

INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM BIOINSUMOS
COORDENAÇÃO DE CAPACITAÇÃO EM BIOINSUMOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *lato sensu* EM BIOINSUMOS
IF GOIANO CAMPUS

ANDRÉ LUIZ GONÇALVES

CRISTALINA
2025

ANDRÉ LUIZ GONÇALVES

**USO DE *Bacillus velezensis* NA PRODUÇÃO DE BIOATIVOS PARA O
ENGALHAMENTO DA SOJA**

Trabalho de curso apresentado ao curso *Lato Sensu* em Bioinsumos do Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Bioinsumos.

Orientador(a): Doutora Míriam de Almeida Marques

**CRISTALINA
2025**

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

G635b Gonçalves, André Luiz
 O USO DE *Bacillus velezensis* NA PRODUÇÃO DE
 BIOATIVOS PARA A ENGALHAMENTO DA SOJA / André
 Luiz Gonçalves. Cristalina 2025.

 39f. il.

 Orientadora: Prof^ª. Dra. Míriam de Almeida Marques.
 Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de
 1030426 - Especialização em Bioinsumos - Cristalina (Campus
 Cristalina).
 1. Biofertilizantes microbianos. 2. Ramificação vegetal. 3.
 Fisiologia da soja. I. Título.

ANDRÉ LUIZ GONÇALVES

**O USO DE *Bacillus velezensis* NA PRODUÇÃO DE BIOATIVOS
PARA A ENGALHAMENTO DA SOJA**

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Curso de Bioinsumos Campus
Cristalina da IF Goiano como exigência parcial para a obtenção do título de Especialista.

Cristalina, GO 18 de outubro de 2025.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

MIRIAM DE ALMEIDA MARQUES

Data: 21/10/2025 10:33:42-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Míriam de Almeida Marques

(orientadora) IF Goiano



Documento assinado digitalmente

ALECIO RODRIGUES NUNES

Data: 28/10/2025 12:02:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alécio Rodrigues Nunes

(membro) IF Goiano



Documento assinado digitalmente

ROBERTO LANNA FILHO

Data: 03/11/2025 14:20:42-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Roberto Lanna Filho

(membro) UFRGS

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, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

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;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, 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;
- Que 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.

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDRE LUIZ GONCALVES
Data: 07/11/2025 19:56:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local / /
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
gov.br MIRIAM DE ALMEIDA MARQUES
Data: 10/11/2025 11:13:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar pela força e pela coragem que cada dia me proporcionou e por estar sempre presente em minha vida.

À minha amada família, cuja fé inabalável e confiança em meu potencial foram o alicerce sobre o qual construí meus sonhos.

À minha orientadora Dra. Míriam de Almeida Marques, que dedicou muito do seu tempo me orientando, compartilhando seus ensinamentos. Agradeço a atenção, amizade e o companheirismo ao longo da realização desta monografia.

À minha namorada Jessica e sua filha Andrielly, que sempre me incentivaram a não desistir.

A Dra. Bárbara Elias Reis Hodecker, por ter me incentivado sempre, me ensinando e tirando minhas dúvidas.

Agradeço ao Instituto Federal Goiano de Educação, Ciência e Tecnologia, ao Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO), a FAPEG e a FUNAPE pela oportunidade de realizar o Curso de Especialização em Bioinsumos, que me permitiu aprofundar meus conhecimentos sobre o tema escolhido e contribuir para o desenvolvimento de uma área importante. Sua visão de excelência acadêmica foi uma grande motivação para mim.

Saibam que todos vocês foram fundamentais para a concretização deste sonho. Todos são coadjuvantes dessa vitória em minha vida, que Deus os abençoe hoje e sempre.



RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo investigar, por meio de uma revisão integrativa, o potencial de uso da bactéria *Bacillus velezensis* na produção de substâncias bioativas associadas ao crescimento vegetal, com ênfase em sua possível influência no engalhamento da soja (*Glycine max*). A análise da literatura evidenciou que *B. velezensis* é um microrganismo multifuncional, reconhecido por sua capacidade de atuar como promotor de crescimento de plantas, solubilizador de nutrientes, indutor de resistência sistêmica e agente de biocontrole contra fitopatógenos. Diversas cepas foram estudadas, destacando-se Ag75, 20507, BVE7 e UTB96, as quais demonstraram efeitos positivos em biomassa, nodulação, fixação biológica de nitrogênio e produtividade da soja, além de suprimir doenças como podridão-radicular, fitóftora e mofo-branco. No âmbito fisiológico, verificou-se que *B. velezensis* é capaz de produzir fitormônios como ácido indolacético (AIA) e citocininas, além de flavonoides e lipopeptídeos, que interagem com rotas de sinalização envolvidas na dominância apical e na emissão de gemas laterais. Embora ainda não existam estudos que quantifiquem o efeito da bactéria sobre o número de ramos na soja, a literatura indica forte plausibilidade biológica de que sua atuação na modulação hormonal, na melhoria da nutrição mineral e na redução de estresses bióticos e abióticos possa favorecer o engalhamento. Por meio dos resultados foi possível identificar a ausência de investigações experimentais direcionadas à avaliação do engalhamento da soja, aspecto que se mostra como promissora oportunidade de pesquisa. Conclui-se que *B. velezensis* é um microrganismo de alto potencial para a agricultura sustentável, podendo contribuir não apenas para o aumento da produtividade, mas também para a otimização da arquitetura da soja.

Palavras-chave: biofertilizantes microbianos. ramificação vegetal. fisiologia da soja.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

The objective of this study was to investigate, through an integrative review, the potential use of the bacterium *Bacillus velezensis* in the production of bioactive substances associated with plant growth, with an emphasis on its possible influence on soybean (*Glycine max*) branching. The literature review showed that *B. velezensis* is a multifunctional microorganism, recognized for its ability to act as a plant growth promoter, nutrient solubilizer, systemic resistance inducer, and biocontrol agent against phytopathogens. Several strains were studied, notably Ag75, 20507, BVE7, and UTB96, which demonstrated positive effects on biomass, nodulation, biological nitrogen fixation, and soybean productivity, in addition to suppressing diseases such as root rot, phytophthora, and white mold. Physiologically, *B. velezensis* has been found to be capable of producing phytohormones such as indoleacetic acid (IAA) and cytokinins, as well as flavonoids and lipopeptides, which interact with signaling pathways involved in apical dominance and lateral bud emission. Although there are still no studies quantifying the effect of the bacterium on the number of branches in soybeans, the literature indicates strong biological plausibility that its action in hormone modulation, improvement of mineral nutrition, and reduction of biotic and abiotic stresses may favor branching. The results showed that there's a lack of experimental research on soybean branching, which is a promising area for further study. We concluded that *B. velezensis* is a microorganism with great potential for sustainable agriculture, as it can help not only increase productivity but also optimize soybean architecture.

Keywords: microbial biofertilizers, plant branching, soybean physiology.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais resultados de <i>Bacillus velezensis</i> na soja e em outras leguminosas.....	30
Tabela 2. Potenciais efeitos de <i>Bacillus velezensis</i> no engalhamento da soja.....	31

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Desenvolvimento da cultura da soja (Esquerdo, 2007).	15
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1.1. Geral	12
2.1.2. Específicos	12
3. METODOLOGIA	13
3.1. TIPO DE PESQUISA	13
3.2. MÉTODO DE PESQUISA	13
3.3. PROCEDIMENTOS	13
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1. CULTURA DA SOJA	14
4.1.1. Engalhamento na cultura da soja	16
4.2. HORMÔNIOS VEGETAIS E BIOESTIMULANTES	20
4.3. BACTÉRIA BACILLUS VELEZENSIS	22
4.3.1. Características de b. Velezensis	22
4.4. PRODUÇÃO DE BIOATIVOS POR B. VELEZENSIS	23
4.5. INFLUÊNCIA DE BACILLUS VELEZENSIS NA CULTURA DA SOJA	24
4.5.1. Bacillus Velezensis na promoção do crescimento da soja	24
4.5.2. Bacillus Velezensis na resistência sistêmica induzida e na proteção contra fitopatógenos na soja	26
5. CONCLUSÃO	32
6 REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o quinto maior país do mundo em extensão territorial, sendo 7,6% do seu território, ocupado por lavouras, as quais possibilitaram uma colheita de grãos estimada em 325,7 milhões de toneladas na safra 2024/25. Entre os grãos, a soja (*Glycine max* L.) se destaca como o principal produto exportador brasileiro, respondendo por uma parte das receitas geradas pelo setor. O estado do Mato Grosso, além de ser o principal produtor e exportador de soja no país com produção estimada em 43,7 milhões para 2024/25 (CONAB, 2025). O estado de Goiás ocupa posição de destaque no cenário nacional da produção de soja, consolidando-se como um dos principais polos agrícolas do país. Na safra 2024/2025, a produção de soja no estado alcançou aproximadamente 20,4 milhões de toneladas, resultado obtido a partir de uma área plantada estimada em 4,95 milhões de hectares, com incremento em torno de 2,5% a 4,7% em relação ao ciclo anterior (CONAB, 2025).

