

Brasília, DF / Setembro, 2025

Avanços e perspectivas do uso de bioinsumos no cultivo sustentável da canola



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroenergia
Ministério da Agricultura e Pecuária**

e-ISSN 2177-4439

Documentos 58

Setembro, 2025

**Avanços e perspectivas do uso de bioinsumos
no cultivo sustentável da canola**

*Cíntia Gonçalves Guimarães
Willame dos Santos Candido
Erina Vitório Rodrigues
Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves
José Adriano Marini
Bruno Galvéas Laviola*

**Embrapa
Brasília, DF
2025**

Embrapa Agroenergia
Parque Estação Biológica (PqEB), sn
70770-901 Brasília, DF
www.embrapa.br/agroenergia
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo
Embrapa Agroenergia

Comitê Local de Publicações
Presidente
Juliana Evangelista da Silva Rocha
Secretária-executiva
Lorena Costa Garcia Calsing
Membros
Alexandre Nunes Cardoso
Diogo Keiji Nakai
João Ricardo Moreira de Almeida
Leonardo Fonseca Valadares
Livia Teixeira Duarte Brandão
Lorena Costa Garcia Calsing
Priscila Seixas Sabaini
Sílvia Belém Gonçalves

Unidade responsável pela editoração
Embrapa, Gerência-Geral de
Governança Corporativa e Informação

Coordenação editorial
Osley Hugo de Borba Brito
Alessandra Rodrigues da Silva
Juliana Meireles Fortaleza

Edição executiva
Josmária Madalena Lopes

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Márcia Maria Pereira de Souza

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio

Diagramação
Maria Goreti Braga dos Santos

Fotos da capa
Bruno Galvêas Laviola (esquerda) e
Valter Baron (direita)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa, Gerência-Geral de Governança Corporativa e Informação

Avanços e perspectivas do uso de bioinsumos no cultivo sustentável da canola / Cíntia
Gonçalves Guimarães ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa, 2025.
PDF (28 p.) : il. color. (Documentos / Embrapa Agroenergia, e-ISSN 2177-4439; 58).

1. *Brassica napus*. 2. Biofertilizante. 3. Inoculante. 4. Resíduo orgânico. I.
Guimarães, Cíntia Gonçalves. II. Candido, Willame dos Santos. III. Rodrigues, Erina
Vítório. IV. Chaves, Agnaldo Rodrigues de Melo. V. Marini, José Adriano. VI. Laviola,
Bruno Galvêas. VII. Série.

CDD (21. ed.) 636.4085

Márcia Maria Pereira de Souza (CRB-1/1441)

© 2025 Embrapa

Autores

Cíntia Gonçalves Guimarães

Engenheira-agrônoma, doutora em Biocombustíveis, bolsista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Willame dos Santos Candido

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, professor da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

Erina Vítório Rodrigues

Engenheira-agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, professora da Universidade de Brasília, Brasília, DF

Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

José Adriano Marini

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Socioambientais, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Bruno Galvêas Laviola

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Apresentação

A canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) destaca-se mundialmente, ocupando a terceira posição entre as oleaginosas mais cultivadas, atrás apenas da soja e da palma de óleo. No Brasil, a cultura vem ganhando importância, impulsionada pela expansão da área plantada e pelo desenvolvimento de híbridos tropicais mais adaptados às condições climáticas do País.

A crescente demanda por práticas agrícolas mais sustentáveis, voltadas à redução do uso de insumos químicos, tem apontado os bioinsumos como alternativa promissora. O uso de biofertilizantes, bioestimulantes, agentes de controle biológico e inoculantes tem se mostrado eficaz não apenas na diminuição da emissão de gases de efeito estufa, mas também na promoção da saúde do solo e no aumento da biodiversidade. Na cultura da canola, os bioinsumos desempenham um papel fundamental, tanto no manejo de insetos-praga e doenças quanto na promoção do crescimento das plantas e na melhoria da qualidade do solo.

Este trabalho é uma compilação de informações que apresenta os principais tipos de bioinsumos e suas aplicações no cultivo da canola, abordando desde o controle biológico de insetos-praga e doenças até o uso de bactérias promotoras de crescimento. Ao reunir dados atualizados e relevantes sobre o tema, busca-se contribuir para a disseminação de práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, alinhadas às demandas da agricultura brasileira contemporânea.

Apesar do potencial já evidenciado, ainda existem desafios a serem superados para a adoção ampla e eficiente dos bioinsumos no cultivo da canola. A continuidade das pesquisas e a implementação de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento e a consolidação de protocolos de uso seguro e eficaz desses insumos – inclusive nas regiões em expansão da cultura – são fundamentais para fortalecer a canola como uma cultura estratégica, tanto na produção de biocombustíveis quanto na diversificação agrícola no Brasil.

Alexandre Alonso Alves
Chefe-Geral da Embrapa Agroenergia

Sumário

Introdução	9
Panorama da cultura da canola	9
Conceito e tipos de bioinsumos	10
Biológicos de controle	11
Bioestimulantes	12
Inoculantes e biofertilizantes	12
Pesquisas e uso de bioinsumos no cultivo sustentável da canola	13
Controle biológico de doenças na cultura da canola	13
Controle biológico de insetos-praga na cultura da canola	16
Bactérias promotoras de crescimento	19
Bactérias solubilizadoras de nutrientes na canola	21
Considerações finais	23
Referências	23

Introdução

A canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) é uma das principais oleaginosas cultivadas globalmente, ocupando a terceira posição como fonte de óleo vegetal, atrás apenas da palma de óleo e da soja (Estados Unidos, 2023). No Brasil, essa cultura tem ganhado destaque, especialmente por causa da expansão da área cultivada e do desenvolvimento de híbridos tropicais mais adaptados às condições climáticas do País. Esse crescimento é impulsionado por pesquisas voltadas à tolerância a estresses abióticos e bióticos, além da adoção de tecnologias como o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), que facilita a expansão segura do cultivo para novas regiões, além de possibilitar o acesso a políticas públicas, como crédito e seguro rural.

Simultaneamente, cresce a demanda por práticas agrícolas mais sustentáveis, que visem reduzir o uso de insumos químicos, promovendo a produção de alimentos e matérias-primas com menor impacto ambiental. Nesse cenário, os bioinsumos emergem como uma alternativa promissora, contribuindo para sistemas de cultivo de baixa emissão de carbono e para a descarbonização da agricultura brasileira. O uso de biofertilizantes, bioestimulantes, agentes de controle biológico e inoculantes tem demonstrado eficácia não apenas na redução da emissão de gases de efeito estufa, mas também na promoção da saúde do solo e da biodiversidade.

O Programa Nacional de Bioinsumos, instituído pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), visa impulsionar e consolidar o uso desses insumos na agricultura, fomentando inovações tecnológicas que alinhem a produtividade agrícola às demandas ambientais (Brasil, 2020a; Vidal et al., 2021). Na cultura da canola, os bioinsumos desempenham um papel crucial, tanto no controle de insetos-praga e doenças quanto na promoção do crescimento das plantas e na melhoria da qualidade do solo.

Neste documento, revisamos os principais tipos de bioinsumos e suas aplicações no cultivo da canola, abordando desde o controle biológico de insetos-praga e doenças até o uso de bactérias promotoras de crescimento. Ao reunir informações atualizadas e relevantes sobre o tema, esperamos contribuir para

a disseminação de práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, alinhadas às demandas da agricultura brasileira contemporânea.

Panorama da cultura da canola

A canola é resultante do melhoramento genético realizado por melhoristas canadenses, a partir da hibridação de duas espécies de colza, *Brassica oleraceae* e *Brassica rapa* (Canola Council of Canada, 2023). A canola destaca-se pela excelente qualidade do óleo para o consumo humano. Possui em sua composição altos teores de ômega 3 e vitamina E, em comparação aos óleos utilizados para alimentação, além do adequado teor de gorduras monoinsaturadas e baixo teor de gordura saturada (Tomm et al., 2009a; De Mori et al., 2014).

A cultura apresenta grande potencial para diversificar a matriz de oleaginosas usadas na produção de biocombustíveis, uma vez que o óleo pode ser matéria-prima para produção de biodiesel, diesel verde, bioquerosene de aviação (SAF), entre outros biocombustíveis. O farelo resultante da extração de óleo pode ser utilizado na alimentação animal, em razão do alto teor de proteínas, em torno de 34 a 38% (Tomm, 2005), agregando valor à cadeia produtiva da cultura (Figueiredo et al., 2003; Tomm et al., 2009b; Chavarria et al., 2011; Micuanski et al., 2014). Também é uma excelente alternativa para uso em rotação de culturas, como opção de cultivo na safrinha (Micuanski et al., 2014).

A produção de canola no Brasil concentra-se principalmente na região Sul. Em 2024, a produção total no País foi de 195.500 toneladas de grãos, ocupando uma área de aproximadamente 147.900 hectares (Conab, 2025). No entanto, há registros de vários cultivos e pesquisas com a canola em regiões de clima tropical com resultados promissores, o que demonstra o potencial da expansão da cultura para diversificação de matérias-primas de segunda safra no Brasil (Tomm et al., 2004, 2008; Panozzo et al., 2014; Santos et al., 2017; Fuzaro et al., 2018;

Laviola et al., 2019; Candido et al., 2022; Guimarães et al., 2022, 2023; Pimentel et al., 2023).

Visando criar bases para expandir a cadeia produtiva da canola para o Cerrado, a Embrapa Agroenergia desenvolveu um projeto-piloto em parceria com produtores da Cooperativa Agrícola do Rio Preto (Coarp), em Planaltina, DF (Figura 1). Nesse projeto, a produtividade média alcançada em sequeiro, como opção de segunda safra, foi de aproximadamente 2.000 kg ha⁻¹, superando a média nacional, o que demonstrou o potencial de elevação da produtividade e de expansão do cultivo de canola. Os resultados iniciais foram considerados satisfatórios, especialmente considerando que as plantas enfrentaram déficit hídrico durante parte do ciclo na safrinha. O uso de tecnologias que aumentam a tolerância das plantas ao déficit hídrico poderia atenuar esses efeitos adversos, sendo os bioinsumos promissores para essa finalidade.

Pesquisadores têm dedicado esforços ao desenvolvimento de genótipos de canola adaptados às condições tropicais, dada a grande potencialidade da cultura. No entanto, até o momento, não existem programas de melhoramento de canola consolidados no Brasil, sendo os híbridos utilizados nos cultivos ainda importados. Nesse sentido, Laviola

et al. (2022) realizaram uma revisão da literatura, sugerindo estratégias promissoras para o avanço genético e biotecnológico da canola. O estudo aborda a origem e os usos da planta, sua relevância socioeconômica global e no Brasil, além de discutir a tropicalização, com foco no melhoramento genético. Esse trabalho foi um marco para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético de canola, coordenado pela Embrapa Agroenergia.

