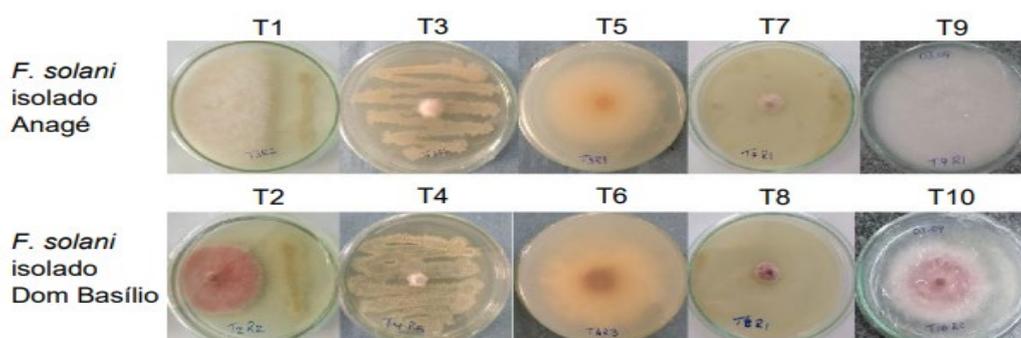


Figura 20: Antagonismo entre *Bacillus subtilis* e *Fusarium solani* do maracujazeiro, isolados Anagé e Dom Basílio, após oito dias de incubação em câmara de crescimento, por cultura pareada (T1 e T2), cultura do patógeno sobre cultura do antagonista (T3 e T4), metabólitos voláteis (T5 e T6), metabólitos termoestáveis (T7 e T8) e livre crescimento (tratamento controle) (T9 e T10).

Fonte: Sobrinho *et al.* 2018.

Esses resultados enfatizam o papel dos bioinsumos no controle de patógenos e na promoção do crescimento vegetal, contribuindo para um manejo integrado e sustentável do maracujazeiro.

Estudos recentes também indicaram que o uso de *Bacillus subtilis* pode induzir a morte celular programada no patógeno *Fusarium solani*, contribuindo para o controle da podridão do colo em maracujazeiros. O tratamento com filtrados de cultura de *B. subtilis* resultou em alterações morfológicas nos conídios, perda da integridade da membrana celular e acúmulo de espécies reativas de oxigênio, sugerindo um mecanismo de apoptose para o controle do patógeno (Chen *et al.* 2021).

Outro agente biodefensivo relevante é *Bacillus velezensis*, uma rizobactéria antifúngica que demonstrou ser eficaz no controle de *Fusarium solani*, um fungo associado à podridão do caule no maracujá amarelo. Em experimentos, *B. velezensis* mostrou capacidade de inibir o crescimento de *F. solani*, criando uma alternativa viável para o manejo biológico de doenças fúngicas no maracujá (Ruiz-Garcia *et al.* 2005; Rabbee *et al.* 2019; Wang *et al.* 2021). Essa ação ajuda a reduzir a necessidade de defensivos químicos, que podem causar impactos ambientais negativos e afetar a microbiota benéfica do solo.

Para ilustrar a eficácia do *Bacillus velezensis* no controle de *Fusarium solani*, a Figura 21 mostra a inibição do crescimento micelial do fungo em presença do peptídeo antifúngico fengicina, produzido por *B. velezensis*. Esta figura evidencia o potencial do peptídeo como um agente biodefensivo, capaz de suprimir efetivamente o desenvolvimento do patógeno, reforçando a viabilidade do uso de *B. velezensis* no manejo biológico de doenças fúngicas no maracujazeiro.

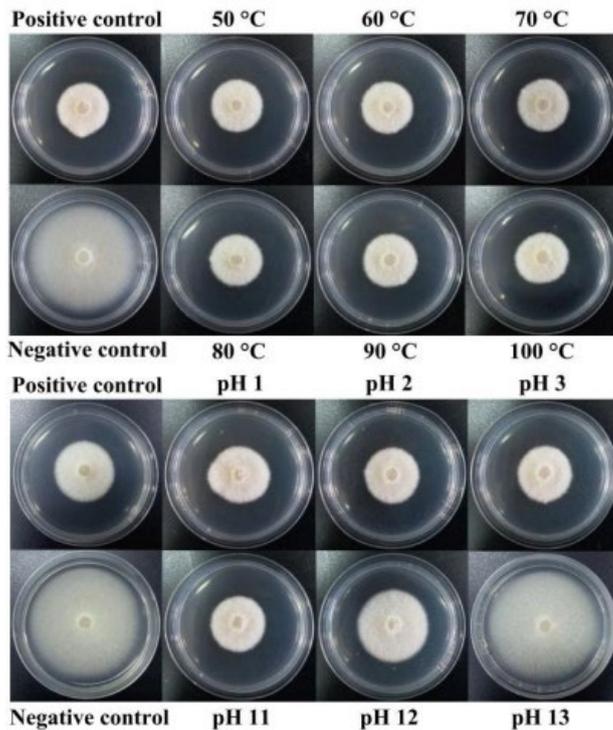


Figura 21: Estabilidade da atividade antifúngica do BVAP quando submetido a o a tratamento térmico ou tratamento ácido-base.

Fonte: Wang *et al.* 2021.

Estudos realizados por Santana (2023) também destacaram o potencial de controle biológico de microrganismos isolados de ecossistemas naturais, como a restinga e o cerrado, contra patógenos como *Fusarium* spp. Esses microrganismos bioprospectados mostraram-se altamente eficazes, inibindo o crescimento micelial de *Fusarium* em mais de 60% nas avaliações *in vitro*, de forma similar ao controle obtido com *Bacillus subtilis*. Além disso, esses microrganismos formaram halos de inibição e reduziram a taxa e velocidade de crescimento do patógeno ao longo de 168 horas de observação, indicando que podem ser alternativas sustentáveis para o controle de doenças em culturas como o maracujá.

Além das funções de controle biológico, esses microrganismos contribuem para a promoção do crescimento vegetal ao solubilizarem nutrientes, como o fósforo, e ao produzirem hormônios que estimulam o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes. *Bacillus firmus*, por exemplo, atua tanto como agente de controle biológico quanto como biofertilizante, ao solubilizar fosfatos e melhorar a

saúde do solo. Esse papel duplo torna *B. firmus* uma ferramenta importante no manejo integrado de doenças e na promoção de um sistema agrícola mais sustentável e equilibrado (Cuervo Lozada, 2010).

O fungo *Trichoderma asperellum* também tem mostrado resultados positivos no controle de doenças de solo em maracujazeiros, especialmente contra o *Fusarium oxysporum*. A ação de *Trichoderma* se dá tanto pelo hiperparasitismo, onde o fungo coloniza o patógeno, quanto pela produção de enzimas que degradam a parede celular dos fungos patogênicos. Além disso, *Trichoderma* é conhecido por estimular o crescimento das plantas, aumentando a produção de matéria seca e melhorando o desenvolvimento inicial das mudas, o que é crucial para o sucesso do plantio e estabelecimento das plantas no campo (Lopes *et al.* 2018).

Em pesquisa realizada por Lima *et al.* (2023), observaram que *Trichoderma* spp. associados a *Fusarium oxysporum* f. sp. *Passiflorae* inibiu o crescimento do patógeno em 42 de 256 isolamentos feitos em plantios de maracujá. Além disso, *Trichoderma* apresentou crescimento dez vezes maior do que *Fusarium*, limitando completamente seu crescimento ao final de sete dias (Lima *et al.* 2023). Isso reforça a eficácia do uso de *Trichoderma* como um agente de biocontrole eficiente contra patógenos do maracujá.

Em um experimento conduzido, Martins *et al.* (2007) avaliaram o potencial de *Trichoderma* spp. no controle biológico da antracnose em maracujazeiro-amarelo. Foram testados diferentes isolados do fungo *Trichoderma* contra *Colletotrichum gloeosporioides*, o agente causal da antracnose, em casa de vegetação. Os resultados demonstraram que os isolados de *Trichoderma* apresentaram efeito significativo na redução da severidade da antracnose, contribuindo também para o aumento da massa fresca e seca da parte aérea das plantas, evidenciando seu papel positivo tanto no controle da doença quanto na promoção do crescimento das plantas.

Outro estudo importante, realizado por Wang *et al.* (2023), investigaram a cepa endofítica *Bacillus subtilis* GUCC4, que apresentou atividade antagonista contra *Nigrospora sphaerica*, causadora da queima das folhas no maracujá. A cepa GUCC4 promoveu o crescimento das plantas, aumentando o diâmetro do caule, a altura das plantas e o peso fresco e seco das mudas, além de reduzir a severidade

da doença, de forma similar ao fungicida mancozeb e a um biofungicida comercial baseado em *B. subtilis*.

Estudos com *Agaricus blazei* e *Lentinula edodes* mostraram que esses fungos também podem ser eficazes na redução da antracnose em maracujá. Em experimentos, a combinação de *Agaricus blazei* com fécula de mandioca resultou em uma redução significativa da área necrosada nos frutos em comparação ao controle, enquanto *Lentinula edodes* e acibenzolar-S-metil não apresentaram resultados significativos (Coqueiro *et al.* 2024).

Além disso, extratos de plantas medicinais têm sido usados como uma alternativa promissora no controle de doenças bacterianas. Extratos de *Senna alata*, por exemplo, demonstraram capacidade de inibir o crescimento de *Xanthomonas axonopodis* pv. *Passiflorae*, agente causador da mancha bacteriana do maracujá, com uma redução de 14,94% do crescimento bacteriano em plantas de maracujazeiro. Os extratos de vagens de *S. alata* também reduziram a severidade da doença em até 37,82% (Silva *et al.* 2017).

Outro estudo importante, realizado por Camargos e Reis (2021), investigou o uso de *Trichoderma harzianum* na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. Os resultados indicaram que a dose de 6 g/L do produto comercial Trianium® promoveu maior massa seca da parte aérea e das raízes, enquanto doses menores não apresentaram diferenças significativas para o diâmetro e altura da parte aérea.

No entanto, nem todos os resultados com o uso de biodefensivos foram positivos. Um estudo conduzido por Pereira (2023) analisou a sobrevivência de plantas de maracujá submetidas a doses de *Trichoderma* no controle da fusariose. Foi observado que a dosagem de 1L/ha de Trichodermil SC no momento do transplante resultou em número de plantas sobreviventes menores ou iguais à testemunha, sugerindo um efeito negativo dessa prática. Por outro lado, a aplicação de 2L após 90 dias (90 DAT) apresentou maior taxa de sobrevivência, indicando um benefício no uso em momentos específicos do desenvolvimento.

Esses resultados evidenciam que, embora os biodefensivos sejam uma alternativa eficaz para o controle de doenças no maracujá, sua eficácia pode depender de fatores como a dosagem, o momento de aplicação e as condições ambientais. O uso de microrganismos como *Bacillus* e *Trichoderma* não apenas

protege as plantas contra doenças, mas também melhora sua produtividade e resistência, contribuindo para um cultivo de maracujá mais sustentável e ecologicamente responsável. A comparação entre os diferentes estudos mostra que, enquanto alguns tratamentos apresentaram resultados muito positivos, outros indicaram a necessidade de ajustes nas práticas de manejo para alcançar a eficácia desejada. Isso reforça a importância da pesquisa contínua e da adequação das técnicas de aplicação para o sucesso no controle biológico das doenças do maracujá.

3.4 Comparação entre o uso de bioinsumos e insumos tradicionais no cultivo de maracujá

O uso de bioinsumos em contraste com os insumos tradicionais no cultivo de maracujá é um tema que vem ganhando destaque na agricultura, especialmente em busca de práticas mais sustentáveis e menos agressivas ao meio ambiente. Os bioinsumos incluem biofertilizantes, bioestimulantes e biodefensivos, que são utilizados para melhorar a produtividade, qualidade e resistência das plantas, ao mesmo tempo que reduzem o impacto ambiental. Por outro lado, os insumos tradicionais, como fertilizantes químicos e agrotóxicos, são conhecidos por seu impacto rápido e eficaz na produção, mas apresentam riscos para o meio ambiente e a saúde humana quando usados de forma inadequada.