Além das características genéticas dos vegetais, condições ambientais de cultivo como temperatura, regime hídrico, fotoperíodo, qualidade química e física do solo, competição com plantas daninhas, entre outros, são fatores de difícil controle que em muitos casos afetam o potencial produtivo das culturas. Como forma de mitigar os efeitos adversos do ambiente para as plantas, os bioinsumos vêm ganhando destaque como alternativas eficientes e ambientalmente adequadas, entre os quais se destacam os microrganismos promotores de crescimento vegetal (TOMASSONI et al., 2021).

Vários gêneros da bactéria *Bacillus* é amplamente utilizado na agricultura como agente de biocontrole, devido à sua atividade antimicrobiana contra fitopatógenos, e também como promotor do crescimento de plantas (MELO et al., 2021). *Bacillus Velezensis* é uma bactéria gram-positiva, conhecida por sua capacidade de produzir uma vasta variedade de metabólitos com ação antifúngica e nematicida. Esse agente microbiano tem se destacado como um agente de biocontrole, promovendo o crescimento vegetal e induzindo resistência sistêmica nas plantas contra diferentes patógenos. Além da atividade antimicrobiana, essa espécie se adapta facilmente a diferentes condições ambientais devido à formação de endósporos, garantindo maior persistência e eficácia em bioformulações agrícolas (TONIN, et al., 2021).

Dessa forma, *B. velezensis* tem sido explorado na agricultura como uma alternativa ao uso de defensivos químicos, efeitos negativos ambientais e promovendo a saúde do solo e das plantas. Embora existam diversos estudos sobre sua aplicação no controle biológico de fitopatógenos e promoção do crescimento radicular, são ainda escassas as informações sobre

seu efeito na indução de características morfológicas das culturas, como o engalhamento de plantas de soja (ALVES, 2021).

O engalhamento, entendido como a formação de ramos laterais a partir do caule principal, é um fator agrônômico de grande importância, pois pode influenciar diretamente no número de vagens por planta e, conseqüentemente, na produtividade final (MENEGAZZI, 2024). Identificar agentes biológicos capazes de estimular esse processo pode representar uma estratégia inovadora e sustentável no manejo da cultura da soja. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo investigar o uso de *B. velezensis* na produção de substâncias bioativas capazes de promover o engalhamento de plantas de soja.

2. OBJETIVOS

2.1.1. Geral

Investigar, por meio de uma revisão bibliográfica, o potencial de uso da bactéria *Bacillus velezensis* na produção de substâncias bioativas capazes de promover o engalhamento na cultura da soja.

2.1.2. Específicos

- Investigar os mecanismos de ação de *Bacillus velezensis* na promoção do crescimento vegetal e sua influência no desenvolvimento da soja;
- Avaliar o papel de *Bacillus velezensis* na produção de bioativos ou fitohormônios e na solubilização de nutrientes essenciais para o engalhamento da planta;
- Identificar os efeitos de *Bacillus velezensis* na resistência sistêmica induzida e na proteção contra fitopatógenos na soja;
- Levantar estudos que avaliem os efeitos de *Bacillus velezensis* em leguminosas, com ênfase na soja;
- Verificar as evidências científicas disponíveis quanto ao estímulo ao engalhamento da soja por meio do uso de bioinsumos microbianos;
- Identificar lacunas na literatura que possam orientar futuras pesquisas experimentais sobre o tema.

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido na forma de uma revisão de literatura, cujo objetivo é reunir, sintetizar e analisar criticamente as evidências científicas disponíveis sobre o potencial de uso da bactéria *Bacillus velezensis* na produção de substâncias bioativas capazes de promover o engalhamento na cultura da soja.

3.1. TIPO DE PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa básica, de natureza teórica, com abordagem qualitativa, pois busca interpretar e discutir as informações existentes sobre o tema a partir de dados já publicados.