O cultivo da canola pode ser otimizado por meio do uso de genótipos adaptados às condições tropicais, bem como pela implementação de tecnologias que aumentem a tolerância das plantas ao déficit hídrico. Adicionalmente ao aumento da produtividade, a sustentabilidade do cultivo da canola, com redução das emissões de gases de efeito estufa, é favorecida pelo uso de bioinsumos. Os bioinsumos, utilizados como biofertilizantes, biopesticidas e inoculantes biológicos, contribuem para uma agricultura mais sustentável, ao diminuir a dependência de insumos químicos convencionais, alinhando-se aos objetivos da agricultura de baixo carbono, favorecendo a conservação ambiental e a resiliência do sistema de produção.

Conceito e tipos de bioinsumos

Os insumos biológicos são produtos ou processos agroindustriais desenvolvidos a partir de microrganismos, invertebrados, extratos de plantas, enzimas, metabólitos secundários e feromônios. Esses insumos possibilitam o controle biológico, a nutrição e a promoção do crescimento de plantas, além de favorecerem a adaptação ao estresse biótico e abiótico, entre outros benefícios (Embrapa, 2020).

Embora os insumos biológicos já sejam utilizados no Brasil há algum tempo, especialmente em culturas consolidadas, como a soja, o termo "bioinsumo" foi oficialmente adotado em maio de 2020, com o lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) (Brasil, 2020a), por meio do Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020 (Brasil, 2020c). Posteriormente, o Decreto nº 11.940, de 7 de março de 2024 (Brasil, 2024), trouxe algumas alterações ao decreto supracitado.

De acordo com o Mapa, bioinsumo é definido como



Figura 1. Cultivo de canola no Cerrado, em Planaltina, DF. Parceria da Embrapa Agroenergia com a Cooperativa Agrícola do Rio Preto (Coarp).

[...] o produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos (Brasil, 2020b, 2020c).

Em 2020, a Embrapa, em parceria com outras instituições, lançou o aplicativo Bioinsumos, com o intuito de auxiliar produtores, empresas, profissionais do setor agrícola e usuários de insumos biológicos. O aplicativo oferece informações consolidadas sobre bioinsumos registrados pelo Mapa, facilitando o acesso a informações seguras e sustentáveis sobre os produtos disponíveis para uso na agricultura, promovendo assim o desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira (Embrapa, 2020; Oliveira et al., 2023).

O aplicativo está organizado em dois grupos principais: controle de pragas e inoculantes. Na seção de controle de pragas, são apresentadas informações sobre produtos biológicos registrados para o controle de insetos-praga, doenças e plantas invasoras. Já no grupo de inoculantes, estão listados aqueles testados e aprovados para diversas culturas, com indicação de fornecedores credenciados. Até setembro de 2024, estavam registrados 649 produtos para o controle de insetos-praga e 702 produtos classificados como inoculantes (Bioinsumos, 2024) (Figura 2).

Os bioinsumos englobam uma ampla variedade de produtos, entre os quais podem ser citados: inoculantes, promotores de crescimento de plantas, defensivos biológicos, extratos vegetais, produtos para nutrição vegetal e animal, biofertilizantes, vacinas, medicamentos e antissépticos, entre outros (CropLife Brasil, 2020b). Quanto à classificação dos bioinsumos para uso na agricultura, os produtos podem ser divididos em várias categorias, muitos desses produtos podem desempenhar várias funções e ter várias aplicações, tornando-os multifuncionais em seu modo de ação. Nesse contexto, são abordadas as seguintes funcionalidades: 1) controle de insetos-praga e doenças, como os biológicos de controle; 2) estímulo, como os bioestimuladores; e 3) nutrição vegetal, como os inoculantes e os biofertilizantes (CropLife Brasil, 2020b, 2022; Borsari; Vieira, 2022).

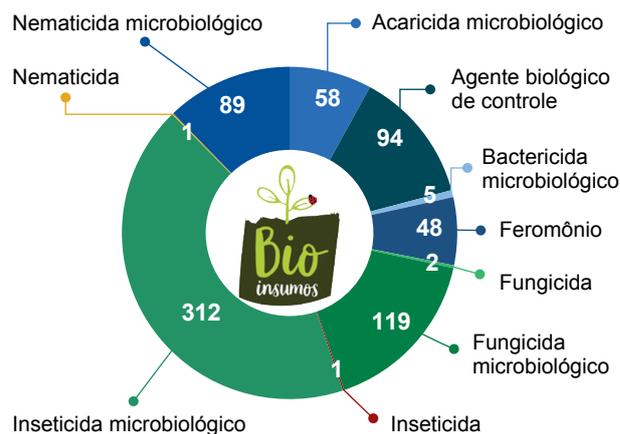


Figura 2. Bioinsumos registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária, para o controle de insetos-praga, doenças e plantas invasoras, podendo ser utilizados em qualquer cultura.

Fonte: Adaptado de Agrofit (2024) e Bioinsumos (2024).

Biológicos de controle

O uso intensivo de agroquímicos pode resultar no surgimento de resistência em patógenos, insetos-praga e plantas invasoras aos componentes ativos desses produtos, assim como no aparecimento de doenças, desequilíbrio biológico que altera a ciclagem de nutrientes e matéria orgânica, promovendo eliminação de organismos benéficos e redução da biodiversidade. Dentre as alternativas para reduzir o uso de agroquímicos, o controle biológico é amplamente discutido, pois permite tanto o aproveitamento do controle biológico natural quanto a introdução de agentes de controle biológico no cultivo de plantas (Morandi; Bettiol, 2009).

O controle biológico é o “uso de um organismo para reduzir a densidade populacional de outro organismo, podendo ser aplicado para diversas áreas” (Bettiol, 2022). Os produtos biológicos são insumos agrícolas desenvolvidos a partir de ingredientes ativos de origem natural, os quais são considerados ativos biológicos. Esses ativos consistem em substâncias com reduzida toxicidade, cuja finalidade é controlar ou erradicar a praga-alvo sem prejudicar o ecossistema (CropLife Brasil, 2020a).

Os ativos biológicos oriundos de plantas, animais, microbianos ou provenientes de processos tecnológicos, que os tornem idênticos ou estruturalmente similares, são classificados como bioquímicos ou semioquímicos (Borsari; Vieira, 2022). Quando incluem fungos, bactérias e vírus, são classificados como microrganismos. Já os ativos são denominados macrorganismos quando incluem insetos, ácaros, e outros, que possuem capacidade

de redução ou controle de insetos-praga e doenças no cultivo agrícola (Sampaio et al., 2023) (Figura 3). Os produtos biológicos de controle também podem ser classificados conforme o alvo: bioinseticidas, biofungicidas, bioacaricidas, bionematicidas, feromônios, aleloquímicos e reguladores de crescimento (Borsari; Vieira, 2022).

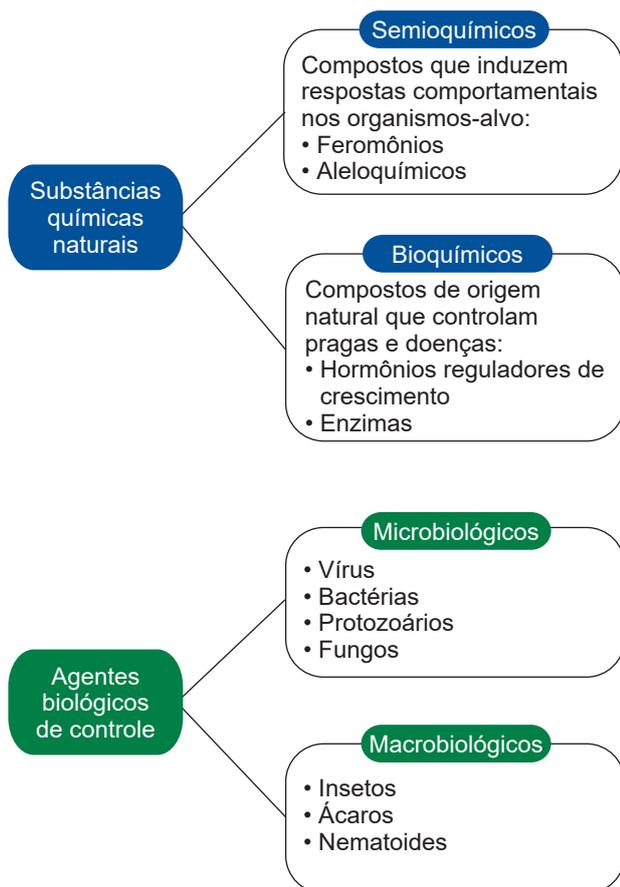


Figura 3. Classificação dos produtos biológicos de controle.

Fonte: Adaptado de CropLife Brasil (2020a).

Os produtos biológicos de controle têm crescido exponencialmente. É importante ressaltar que, com o avanço das formulações e das tecnologias de produção, esses produtos têm proporcionado resultados mais eficazes no campo, o que tem aumentado a confiabilidade e, conseqüentemente, a aceitação desses insumos. Esses aspectos têm despertado o interesse das empresas, que estão investindo cada vez mais no desenvolvimento de novos produtos. Com isso, grandes líderes no mercado de defensivos químicos estão incluindo esses ativos em seus portfólios (Borsari; Vieira, 2022).

Bioestimulantes

De acordo com o Mapa (Brasil, 2020b), bioestimulante é o

[...] produto que contém substância natural com diferentes composições, concentrações e proporções, 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.

Esses produtos exercem influência direta sobre as plantas, intensificando seus processos fisiológicos e, como resultado, promovendo maior produtividade. Além disso, podem aumentar a tolerância à seca, uma vez que sua ação pode resultar no aumento da capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas, favorecendo o crescimento vegetal (CropLife Brasil, 2022).

Quatro grupos principais de substâncias podem ser citados como bioestimulantes: 1) aminoácidos e hidrolisados de proteínas; 2) substâncias húmicas; 3) microrganismos e inóculos; e 4) extratos de algas e plantas. No mercado brasileiro, há produtos comerciais disponíveis pertencentes a esses grupos. A indústria tem destacado esses produtos como uma alternativa relevante para a prática da agricultura sustentável, por seus potenciais efeitos positivos nos processos fisiológicos das plantas (Zandonadi, 2016). Mundialmente, a maioria dos produtos comercializados como bioestimulantes é desenvolvida com base em aminoácidos, peptídeos e extratos vegetais (CropLife Brasil, 2021a).

Diversos inoculantes microbianos possuem a capacidade de gerar ou promover a produção de substâncias bioestimulantes, ou fitormônios, como o ácido indol-3-acético, giberelinas, citocininas e etileno, que podem favorecer o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, essas substâncias também auxiliam na redução dos efeitos do estresse e potencializam a capacidade de defesa das plantas contra o estresse biótico (Poveda; González-Andrés, 2021; Florencio et al., 2022).

Inoculantes e biofertilizantes

Os inoculantes e os biofertilizantes foram agrupados nessa abordagem por atuação na nutrição vegetal. Segundo o Mapa, inoculante é definido como o "produto, processo ou tecnologia que

contém microrganismos com atuação favorável ao desenvolvimento de plantas" (Brasil, 2020b). Muitas vezes, esses produtos são reconhecidos como biofertilizantes, sendo divididos em diferentes tipos com base em funções e modo de ação (Nosheen et al., 2021; Borsari; Vieira, 2022).