3.4.1 Efeitos dos bioinsumos na qualidade do solo

Um dos principais benefícios dos bioinsumos está relacionado à qualidade do solo. Estudos indicam que o uso prolongado de insumos químicos leva à degradação da estrutura do solo e à redução da biodiversidade de microrganismos benéficos. Em contraste, os bioinsumos têm sido capazes de melhorar a qualidade do solo ao promover a atividade microbiana e aumentar a diversidade de microrganismos benéficos, como bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos (Almeida *et al.* 2019; Miranda, 2024). Esses efeitos são essenciais para a sustentabilidade do cultivo, garantindo não apenas uma produção sustentável, mas também a manutenção da fertilidade do solo a longo prazo.

3.4.1.1 Crescimento vegetativo

Estudos comparativos demonstram que o uso de bioinsumos pode levar a um desenvolvimento inicial mais uniforme das plantas de maracujá, especialmente em termos de crescimento radicular e vigor das mudas, quando comparado aos fertilizantes químicos. O tratamento com biofertilizantes, por exemplo, promoveu um aumento significativo na biomassa das plantas e na retenção de umidade do solo, resultando em mudas mais saudáveis e melhor adaptadas às condições adversas (Vasconcelos, 2019; Miranda, 2024). Em contrapartida, os fertilizantes químicos forneceram nutrientes em maiores concentrações, o que, embora tenha acelerado o crescimento inicial, não contribuiu de forma tão efetiva para a resistência das plantas ao estresse abiótico (Santos *et al.* 2014).

A adubação orgânica, que utiliza biofertilizantes, tem se mostrado vantajosa em diversos contextos de cultivo do maracujá, especialmente quando comparada à adubação química convencional. Segundo Barros *et al.* (2013), os biofertilizantes contribuem para o aumento da atividade microbiana do solo e a melhoria da sua estrutura física, fatores essenciais para a resiliência das plantas. Além disso, a adubação química, quando mal manejada, pode levar à salinização e à contaminação dos recursos hídricos, impactos não observados com o uso de biofertilizantes.

Estudos realizados por Nascimento *et al.* (2015) avaliaram os efeitos do biofertilizante em combinação com adubação mineral na qualidade dos frutos de maracujá. Observou-se que o uso combinado de biofertilizante com 50% da dose de adubação mineral recomendada pode substituir a adubação completa, mantendo a qualidade dos frutos, incluindo diâmetro, massa e teor de sólidos solúveis. Esse resultado indica uma oportunidade para reduzir a dependência de fertilizantes químicos, promovendo uma produção mais sustentável sem comprometer a qualidade dos frutos.

3.4.1.2 Controle de pragas e doenças

No controle de pragas e doenças no cultivo do maracujá, o uso de bio defensivos, como *Trichoderma asperellum* e *Bacillus subtilis*, tem se mostrado eficaz. *Trichoderma asperellum* mostrou controle significativo da fusariose causada por *Fusarium oxysporum* (Ferreira, 2021; Quevedo et al. 2022), enquanto *Bacillus subtilis* foi eficaz na redução da podridão do colo causada por *Fusarium solani* (Chen et al. 2021). Embora defensivos químicos apresentem uma resposta imediata, eles impactam negativamente a microbiota do solo (Ferreira, 2021). Por outro lado, os bioinsumos promovem um controle mais duradouro, são menos tóxicos ao meio ambiente e contribuem para a sustentabilidade e biodiversidade, apesar de demandarem mais tempo para resultados visíveis (Nunes; Rezende, 2015; Baleeiro et al. 2024).

3.5 Mecanismos de ação dos microrganismos multifuncionais

Bioinsumos microbianos, especialmente rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPRs) e fungos micorrízicos arbusculares (FMA's), desempenham um papel essencial na nutrição e saúde das plantas, promovendo a solubilização e a disponibilização de nutrientes.

Rizobactérias, como *Bacillus spp.* e *Azospirillum brasilense*, produzem ácidos orgânicos, como ácido cítrico e ácido glucônico, que diminuem o pH do solo, facilitando a solubilização de fosfatos de cálcio e liberando fósforo em formas assimiláveis para as plantas. Isso é particularmente vantajoso para o maracujá, que tem uma alta demanda por fósforo, elemento essencial para o desenvolvimento radicular e a frutificação (Anjos, 2005; Agra, 2007). A Figura 22, apresenta um esquema de solubilização de fosfato por microrganismos solubilizadores de fosfato.



Figura 22: Apresentação esquemática de solubilização de fosfato por Microrganismos Solubilizadores de Fosfato. A placa PSB ilustrada na figura representa bactérias solubilizadoras de fosfato com formação de zona de halo.

Fonte: Traduzido de Rawat *et al.* 2020 e adaptado por Boschiero, 2022.

Rezende *et al.* (2021) destacam que os microrganismos multifuncionais, conhecidos por seus mecanismos diretos e indiretos na promoção do crescimento vegetal, são alternativas promissoras para práticas agrícolas mais sustentáveis. A aplicação desses microrganismos permite melhorias no manejo das culturas, contribuindo para uma agricultura ecologicamente equilibrada. Entre os principais mecanismos de ação dos microrganismos multifuncionais estão a regulação hormonal, a solubilização de nutrientes no solo e a indução de resistência das plantas contra patógenos.

Estudos revisados por Barreto *et al.* (2023) mostram que os bioestimulantes, incluindo microrganismos, desempenham papel crucial no manejo sustentável das frutíferas, promovendo processos de nutrição que independem do conteúdo nutricional do produto. Em especial, esses bioinsumos contribuem para a eficiência de uso dos nutrientes e melhoram a tolerância ao estresse, como demonstrado na fruticultura, onde aumentam a vida útil e a produtividade das plantas, além de mitigar os danos climáticos, especialmente o estresse hídrico.

Os bioinsumos por microrganismos, desempenham um papel fundamental na solubilização de nutrientes, como o fósforo, e no aumento de sua disponibilidade para as plantas. A solubilização de fosfatos inorgânicos por microrganismos benéficos é um mecanismo crucial que contribui para a melhoria da nutrição das plantas, especialmente em solos tropicais que apresentam baixa disponibilidade de fósforos (Mendes; Reis Junior, 2003).

3.5.1 Interações ecológicas e multifuncionalidade dos microrganismos

As interações ecológicas benéficas entre plantas e microrganismos, especialmente as bactérias, têm sido objeto de estudo ao longo dos anos em diversas regiões do mundo. Pesquisas sobre a fixação biológica de nitrogênio, tanto simbiótica quanto associativa, analisaram as comunidades bacterianas presentes nas raízes das plantas. Esses estudos revelaram diferentes mecanismos que promovem o crescimento das plantas, como a produção de fitohormônios e a solubilização de fosfatos, além da fixação biológica de nitrogênio. Alguns gêneros

bacterianos, comuns nas rizosferas de várias espécies vegetais, apresentam mais de um desses mecanismos. Entre eles, destacam-se *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Bacillus* e rizóbios, evidenciando a multifuncionalidade desses microrganismos (Bashan *et al.* 2010; Gohil *et al.* 2022; Hungria; Neves, 1986; Lynch, 1990; Baldani, 2005; Ahmad *et al.* 2008; Moreira; Siqueira, 2006; Mus *et al.* 2016; Rocha *et al.* 2018; Wekessea *et al.* 2021; Malik; Sindhu, 2011; Bothelo *et al.* 2023).

Além disso, os bioinsumos, como os citados por Agrishow (2023), estão cada vez mais sendo usados na agricultura como alternativas de baixo impacto ambiental, especialmente no controle de pragas e promoção de crescimento vegetal. Segundo a Embrapa, esses produtos promovem um equilíbrio ecológico, sendo essenciais para melhorar a disponibilidade de nutrientes e promover a saúde do solo. Os pesquisadores da Embrapa ressaltam que, devido à sua ação menos tóxica, esses bioinsumos são uma excelente alternativa para reduzir o uso de insumos químicos convencionais e estimular uma agricultura mais sustentável.

As bactérias conhecidas como Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCP) estão sendo utilizadas para desenvolver e consolidar tecnologias agrícolas conservacionistas, atualmente referidas como bioinsumos. No entanto, ainda há muito a ser investigado, uma vez que apenas cerca de 10% da diversidade microbiana do solo e, conseqüentemente, dos microrganismos associados às raízes, são conhecidos, especialmente em um país que abriga a maior biodiversidade já documentada no planeta (MAPA, 2021; Moreira; Siqueira, 2006).

Essas evidências indicam que o uso de biofertilizantes, tanto para nutrição quanto para o controle de doenças, contribui para o desenvolvimento sustentável do cultivo de maracujá. Ao melhorar a disponibilidade de nutrientes e proteger as plantas contra doenças, esses biofertilizantes contribuem para a promoção da saúde do solo e do desenvolvimento das plantas, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos e possibilitando uma produção mais equilibrada e sustentável.

3.5.2 Solubilização de nutrientes e aumento da disponibilidade de fósforo

A utilização de microrganismos promotores do crescimento de plantas, especialmente as rizobactérias, fungos micorrízicos arbusculares (FMA's) e fungos endofíticos, tem se mostrado uma alternativa sustentável e eficaz para melhorar a

nutrição de culturas agrícolas, como o maracujá. Esses microrganismos atuam na rizosfera e nas raízes, promovendo mecanismos que aumentam a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas, sobretudo em solos de baixa fertilidade (Luz *et al.* 2006; Braghirolli *et al.* 2012; Vieira Júnior *et al.* 2013).

As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs), conhecidas como *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), incluem espécies como *Bacillus* spp. e *Pseudomonas* spp., que desempenham funções essenciais tanto na nutrição vegetal quanto no controle biológico de patógenos. Esses microrganismos habitam a rizosfera, a zona ao redor das raízes, onde interagem diretamente com as plantas e contribuem para diversos processos, como a produção de hormônios vegetais (auxinas, giberelinas e citocininas), que promovem o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes (Vieira Júnior *et al.* 2013).

Um dos principais mecanismos de ação das rizobactérias e fungos solubilizadores de fósforo está na produção de ácidos orgânicos, como ácido cítrico, ácido málico, ácido glucônico e ácido oxálico, que reduzem o pH da rizosfera e facilitam a dissolução do fósforo em formas assimiláveis para as plantas. Esses ácidos agem diretamente sobre o fosfato mineral ou quelam cátions como cálcio e alumínio, liberando o fósforo para absorção. Esse processo é particularmente importante em solos como os do Cerrado, que apresentam alta retenção de fósforo e baixa disponibilidade desse nutriente essencial para o desenvolvimento e frutificação do maracujá (Botelho e Brasil, 2023; Cruz *et al.* 2024; Mendes; Junior, 2003).

Além da produção de ácidos, algumas rizobactérias, como *Bacillus subtilis*, produzem enzimas fosfatases e fitases, que mineralizam compostos orgânicos de fósforo, transformando-os em formas inorgânicas acessíveis às plantas. Essas enzimas hidrolisam compostos de P orgânico, liberando o nutriente e aumentando sua disponibilidade no solo (Cruz *et al.* 2024). Esse mecanismo de mineralização é essencial para a nutrição de culturas que demandam altos níveis de fósforo, como o maracujá.

Outro mecanismo importante é a produção de sideróforos por rizobactérias como *Pseudomonas* spp. e *Bacillus* spp. Estes compostos quelantes de ferro, como pioverdina e enterobactina, aumentam a disponibilidade de ferro ao formar

complexos com o mineral e competir com patógenos pelo seu acesso. A produção de sideróforos contribui para uma nutrição equilibrada e ainda auxilia no controle biológico de patógenos na rizosfera, melhorando a saúde geral das plantas e seu desenvolvimento (Mendes; Junior, 2003; Vieira Junior *et al.* 2013).