3.2. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia utilizada foi a bibliográfica, fundamentada na coleta, organização e análise de publicações científicas, incluindo artigos, dissertações, teses e capítulos de livros em português, inglês e espanhol.

3.3. PROCEDIMENTOS

A coleta de dados foi realizada por meio de buscas sistematizadas em bases de dados científicas, como: Scopus, Web of Science, PubMed, Scielo e Google Scholar. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: *Bacillus velezensis*, microrganismos promotores de crescimento de vegetal, biocompostos microbianos, engalhamento de planta.

Os critérios de inclusão envolveram trabalhos publicados entre os anos de 2015 e 2025, disponíveis na íntegra. Foram excluídos artigos duplicados, resumos de eventos sem acesso ao texto completo, bem como aqueles que não abordem os objetivos do estudo.

Após a seleção dos trabalhos, foi realizada a leitura integral dos textos elegíveis, seguida de organização em quadros síntese contendo informações como: autores, ano, objetivos, metodologia, principais resultados e conclusões.

Por fim, os resultados foram analisados criticamente, identificando evidências, lacunas na literatura e perspectivas para pesquisas futuras sobre o potencial de uso de *B. velezensis* no engalhamento da soja.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. CULTURA DA SOJA

A soja [*Glycine max* (L.) Merri.] é uma espécie de planta diploide que pertence à família *Fabaceae* (Leguminosa), de autofecundação e com ciclo de vida anual. Em relação a suas características, de acordo com Costa (1996) sua altura varia entre 80 a 110 cm e sua estação de crescimento entre 90 a 120 dias. Ressalta-se que seu porte é dependente das condições ambientais, assim como do cultivar. O porte ideal encontra-se entre 60 a 110 centímetros, altura que dificulta o acamamento e facilita a colheita mecânica (Pazzini, et al., 2022)).

A soja possui sistema radicular composto por raízes primárias e secundárias, destacando-se pela presença de nódulos radiculares. Estes nódulos são o resultado da simbiose entre a soja e bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Essas bactérias desempenham um papel crucial na fixação do nitrogênio, convertendo-o em nitrato que é fornecido à planta em troca de carbono (Correia et al., 2014)

As plantas de soja desenvolvem vagens arqueadas que mudam de cor de verde para amarelo-pálido, marrom-claro, marrom ou cinza conforme amadurecem. Estas vagens podem abrigar de uma a cinco sementes, que são lisas e podem ser elípticas ou globosas, com tegumento amarelo pálido e hilo que varia entre preto, marrom ou amarelo-palha. Ademais, a planta pode exibir padrões de crescimento indeterminado, determinado ou semideterminado, refletindo a diversidade na estrutura de crescimento encontrada nessas variedades (Crusiol et al. 2021).

Segundo Braga et al. (2021), as folhas são trifolioladas, exceto o primeiro par que é simples e se localiza acima do nó cotiledonar. As flores da soja são completas e se desenvolvem em racemos terminais ou axilares, com cores variando de branco a púrpura, sendo que a intensidade da púrpura pode alterar-se de acordo com a genética da planta. Normalmente, a floração ocorre pela manhã e é influenciada por fatores ambientais como umidade e temperatura, conforme descrito por Lopes (2013). A soja responde ao fotoperíodo e é classificada como uma planta de dia curto, necessitando de períodos prolongados de escuridão para induzir a floração. No entanto, essa resposta ao fotoperíodo pode variar dependendo da espécie e das condições de cultivo.

Segundo Mundstock e Thomas (2005), a fenologia da soja é dividida em dois períodos principais: o vegetativo e o reprodutivo. O período vegetativo vai da semeadura até a floração, enquanto o período reprodutivo se estende da floração até a colheita. Dentro do estágio vegetativo, há subdivisões específicas, como o estágio VE, que representa a emergência dos

cotilédones, isto é, quando eles surgem acima da superfície do solo. O estágio VC é definido como o momento em que os cotilédones estão completamente abertos e expostos, conforme figura 1.