O biofertilizante é o

[...] produto que contém componentes ativos ou substâncias orgânicas, obtido de microrganismos ou a partir da atividade destes, bem como seus derivados de origem vegetal e animal, capaz de atuar direta ou indiretamente sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, no aumento de sua produtividade ou na melhoria de sua qualidade, incluídos os processos e tecnologias derivados desta definição (Brasil, 2020b).

Até o momento, diferentes tipos de microrganismos têm sido empregados na agricultura para finalidades diversas. Bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* são amplamente utilizadas para a fixação de nitrogênio atmosférico (N₂) (CropLife Brasil, 2021b). Além disso, o gênero *Azospirillum*, que inclui bactérias de vida livre, também é reconhecido pela capacidade de fixar nitrogênio (N) (Hungria, 2011; CropLife Brasil, 2021b). Microrganismos como o fungo *Aspergillus niger* e a bactéria *Bacillus subtilis* podem atuar como inoculantes, auxiliando na solubilização de fósforo (P) e outros nutrientes presentes no solo. Muitos desses microrganismos possuem múltiplos mecanismos de ação (Santos et al., 2019; Florencio et al., 2022).

O principal uso dos inoculantes é destinado à fixação biológica de nitrogênio, contribuindo para o aumento da disponibilidade desse elemento essencial para o crescimento das plantas. Esse processo ocorre por meio da associação de microrganismos às raízes, capturando o N₂ da atmosfera e tornando-o disponível para as plantas (CropLife Brasil, 2022). Além disso, os inoculantes microbianos, com capacidade de solubilizar o fósforo presente no solo, convertem o fósforo imobilizado em formas orgânicas e inorgânicas e em substâncias que podem ser assimiladas pelas plantas (Billah et al., 2019; Florencio et al., 2022).

Microrganismos solubilizadores de potássio (K) também desempenham um papel importante, liberando esse nutriente a partir de minerais insolúveis por meio da produção de ácidos orgânicos (Sattar et al., 2019). Além disso, alguns inoculantes microbianos são capazes de oxidar enxofre, facilitando sua absorção pelas plantas na forma oxidada (Mohamed et al., 2014). Além dos macronutrientes mencionados, os microrganismos também podem solubilizar micronutrientes como zinco, manganês, cobre e ferro (Florencio et al., 2022).

Pesquisas e uso de bioinsumos no cultivo sustentável da canola

O uso de bioinsumos no cultivo da canola possui grande potencial, especialmente considerando a crescente demanda por práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes. Entre os principais benefícios e potenciais do uso de bioinsumos na cultura da canola, destacam-se: 1) a redução do uso de produtos químicos por meio de controle biológico; 2) a melhoria da qualidade do solo, por meio do uso de microrganismos benéficos e biocontroladores; 3) a eficiência no uso de nutrientes por meio dos biofertilizantes e inoculantes; 4) a resistência a estresses abióticos; e 5) a compatibilidade com sistemas de baixa emissão de carbono.

Controle biológico de doenças na cultura da canola

Os microrganismos mais utilizados para o controle biológico de doenças são as bactérias e os fungos (Medeiros et al., 2022). Antes de abordar o controle biológico das doenças, é importante mencionar as principais doenças que afetam a cultura da canola.

A planta de canola está sujeita à presença de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus (Figura 4), cuja ocorrência está relacionada à disponibilidade de inóculo, às condições climáticas e ao genótipo suscetível (Cardoso et al., 1996). Entre as principais doenças causadas por fungos estão: a canela-preta (*Leptosphaeria maculans*), o oídio (*Erysiphe polygoni* DC), a podridão-branca da haste ou mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib. De Bary) e a mancha de alternária (*Alternaria* spp), (Tomm et al., 2009a; Scheffer, 2017).

Dentre as doenças ocasionadas por bactérias, destaca-se a podridão-negra das crucíferas (*Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*), que pode afetar folhas, caules, hastes e síliquas, em qualquer fase de desenvolvimento das plantas. Por sua vez, entre as doenças decorrentes de vírus, podem ser citadas o *turnip mosaic virus* (TuMV), da Família Potyviridae, o *cucumber mosaic virus* (CMV), da Família Bromoviridae, e o *cauliflower mosaic virus* (CaMV), da Família Caulimoviridae (Cardoso et al., 1996).

A maioria dos estudos sobre o controle biológico de doenças na cultura da canola concentra-se no fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do

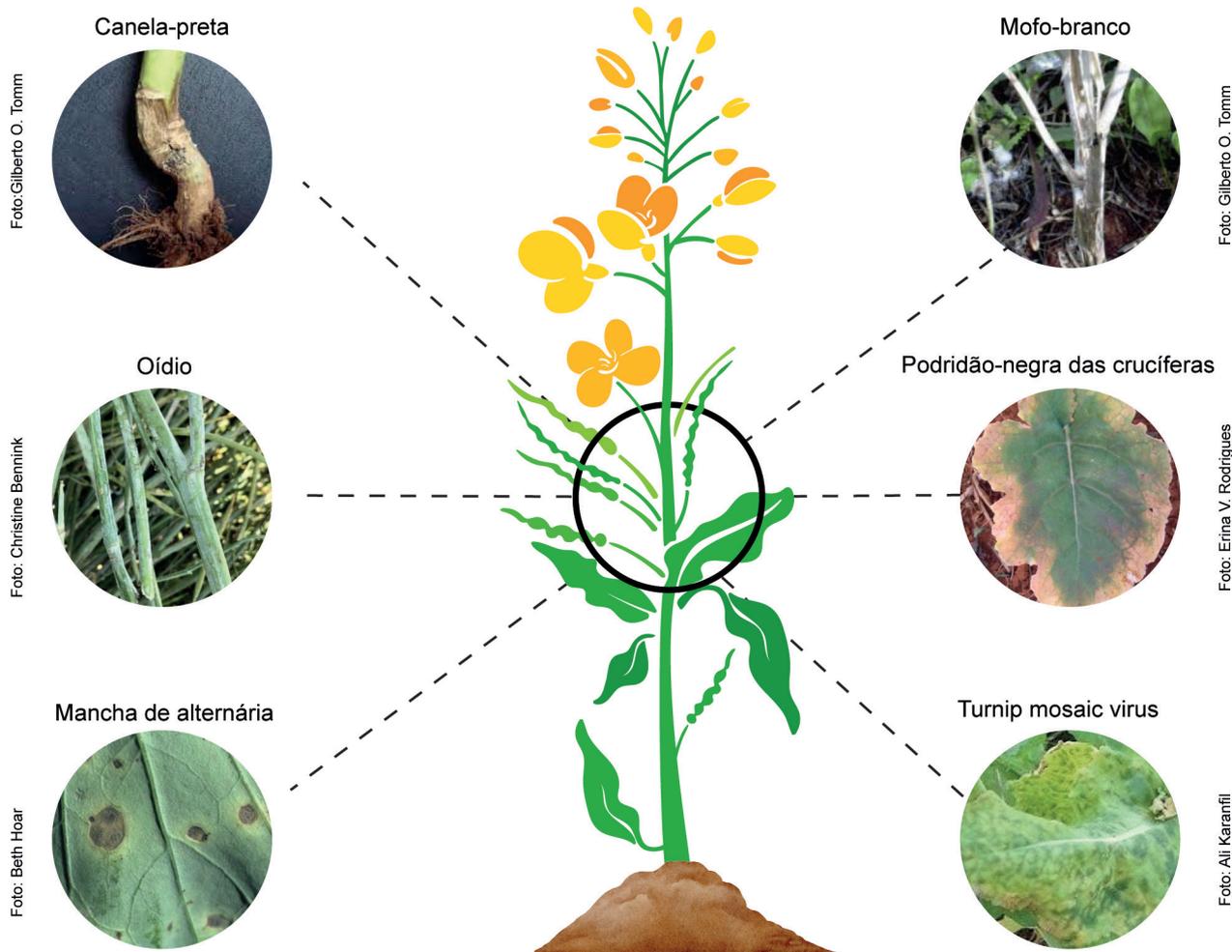


Figura 4. Principais doenças na cultura da canola.

mofo-branco. Nesse contexto, diversas pesquisas têm investigado a eficácia de microrganismos no controle dessa doença (Tabela 1).

No Brasil, os estudos têm se concentrado na região Sul, em razão da maior predominância de cultivos de canola. Entretanto, com o avanço da cultura para outras regiões, principalmente o Cerrado, será importante realizar estudos dessa natureza nos novos locais de plantio. Em Arapoti, PR, Berger Neto (2015) conduziu um ensaio com o híbrido de canola Hyola 61, visando avaliar o potencial de microrganismos antagonistas a *Sclerotinia sclerotiorum* na redução da incidência do mofo-branco. O autor verificou que a utilização do fungo *Coniothyrium minitans* associada ao fungicida procimidona proporcionou redução de 68,2% na incidência do mofo-branco em canola, quando comparada à aplicação isolada do fungicida na fase inicial de desenvolvimento da cultura e na floração. A compatibilidade entre produtos biológicos, como *Coniothyrium minitans*, e fungicidas, como a procimidona, demonstra que é possível adotar estratégias de manejo integrado para reduzir

Tabela 1. Microrganismos utilizados na cultura da canola para controle de *Sclerotinia sclerotiorum*.

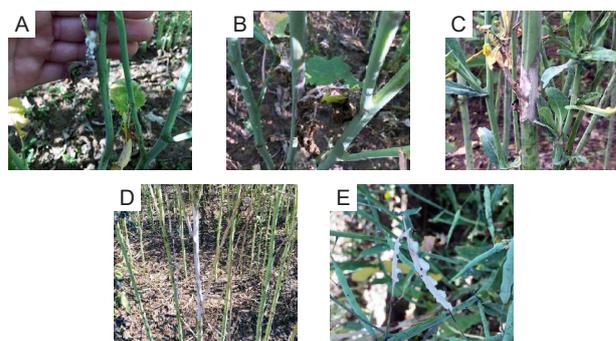
Microrganismos	Local do estudo	Citação
<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma asperellum</i> , <i>Coniothyrium minitans</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Paraná, Brasil	Berger Neto (2015)
<i>Ascophyllum nodosum</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Trichoderma asperellum</i>	Paraná, Brasil	Hennipman (2017)
15 agentes de controle biológico fúngicos (F-BCA), 3 agentes de controle biológico bacterianos (B-BCA)	Austrália	Hidayah et al. (2022)
514 isolados bacterianos de ocorrência natural	Austrália	Kamal et al. (2015)

a severidade das doenças e aumentar a produtividade da canola. Essa integração pode contribuir para a sustentabilidade da cultura, reduzindo a dependência de produtos químicos e promovendo um manejo mais equilibrado e seguro.

Ainda no estado do Paraná, Hennipman (2017) testou quatro produtos biológicos, além de fungicida químico, fertilizantes foliares e indutores de resistência ao fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em plantas de canola. Observou-se redução de 50,0 a 54,7% na severidade do mofo-branco em relação à testemunha, com o uso dos produtos biológicos. Contudo, comparado ao produto químico, apesar de não ter ocorrido diferença estatística, a redução da severidade da doença variou de 14,2 a 22,3% com o uso dos produtos biológicos. Quanto à produtividade, verificou-se aumento de 12,1 a 31,1% com o uso dos produtos biológicos em comparação ao fungicida químico (Tabela 2).