Algumas rizobactérias também desempenham um papel importante na fixação de nitrogênio atmosférico, como no caso de espécies do gênero *Azospirillum*, que contribuem para o suprimento de nitrogênio e promovem o crescimento das plantas em solos com baixa disponibilidade desse nutriente (Mendes; Junior, 2003). Esses mecanismos das rizobactérias são complementares aos de outros microrganismos, criando uma sinergia na promoção do desenvolvimento radicular e aumentando a absorção de nutrientes (Vieira Junior *et al.* 2013).

Estudos mostram que bactérias do gênero *Bacillus* spp., além de solubilizar o fósforo, influenciam o desenvolvimento radicular, aumentando a capacidade da planta de explorar o solo e absorver nutrientes (Botelho e Brasil, 2023). Esse mecanismo é essencial para culturas como o maracujá, que apresentam alta demanda por fósforo para o crescimento e frutificação. Especificamente, *Bacillus subtilis* utiliza ácidos orgânicos, como ácido cítrico e ácido glucônico, para reduzir o pH do solo, solubilizando fosfatos de cálcio e transformando o fósforo em formas assimiláveis. Além da acidificação, *Bacillus* spp. produz enzimas fosfatases que mineralizam compostos orgânicos de fósforo, aumentando ainda mais a disponibilidade desse nutriente para as plantas (Cruz *et al.* 2024). A figura 23, mostra um esquema para os mecanismos de ação das rizobactérias.

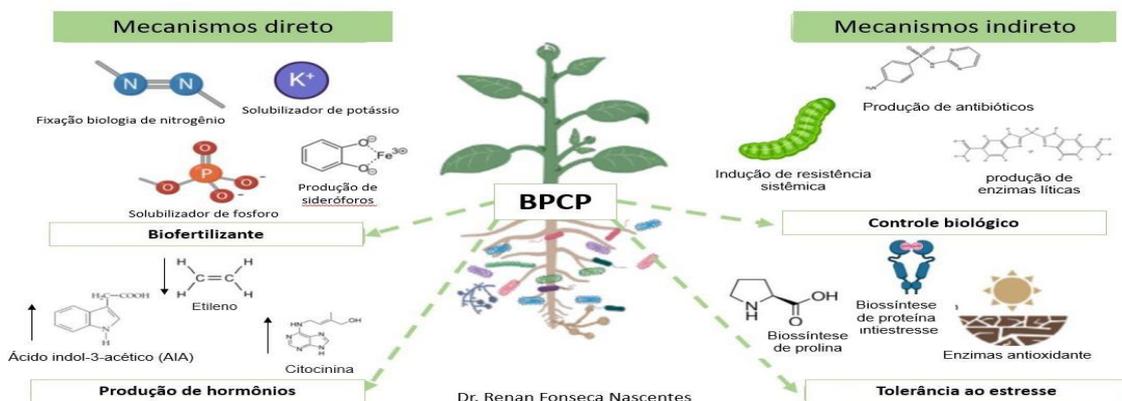


Figura 23: Bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP), mecanismo de ação.

Fonte: Nascentes, 2023.

Outro grupo importante são os fungos micorrízicos arbusculares (FMA's), como *Glomus etunicatum*, *Scutellospora heterogama* e *Gigaspora albida*, que formam associações simbióticas com as raízes das plantas, denominadas micorrizas arbusculares. Os FMA's aumentam a área de absorção da raiz ao formar uma rede de hifas extrarradiculares que se expande no solo além das raízes. Essa estrutura facilita a captação de fósforo e outros nutrientes de baixa mobilidade, como zinco e magnésio, promovendo uma nutrição mais eficiente para as plantas hospedeiras (Mendes; Junior, 2003; Braghirolli *et al.* 2012; Agra, 2007). Os FMA's também produzem glomalina, uma glicoproteína que ajuda na formação de agregados estáveis no solo, promovendo uma estrutura física favorável para o crescimento das plantas e a retenção de nutrientes (Braghirolli *et al.* 2012).

Dentro dessa associação simbiótica, os FMA's formam estruturas especializadas chamadas arbúsculos, que facilitam a troca de nutrientes entre o fungo e a planta, aumentando significativamente a eficiência na absorção de fósforo. Esse benefício é especialmente relevante para culturas com baixa capacidade de exploração de fósforo, como o maracujá, resultando em um crescimento mais vigoroso e uma maior produtividade (Mendes; Junior, 2003; Braghirolli *et al.* 2012). A Figura 24, ilustra o ciclo simbiótico dos FMA's.

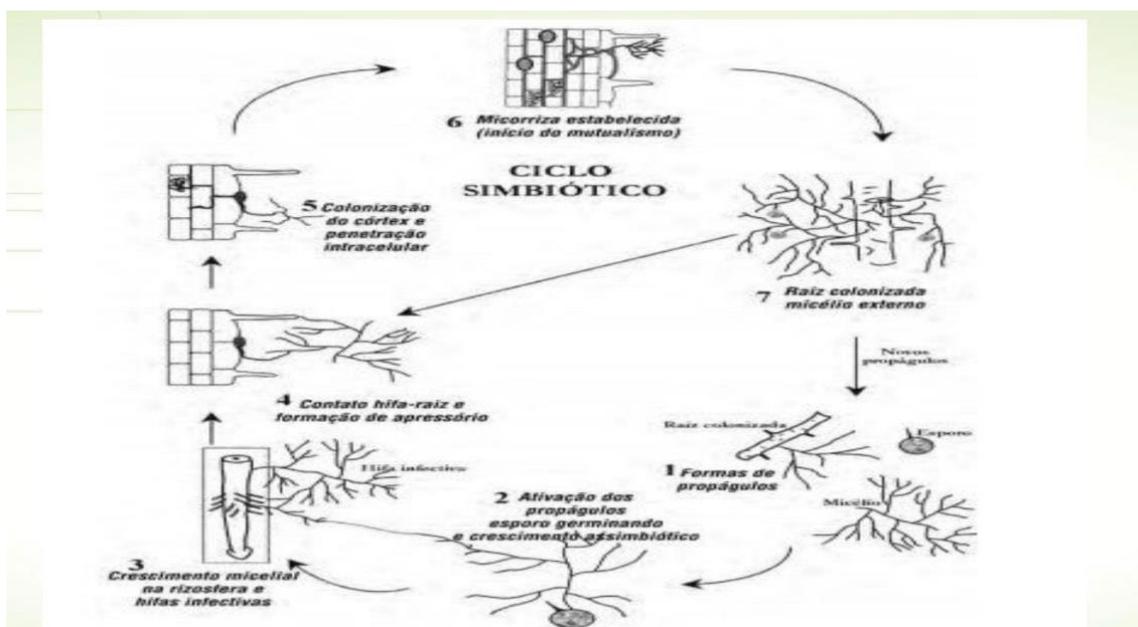


Figura 24: O ciclo simbiótico dos FMA's, nas raízes das plantas.

Fonte: Passei Direto, 2021.

Os fungos endofíticos, por sua vez, desempenham um papel crucial na promoção do crescimento das plantas através de múltiplos mecanismos. Eles produzem metabólitos secundários, como alcaloides, terpenos e compostos antibióticos, que protegem a planta contra pragas e patógenos, além de melhorar sua resistência ao estresse ambiental (Canuto *et al.* 2012; Miranda, 2019;). Além disso, esses fungos competem por espaço e nutrientes com organismos patogênicos na rizosfera, dificultando sua proliferação e criando uma barreira biológica contra infecções (Miranda, 2019).

Outro mecanismo de ação é a produção de enzimas hidrolíticas, como quitinases e proteases, que decompõem as paredes celulares de patógenos e nematoides, protegendo as plantas e favorecendo o crescimento saudável das raízes. A presença desses fungos também pode induzir resistência sistêmica (IRS) nas plantas, reforçando as barreiras naturais, como o espessamento das paredes celulares e a produção de fitoalexinas que dificultam a penetração de patógenos (Miranda, 2019).

Por fim, os fungos endofíticos (Figura 25) ajudam a planta a lidar com estresses abióticos, como seca e salinidade, ao liberar substâncias bioativas que melhoram a retenção de água e a estabilidade celular, promovendo um crescimento mais vigoroso e resiliente (Luz *et al.* 2006; Canuto *et al.* 2012).

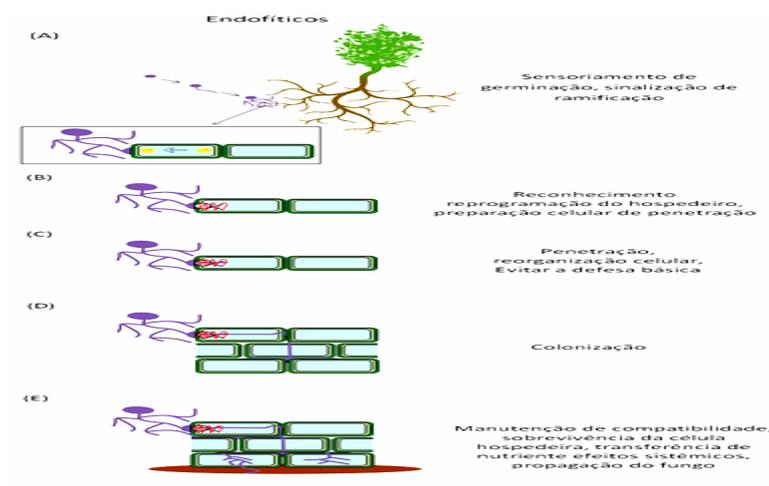


Figura 25: Esquema exemplificando o possível mecanismo de colonização desenvolvido por fungos endofíticos.

Fonte: Adaptado de Kogel *et al.* (2006) por Souza, 2019.

3.5.3 Produção de fitormônios (auxinas, giberelinas, citocininas) e estímulo ao crescimento

Microrganismos presentes nos bioinsumos, como rizobactérias e fungos, são capazes de produzir fitormônios essenciais ao desenvolvimento das plantas, incluindo auxinas, giberelinas e citocininas. Rizobactérias promotoras de crescimento, como *Bacillus* spp. e *Azospirillum brasilense*, destacam-se pela produção de ácido indolacético (AIA), uma auxina que estimula o desenvolvimento radicular e aumenta a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas de maracujá (Agra, 2007). Esse efeito é potencializado pela produção de auxinas, que promovem a formação de raízes laterais e pelos radiculares, aprimorando a exploração do solo (Botelho e Brasil, 2023; Zilli *et al.* 2023; Gazola *et al.* 2024).

As auxinas desempenham um papel crucial no estímulo ao crescimento radicular, resultando em um sistema radicular mais eficiente na absorção de nutrientes. Em estudos, fungos endofíticos, como *Fusarium* e *Colletotrichum*, demonstraram aumentar em até 204,4% a biomassa radicular de mudas de maracujá após 90 dias de inoculação, evidenciando o efeito positivo desses microrganismos na qualidade das mudas e no estabelecimento das plantas (Luz *et al.* 2006).

Além das auxinas, citocininas produzidas por esses microrganismos promovem a divisão celular e o desenvolvimento de brotos, aumentando a biomassa e a robustez estrutural das plantas. Giberelinas, por sua vez, atuam no alongamento do caule e na germinação, proporcionando um equilíbrio no desenvolvimento de raízes e parte aérea (Mello, 2002). Em experimentos com fungos micorrízicos como *Glomus intraradices*, observou-se que esses organismos aumentam a produção de auxinas na planta hospedeira e favorecem a síntese de giberelinas, aumentando a tolerância a estresses abióticos e facilitando a colonização por microrganismos benéficos (Gomes *et al.* 2016).