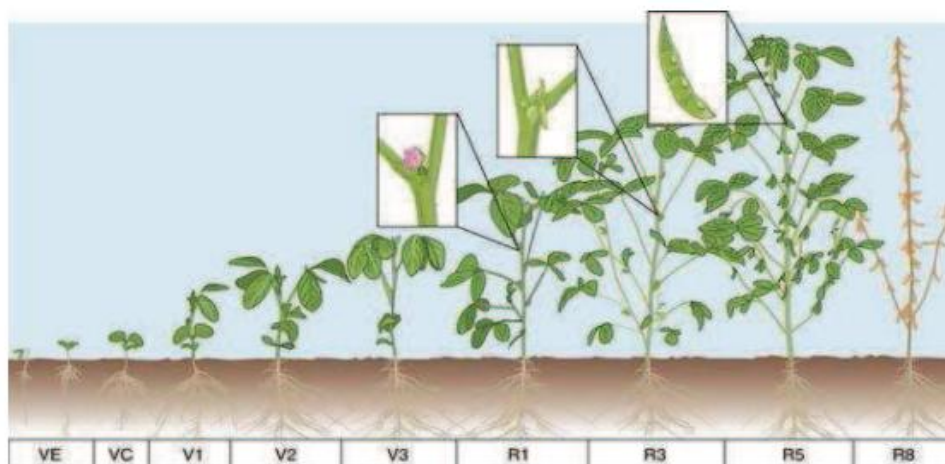


Figura 1 Desenvolvimento da cultura da soja (Esquerdo, 2007).

De acordo com Oliveira et al. (2019) o desenvolvimento das plantas de soja é influenciado por uma série de fatores abióticos, como as condições de solo e clima, e bióticos, como pragas e doenças. Esses fatores variam em intensidade e influência, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta e da severidade do estresse enfrentado. Conforme explicam Silva (2020), certos fatores são críticos no início do desenvolvimento da planta, enquanto outros predominam durante a fase reprodutiva, especialmente durante o enchimento de grãos.

Conforme destacado por Garcia et al. (2007), no início do desenvolvimento da soja, fatores como o vigor das sementes, a densidade de semeadura, a luminosidade, a competição com plantas daninhas, o ataque de pragas da haste e as condições físicas do solo são determinantes para a estrutura inicial e a saúde da planta. Estes aspectos são fundamentais para estabelecer uma base sólida para o crescimento subsequente,

Por outro lado, na fase reprodutiva, a ênfase muda para fatores que impactam diretamente o enchimento de grãos e o fechamento do ciclo da planta. Segundo Costa e Lima (2020), a sanidade da planta, as condições de enfolhamento e do sistema radicular, assim como a adequação da temperatura e umidade para o pegamento das flores e enchimento de grãos, são críticas. Além disso, o ataque de insetos sugadores pode comprometer seriamente a produtividade. Fatores ambientais como o fotoperíodo e a temperatura influenciam diretamente na indução da floração, afetando tanto o desenvolvimento vegetativo quanto a duração do ciclo

da planta. A disponibilidade de água é outro fator crítico que precisa ser gerenciado durante as fases de germinação, emergência, floração e enchimento de grãos (Vigano, 2018).

A influência do clima na agricultura é amplamente reconhecida como um dos fatores mais críticos e menos controláveis que afetam a produtividade das culturas, incluindo a soja. Conforme destacado por Monteiro et al. (2005), variáveis climáticas como fotoperíodo, disponibilidade de água e temperatura têm um impacto no desenvolvimento da soja. Estes elementos climáticos são importantes durante fases chave como a germinação, o estabelecimento da planta e o enchimento de grãos, fases que podem ser prejudicadas por estresses hídricos.

A necessidade de condições climáticas favoráveis para o cultivo da soja é também enfatizada por Silva et al (2015), que aponta a precipitação, temperatura e o fotoperíodo adequados como essenciais para que a soja possa se desenvolver plenamente e alcançar seu potencial máximo. Assim, entender e gerenciar a relação entre o clima e o crescimento da soja é fundamental para otimizar a produção e garantir a sustentabilidade das práticas agrícolas.

4.1.1. Engalhamento na cultura da soja

O engalhamento da soja, também denominado ramificação lateral, constitui um importante componente da arquitetura da planta, diretamente relacionado à produtividade por planta e à plasticidade da cultura em diferentes ambientes. Esse processo é condicionado por fatores genéticos, ambientais e de manejo. No âmbito genético, destacam-se genes reguladores como GmBRC1, homólogo do *TEOSINTE BRANCHED1 (TB1)*, reconhecido como supressor da brotação axilar. Além disso, os genes Dt1 e Dt2, associados ao hábito de crescimento indeterminado ou semideterminado, influenciam de forma indireta a capacidade de formação de ramos (Gao et al., 2017; Ping et al., 2014; Sayama et al., 2010). A identificação de QTLs (Quantitative Trait Loci) relacionados ao número de ramos reforça a natureza poligênica desse caráter, que pode variar significativamente entre cultivares de soja (Li et al., 2017).