Os resultados positivos, tanto na redução da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) quanto no aumento da produtividade (Tabela 2), indicam que os bioinsumos são ferramentas viáveis e promissoras para o manejo fitossanitário

da canola. Assim, o uso de microrganismos antagonistas pode ser uma estratégia eficaz não só para o controle de patógenos, mas também para a promoção da saúde do solo e para aumentar a resiliência da cultura em condições adversas. É possível observar a evolução dos sintomas de mofo-branco no experimento citado (Figura 5).



Fotos: Hagata Siqueira Hennipman

Figura 5. Planta de canola (*Brassica napus*) com infecção do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* nas folhas (A), início da lesão na haste (B), lesão já formada na haste (C), desenvolvimento do fungo em toda a haste da planta com posterior seca dela (D), síliqua com micélio do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (E). Ponta Grossa, PR, 2017.

Fonte: Hennipman (2017).

Tabela 2. Uso dos produtos para os caracteres área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de mofo-branco e produtividade (kg ha^{-1}) em função dos tratamentos realizados em canola. Fazenda Limeira – Guaragi. Ponta Grossa, PR, 2017.

Grupo	Tratamento	AACPD	Produtividade (kg ha^{-1})
Químico	Testemunha	295,42 a	291,50 b
	Fungicida/procimidona	172,23 b	300,27 b
Biológico	<i>Bacillus thuringiensis</i>	133,84 b	336,67 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	147,81 b	337,213 a
	<i>Trichoderma asperellum</i>	142,81 b	393,78 a
	<i>Ascophyllum nodosum</i>	143,46 b	366,855 a
Indutores de resistência ao fungo <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Fosfito de manganês	117,21 b	298,70 b
	Fosfito de potássio	147,83 b	284,35 b
	Fosfito de cobre	48,48 b	279,11 b
	Acibenzolar-S-metílico	83,41 b	243,95 b
Micronutrientes	Cu 4%; Mn 6%; Zn 3,9% (Wert Plus)	162,36 b	280,09 b
	Manganês	202,63 a	311,86 b
	N 18%; K ₂ O 6% (High Roots)	225,00 a	303,10 b
	Mn 2,5%; Zn 1,9%; Mo 0,16% (V6)	135,84 b	317,6 b
Coeficiente de variação (%)		25,62	11,86

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: Hennipman (2017).

Essas doenças também acometem a cultura da canola em outros países. Por exemplo, estudo conduzido no Oeste da Austrália verificou inibição dos micélios e escleródios, com variação entre 40 e 60% e de 65 a 100% para agentes de controle biológico fúngicos (F-BCA), e de 57 a 59% e de 89 a 95% para os agentes de controle biológico bacterianos (B-BCA), respectivamente (Hidayah et al., 2022). Esses resultados corroboram os encontrados por Kamal et al. (2015), que destacaram a eficácia da bactéria *Bacillus cereus* como agente de controle biológico, proporcionando 73,6% de controle do mofo-branco, enquanto *Bacillus subtilis* alcançou 67,5% de controle, a partir do uso de 514 isolados bacterianos de ocorrência natural.

Os estudos apontam que o manejo integrado utilizando bioinsumos oferece uma alternativa sustentável e eficaz para o controle de doenças na canola. O desenvolvimento contínuo de pesquisas sobre o uso de bioinsumos, para uma gama mais diversificada de doenças que ocorrem na cultura, permitirá desenvolver estratégias de manejo mais abrangentes e sustentáveis. A implementação dessas práticas pode transformar o manejo da canola, promovendo a saúde das plantas e a sustentabilidade econômica e ambiental da produção.

Tratamento de sementes de canola para o controle de doenças

O tratamento de sementes de canola com produtos biológicos tem como objetivo auxiliar na proteção das sementes contra patógenos presentes no solo, aumentando a resistência a doenças e a competitividade com plantas invasoras de forma sustentável. Além disso, ele pode melhorar a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas, resultando em maior produtividade e qualidade da canola produzida.

Em relação ao tratamento de sementes, De Mori et al. (2017) conduziram uma pesquisa nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, em 2015, utilizando questionários estruturados aplicados a produtores de canola. Os resultados mostraram que 3,7% dos entrevistados utilizavam produtos biológicos à base de *Trichoderma* spp. No entanto, 14,3% dos produtores não souberam identificar o princípio ativo e afirmaram ter adquirido sementes já tratadas. Os demais produtores utilizaram fungicidas químicos e/ou misturas com inseticidas. A falta de conhecimento dos produtores sobre os produtos utilizados no tratamento de sementes reforça a importância de ações de capacitação e transferência de tecnologia,

visando ampliar o uso consciente e eficiente de bioinsumos na cultura da canola.

Ainda sobre o tratamento de sementes de canola, Migliorini et al. (2012) avaliaram a qualidade fisiológica e sanitária das sementes do híbrido Hyola 61, utilizando produtos químicos e biológicos. O bioprotetor *Trichoderma* spp. apresentou efeito antagônico aos fungos associados às sementes de canola, como *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp. e *Fusarium* spp., exceto aos gêneros *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp., cuja incidência foi de 39 e 2%, respectivamente. O estudo indicou que o desempenho dos bioprotetores, como *Trichoderma* spp., pode ser limitado frente a alguns patógenos específicos, como *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp., responsáveis pela deterioração das sementes. Isso ressalta a necessidade de desenvolver protocolos mais eficazes que integrem o uso de bioprotetores com outras práticas de manejo, a fim de assegurar a qualidade fisiológica e sanitária das sementes.

No mercado, existem bioinsumos registrados no Mapa, que apresentam potencial para o controle das principais doenças em culturas como a canola (Figura 6). No entanto, são necessárias mais pesquisas para testar eficiência, épocas de aplicação e dosagens, a fim de estabelecer recomendações técnicas desses produtos para a cultura da canola.

Controle biológico de insetos-praga na cultura da canola

O uso indiscriminado de inseticidas químicos para o controle de infestações de insetos-praga pode causar diversos problemas ao meio ambiente e à saúde humana, além de aumentar o risco de intoxicação para os produtores rurais. Também pode favorecer a seleção de populações de insetos resistentes aos princípios ativos utilizados de forma contínua e suprimir inimigos naturais, que seriam benéficos no controle desses insetos-praga (Foster et al., 2000; Michereff Filho et al., 2009).

Outro desafio associado ao uso de agroquímicos no controle de insetos-praga na cultura da canola é a aplicação frequente de inseticidas químicos de amplo espectro, que não são seletivos para inimigos naturais nem para abelhas polinizadoras (Marsaro Júnior, 2015). As abelhas polinizadoras desempenham papel importante na cultura da canola, relacionado ao aumento na produtividade (Durán et al., 2010; Rosa et al., 2011; Fuzaro et al., 2018). Pelo menos um estudo mostrou que essa contribuição pode elevar em até 50% a produtividade de grãos de canola (Durán et al., 2010), além de proporcionar



Figura 6. Princípio ativo de bioinsumos registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária, para o controle das principais doenças que podem ocorrer na canola.

Fonte: Adaptado de Agrofitt (2024) e Bioinsumos (2024).

maior biodiversidade local e sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas. Dessa forma, é de suma importância haver mais estudos sobre o controle de insetos-praga na cultura da canola, a fim de avançar na compreensão dos mecanismos de ação de cada produto, contribuindo para o manejo mais eficiente e sustentável da cultura.

O cultivo de canola pode ser afetado pelo ataque de insetos-praga durante seu ciclo de vida. Dependendo do nível de infestação, pode resultar em perdas econômicas significativas. Os insetos-praga podem atacar diferentes partes da planta, como raízes, folhas, inflorescências, siliquis e grãos (Tomm et al., 2014; Marsaro Júnior; Pereira, 2017; Marsaro

Júnior et al., 2019). Dessa forma, as informações sobre os danos associados aos insetos-praga são de extrema importância para possibilitar a adoção de práticas de manejo adequadas.

Entre os insetos-praga mais comuns na cultura da canola estão (Figura 7) a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), os pulgões (*Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae*), a lagarta-das-siliquis (*Helicoverpa zea*), a broca-dos-ponteiros (*Hellula* sp.), a vaquinha (*Diabrotica speciosa*), a lagarta-da-couve (*Ascia monuste orseis*), as formigas-cortadeiras (*Atta* spp. e *Acromyrmex* spp.), os percevejos (*Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* e *Euschistus heros*), o coró-das-pastagens (*Diloboderus abderus*), o coró-do-trigo (*Phyllophaga triticophaga*) e a mosca-branca (*Bemisia tabaci*) (Domiciano; Santos, 1996; Tomm, 2003; Tomm et al., 2009a, 2014; Marsaro Júnior et al., 2019, 2020).

O uso do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* resultou em 72 a 86% de controle do pulgão (*Myzus persicae*) na canola (Miranpuri; Khatourians, 1993). Esses resultados indicam que é possível reduzir significativamente as populações de insetos-praga sem prejudicar os inimigos naturais e a biodiversidade local. O fungo *Beauveria bassiana* tem sido amplamente utilizado no controle biológico de insetos-praga na agricultura, pois é considerado um parasita facultativo de várias espécies de insetos (Figura 8). A rápida colonização e fácil dispersão dele no campo, sob condições ambientais favoráveis, permitem a supressão da população-alvo em poucos dias.

Diante dos desafios impostos pelos insetos-praga no cultivo da canola, é fundamental adotar estratégias de manejo integrado que minimizem os impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana, ao mesmo tempo em que garantam a eficiência no controle das infestações. Nesse sentido, o manejo integrado de pragas (MIP), que combina métodos biológicos, culturais e químicos de forma racional, emerge como uma alternativa viável e sustentável. Portanto, o investimento em pesquisas que aprofundem o conhecimento sobre a interação dos insetos-praga com seus inimigos naturais, além do desenvolvimento de tecnologias que possibilitem a adoção de práticas de manejo mais sustentáveis, é crucial para assegurar a sustentabilidade e a competitividade da cultura da canola.

Por fim, é importante destacar que existem bioinsumos disponíveis no mercado, registrados no Mapa, para o controle dos principais insetos-praga que podem ocorrer na cultura da canola (Figura 9).