Fungos como *Trichoderma* spp. também contribuem para a produção de giberelinas e citocininas, promovendo a divisão celular e a expansão dos tecidos, o que beneficia o crescimento geral das plantas (Botelho e Brasil, 2023; Gazola *et al.* 2024). Esses fitormônios auxiliam tanto no desenvolvimento radicular quanto na formação de caules e folhas, incrementando a biomassa total da planta.

A aplicação de bioinsumos com rizobactérias, fungos endofíticos e micorrízicos permite que plantas de maracujá se beneficiem de um estímulo hormonal natural. Esse estímulo aumenta o crescimento, a biomassa e a resiliência das plantas, especialmente em condições adversas, além de aprimorar a eficiência no uso de recursos minerais. Portanto, o uso de bioinsumos representa uma alternativa sustentável na agricultura, maximizando o potencial produtivo e contribuindo para a saúde do ecossistema agrícola.

3.5.4 Mecanismos de ação antagonista e indução de resistência sistêmica por bioinsumos

Os fungos e bactérias utilizados como bioinsumos no cultivo do maracujá desempenham papel fundamental no biocontrole de patógenos e na indução de resistência sistêmica nas plantas. Esses bioinsumos, como os fungos do gênero *Trichoderma* e as bactérias do gênero *Bacillus*, têm se mostrado altamente eficazes na promoção da saúde das plantas e na mitigação de doenças, aumentando assim a sustentabilidade do cultivo (Gazola *et al.* 2024).

3.5.4.1 Indução de resistência em plantas

A resistência sistêmica induzida (RSI) é um dos mecanismos essenciais proporcionados por bioinsumos, ativando as respostas de defesa das plantas sem a necessidade de infecção prévia. Essa forma de resistência, promovida por rizobactérias e fungos endofíticos, fortalece o sistema imunológico da planta, mantendo-a resistente mesmo em regiões distantes do local de indução (Pascholati, 2015; Melo, 2002; Dalio, 2015). Em culturas como o maracujá, a RSI reduz a necessidade de defensivos químicos, além de aumentar a resistência a estresses ambientais, como seca e salinidade (Bernardes *et al.* 2010).

Microrganismos como *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus subtilis* produzem compostos como ácido salicílico, sideróforos e outros metabolitos que ativam as defesas da planta. O ácido salicílico, em particular, age como um sinalizador, desencadeando uma resposta de defesa em várias partes da planta, o que melhora sua resistência contra patógenos como *Pythium aphanidermatum*, um

patógeno conhecido por causar a podridão do colo e o tombamento de plântulas em culturas diversas, incluindo o maracujá (Braga, 2021; Pascholati, 2015; Melo, 2002; Dalio, 2015).

Fungos micorrízicos arbusculares, como *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogama*, também induzem resistência em plantas ao formarem associações simbióticas com suas raízes, promovendo o desenvolvimento das mudas, aumentando o número de folhas e melhorando a absorção de nutrientes, o que fortalece a planta contra estresses ambientais (Braga, 2021).

3.5.4.2 Produção de compostos de defesa

Rizobactérias, como *Bacillus subtilis*, produzem compostos defensivos, como fitoalexinas, peroxidases e fenilalanina amônia-liase (PAL), que fortalecem a planta contra patógenos e promovem um ambiente menos favorável ao desenvolvimento de doenças (Braga, 2021). Esses compostos são fundamentais para a indução de resistência adquirida e para a proteção contra futuros ataques. Bactérias do gênero *Pseudomonas* também são eficazes na produção de sideróforos e ácido salicílico, estimulando as defesas da planta e promovendo resistência sistêmica contra patógenos como *Pythium aphanidermatum*, causador da podridão do colo e o tombamento de plântulas em diversas culturas, incluindo o maracujá (Pascholati, 2015; Melo, 2002; Dalio, 2015).

3.5.4.3 Mecanismos antagônicos

Outro exemplo de bioinsumo utilizado no cultivo do maracujá são os fungos *Trichoderma* spp., conhecidos por sua capacidade de biocontrolar patógenos de solo como *Fusarium* spp., *Sclerotium rolfsii* e *Rhizoctonia solani*. *Trichoderma* identifica as hifas dos fungos patogênicos e libera enzimas hidrolíticas, como quitinases, proteases e glucanases, que degradam as paredes celulares fúngicas, inibindo o desenvolvimento dos patógenos (Silva e Mello, 2007; Gazola *et al.* 2024). Além do micoparasitismo, *Trichoderma* libera metabólitos secundários com efeito antibiótico, como surfactina e iturina, que proporcionam uma camada adicional de proteção ao hospedeiro (Meyer *et al.* 2019).

3.5.4.4 Antibiose e produção de biofilmes

A antibiose é outro mecanismo essencial, onde os microrganismos produzem substâncias inibitórias, como antibióticos e sideróforos, que suprimem o crescimento de patógenos na rizosfera. *Bacillus* spp., por exemplo, é capaz de produzir compostos como surfactina e iturina, que inibem patógenos fúngicos e induzem resistência sistêmica nas plantas (Botelho e Brasil, 2023). Rizobactérias também promovem a formação de biofilmes, aumentando sua capacidade de colonizar a rizosfera e protegendo as raízes de ataques de patógenos (Pascholati, 2015; Melo, 2002; Dalio, 2015).

A aplicação de bioinsumos contendo rizobactérias e fungos endofíticos proporciona um estímulo hormonal natural e defesa aprimorada, aumentando o vigor e a resiliência das plantas frente a condições adversas. Assim, esses mecanismos de ação antagônica e de indução de resistência tornam-se ferramentas fundamentais para o manejo sustentável de pragas e doenças, promovendo a saúde do solo e reduzindo a necessidade de defensivos químicos, além de contribuir para um sistema agrícola mais equilibrado e produtivo.

3.6 Desafios e perspectivas para o uso de bioinsumos na cultura do maracujá

O uso de bioinsumos na agricultura tem se destacado como uma alternativa promissora frente aos desafios dos sistemas de cultivo convencionais, que são frequentemente dependentes de insumos químicos (Lisbinski *et al.* 2024). Contudo, a adoção ampla e eficaz desses insumos ainda enfrenta diversos desafios que precisam ser superados para que sua adoção seja mais eficaz. Esses desafios abrangem desde a falta de conhecimento até problemas de armazenamento e regulação. A seguir, são discutidos os principais obstáculos enfrentados (Neves; Cambaúva; Casagrande, 2024).

3.6.1 Desafios regulatórios e logísticos

A regulamentação e a logística para bioinsumos enfrentam desafios específicos no Brasil. A legislação brasileira ainda não consegue acompanhar a rapidez necessária para atender à crescente demanda por esses insumos biológicos, principalmente para culturas específicas como o maracujá. O Decreto 10.375/2020, que institui o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), busca centralizar e fomentar o desenvolvimento de bioinsumos. No entanto, a legislação vigente, fortemente influenciada pelo modelo de regulação de agrotóxicos, muitas vezes cria barreiras para o registro e a comercialização desses produtos inovadores (Policarpo *et al.* 2023; Gottens, 2024).

Além disso, a concentração geográfica de fábricas de produtos, localizada principalmente nas regiões Sudeste e Sul, cria um desafio logístico significativo para outras áreas do país, especialmente o Nordeste e Centro-Oeste, onde se concentra a produção de maracujá. Esse cenário exige políticas públicas de incentivo para descentralizar a produção e facilitar a logística de distribuição de bioinsumos em áreas distantes (Vidal e Dias, 2023; Miranda, 2024).

A falta de um cadastro oficial das unidades produtoras dificulta a visão completa do setor e impede a criação de estratégias de distribuição mais eficientes. O desenvolvimento de políticas públicas de incentivo e o apoio à produção local em regiões como Norte e Nordeste podem ajudar a reduzir essas desigualdades, facilitando o acesso aos bioinsumos em todas as regiões do país (Sambuichi *et al.* 2024).

Além disso, o marco regulatório dos bioinsumos ainda é complexo e muitas vezes inadequado para suas especificidades. Com a criação do Programa Nacional de Bioinsumos, estão sendo elaboradas propostas de legislações voltadas exclusivamente aos biológicos, o que pode consolidar a confiança no mercado nacional e internacional (Neves; Cambaúva; Casagrande, 2024; Bortoloti e Sampaio, 2024).

Em suma, apesar de seu potencial para promover uma agricultura mais sustentável, os bioinsumos ainda enfrentam uma série de desafios que dificultam sua adoção em larga escala. Para superá-los, é essencial investir em capacitação técnica, pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que facilitem o uso dos bioinsumos e tornem esses produtos mais acessíveis aos agricultores (Embrapa, 2024).

3.6.2 Conhecimento por parte dos produtores e custo dos bioinsumos

Outro desafio identificado é a falta de conhecimento dos agricultores sobre o uso adequado dos bioinsumos. Muitos produtores ainda têm desconfiança sobre a eficácia dos bioinsumos, uma vez que estão habituados ao uso de tecnologias químicas tradicionais. Essa lacuna de conhecimento impede a adoção em larga escala dessas tecnologias, tornando necessária uma estratégia de transferência de conhecimento que inclua a capacitação e assistência técnica aos produtores, além de atividades de extensão rural (Bortoloti e Sampaio, 2024; Neves; Cambaúva; Casagrande, 2024; Câmara dos Deputados, 2024).

O custo de produção de bioinsumos também é um obstáculo significativo. O processo de prospecção e isolamento de microrganismos envolve complexidade e custos elevados, e a produção em larga escala enfrenta dificuldades que acabam elevando os preços dos produtos (Neves; Cambaúva; Casagrande, 2024; Câmara dos Deputados, 2024). Essa realidade torna o uso de bioinsumos menos acessível para pequenos e médios agricultores, que muitas vezes preferem optar por insumos químicos mais baratos.

3.6.3 Armazenamento, aplicabilidade e compatibilidade com insumos químicos

Outro problema é o armazenamento dos bioinsumos. Como muitos desses produtos contêm microrganismos vivos, é fundamental garantir condições de armazenamento adequadas para manter sua viabilidade e eficácia. Condições inadequadas de temperatura e umidade podem comprometer a qualidade dos produtos, reduzindo sua eficiência no campo (Neves; Cambaúva; Casagrande, 2024; Câmara dos Deputados, 2024).

A aplicabilidade dos bioinsumos, embora promissora, enfrenta desafios significativos. Um dos principais obstáculos está nas técnicas específicas exigidas para garantir que os microrganismos atinjam o local adequado e se estabeleçam de forma eficiente. Isso inclui, por exemplo, métodos de aplicação que favoreçam o contato dos microrganismos com as raízes ou o ambiente desejado. Além disso, a ausência de equipamentos especializados para a aplicação pode reduzir a

eficácia dos bioinsumos e dificultar sua adoção em larga escala pelos produtores, especialmente os de menor porte. Esses fatores ressaltam a necessidade de investir em pesquisas e tecnologias que facilitem a aplicação prática desses insumos no campo (NEVES; CAMBAÚVA; CASAGRANDE, 2024).

Estudos comparativos, como o de Vidal e Dias (2023) e Miranda (2024), mostram que, em algumas condições, o uso exclusivo de bioinsumos pode não ser suficiente para garantir a produtividade esperada, especialmente em solos com baixa fertilidade ou em regiões com alto índice de pragas e doenças. Nesses casos, a combinação de bioinsumos com doses reduzidas de insumos químicos se mostrou mais eficaz, proporcionando um balanço entre produtividade e sustentabilidade. Essa abordagem integrada, conhecida como manejo integrado de cultivos, parece ser promissora para o cultivo de maracujá, oferecendo benefícios de ambos os sistemas e minimizando os impactos negativos dos insumos químicos (Neves; Cambaúva; Casagrande, 2024).

Além disso, o uso de agrotóxicos tradicionais no cultivo de maracujá apresenta riscos significativos para a saúde dos trabalhadores e para o meio ambiente. Santos et al. (2014) discutem os perigos do uso indiscriminado de agrotóxicos, ressaltando a importância de medidas de segurança, como o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e boas práticas agrícolas, para mitigar os riscos associados a esses produtos. A exposição frequente e o uso inadequado de agrotóxicos podem levar a consequências graves, como intoxicações agudas e crônicas em trabalhadores rurais, além de impactos negativos na biodiversidade do solo.

Um dos desafios do uso de bioinsumos no manejo integrado de pragas e doenças é a compatibilidade entre ativos biológicos e agroquímicos utilizados na agricultura. Ensaio indicam que a combinação de produtos químicos pode levar a alterações na calda que influenciam a sobrevivência das células bacterianas, como variações no pH ou interações químicas entre os componentes (Halfeld-Vieira e Santos, 2018).

Além disso, os resultados mostram que alguns ativos biológicos, como *Herbaspirillum seropedicae*, *Paraburkholderia tropica* e *Gluconacetobacter diazotrophicus*, se mantiveram viáveis quando expostos a produtos químicos, enquanto outros, como *Azospirillum amazonense*, foram incompatíveis com todos

os produtos testados, destacando a necessidade de uma avaliação cuidadosa da compatibilidade para cada combinação (Halfeld-Vieira e Santos, 2018).

Em resumo, a escolha entre bioinsumos e insumos tradicionais no cultivo de maracujá depende de diversos fatores, incluindo as condições do solo, o nível de infestação de pragas e o objetivo do produtor (produtividade imediata versus sustentabilidade a longo prazo). Enquanto os insumos químicos garantem resultados mais rápidos, os bioinsumos oferecem uma alternativa mais sustentável e equilibrada, promovendo a saúde do solo e a resistência das plantas. A combinação de ambos os sistemas, aliada ao manejo integrado, surge como uma estratégia eficiente para maximizar a produtividade sem comprometer o meio ambiente.

3.6.4 O Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) e as perspectivas futuras

O Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), instituído em 2020, representa um avanço importante ao promover o uso de bioinsumos e o cultivo de práticas agrícolas sustentáveis. O programa visa aumentar o desenvolvimento, a produção e o uso de bioinsumos, integrando-os às práticas agroecológicas e promovendo uma agricultura mais sustentável.

Entre as perspectivas futuras, o programa pode viabilizar o crescimento de biofábricas regionais, fomentar pesquisas que aprimorem a eficácia de bioinsumos para culturas específicas, como o maracujá, e fortalecer parcerias entre universidades, institutos de pesquisa e o setor produtivo (Policarpo *et al.* 2023; Morera *et al.* 2018).

No entanto, a expansão do programa exige investimentos em pesquisa e inovação para adaptar os bioinsumos às especificidades de cada região e cultura, incluindo o maracujá. Uma estratégia recomendada é o incentivo à participação de startups e parcerias entre instituições de pesquisa e produtores locais, de modo a fomentar inovações adaptadas às diferentes realidades agrícolas do Brasil (Xavier, 2022; Sambuichi *et al.* 2024).

3.6.5 Oportunidades para uma agricultura sustentável

Com o aumento da conscientização sobre os impactos negativos dos insumos químicos, os bioinsumos têm ganhado espaço na agricultura convencional e orgânica. A adaptação de técnicas microbiológicas, como o uso de fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio, oferece alternativas para o aumento da produtividade e redução de custos, especialmente em solos de baixa fertilidade, comuns em áreas de cultivo de maracujá no Brasil (Xavier, 2022; Sambuichi *et al.* 2024).

Além disso, a diversidade de bioinsumos disponíveis no mercado, incluindo biofertilizantes e bioestimulantes, pode apoiar a resiliência das culturas de maracujá frente aos estresses ambientais, como mudanças climáticas e limitações hídricas, promovendo a sustentabilidade da cultura em longo prazo (Xavier, 2022; Gottens, 2024).

O uso de bioinsumos na cultura do maracujá é uma oportunidade para transformar práticas agrícolas e reduzir a dependência de insumos químicos. No entanto, para que esses produtos se consolidem como uma alternativa viável e acessível, é essencial que as barreiras regulatórias e logísticas sejam enfrentadas, e que haja um suporte robusto para pesquisa e desenvolvimento. Com o apoio contínuo de políticas públicas, como o PNB, e a expansão de iniciativas locais, os bioinsumos têm o potencial de revolucionar a produção de maracujá e contribuir para um sistema agrícola mais sustentável e equilibrado no Brasil.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de bioinsumos microbiológicos na cultura do maracujá se mostrou uma alternativa promissora e alinhada aos princípios da agricultura sustentável. Ao longo da revisão de literatura, evidenciou-se que biofertilizantes, bioestimulantes e biodefensivos, especialmente aqueles baseados em microrganismos benéficos como rizobactérias e fungos micorrízicos, proporcionam melhorias significativas no desenvolvimento vegetativo das plantas de maracujá. Tais benefícios incluem maior eficiência na absorção de nutrientes, crescimento inicial vigoroso, aumento na resistência a doenças e estresses abióticos, além da promoção de uma agricultura mais sustentável e menos dependente de insumos químicos.

Apesar dos resultados promissores, ainda existem desafios que limitam a adoção em larga escala desses insumos. Entre os principais obstáculos estão as dificuldades regulatórias e logísticas, a falta de conhecimento técnico por parte dos agricultores e o custo de produção dos bioinsumos. O marco regulatório, embora tenha avançado com a criação do Programa Nacional de Bioinsumos, ainda apresenta complexidades que dificultam a comercialização e o uso amplo desses produtos. Ademais, a falta de assistência técnica especializada e a ausência de programas de capacitação são entraves para que os produtores conheçam e implementem práticas envolvendo bioinsumos em suas lavouras.

Os resultados discutidos indicam que a integração de bioinsumos com práticas de manejo integrado, como a combinação com doses reduzidas de insumos químicos, pode ser uma abordagem eficaz para superar as limitações atuais, equilibrando produtividade e sustentabilidade. Essa estratégia tem o potencial de maximizar os benefícios dos bioinsumos enquanto minimiza os riscos associados ao uso exclusivo desses insumos em condições adversas.

Para que o uso de bioinsumos seja plenamente incorporado à cultura do maracujá, faz-se necessário investir em pesquisa e desenvolvimento, visando adaptar os insumos às condições específicas de cada região produtora. Além disso, políticas públicas que fomentem a descentralização da produção de bioinsumos e promovam o acesso aos pequenos e médios produtores são essenciais para garantir que os benefícios dos bioinsumos alcancem todas as regiões do país.

Por fim, a utilização de bioinsumos no cultivo do maracujá apresenta-se como uma oportunidade de transformar práticas agrícolas e contribuir para a construção de sistemas de produção mais resilientes, sustentáveis e economicamente viáveis. Com apoio contínuo de políticas públicas e um enfoque em inovação tecnológica e capacitação dos produtores, é possível vislumbrar um futuro onde os bioinsumos desempenhem um papel central na produção de maracujá no Brasil, contribuindo para a segurança alimentar e a preservação ambiental.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, D. G. de; DOURADO, D. P.; TURÍBIO, T. de O.; MURAISHI, C. T. Técnicas de superação da dormência em sementes de maracujá amarelo. Revista Integralização Universitária - RIU, v. 7, n. 10, p. 192-197, out. 2013/fev. 2014. Disponível em: <https://to.catolica.edu.br/revistas/index.php?journal=riu&page=article&op=view&path%5B%5D=269&path%5B%5D=153>. Acesso em: 12 nov. 2024.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS (APEXBRASIL). Brasil se destaca como líder mundial na produção de maracujá. 2023 Disponível em: <https://apexbrasil.com.br/br/pt/conteudo/noticias/brasil-se-destaca-como-lider-mundial-na-producao-de-maracuja.html>. Acesso em: 13 de maio. 2024.

AGRA, A. G. de M. Utilização de rizobactérias e micorrizas na produção de mudas de maracujá. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2007. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/188/1/Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20rizobact%C3%A9rias%20e%20micorrizas%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20mudas%20de%20maracuj%C3%A1.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2024.

AGROADVANCE. Microrganismos solubilizadores de fósforo: importância, mecanismos e aplicações práticas. Figura 21: Apresentação esquemática de solubilização de fosfato por Microrganismos Solubilizadores de Fosfato. A placa PSB ilustrada na figura representa bactérias solubilizadoras de fosfato com formação de zona de halo. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-microrganismos-solubilizadores-de-fosforo/>. Acesso em: 26 nov. 2024.

ALMEIDA, A. S.; SOUZA, J. P.; FERNANDES, R. S. Os bioinsumos e a sustentabilidade agrônômica. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Agronegócio) – Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Botucatu, SP, 2019. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/23172>. Acesso em: 07 nov. 2024.

ALVES, F. C. Acervo de fungos endofíticos associados ao maracujá (*Passiflora incarnata*): preservação e potencial de biocontrole contra fitopatógenos. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/401bdc0a-b15b-42d9-a6e7-a4b0bd9e7a52>. Acesso em: 13 nov. 2024.

AMARAL, L. *Produção de bioinsumos on farm: 8 pontos de atenção para garantir o sucesso da produção na fazenda. Produção de bioinsumos "on farm". [Imagem]. In: AGROADVANCE. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-producao-de-bioinsumos-on-farm/>. Acesso em: 25 nov. 2024.*

ANJOS, E. C. T.; CAVALCANTE, U. M. T.; SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 4, p. 345-351, abr. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/gC6ZkqsXrh4qVNFqnPPCPFw/>. Acesso em: 05 nov. 2024.

ANDRADE, J. DE J.; SAMPAIO, S. R.; SANTOS, I. S. DOS; LIMA, L. K. S.; SANTOS, M. A. DOS; SILVA, A. A. A.; TOYOSUMI, I. DAS S.; JESUS, O. N. de PADUA, T. R. P de. Microrganismo promotor de crescimento na formação de mudas de maracujazeiro azedo em sistema orgânico de produção. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1150490/microrganismo-promotor-de-crescimento-na-formacao-de-mudas-de-maracujazeiro-azedo-em-sistema-organico-de-producao> . Acesso em: 09 maio 2024.

AUÍMICOS ARCA S.A DE CV. Tipos de bioestimulantes. [Imagem]. Facebook. Disponível em: <https://www.facebook.com/agroquimicosarca>. Acesso em: 25 nov. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS – ABRAFRUTAS. Brasil se destaca como líder mundial na produção de maracujá. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2023/08/brasil-se-destaca-como-lider-mundial-na-producao-de-maracuja/>. Acesso em: 13 maio 2024.

BALEEIRO, A. V. F.; RIBEIRO, F. A. L.; BRASIL, E. P. F.; NASCIMENTO, J. V.; VEIGA, T. A. T. Abordagem sistêmica do termo bioinsumos na atualidade. In: *Avances científicos y tecnológicos en ciencias agrícolas 4*. São Carlos: Editora Cubo, 2024. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/abordagem-sistemica-do-termo-bioinsumos-na-atualidade%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/abordagem-sistemica-do-termo-bioinsumos-na-atualidade%20(2).pdf). Acesso em: 25 nov. 2024.

BARROS, C. M. B.; MULLER, M. M.; BOTELHO, R. V.; MICHALOVICZ, L.; VICENSI, M.; NASCIMENTO, R. do. Substratos com compostos de adubos verdes e biofertilizantes via foliar na formação de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2575-2588, nov./dez. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6p2575>. Acesso em: 07 nov. 2024.

BARRETO, G. B.; PETRYA, C.; SILVEIRA, D. C.; TRENTIN, T. S.; TURMINA, A. P. F. L.; CHIOMENTO, J. L. T. Use of biostimulants in fruiting crops' sustainable management: a narrative review. *LADEE*, v. 4, n. 1, p. 29–48, jan./jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.17981/ladee.04.01.2023.3>. Acesso em: 13 nov. 2024.