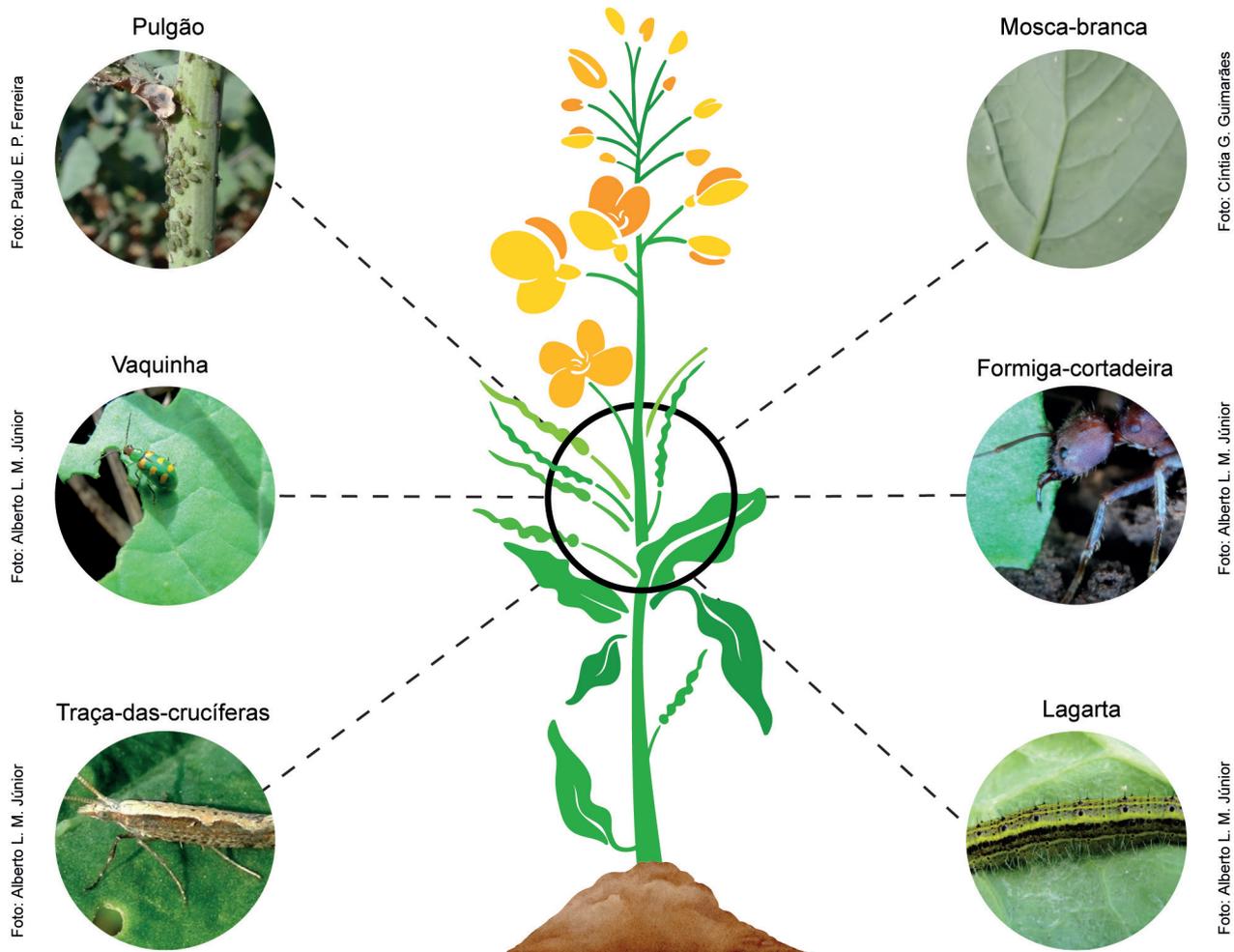


Figura 7. Alguns dos principais insetos-praga da cultura da canola.



Figura 8. Pulgões (*Myzus persicae*) saudáveis e infectados pelo fungo *Beauveria bassiana*.



Figura 9. Princípio ativo de bioinsumos registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária, para o controle dos principais insetos-praga que podem ocorrer na canola.

Bactérias promotoras de crescimento

As bactérias promotoras de crescimento possuem diversos mecanismos para auxiliar no desenvolvimento das plantas, atuando diretamente no crescimento vegetal. Além disso, podem ser potenciais antagonistas de fitopatógenos, protegendo diversas culturas contra infecções causadas por agentes patogênicos, como vírus, fungos, bactérias e nematoides, bem como aquelas ocasionadas por deficiências nutricionais (Medeiros et al., 2022). Adicionalmente, por meio de mecanismos diretos, como absorção de fósforo e potássio, fixação de nitrogênio, modulação dos níveis de hormônios vegetais, entre outros, essas bactérias podem aumentar a superfície radicular e promover o crescimento vegetativo. Esse efeito é particularmente relevante para a canola em regiões como o Cerrado, no cultivo de segunda safra sob condições de déficit hídrico, pois pode aumentar a tolerância da planta ao estresse hídrico. Por outro lado, os mecanismos indiretos atuam na redução ou prevenção dos danos causados por microrganismos patogênicos, por meio da produção de antibióticos ou sideróforos (Rodríguez; Fraga, 1999; Sharma et al., 2013; Oliveira-Paiva et al., 2022) (Figura 10).

Estudo conduzido no município de Londrina, PR, com bactérias promotoras de crescimento, indicou que o uso de *Azospirillum brasilense* promoveu

maior desenvolvimento do sistema radicular da cultura da canola (0,74 g planta⁻¹), sendo 2,64 vezes superior à massa seca das raízes em comparação com o controle (0,28 g planta⁻¹). Esse incremento pode conferir à planta maior tolerância ao estresse hídrico e aumentar sua capacidade de absorção de nutrientes, resultando em melhoria na qualidade e na produtividade. Embora em menor proporção, *Bacillus* sp. e *Rhizobium* sp. também aumentaram a massa seca do sistema radicular em comparação com o tratamento sem inoculação (Gomes et al., 2018) (Figura 11).

A utilização de rizobactérias promotoras de crescimento (*Rhizobium* sp., *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*), e suas combinações, resulta em aumento significativo no número de síliquas por planta, número de sementes por síliqua, peso de cem sementes e rendimento de sementes por planta, com incrementos de até 38, 52, 24 e 38%, respectivamente, em comparação com plantas não tratadas (Farhat et al., 2023). Esses resultados corroboram os encontrados por Muhammad et al. (2022), que observaram aumento de 7,6% no número de síliquas por planta, 15,3% no número de sementes por síliqua, 14,3% no peso de mil sementes e elevação de 6,5% no rendimento dos grãos de canola em áreas com utilização de microrganismos benéficos, sendo eles bactérias fotossintéticas (*Rhodospseudomonas palustris* e *Rhodobacter sphaeroides*), lactobacilos (*Lactobacillus plantarum*

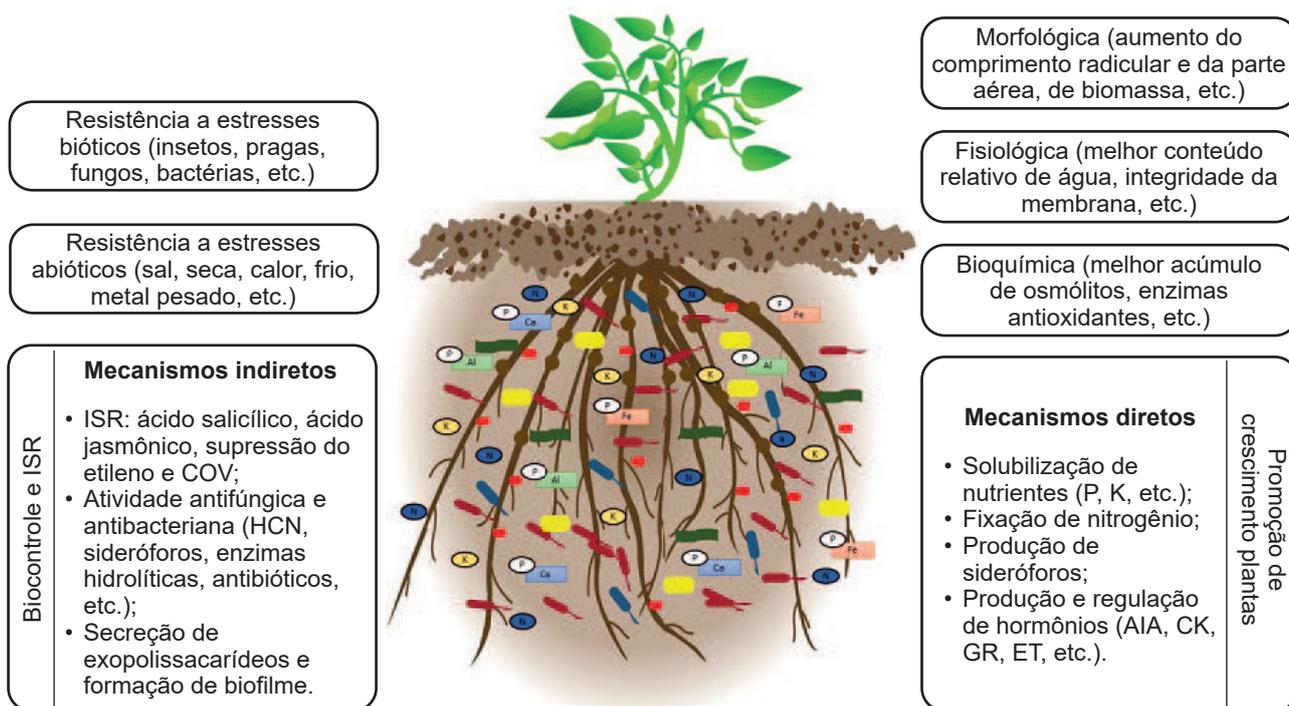


Figura 10. Principais mecanismos diretos e indiretos de microrganismos promotores de crescimento de plantas.

Fonte: Oliveira-Paiva et al. (2022).

ISR: Resistência Sistêmica Induzida; COV: Compostos Orgânicos Voláteis; HCN: Cianeto de Hidrogênio ou Ácido Cianídrico; AIA: Ácido Indolacético; CK: Citocinina; GR: Giberelina; ET: Etileno.

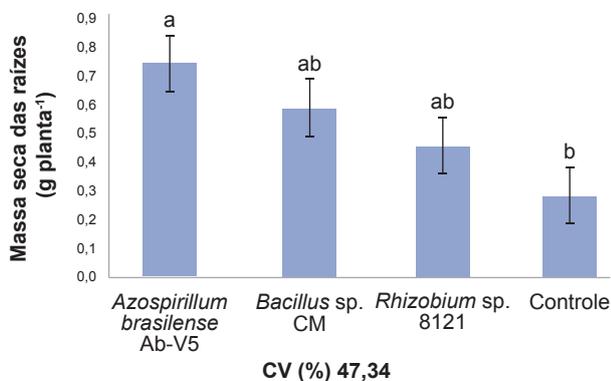


Figura 11. Massa seca da raiz da planta de canola (g planta⁻¹) aos 53 dias após o plantio, sob o efeito de diferentes bactérias promotoras de crescimento vegetal.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan ao nível de probabilidade de 10%.

CV: coeficiente de variação.

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2018).

e *Streptococcus lactis*), leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) e actinomicetos (*Streptomyces griseoviridis*), em comparação com áreas sem o uso desses microrganismos.

Além dos benefícios para os componentes de produção da cultura, as bactérias promotoras de crescimento podem diversificar e elevar a população de microrganismos benéficos. Foi o que mostrou o

estudo de Świątczak et al. (2023), em que os autores inocularam a rizobactéria *Bacillus paralicheniformis* 2R5 nas sementes de canola. Isso indica que esta rizobactéria pode ser uma alternativa promissora para melhorar o desenvolvimento da canola.

Os resultados obtidos com o uso de bactérias promotoras de crescimento em canola mostraram grande potencial para a melhoria do desenvolvimento da cultura, especialmente em condições de estresse hídrico e deficiência nutricional. Os efeitos positivos observados, como o aumento do sistema radicular, a maior absorção de nutrientes e o incremento na produtividade, reforçam a importância dessas práticas no manejo sustentável da cultura, particularmente em regiões como o Cerrado, onde as condições ambientais adversas são comuns. Além disso, a utilização dessas bactérias pode contribuir para a redução do uso de agroquímicos, promovendo um sistema de produção mais sustentável e menos impactante ao meio ambiente. Diante disso, é essencial continuar investindo em pesquisas que explorem a interação entre as bactérias promotoras de crescimento e a cultura da canola, a fim de otimizar seu uso e explorar plenamente seu potencial como ferramenta para uma agricultura mais sustentável e eficiente.

Bactérias solubilizadoras de nutrientes na canola

O emprego de microrganismos na redução do uso de nitrogênio na agricultura tem se mostrado eficaz, principalmente com a aplicação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. Além desses, outros microrganismos podem ser utilizados para reduzir a quantidade de fertilizantes nitrogenados na agricultura (Bettiol, 2022). O *Trichoderma*, por exemplo, vai além de ser um agente de biocontrole, pois também pode contribuir para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados sem comprometer a produtividade das culturas (Monte et al., 2019). Além disso, bactérias promotoras de crescimento, como as do gênero *Bacillus*, desempenham um papel crucial na eficiência e no aproveitamento de nitrogênio, com foco na sustentabilidade da produção agrícola (Bettiol, 2022).

Outro aspecto relevante é o uso crescente de microrganismos que solubilizam fósforo e potássio, prática que tem mostrado resultados promissores em diversos países e culturas, com uma ampla variedade de produtos já disponíveis no mercado mundial. Uma estratégia para o manejo integrado de fertilizantes envolve a otimização da absorção e liberação de fósforo e potássio do solo, utilizando microrganismos que estimulem o crescimento do sistema radicular das plantas e aumentem a disponibilidade de formas solúveis desses nutrientes. Dessa forma, torna-se importante a realização de estudos adicionais para expandir e fortalecer a disponibilidade de bioinoculantes no Brasil (Oliveira-Paiva et al., 2022).

A solubilização desses nutrientes no solo desempenha um papel crucial na melhoria da eficiência do uso de fertilizantes e no aumento da produtividade da canola. Ademais, reduz a dependência de fertilizantes químicos, promovendo uma agricultura mais sustentável. Diversos microrganismos solubilizadores têm sido identificados e utilizados na cultura da canola, para auxiliar na solubilização de fósforo e potássio. Esses microrganismos são capazes de secretar ácidos orgânicos e enzimas que tornam os fosfatos e os minerais de potássio disponíveis às plantas de canola. Em cultura de segunda safra (inverno ou safrinha), esses microrganismos podem melhorar o aproveitamento dos fertilizantes aplicados na cultura de primeira safra (soja ou milho, por exemplo) e contribuir para a decomposição de resíduos de herbicidas.

Bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, dentre outras, têm demonstrado potencial para aumentar a disponibilidade desses nutrientes no solo (Tabela 3). Além disso, pesquisas envolvendo bactérias endofíticas promotoras de crescimento de plantas na cultura da canola podem ser alicerçadas para o desenvolvimento de novos bioinoculantes.

Bactérias com potencial de redução do estresse abiótico

Algumas bactérias contribuem para melhorar a tolerância das plantas à seca, à salinidade e à presença de metais pesados no solo. Entre elas, destacam-se *Azospirillum* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp., entre outras. Esses processos envolvem mecanismos

Tabela 3. Compilação de trabalhos sobre a utilização de bactérias promotoras de crescimento na cultura da canola com potencial de solubilização de nutrientes.

Bactéria promotora de crescimento	Benefício	Citação
<i>Enterobacter</i> ; <i>Pseudomonas</i> ; <i>Arthrobacter</i> ; <i>Pantoea</i>	Solubilização de Fe, P, K, produção de auxina, potencial de fixar N	Ferrari et al. (2023)
<i>Agrobacterium</i> ; <i>Burkholderia</i> ; <i>Enterobacter</i> ; <i>Pseudomonas</i>	Solubilização de fosfato, algumas com potencial de fixar nitrogênio e crescimento da planta	Farina et al. (2012)
<i>Pseudomonas putida</i>	Absorção de fosfato e crescimento da planta	Lifshitz et al. (1987)
<i>Enterococcus gallinarum</i> + biocarvão do bagaço de cana-de-açúcar	Melhoria da eficiência no uso de P, fornecimento de Ca, Mg e Fe ao solo, crescimento da planta	Qadir et al. (2024)
<i>Bacillus vallismortis</i> ; <i>Bacillus tequilensis</i>	Solubilização de fosfato, produção de sideróforos	Nagah et al. (2024)

como aumento do transporte de água nos tecidos vegetais, maior disponibilidade e distribuição de nutrientes, controle da abertura dos estômatos, estímulo à produção de compostos antioxidantes e indução de reações específicas nas plantas por meio da liberação de bioestimulantes, entre outros (Fukami, et al., 2017; Numan et al., 2018; Poveda; González-Andrés, 2021).

Em relação ao estresse salino, é importante ressaltar que pode resultar em sérias consequências para o crescimento e desenvolvimento das plantas, resultando na redução da produção e impactando negativamente a qualidade do solo (Sairam; Tyagi, 2004; Numan et al., 2018). Por sua vez, o estresse hídrico tem grande impacto na agricultura, sendo que na cultura da canola pode proporcionar menor desenvolvimento de síliquas e grãos, com consequente queda na produtividade (Tohidi-Moghadam et al., 2009; Dalmago et al., 2017).

Diante desse cenário, Neshat et al. (2023) realizaram inoculação de sementes de canola com a rizobactéria promotora de crescimento *Pseudomonas baetica* R27N3 sob diferentes concentrações salinas. Verificou-se que as plantas inoculadas apresentaram aumento no acúmulo de prolina e carotenoides, além de maior capacidade antioxidante, o que pode proporcionar maior tolerância ao estresse salino, especialmente nas concentrações mais baixas (cerca de 100 mM). No entanto, os autores ressaltam a necessidade de mais estudos em outras condições ambientais e com outras espécies de plantas.

Vários estudos demonstram que bactérias promotoras de crescimento podem reduzir os efeitos adversos da seca, aumentando a tolerância ao estresse hídrico (Saeed et al., 2016; Tanveer et al., 2023; Lalay et al., 2024). Ensaio conduzido com *Pseudomonas putida* e ácido salicílico, com e sem estresse hídrico, na cultura da canola, indicou que esses tratamentos mitigaram significativamente os efeitos do estresse hídrico, promovendo aumento de 19% na germinação, 18% no índice de germinação e 27% no vigor. Além disso, houve aumento substancial de 27% no comprimento da raiz e 39% na área foliar. Também foi observada redução dos efeitos prejudiciais da seca com aumento na produção de compostos como prolina, flavonoides, fenóis, superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e glutatona (Tanveer et al., 2023). Além disso, Lalay et al. (2024) relataram respostas positivas da canola ao estresse hídrico induzido, com a combinação dessas rizobactérias promotoras de crescimento (*Pseudomonas* sp.) e biocarvão, o que proporcionou maior tolerância às condições adversas de seca (Figura 12).



Figura 12. Resposta da canola com o uso combinado de rizobactérias promotoras de crescimento com biocarvão. Paquistão, 2024.

Fonte: Adaptado de Lalay et al. (2024).

Outro grupo de bactérias, *Azospirillum lipoferum*, também reduziu os efeitos do estresse hídrico, melhorando aspectos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos da canola. Os resultados mostraram elevação em até 12,49% na germinação e aumento chegando a 18,5% no sistema radicular. A inoculação direta das sementes destacou-se em comparação à inoculação na rizosfera, com aumento de até 25% no número de sementes por síliqua e de 14,28% no peso das sementes por planta, em comparação ao controle (Saeed et al., 2016).

Em síntese, os resultados de diversos estudos indicam que a inoculação com rizobactérias promotoras de crescimento, isoladas ou combinadas com outras práticas, como o uso de biocarvão, pode aumentar a capacidade das plantas de canola em suportar condições de estresse. Esses microrganismos atuam de maneira multifuncional, melhorando a absorção de nutrientes, regulando a abertura dos estômatos e modulando a produção de hormônios vegetais, o que resulta em maior vigor, desenvolvimento vegetativo e produtividade. Apesar dos resultados promissores, ainda são necessárias mais pesquisas que explorem diferentes condições ambientais e combinações de tratamentos, visando a otimização das práticas de manejo. A adoção dessas práticas pode não apenas incrementar a produtividade, mas também promover um manejo mais sustentável, especialmente em regiões onde a escassez hídrica é limitante para o desenvolvimento agrícola, como o Cerrado brasileiro.

Considerações finais

O uso de bioinsumos no cultivo sustentável da canola representa uma importante ferramenta para promover práticas agrícolas mais sustentáveis e menos dependentes de insumos químicos convencionais. Os avanços em pesquisa e desenvolvimento evidenciam o potencial desses insumos na promoção de uma agricultura de baixa emissão de carbono, contribuindo para a descarbonização da cadeia produtiva de biocombustíveis, como biodiesel, bioquerosene de aviação (SAF) e diesel verde.

Os diferentes tipos de bioinsumos, incluindo biológicos de controle, bioestimulantes, inoculantes e biofertilizantes, desempenham papéis cruciais no manejo integrado da cultura da canola. Eles auxiliam na melhoria da qualidade do solo, na promoção do crescimento das plantas e no controle de insetos-praga e doenças, reduzindo a necessidade de produtos químicos e, conseqüentemente, os impactos ambientais associados.

No entanto, ainda há desafios a serem superados para a adoção ampla e eficiente dos bioinsumos no cultivo da canola. A falta de protocolos específicos para aplicação, a variabilidade de respostas entre diferentes cultivares e condições ambientais e a necessidade de maior conhecimento técnico por parte dos produtores são obstáculos que demandam mais estudos e ações de transferência de tecnologia.

Adicionalmente, as pesquisas apontam para a importância da combinação de bioinsumos com práticas tradicionais de manejo, integrando-os em sistemas produtivos que busquem maximizar a eficiência e a sustentabilidade. O desenvolvimento de produtos específicos para o cultivo da canola e a adaptação dos bioinsumos às condições edafoclimáticas do Cerrado são áreas promissoras que podem ampliar as oportunidades para a canola como uma cultura de segunda safra no Brasil.

O uso de bioinsumos na canola é uma alternativa viável e promissora para a construção de sistemas agrícolas mais sustentáveis e resilientes. A continuidade das pesquisas e a implementação de políticas públicas que favoreçam o desenvolvimento e a adoção desses insumos, também nas regiões de expansão da canola, são essenciais para consolidar essa oleaginosa como uma cultura estratégica na produção de biocombustíveis e na diversificação agrícola no Brasil.