BERNARDES, F. S.; PATRÍCIO, F. R. A.; SANTOS, A. S.; FREITAS, S. S. Indução de resistência sistêmica por rizobactérias em cultivos hidropônicos. *Summa Phytopathologica*, v. 36, n. 2, p. 115-121, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/dgzQWFmTWNZCyCK9PxKhY5Q/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 09 nov. 2024.

BEZERRA, L. O. Bioestimulante no crescimento de maracujazeiro-amarelo enxertado em área com *Fusarium* sp. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/59369>. Acesso em: 06 nov. 2024.

BRAGHIROLI, M. F.; SGROTT, A. F.; PESCADOR, R.; ULHMANN, A.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de florestas ciliares. 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180222945005>. Acesso em: 08 nov. 2024.

BOTELHO, G. R.; BRASIL, M. S. Rizobactérias: uma visão geral da importância para plantas e agrossistemas. *Ambientes em Movimento*, v. 1, n. 3, p. 22-46, 2023. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/am/article/view/6389>. Acesso em: 30 out. 2024.

BONFIM, R. A. A. Mitigação dos efeitos da restrição hídrica em plantas jovens de maracujá (*Passiflora edulis* Sims) por meio de aplicações de bioestimulante, ácido salicílico e nitroprussiato de sódio. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2022. Disponível em: http://www2.uesb.br/ppg/ppgagronomia/?post_type=dissertacao. Acesso em: 12 nov. 2024.

BORTOLOTTI, G.; SAMPAIO, R. M. Desafios e estratégias no desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil. *Tecnologia e Sociedade*, Curitiba, v. 20, n. 60, p. 291-307, abr./jun., 2024. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/15792>. Acesso em: 26 nov. 2024.

BOSCHIERO, B. N. Biopesticidas ou biodefensivos: o que temos disponível no mercado para o controle biológico ?. Classificação de Biopesticidas de acordo com a legislação Brasileira. Tipos de biopesticidas. [Imagem]. In: AGROADVANCE. 2024. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-biopesticidas-ou-biodefensivos-biologicos/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. Estabelece regras sobre definições, critérios, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem de fertilizantes orgânicos e de biofertilizantes destinados à agricultura. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Conheça a base conceitual do Programa Nacional de Bioinsumos. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>. Acesso em: 30 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Coordenação de Laboratório Vegetal, Departamento de Defesa Vegetal, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 09 maio 2024.

CAMARGOS, M. R.; REIS, J. M. R. Uso de *Trichoderma harzianum* na produção de mudas de maracujazeiro. *Revista Perquirere*, v. 2, p. 97-102, 2021. Disponível em: <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere/article/download/2639/565/7945>. Acesso em: 07 nov. 2024.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Comissão debate desafios do uso de bioinsumos na agroindústria. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1051173-comissao-debate-desafios-do-uso-de-bioinsumos-na-agroindustria/>. Acesso em: 26 nov. 2024.

CANUTO, K. M.; RODRIGUES, T. H. S.; OLIVEIRA, F. S. A. de; GONÇALVES, F. J. T. Fungos endofíticos: perspectiva de descoberta e aplicação de compostos bioativos na agricultura. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 34 p. (Documentos, 154). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81780/1/Fungos-Endofiticos.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2023.

CERVI, A. C.; MILWARD, De-Azevedo; BERNACCI, L. C. Passifloraceae. In: Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB000182>. Acesso em: 16 out. 2024.

CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, V. F. Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. *Acta Botanica Brasilica*, v. 15, n. 3, p. 379-390, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/jPT7D84kpfPLmHxBpGYqrvG/?lang=pt>. Acesso em: 13 nov. 2024.

CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; COSTA, C. M. C.; SANTOS, V. F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 1099-1106, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/TPnLssMV5JTcbkDnFtd4vfQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 06 nov. 2024.

CHEN, J. H. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained

Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Land Development Department, Bangkok, 2006. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=088d6ce3800f6a92f9890eaa4f77d04f1ac35df3>. Acesso em: 12 nov. 2024.

CHEN, Y. H.; LEE, P. C.; HUANG, T. P. Biological control of collar rot on passion fruits via induction of apoptosis in the collar rot pathogen by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology*, v. 111, n. 4, p. 627-638, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-20-0044-R>. Acesso em: 07 nov. 2024.

COQUEIRO, M. S.; SANTOS, L. P.; OLIVEIRA, R. A. Aplicação de suspensões de *Agaricus blazei* e *Lentinula edodes* na redução da antracnose em frutos de maracujá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 2024, Bento Gonçalves. Anais. Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tpp/a/VySXLX8Z7RpkBgZvrWyzg7w/?lang=pt>. Acesso em: 07 nov. 2024.

COSTA FILHO, M. V. C. Parâmetros microbiológicos na rizosfera de mudas de maracujá sob ação de microrganismos promotores de crescimento. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma) – Universidade Estadual do Tocantins, Palmas. Disponível em: <https://www.unitins.br/RepositorioDigital/Publico/Home/BaixarPDF/825>. Acesso em: 09 nov. 2024.

CRUZ, D. R. C.; FERREIRA, I. V. L.; MONTEIRO, N. O. C.; NASCENTE, A. S. Microorganismos multifuncionais na agricultura: uma revisão sistemática sobre bactérias solubilizadoras de fósforo. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 17, n. 3, p. e5854, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/5854>. Acesso em: 08 nov. 2024.

CUBILLOS-HINOJOSA, J.; VALERO, N.; MEJÍA, L. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). *Agronomía Colombiana*, v. 27, n. 1, p. 81-86, 2009. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-99652009000100011&lng=pt&nrm=is&tlng=es. Acesso em: 06 nov. 2024.

CUERVO LOZADA, J. P. Aislamiento y caracterización de *Bacillus* spp. como fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos muestras de biofertilizantes comerciales. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Microbiologia Agrícola e Veterinária) – Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colômbia, 2010. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752015000200138&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: 04 de nov. 2024.

DÍAZ, G.; RODRÍGUEZ, G.; MONTANA, L.; MIRANDA, T.; BASSO, C.; ARCIA, M. Efeito da aplicação de bioestimulantes e *Trichoderma* sobre o crescimento em plântulas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims) em viveiro. *Bioagro*, v. 32, n. 3, p. 195-204, 2020. Disponível em:

<https://www.cabidigitalibrary.org/doi/abs/10.5555/20203463280>. Acesso em: 10 nov. 2024.

EMBRAPA. Destinos das exportações brasileiras de maracujá em 2022. Disponível em: https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b62_maracuja.pdf. Acesso em: 02 out. 2024.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, J. G. de. Maracujá: produção e mercado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/26965/1/maracuja-01.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2024.

FALEIRO, F. G. Campo e Negócios, 2022. MARACUJÁ FRUTA NATIVA DO BRASIL PARA O MUNDO. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Maracuja-fruta-nativa-2022.pdf>. Acesso em: 09 de maio. 2024.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COSTA, A. M.; JESUS DE, O. N.; MACHADO, C. de F. Maracujá: *Passiflora* spp. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1095883/1/Maracuja03a.pdf>. Acesso em: 16 out. 2024.

FERREIRA, M. E.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D. Emergência e desenvolvimento de plântulas de maracujazeiro azedo oriundas de sementes tratadas com bioestimulante. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 1, p. 195-200, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/78HMJkCbqpMs8NMGJmz6GXS/?lang=pt>. Acesso em: 06 nov. 2024.

FERREIRA, M. de J. *Bacillus* spp. e *Trichoderma asperellum* no biocontrole de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Passiflorae*. 2021. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2021. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/pgmicrobiologia/dissertacoes/category/17-2021?download=166:marilia-de-jesus-ferreira-2021>. Acesso em: 07 nov. 2024.

FIODOR, A. et al. Biopriming of seed with plant growth-promoting bacteria for improved germination and seedling growth. *Frontiers in Microbiology*, v. 14, fev. 2023, e1142966. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1142966>. Acesso em: 09 maio 2024.

FREDO, C. R. et al. Adoção e difusão de cultivares de maracujá-azedo desenvolvidas pelo IAC no Brasil. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 51, p. 1-12, 2021. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/2020/IE-07-2020.pdf>. Acesso em: 15 out. 2024.

GAZOLA, V. D.; SANTOS, M. C. B. R.; NEGRELLI, J. G. D.; POLONIO, J. C. Importância de fungos do gênero *Trichoderma* para a agricultura: mecanismos de ação e melhoramento genético. *Revisão por Pares*, v. 16, p. 1541-1389, 2024. Disponível em: <https://peerw.org/index.php/journals/article/download/2592/1465/6944>. Acesso em: 08 nov. 2024.

GOMES, E. A.; SILVA, U. de C.; PAIVA, C. A. de O.; LANA, U. G. de P.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, V. L. dos. *Microorganismos promotores do crescimento de plantas*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 208). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161283/1/doc-208.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

GOTTEMS, L. Uso de bioinsumos cresce, mas desafios persistem. In: *Agrolink*. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/uso-de-bioinsumos-cresce--mas-desafios-persistem_496309.html. Acesso em: 26 nov. 2024.

GURUNG, N.; SWAMY, G. S. K.; SARKAR, S. K.; BHUTIA, S. O.; BHUTIA, K. C. Studies on seed viability of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). *Journal of Crop and Weed*, Mohanpur, v.10, p.484- 487, 2014. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20163278929>. 05 nov. 2024.

HALFELD-VIEIRA, B. A.; SANTOS, M. S. Compatibilidade entre ativos biológicos bacterianos e agroquímicos utilizados na produção de mudas de cana-de-açúcar. *Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente*, 2018. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 77). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1092979/1/2018BP04.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2024

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produção de maracujá*. IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. Acesso em: 09 maio 2024.

ISHIDA, A.; FURUYA, T. Diversidade e características de bactérias endofíticas cultiváveis de sementes de *Passiflora edulis*. *MicrobiologyOpen*, v. 10, e1226, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mbo3.1226>. Acesso em: 06 nov. 2024.

JAÉN-CONTRERAS, D.; ARÉVALO, G. M. L.; RAMÍREZ, G. M. E.; CADENA, I. J.; HERNÁNDEZ, V. M. V. Quality of floral stems of *lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* Raf.) inoculated with *Bacillus subtilis* and *Glomus intraradices*. *Ornamental Horticulture*, v. 28, n. 4, p. 414-422, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/oh/a/6Lpj7XwVbGysvkZj8N9JhVn/>. Acesso em: 13 nov. 2024.

JESUS, O. N.; FALEIRO, F. G. Classificação botânica e biodiversidade. *Embrapa*, [s.d.], p. 27-31. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155093/1/Classificacao-botanica-e-biodiversidade.pdf>. Acesso em: 28 out. 2024.

JESUS, O. N. de; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, K. P.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R. C. C.; PETRY, H. B. Cultivares comerciais de maracujá azedo (*Passiflora edulis* Sims) no Brasil. In: JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. de (ed.). Maracujá: do cultivo à comercialização. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 39-58. Disponível em: <https://biblioteca.epagri.sc.gov.br/consulta/busca?b=ad&id=126847>. Acesso em: 29 out. 2024.

JESUS, O. N. Plano estratégico para a cultura do maracujá 2017-2021. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019. 28 p. (Documentos / Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-4996). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208097/1/Documento231-MarcioCanto-Onildo-AINFO-1.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

JORNAL AGRÍCOLA. *Passiflora edulis*: plantas em campo. [Imagem]. Disponível em: <https://jornalagricola.wordpress.com/2013/03/08/cultura-do-maracuja/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

JÚNIOR, M. X. de O.; SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; MORAIS, O. M.; DOURADO, F. W. N. Superação de dormência de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 584-590, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/RsM7TZ9JR4C57qjQBPR3pjb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 out. 2024.