Referências

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2024. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 5 set. 2024.
- BERGER NETO, A. **Controle do mofo branco: efeito de pontas e volumes de pulverização em soja e produtos biológicos em soja e canola**. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR.
- BETTIOL, W. Pesquisa, desenvolvimento e inovação com bioinsumos. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (org.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 21-38.
- BILLAH, M.; KHAN, M.; BANO, A.; HASSAN, T. U.; MUNIR, A.; GURMANI, A. R. Phosphorus and phosphate solubilizing bacteria: Keys for sustainable agriculture. **Geomicrobiology Journal**, v. 36, n. 10, p. 904-916, Aug. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/01490451.2019.1654043>.
- BORSARI, A. C. P.; VIEIRA, L. C. Mercado e perspectivas dos bioinsumos no Brasil. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (org.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 39-52.
- BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 105, 27 maio 2020c. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10375.htm. Acesso em: 17 fev. 2023.
- BRASIL. Decreto nº 11.940, de 7 de março de 2024. Altera o Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, que institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. 2024. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 4, 8 mar. 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2024/decreto-11940-7-marco-2024-795361-publicacaooriginal-171179-pe.html>. Acesso em: 17 fev. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Bioinsumos**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos>. Acesso em: 6 set. 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Conceitos**. Brasília, DF, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Marco Regulatório**. Brasília, DF, 2020a. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/marco-regulatorio-1>. Acesso em: 17 fev. 2023.

CANDIDO, W. S.; GUIMARÃES, C. G.; COMBY, A. C. O.; BRITO, M. C. da S.; RODRIGUES, E. V.; SANTOS, dos A.; LAVIOLA, B. G.; MARANA, J. C. Desempenho de híbridos de canola sob diferentes épocas de semeadura no Cerrado. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE BIOQUEROSENE E HIDROCARBONETOS SUSTENTÁVEIS PARA AVIAÇÃO, 2., 2022, Natal, RN. **Anais [...]** Natal, RN, 2022. p. 36-38.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola Encyclopedia**: History of canola seed development, 2023. Disponível em: <https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/history-of-canola-seed-development/#overview-of-canola-seed>. Acesso em: 22 fev. 2023.

CARDOSO, R. M. de L.; OLIVEIRA, M. A. R. de; LEITE, R. M. V. B. de C.; BARBOSA, C. de J.; BALBINO, L. C. **Doenças de canola no Paraná**. Londrina: Iapar, 1996. 32 p. (IAPAR. Boletim técnico, 34).

CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O.; MULLER, A.; MENDONÇA, H. F.; MELLO, N.; BETTO, M. S. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2084-2089, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001200008>.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: décimo segundo levantamento 2024/25. Brasília, DF, 2025. 133 p. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/e-book_boletim-de-safras-12o-levantamento_2025.pdf. Acesso em: 15 set. 2025.

CROPLIFE BRASIL. **Bioestimulantes uma nova ferramenta para tratar as plantas**. São Paulo, 29 jan. 2021a. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/bioestimulante-uma-nova-ferramenta-para-tratar-as-plantas/>. Acesso em: 21 fev. 2024.

CROPLIFE BRASIL. **Bioinsumos, nova aposta da agropecuária**. São Paulo, 7 out. 2020b. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/bioinsumos-nova-aposta-da-agropecuaria/>. Acesso em: 2 out. 2024.

CROPLIFE BRASIL. **Classificação produtos biológicos**. São Paulo, 2020a. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/publicacoes/classificacao-dos-produtos-biologicos/>. Acesso em: 23 jan. 2024.

CROPLIFE BRASIL. **Nitrogênio**: sua fixação biológica está mais perto de você do que imagina. São Paulo, 17 fev. 2021b. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/fixacao-biologica-nitrogenio/>. Acesso em: 17 jul. 2024.

CROPLIFE BRASIL. **Produtos biológicos proporcionam mais vida aos nossos solos**. São Paulo, 6 dez. 2022. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/produtos-biologicos-proporcionam-mais-vida-aos-nossos-solos/>. Acesso em: 21 fev. 2024.

DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R. da; GOUVEA, J. A. de; BRUGNERA, L.; GREGOSKI, C. Respostas da canola à disponibilidade de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20. SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 5., 2017, Juazeiro, Petrolina. **A agrometeorologia na solução de problemas multiescala**: anais. Juazeiro: Univasf, Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017.

DE MORI, C.; COSTAMILAN, L. M.; MARSARO JUNIOR, A. L.; FERREIRA, P. E. P. Levantamento de ações de controle de doenças de canola utilizadas por produtores no Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais [...]** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 59-67.

DE MORI, C.; TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 149).

DOMICIANO, N. L.; SANTOS, B. **Pragas da canola**: bases preliminares para manejo no Paraná. Londrina: Iapar, 1996. 16 p. (IAPAR. Informe da pesquisa, 120; Coodetec. Boletim de pesquisa, 35).

DURÁN, X. A.; ULLOA, R. B.; CARRILLO, J. A.; CONTRERAS, J. L.; BASTIDAS, M. T. Evaluation of yield component traits of honeybee-pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n. 2, p. 309-314, Apr.-June, 2010. Disponível em: <https://repositoriodigital.uct.cl/server/api/core/bitstreams/3b496f37-95b6-4b55-8d3e-cde6dda394b2/content>. Acesso em: 22 fev. 2023.

EMBRAPA. **Aplicativo Bioinsumos**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/7227/aplicativo-bioinsumos>. Acesso em: 30 set. 2024.

EMBRAPA. **Portfólio Insumos Biológicos**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/portfolio/insumos-biologicos>. Acesso em: 22 fev. 2023.

ESTADOS UNIDOS. United States Department of Agriculture. **Oilseeds**: World Markets and Trade, 2023. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2023.

FARHAT, F.; TARIQ, A.; WASEEM, M.; MASOOD, A.; RAJA, S.; AJMAL, W.; IFTIKHAR, I.; ZULFIQAR, U.; MAQSOOD, M. F. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Induced Improvements in the Growth, Photosynthesis, Antioxidants, and Nutrient Uptake of

- Rapeseed (*Brassica napus* L.). **Gesunde Pflanzen**, v. 75, p. 2075-2088, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10343-023-00845-0>.
- FARINA, R.; BENEDUZI, A.; AMBROSINI, A. CAMPOS, S. B. de; LISBOA, B. B.; WENDISCH, V.; VARGAS, L. K.; PASSAGLIA, L. M. P. Diversity of plant growth-promoting rhizobacteria communities associated with the stages of canola growth. **Applied Soil Ecology**, v. 55, p. 4-52, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.12.011>.
- FERRARI, E.; TAULÉ, C.; MAREQUE, C.; GONZALEZ, A.; DOURRON, J.; BATTISTONI, F. Unravelling the plant growth promotion potential of the bacterial endophytic microbiota associated with Canola (*Brassica napus*) plants. **Environmental Sustainability**, v. 6, n. 3, p.403-413, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42398-023-00289-2>.
- FIGUEIREDO, D. F.; MURAKAMI, A. E.; PEREIRA, M. A. dos S.; FURLAN, A. C.; TORAL, F. L. B. Desempenho e morfometria da mucosa de duodeno de frangos de corte alimentados com farelo de canola, durante o período inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1321-1329, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000600006>.
- FLORENCIO, C.; BORTOLETTO-SANTOS, R.; FAVARO, C. P.; BRONDI, M. G.; VELLOSO, C. C. V.; KLAIC, R.; RIBEIRO, C.; FARINASA, C. S.; MATTOSO, L. H. C. Avanços na produção e formulação de inoculantes microbianos visando uma agricultura mais sustentável. **Química Nova**, v. 45, n. 9, p. 1133-1145, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170909>.
- FOSTER, S. P.; DENHOLM, I.; DEVONSHIRE, A. L. The ups and downs of insecticide resistance in peach-potato aphids (*Myzus persicae*) in the UK. **Crop Protection**, v. 19, p. 873-879, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00115-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00115-0).
- FUKAMI, J.; OLLERO, F. J.; MEGÍAS, M.; HUNGRIA, M. Phytohormones and induction of plant-stress tolerance and defense genes by seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* cells and metabolites promote maize growth. **AMB Express**, v. 7, n. 153, p.1-13, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13568-017-0453-7>.
- FUZARO, L.; XAVIER, N. L.; CARVALHO, F. J.; NERY, F. A. N.; CARVALHO, S. M.; ANDALO, V. Influence of pollination on canola seed production in the Cerrado of Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, e.39315, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.39315>.
- GOMES, D. G.; RADY, A. J.; AQUINO, G. S. de. Growth-promoting bacteria change the development of aerial part and root system of canola. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 6, p. 2375-2384, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n6p2375>.
- GUIMARÃES, C. G.; CANDIDO, W. S.; SANTOS, L. K.; FAVARO, S. P.; LAVIOLA, B. G. Desempenho agrônomo de Brassicas na região do Cerrado: uma alternativa para biocombustíveis. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA, 7., 2023, Brasília, DF. **Anais [...]** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2023. v. 7, p.12-12.
- GUIMARÃES, C. G.; COMBY, A. C. O.; CANDIDO, W. S.; ROCHA, E. O.; RODRIGUES, E. V.; SANTOS, A. dos; LAVIOLA, B. G.; MARANA, J. C. Avaliação da produtividade de híbridos de canola sob sistemas de cultivo sequeiro e irrigado no Cerrado. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE BIOQUEROSENE E HIDROCARBONETOS SUSTENTÁVEIS DE AVIAÇÃO, 2022, Natal, RN. **Anais [...]** Natal, RN, 2022, p. 24-26.
- HENNIPMAN, H. S. **Produtos bióticos e abióticos no controle de mofo branco na canola e mancha angular no feijão**. 2017. 171 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Gossa, PR.
- HIDAYAH, B. N.; KHANGURA, R.; DELL, B. Biological control potential of *Trichoderma* species and bacterial antagonists against *Sclerotinia sclerotiorum* on canola in Western Australia. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 27, n. 3, p. 215-227, 2022. DOI: <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1919>.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. 2011. Londrina: Embrapa Soja. 2011. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 3250).
- KAMAL, M. M.; LINDBECK, K. D.; SAVOCCHIA, S.; ASH, G. J. Biological control of sclerotinia stem rot of canola using antagonistic bacteria. **Plant Pathology**, v. 64, n. 6, p.1375-1384, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12369>.
- LALAY, G.; ULLAH, S.; SHAH, S.; JAMAL, A.; SAEED, M. F.; MIHOUB, A.; ZIA, A.; AHMED, I.; SELEIMAN, M. F.; MANCINELLI, R.; RADICETTI, E. Combined Effect of Biochar and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Physiological Responses of Canola (*Brassica napus* L.) Subjected to Drought Stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 43, p. 1814-1832, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11219-1>.
- LAVIOLA, B. G.; RODRIGUES, E. V.; SANTOS, A. dos; TEODORO, L. P. R.; PEIXOTO, L. A.; TEODORO, P. E.; BHERING, L. L. Breeding strategies to consolidate canola among the main crops for biofuels. **Euphytica**, v. 218, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02955-0>.
- LAVIOLA, B. G.; SANTOS, A. dos; ROCHA, L. de S.; GOMES, E. S.; BORGES, M.; MENDONÇA, S.; GOUVÊA, J. A. de; RODRIGUES, E. V. **Performance de genótipos de canola nas condições de Cerrado**,

- Brasília, DF. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2019. 24 p. (Embrapa Agroenergia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 20).
- LIFSHITZ, R.; KLOPPER, J. W.; KOZLOWSKIM, M.; SIMONSON, C.; CARLSON, J.; TIPPING, E. M.; ZALESKA, I. Growth promotion of canola (rapeseed) seedling by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 33, p. 390-395, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1139/m87-068>.
- MARSARO JÚNIOR, A. L. **Manejo da entomofauna na cultura da canola**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-projetos/-/projeto/209130/manejo-da-entomofauna-na-cultura-da-canola>. Acesso em: 31 mar. 2023.
- MARSARO JÚNIOR, A. L.; MORI, C. de; FERREIRA, P. E. P.; TOMM, G. O.; PICANÇO, M. C.; PEREIRA, P. R. V. da S. **Caracterização do manejo de insetos-praga da canola adotado por produtores no Rio Grande do Sul e no Paraná**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2019. 33 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 182).
- MARSARO JÚNIOR, A. L.; PEREIRA, P. R. V. S. **Insetos-praga, predadores e polinizadores da cultura da canola**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2017. 5 p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico, 370).
- MARSARO JUNIOR, A. L.; PEREIRA, P. D. S.; SPECHT, A. **Lagartas desfolhadoras associadas à cultura da canola**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2020. 14 p. (Embrapa Trigo. Circular técnica, 57).
- MEDEIROS, F. H. V. de; BAVIA, G. P.; SEIXAS, C. D. S. Manejo de doenças fúngicas radiculares da soja. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (org.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 297-313.
- MICHEREFF FILHO, M.; FARIA, M. R.; OLIVEIRA, S. O. D. de; SOUZA, R. E. T.; ALLAM, T. D.; BARON, E. B.; OLIVEIRA, M. W. M.; GUIMARÃES, J. A.; LIZ, R. S. de; SCHMIDT, F. G. V. **Desenvolvimento de Biopesticida à Base de *Beauveria bassiana* para Controle de *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae)**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 29 p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 58).
- MICUANSKI, V. C.; NOGUEIRA, C. E. C.; AZEVEDO, R. L.; VANZELLA, E. ARNAUTS, G.; CABRAL, A. C. A cultura energética: Canola (*Brassica napus* L.). **Acta Iguazu**, v. 3, n. 2, p. 141-149, 2014. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguazu.v3i2.10624>.
- MIGLIORINI, P.; KULCZYNSKI, S. M.; SILVA, T. A. da; BELLÉ, C.; KOCH, F. Efeito do tratamento químico e biológico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de canola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 788-801, 2012.
- MIRANPURI, G. S.; KHACHATOURIANS, G. G. Application of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* against green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) infesting canola. **Journal of Insect Science**, v. 6, n. 2, p. 287-289, 1993.
- MOHAMED, A. A.; EWEDA, W. E.; HEGGO, A. M.; HASSAN, E. A. Effect of dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and sulphur-oxidising bacteria on onion (*Allium cepa* L.) and maize (*Zea mays* L.) grown in sandy soil under green house conditions. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 59, n. 1, p. 109-118, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2014.06.015>.
- MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (ed.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 181-199.
- MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (org.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 7-14.
- MUHAMMAD, A.; ALAM, M.; AHMAD, I.; JALAL, A. Role of beneficial microbes with nitrogen and phosphorous levels on canola productivity. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, p.1-11, e227703, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.227703>.
- NAGAH, A.; EL-SHEEKH, M. M.; ARIEF, O.; ALQAHTANI, M. D.; ALHARBI, B. M.; DAWWAM, G. Endophytic *Bacillus vallismortis* and *Bacillus tequilensis* bacteria isolated from medicinal plants enhance phosphorus acquisition and fortify *Brassica napus* L. vegetative growth and metabolic content. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1324538>.
- NESHAT, M.; CHAVAN, D. D.; SHIRMOHAMMADI, E.; POURBABAE, A. A.; ZAMANI, F.; TORKAMAN, Z. Canola inoculation with *Pseudomonas baetica* R27N3 under salt stress condition improved antioxidant defense and increased expression of salt resistance elements. **Industrial Crops & Products**, v. 206, 117648, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117648>.
- NOSHEEN, S.; AJMAL, I.; SONG, Y. Microbes as Biofertilizers, a Potential Approach for Sustainable Crop Production. **Sustainability**, v. 13, 1868, p. 1-20, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13041868>.
- NUMAN, M.; BASHIR, S.; KHAN, Y.; MUMTAZ, R.; SHINWARI, Z. K.; KHAN, A. L.; KHAN, A.; AHMED, A. H. Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants: a review. **Microbiological research**, v. 209, p. 21-32, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.02.003>.

- OLIVEIRA-PAIVA, C. A. de; ALVES, V. M. C.; GOMES, E. A.; SOUZA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; MARRIEL, I. E. Microrganismos solubilizadores de fósforo e potássio na cultura da soja. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (org.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022, p. 163-179.
- OLIVEIRA, V. C. de; MELO, L. D. F. de A.; MELO JÚNIOR, J. L. de A.; MASSAHUD, R. T. L. R.; GRUGIKI, M. A. Bioinputs and organic production in Brazil: a study based on the Embrapa's Bioinsumos application1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 53, e76326, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632023v5376326>.
- PANOZZO, L. E.; ZUCHI, J.; SILVA, F. da; PINTO, L. J. L. B.; DIAS, D. C. F. dos S.; BARROS, W. S.; TOMM, G. O. Evaluation of some hybrids of canola in function of sowing dates in Viçosa, MG, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 32, p. 2488-2494, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.8876>.
- PIMENTEL, G. V.; MARTINS, I. A.; SILVA, R. N.; SANTIAGO, A. C.; VARGAS, R. O.; COSTA, N.; MOREIRA, S. G. Desempenho agrônômico de híbridos de canola na mesorregião do campos das vertentes, MG. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA - SLAC, 2., 2023, Três de Maio, RS. **Anais [...]** Três de Maio, RS, 2023.
- POVEDA, J.; GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. *Bacillus* as a source of phytohormones for use in agriculture. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 105, p. 8626-8645, Oct. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11492-8>.
- QADIR, M. F.; NAVEED, M.; KHAN, K. S.; MUMTAZ, T.; RAZA, T.; MOHY-UD-DIN, W.; MUSTAFA, A. Divergent responses of phosphorus solubilizing bacteria with P-laden biochar for enhancing nutrient recovery, growth, and yield of canola (*Brassica napus* L.). **Chemosphere**, v. 353, 141565, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141565>.
- RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, n. 4/5, p. 319-339, Oct. 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0734-9750\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/s0734-9750(99)00014-2).
- ROSA, A. de. S.; BLOCHTEIN, B.; LIMA, D. K. Honey bee contribution to canola pollination in Southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 2, p. 255-259, Apr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000200018>.
- SAEED, M.; ILYAS, N.; MAZHAR, R.; BIBI, F.; BATOOL, N. Drought mitigation potential of *Azospirillum* inoculation in canola (*Brassica napus*). **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 89, p. 270-278, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2016.089.035>.
- SAIRAM, R. K.; TYAGI, A. Physiology and molecular biology of salt stress tolerance in plants. **Current Science**, v. 86, n. 3, p. 407-421, 2004. DOI: <https://www.jstor.org/stable/24108735>.
- SAMPAIO, R. M.; FREDO, C. E.; COSTA, A. R. D.; BORTOLOTTI, G. Tecnologias fitossanitárias: um estudo do Manejo Integrado de Pragas (MIP) na produção paulista de laranja, LUPA 2016/2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 3, e258289, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.258289>.
- SANTOS, I. F.; SILVA, W. D. L.; ALVES, V. C.; TOMM, G. O.; FLUMINHAN JÚNIOR, A. Cultivo de canola e avaliação do desempenho agrônômico em duas épocas de semeadura na Região Oeste Paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais [...]** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 105-112.
- SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. **AMB Express**, v. 9, p. 1-22, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0932-0>.
- SATTAR, A.; NAVEED, M.; ALI, M.; ZAHIR, Z. A.; NADEEM, S. M.; YASEEN, M.; MEENA, V. S.; FAROOQ, M.; SINGH, R.; RAHMAN, M.; MEENA, H. N. Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: A review. **Applied Soil Ecology**, v. 133, p. 146-159, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.09.012>.
- SCHEFFER, A. L. **Avaliação de híbridos e fungicidas para controle de *Alternaria* spp. em canola**. 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- SHARMA, S. B.; SAYYED, R. Z.; TRIVEDI, M. H.; GOBI, T. A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v. 2, article 587, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>.
- ŚWIĄT CZAK, J.; KALWASIŃSKA, A.; SZABÓ, A.; BRZEZINSKA, M. S. The effect of seed bacterization with *Bacillus paralicheniformis* 2R5 on bacterial and fungal communities in the canola rhizosphere. **Microbiological Research**, v. 275, 127448, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2023.127448>.
- TANVEER, S.; AKHTAR, N.; ILYAS, N.; SAYYED, R. Z.; FITRIATIN, B. N.; PERVEEN, K.; BUKHARI, N. A. Interactive effects of *Pseudomonas putida* and salicylic acid for mitigating drought tolerance in canola (*Brassica napus* L.). **Heliyon**, v. 9, e14193, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14193>.
- TOHIDI-MOGHADAM, H. R.; SHIRANI-RAD, A. H.; NOUR-MOHAMMADI, G.; HABIBI, D.;

MODARRES-SANAVY, S. A. M.; MASHHADI-AKBAR-BOOJAR, M.; DOLATABADIAN, A. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 243-250, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5216/pat.v39i3.6312>.

TOMM, G. O. **Manual para o cultivo de canola**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 22 p.

TOMM, G. O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 21 p. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 26).

TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P.; AGUIAR, J. L. P. de; CASTRO, A.; M. G. de; LIMA, S. M. V.; MORI, C. de. **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009b. 27 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 118).

TOMM, G. O.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R. Insetos. In: TOMM, G. O. (ed.). **Cultivo de canola**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. (Embrapa Trigo. Sistemas de produção, 3).

TOMM, G. O.; RAPOSO, R. W. C.; SOUZA, T. A. F. de; OLIVEIRA, J. T. de L.; RAPOSO, E. H. S.; SILVA

NETO, C. P. da; BRITO, A. C.; NASCIMENTO, R. de S.; RAPOSO, A. W. S.; SOUZA, C. F. de. **Desempenho de genótipos de canola (*Brassica napus* L.) no Nordeste do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 15 p. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 65).

TOMM, G. O.; SOARES, A. L. S.; MELLO, M. A. B. de; DEPINÉ, D. E.; FIGER, E. **Desempenho de genótipos de canola em Goiás, em 2004**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 11 p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico, 118).

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009a. 41 p. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 113).

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.

ZANDONADI, D. B. Bioestimulantes e produção de hortaliças. **Hortaliças em Revista**, ano 5, n. 19, p.14-15, 2016.