JUNGHANS, T. G. (ed.). Espécies de maracujazeiro: uma riqueza do Brasil. Brasília: Embrapa, 2022. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 10 out. 2024.

JUNQUEIRA, N. T. V.; ANSELMO, R. M.; PINTO, A. C. Q.; RAMOS, V. H. V.; PEREIRA, A. V.; NASCIMENTO, A. C. Severidade da antracnose e perda de matéria fresca do maracujá-doce em dois ambientes de armazenamento. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 15 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X; n. 5). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/567052/1/bolpd05.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2024.

KAWALEKAR, S. J. Role of biofertilizers and biopesticides for sustainable agriculture. Journal of Biological Innovations, v. 2, p. 73-78, 2013. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20133310135>. Acesso em: 12 nov. 2024.

LIMA, M. F. *Trichoderma* spp., antagonista de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Passiflorae* em plantios de maracujazeiros em três perímetros irrigados do Vale do Submédio São Francisco. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 2023, Petrolina. Anais. Petrolina: Embrapa, 1996. p. 301. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/132378>. Acesso em: 07 nov. 2024.

LOFFLER, J. J. Morfologia interna e germinação de sementes de espécies de Passiflora. 2019. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2019. Disponível em: [https://portal.unemat.br/media/files/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20VERS%C3%83O%20FINAL%20Julia%20Janice\(1\).pdf](https://portal.unemat.br/media/files/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20VERS%C3%83O%20FINAL%20Julia%20Janice(1).pdf). Acesso em: 29 out. 2024.

LOPES, T. S.; CARVALHO, H. R.; SANTOS, E. A. Uso de Trichoderma no manejo de doenças do maracujá. *Journal of Tropical Agriculture*, Recife, v. 52, n. 3, p. 207-215, 2018.

LUZ, J. S.; SILVA, R. L. O.; SILVEIRA, E. B.; CAVALCANTE, U. M. T. Atividade enzimática de fungos endofíticos e efeito na promoção do crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Caatinga*, v. 2, p. 128-134, 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/31>. Acesso em: 08 nov. 2024.

MARIANO, G. M. L. et al. Futuro e sustentabilidade dos bio defensivos no Brasil. São Paulo: Emater-MG, 2017. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/download/76334/73148/158293>. Acesso em: 31 out. 2024.

MARTINS, I.; MELLO, S. C. M.; PEIXOTO, Jr.; MENÉZES, J. E. Potencial de Trichoderma spp. como agente de controle biológico da antracnose em maracujazeiro-amarelo. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 233). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/189618>. Acesso em: 06 nov. 2024.

MARONICHE, A. G.; DIAZ, P. R.; BORRAJO, M. P.; VALVERDE, C. F.; CREUS, C. M. Friends or foes in the rhizosphere: traits of fluorescent Pseudomonas that hinder Azospirillum brasilense growth and root colonization. *FEMS Microbiology Ecology*, v. 94, Ed. 12, dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiy202>. Acesso em: 09 de maio. 2024.

MARRONE, P. G. An effective biofungicide with novel mode of action. *Pestic. Outlook*, v. 13, p. 193–194, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/b209431m>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MELETTI, L. M. M.; FURLANI, P. R.; ÁLVARES, V.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; AZEVEDO FILHO, J. A. Novas tecnologias melhoram a produção de mudas de maracujá. *O Agrônomo*, Campinas, v. 54, n. 1, p. 30-33, 2002. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/citations?user=Edh202gAAAAJ&hl=pt-BR>. Acesso em: 13 nov. 2024.

MELETTI, L. M. M.; OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C. Maracujá. Jaboticabal: FUNEP, 2010. (Série Frutas Nativas, 6). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/5rBdcDy8svLq75bdZJxYM9G/>. Acesso em: 20 out. 2024.

MELO, N. F. de. Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido, 2002. Documento apresentado no I Seminário CODA de Nutrição Vegetal, Petrolina-PE, dezembro de 2002. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/135451/1/HormonioseReguladoresdeCrescimentoVegetal.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. Trichoderma: uso na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 538 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208230/1/livro-trichoderma-online-06.01.20.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. dos. Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 26 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 85). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568171/1/doc85.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

MIRANDA, G. L. Os bioinsumos e a sustentabilidade agrônômica. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Agronegócio) – Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Botucatu, SP, 2024. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/23172>. Acesso em: 07 nov. 2024.

MIRANDA, T. F. Fungos endofíticos em espécies agrícolas de importância econômica. 2019. Monografia (Especialização em Microbiologia Aplicada) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30360/1/MONOGRAFIA%20ESPECIALIZA%C3%87%C3%83O%20EM%20MICROBIOLOGIA%20APLICADA%202019%20-%20Thais%20Felix%20Miranda%20-%20Fungos%20Endof%C3%ADticos%20em%20Esp%C3%A9cies%20Agr%C3%ADcolas%20de%20Import%C3%A2ncia%20Econ%C3%B4mica.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2024.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p. Disponível em: https://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer_public/85/8e/858e7777-a548-4aff-9ac0-f83d151ec604/moreira_e_siqueira_-_microbiologia_e_bioquimica_do_solo_-_2ed_-_2006.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, S. A. G.; MEDEIROS, S. A. S.; DIAS, T. J. Biofertilizante e adubação mineral na qualidade de frutos de maracujazeiro irrigado com água salina. Irriga, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 220-232, jul. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n2p200>. Acesso em: 07 nov. 2024.

NETTO, A. F. R.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; CARVALHO, A. J. C.; VITORAZI FILHO, J. A. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares na bioprodução de fenóis totais e no crescimento de *Passiflora alata* Curtis. Revista Brasileira de

Plantas Medicinais, Campinas, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/MYbDkbvV7qcpM3ftQRbFLLw/>. Acesso em: 06 nov. 2024.

NEVES, M. F.; CAMBAÚVA, V.; CASAGRANDE, B. P. 2024. Adoção dos bioinsumos. Agrivalle. Disponível em: <https://agrivalle.com.br/adocao-dos-bioinsumos/>. Acesso em: 26 nov. 2024.

NUNES, T. S.; QUEIROZ, L. P. Flora da Bahia: Passifloraceae. Sitientibus Série Ciências Biológicas, v. 6, n. 3, p. 194-226, 2006. Disponível em: <https://periodicos.uefs.br/index.php/sitientibusBiologia/article/view/8177/6790>. Acesso em: 20 set. 2024.

NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (orgs.). Recurso solo: propriedades e usos. São Carlos, SP: Ed. Cubo, 2015. 832 p. Disponível em: [https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=1036130&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22REZENDE,%20M.%20O.%20O.%20\(Org.\).%22&qFacets=autoria:%22REZENDE,%20M.%20O.%20O.%20\(Org.\).%22&sort=&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=1036130&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22REZENDE,%20M.%20O.%20O.%20(Org.).%22&qFacets=autoria:%22REZENDE,%20M.%20O.%20O.%20(Org.).%22&sort=&paginaAtual=1). Acesso em: 17 out. 2024.

OLIVEIRA, R. R. de; SILVA, D. F. da; MONZANI, R. M. Germinação de sementes de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*) submetidas a diferentes métodos de superação de dormência. 2023. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1720/1634>. Acesso em: 09 maio 2024.

OLIVEIRA, V. C. D.; MELO, L. D. F. D. A.; MELO JÚNIOR, J. L. D. A.; MASSAHUD, R. T. L. R.; GRUGIKI, M. A. Bioinputs and organic production in Brazil: a study based on the Embrapa's Bioinsumos application. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 53, p. 1-8, 2023.

OLIVEIRA, S. de; SANTOS, P. R. dos. Bioinsumos na Agricultura: Inoculantes. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados - DIRPA, Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Divulgação da Informação Tecnológica - CEPIT e Divisão de Estudos e Projetos - DIESP, 2023. 62 p. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/13_12_2023_RadarInoculantesfinal.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

PASCHOLATI, S. F.; MELO, T. A.; DALIO, R. J. D. Indução de resistência contra patógenos: definição e perspectivas de uso. Visão Agrícola, n. 13, p. 1-12, 2015. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Protecao_plantas-box1.pdf. Acesso em: 13 nov. 2024.

PEREIRA, R. D. Sobrevivência do maracujazeiro sob doses de Trichoderma no controle da doença fusariose. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina. Disponível em:

https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/3896/TCC_Sobrevivencia_maracuja_Fusariose.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 07 nov. 2024.

PEREIRA, R. Integração de Biológicos e Químicos no Manejo de Pragas. ABCBio. São Paulo: Agroanalysis, 2017. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/download/76334/73148/158293>. Acesso em: 31 out. 2024.

PEREIRA, V. L. D.; SIMONETTI, A. P. M. M. Uso de Bioestimulantes associado ao tratamento de semente de milho (*Zea mays* L.). Revista Cultivando o Saber, v. 14, p. 186-192, 2021. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1096>. Acesso em: 31 out. 2024.

PEZZATO JUNIOR, F. A. et al. Panorama Atual do Uso de Biodefensivos no Brasil. Agroanalysis, São Paulo: ABCBio, 2017. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/download/76334/73148/158293>. Acesso em: 31 out. 2024.

PIXBAY; CANVA; ENILSON SÁ; LARISSA GOMES. Produtos Biológicos: Inoculante? Biodefensivo? Como são classificados os diferentes produtos, segundo a legislação brasileira. [Imagem]. In: Centro de Inteligência em Orgânicos. Disponível em: <https://ciorganicos.com.br/sustentabilidade/produtos-biologicos-inoculante-biodefensivo-como-sao-classificados-os-diferentes-produtos-segundo-a-legislacao-brasileira/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

POLICARPO, M. A.; SAMBUICHI, R. H. R.; ALVES, F.; GUALDANI, C.; PACÍFICO, D. A. O Programa Nacional de Bioinsumos no âmbito da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica: origem, contribuições e potencialidades. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2023. 70 p. (Texto para Discussão, n. 2.933). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/12416>. Acesso em: 11 nov. 2024.

QUEVEDO, A. C.; MUNIZ, M. F. B.; SAVIAN, L. G.; SARZI, J. S.; SALDANHA, M. A. Ação antagonista in vitro de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 2288-2303, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509868437>. Acesso em: 11 nov. 2024.

RAMIREZ GIL, J. G.; AGUDELO, M. M.; BEDOYA, L. O.; OSÓRIO, N. W.; OSÓRIO, J. G. M. Germinação e crescimento de mudas de maracujá roxo submetidas a tratamentos de pré-germinação e inoculação micorrízica. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 3, p. 257-265, 2015. Disponível em: <https://www.agronomia.com.br>. Acesso em: 30 out. 2024.

RABBEE, M. F.; ALI, M. S.; CHOI, J.; HWANG, B. S.; JEONG, S. C.; BAEK, K. H. *Bacillus velezensis*: A Valuable Member of Bioactive Molecules within Plant Microbiomes. Molecules, v. 24, n. 6, p. 1046, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30884857/>. Acesso em: 13 nov. 2024.

REZENDE, C. C.; SILVA, M. A.; FRASCA, L. L. M.; FARIA, D. R.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; NASCENTE, A. S. Multifunctional microorganisms: use in agriculture. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. 712-725, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12725>. Acesso em: 08 nov. 2024.

REDDY, B. S. Soil health: issues and concerns: a review. Research Unit for Livelihoods and Natural Resources. Begumpet, Hyderabad, India, 2013. Nº. 23, p. 1-44. Disponível em: <https://cess.unical.in/wp-content/uploads/2023/12/CESS-Working-Paper-No.131.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.

RIZZI, L. C.; RABELLO, L. A.; MOROZINI FILHO, W.; SAVASAKI, E. T.; KAVATI, R. Cultura do maracujá-azedo. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, SAA, 1998. 23 p. (Boletim Técnico, 235). Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/publicacoes-a-venda/pdf/SPR10.pdf>. Acesso em: 29 out. 2024.

ROSSETTO, C. A. V.; CONEGLIAN, R. C. C.; NAKAGAWA, J.; SHIMIZU, M. K.; MARIN, V. A. Germinação de sementes de maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryand) em função de tratamento pré-germinativo. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 22, n. 1, p. 247-252, 2000.

RUIZ-GARCIA, C.; BEJAR, V.; MARTINEZ-CHECA, F.; LLAMAS, I.; QUESADA, E. *Bacillus velezensis* sp. nov., a surfactant-producing bacterium isolated from the river Velez in Malaga, southern Spain. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 55, p. 191-195, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15653875/>. Acesso em: 13 nov. 2024.

SAMADA, L. H.; TAMBUNAN, U. S. F. Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status. *OnLine Journal of Biological Sciences*, p. 66-76, 2020. Disponível em: <https://thescipub.com/abstract/ojbsci.2020.66.76> >. Acesso em: 24 de nov. 2024

SAMBUICHI, R. H. R.; POLICARPO, M. A.; ALVES, F. A produção de bioinsumos no Brasil: desafios e potencialidades. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, v. 32, p. 58, jul.-dez. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/49/simple-search?filterquery=Policarpo%2C+Mariana+Aquilante&filtername=author&filtertype=e>equals>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SANT'ANNA, R. Inovação e Sustentabilidade na Agricultura Brasileira. São Paulo: Andef, 2017. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/download/76334/73148/158293>. Acesso em: 31 out. 2024.

SANTANA, J. V. O. Potencial de controle biológico de microrganismos bioprospectados da restinga e cerrado contra *Fusarium* spp. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2023. Disponível em:

https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/17585/2/Jo%C3%A3o_Victo_Oliveira_Santana.pdf. Acesso em: 13 nov. 2024.

SANTOS, T.M.; FLORES, P.S.; OLIVEIRA, S.P.; SILVA, D.F.P.S.; BRUCKMER, C.H. Tempo de armazenamento e métodos de quebra de dormência em sementes do maracujá-derestinga. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, Viçosa, MG, v.2, n.1, p.26-31. 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159930/1/24642.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2024.

SANTOS, W. G.; OLIVEIRA, M. A. C. de; SOUZA, S. Â.; REIS, R. L. de M. Agrotóxicos e o risco à saúde do agricultor. 2014. Disponível em: <https://unifasc.edu.br/wp-content/uploads/2024/05/02-AGROTOXICOS-E-O-RISCO-A-SAUDE-DO-AGRICULTOR.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2024.

SANTOS, T. M.; FLORES, P. S.; OLIVEIRA, S. P.; SILVA, D. F. P.; BRUCKNER, C. H. Tempo de armazenamento e métodos de quebra de dormência em sementes do maracujá-de-restinga. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 2, n. 1, p. 26-31, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159930/1/24642.pdf>. Acesso em 24 de nov. 2024.

SCHIAVO, J. A & MARTINS, M. A. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbios em diferentes recipientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n.2, p.174-178, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/LqpDS3M654zRR6WCBGhHrJS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 31 de out. 2024.

SILVA, J. L.; COSTA, J. F. O.; RAMIREZ, C. H.; SANTOS, T. F.; LIMA, T. S.; LIMA, G. S. A.; ASSUNÇÃO, I. P. Uma abordagem sobre a cultura do maracujazeiro e o manejo químico e biológico da antracnose. *Avances Científicos y Tecnológicos en Ciencias Agrícolas*, v. 139-142, 2023. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/download-post/84074>. Acesso em: 30 de out. 2024.

SILVA, C. T. B.; COSTA, R. C.; DAMASCENO FILHO, A. S. Atividade antibacteriana de extratos de *Senna alata* L. Roxb. sobre *Xanthomonas axonopodis* pv. *Passiflora*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, Manaus, 2017. Anais. Manaus: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1071218>. Acesso em: 07 nov. 2024.

SILVA CAVALCANTE, W. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. *Irriga*, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n4p754-763>. Acesso em: 31 out. 2024.

SILVA, J. B. T.; MELLO, S. C. M. Utilização de *Trichoderma* no Controle de Fungos Fitopatogênicos. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia,

2007. (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 241). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CENARGEN/29733/1/doc241.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

SILVA, A. C. M. da. Biofertilizantes: uma alternativa sustentável para a agricultura. Revista de Agricultura Sustentável, 2021. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/41926/1/2021_AnaClaraMendesdaSilva.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

SILVA, A. O. da. Uso de biofertilizantes: tipos, vantagens e aplicações na agricultura sustentável. [Imagem]. In: AGROADVANCE. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-biofertilizantes/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SILVA, A. C. et al. Trocas gasosas e ciclo fotossintético da figueira 'Roxo de Valinhos'. Ciência Rural, v. 40, n. 6, p. 1270-1276, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n6/a618cr2850.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.

SOARES, A. C. F.; MARTINS, M. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à adição de compostos fenólicos, no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpus*). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, n. 4, p. 731-740, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/BnVmZw6KNf4qstjT9sVfWJb/>. Acesso em: 06 nov. 2024.

SOBRINHO, G. G. R.; BRITO, N. D.; SANTOS, A.; NOVAES, Q. S. Atividade antagonista de *Bacillus subtilis* sobre dois isolados de *Fusarium solani* do maracujazeiro, por diferentes métodos. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 28, pág. 131–137, 2018. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br>. Acesso em: 20 nov. 2024.

SOUSA, J.S.I.; MELETTI, L.M.M. Maracujá: Espécies, variedades, cultivo. Piracicaba: FEALQ. 1997. 179P. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285901643_Maracuja-do-Cerrado. Acesso em: 15 nov. 2024.

ULMER, T.; MACDOUGAL, J. M. 2004. *Passiflora: passionflowers of the world*. Portland: TimberPress. 430 p. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=816769>. Acesso em: 07 nov. 2024

VANDERPLANK, J. 2000. *Passion flowers*. 3. Ed. Cambridge: MIT Press, 2000. Disponível em: <https://mitpress.mit.edu/9780262720359/passion-flowers/>. Acesso em: 20 set. 2024.

VIDAL, M. C.; AMARAL, D. F. S.; NOGUEIRA, J. D.; MAZZARO, M. A. T.; LIRA, V. M. C. Bioinsumos: a construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. *Economic Analysis of Law Review*, v. 12, n. 3, p. 557-574, 2021. Disponível em: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/EALR/article/view/12811>. Acesso em: 25 out. 2024.

VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F.; ANTUNES JÚNIOR, H.; SILVA, M. S.; SILVA, D. S. G.; SILVA, U. O. da. Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2013. (Documentos / Embrapa Rondônia, ISSN 0103-9865; 155). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1018841/1/doc155rizobacterias.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2024.

VIDAL, M. C.; AMARAL, D. F. S.; NOGUEIRA, J. D.; MAZZARO, M. A. T.; LIRA, V. M. C. Bioinsumos: a construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. *Economic Analysis of Law Review*, v. 12, n. 3, p. 557-574, 2021. Disponível em: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/EALR/article/view/12811>. Acesso em: 25 out. 2024.

VIDAL, M. C.; DIAS, R. P. Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 1, p. 171-192, 2023. ISSN 1980-9735. Disponível em: <https://doi.org/10.3/rba.v18i1.23735>. Acesso em: 07 nov. 2024.

VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F.; ANTUNES JÚNIOR, H.; SILVA, M. S.; SILVA, D. S. G.; SILVA, U. O. da. Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2013. (Documentos / Embrapa Rondônia, ISSN 0103-9865; 155). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1018841/1/doc155rizobacterias.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2024.

VITORAZI FILHO, J. A.; LIMA, K. B.; FREITAS, M. S.; MARTINS, M. A.; OLIVARES, F. L. Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas sob diferentes doses de fósforo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 34, n. 2, p. 442-450, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/VYYx6XqBMtS9m gg7KQZRWzH/?lang=pt>. Acesso em: 05 nov. 2024.

WAGNER JÚNIOR, A.; ALEXANDRE, R. S.; NEGREIROS, J. R. S.; PARRIZOTTO, A.; BRUCKNER, C. H. Influência da escarificação e do tempo de embebição das sementes sobre a germinação de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). *Ceres*, v. 52, n. 301, p. 369-378, 2005. Disponível em: <https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/3053>. Acesso em 19 nov. 2024.

WAGNER JÚNIOR, A.; NEGREIROS, J. R. S.; ALEXANDRE, R. S.; PIMENTEL, L. D.; BRUCKNER, C. H. Efeito do pH da água de embebição e do trincamento das sementes de maracujazeiro amarelo na germinação e desenvolvimento. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.4, p.1014-1019, 2007.

WAGNER JÚNIOR, A.; RADAELLI, J. C.; BERNARDINELLI, L. P.; ZANELLA, L. R. Técnicas para superação da dormência de sementes de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 20060-20070,

fev. 2021. Disponível em:<https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-580>. Acesso em: 29 de out. 2024

WANG, L.; ZHANG, W.; LIU, Shou-Zhi. Plant Growth Promotion and Biocontrol of Leaf Blight Caused by *Nigrospora sphaerica* on Passion Fruit by Endophytic *Bacillus subtilis* Strain GUCC4. *Journal of fungi* (Basel, Switzerland) vol. 9, n.132. 2023. Disponível em:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36836247/>. Acesso em: 09 de maio. 2024.

WANG, C.; YE, X.; NG, T. B.; ZHANG, W. Study on the biocontrol potential of antifungal peptides produced by *Bacillus velezensis* against *Fusarium solani* that infects the passion fruit *Passiflora edulis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 69, p. 2051-2061, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33570936/>. Acesso em: 09 de set. 2024.

WANG, J.; QIN, S.; FAN, R.; PENG, Q.; HU, X.; YANG, L.; LIU, Z.; BACCELLI, I.; MIGHELI, Q.; BERG, G. Plant Growth Promotion and Biocontrol of Leaf Blight Caused by *Nigrospora sphaerica* on Passion Fruit by Endophytic *Bacillus subtilis* Strain GUCC4 *Journal of Fungi*, Basel, v. 9, p. 132, 2023. Disponível em:<https://doi.org/10.3390/jof9020132>. Acesso em: 06 de nov. 2024.

XAVIER, Vanessa Lucas. Programa Nacional de Bioinsumos: proposição de um sistema de monitoramento de biofábricas. 2022. Dissertação (Mestrado em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas) – Escola Nacional de Administração Pública, Brasília. Disponível em:<https://repositorio.enap.gov.br/jspui/handle/1/7351>. Acesso em: 11 de nov. 2024.

ZANETTI, W. A. L.; SILVÉRIO, A. L. S.; COSMO, B. M. N.; NETO, M. M.; CATANEO, P. F.; PUTTI, F. F.; ROSA, W. B.; DANILUSSI, M. T. Y. Desenvolvimento agrícola com a introdução dos bioinsumos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.7, 2023. doi:10.29372/rab202346. Disponível em: <http://www.fcav.unesp.br/rab> e-ISSN 2594-6781. Acesso em: 30 de out. 2024.

ZHAO, S.; GARCIA, D.; ZHAO, Y.; HUANG, D. Hydro-Electro Hybrid Priming Promotes Carrot (*Daucus carota* L.) Seed Germination by Activating Lipid Utilization and Respiratory Metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, p. 11090, 2021. DOI: 10.3390/ijms222011090. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34681749/>. Acesso em: 22 nov. 2024.

ZILLI, J. E.; HUNGRIA, M.; SOARES, L. H. B.; MELLO, S. C. M.; OLIVEIRA, C. A.; CASTRO, M. E. B.; SILVA, J. B. T.; SILVA, G. A.; KLEIN, C. S. Recursos genéticos microbianos. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2023.