Na prática agrícola, o engalhamento é um fator relevante para otimizar a exploração da área cultivada, pois permite que cada planta aumente sua superfície foliar e número de vagens, compensando falhas no estande inicial e ampliando o potencial produtivo. Assim, cultivares que apresentam maior capacidade de emissão de ramos podem ser mais vantajosas em sistemas de plantio com espaçamento reduzido ou em condições adversas de crescimento (Garcia et al., 2016)

A capacidade de engalhamento na soja está ligada às características genéticas de cada cultivar. Enquanto algumas variedades possuem uma predisposição natural para desenvolver ramos laterais abundantes, outras exibem um crescimento mais ereto, concentrando-se no caule principal. Essa variação genética é importante para os produtores, pois permite a seleção de cultivares que melhor se adaptam às condições de cultivo e aos objetivos de produtividade. (Menegazzi, 2024).

Do ponto de vista ambiental, a densidade de semeadura exerce papel determinante na expressão do engalhamento. Ensaios de campo evidenciam que maiores populações de plantas reduzem a emissão de ramos laterais devido ao sombreamento e à alteração na razão de radiação vermelho:vermelho-distante, que inibe a quebra da dominância apical. Em contrapartida, densidades mais baixas favorecem a formação de ramos, funcionando como mecanismo de compensação em situações de falhas de estande (BOARD; KAHLON, 2011; HEIFFIG et al., 2006). Além disso, práticas como poda apical ou danos ocasionados por fatores bióticos e abióticos tendem a reduzir a dominância exercida pelo meristema principal, liberando gemas axilares para crescimento (MCBLAIN et al., 1987).

No nível fisiológico, o engalhamento está diretamente ligado ao balanço hormonal da planta. Auxinas produzidas no ápice caulinar reprimem o desenvolvimento de gemas laterais, enquanto as citocininas, sintetizadas majoritariamente nas raízes e transportadas para a parte aérea, estimulam a brotação. As estrigolactonas, por sua vez, atuam como potentes inibidores da ramificação, interagindo com o sistema auxina–citocinina e reforçando o controle da dominância apical (Domagalska; Leyser, 2011). Dessa forma, alterações hormonais mediadas por fatores ambientais ou biológicos podem redefinir a arquitetura da soja e o padrão de ramificação.

No quadro 1 apresenta-se os principais cultivares de soja que apresentam alta capacidade de engalhamento.

Quadro 1. Principais cultivares de soja que apresentam alta capacidade de engalhamento

Cultivar	Características
BRS 5804RR	Hábito de crescimento indeterminado, excelente arquitetura de planta, significativa capacidade de engalhamento, resistência ao acamamento e elevado peso de mil sementes.
Brasmax Vênus CE	Grupo de maturação 5.7, alto potencial produtivo, excelente capacidade de ramificação, adaptada a regiões de maior altitude, resistente à podridão radicular de <i>Phytophthora</i> .

TMG 7368 IPRO	Alto vigor vegetativo, arquitetura moderna, sistema radicular agressivo, elevada capacidade de engalhamento, boa estabilidade e alto potencial produtivo.
SOYTECH 591 I2X	Alto potencial produtivo, destacada capacidade de engalhamento, resistência moderada à podridão de fitóftora, tolerância à ferrugem asiática, estabilidade e adaptabilidade em diversas regiões.
DS7417IPRO	Boa capacidade de engalhamento, crescimento indeterminado, tolerante ao acamamento, indicada para solos de média e alta fertilidade

Fonte: Adaptado de Embrapa (2024), Verluz Sementes (2024), Brevant (2024),

A densidade populacional influencia diretamente o engalhamento (Menegazzi, 2024). Em altas densidades, ocorre um crescimento mais vertical, reduzindo o desenvolvimento de ramos laterais. De acordo com a Cruz et al (2016), a soja apresenta alta plasticidade quanto à resposta ao arranjo espacial de plantas, alterando o número de ramificações, de vagens e de grãos, bem como o diâmetro do caule, de forma inversamente proporcional à variação na população de plantas. Além disso, estudos indicam que a densidade pode intervir no crescimento das plantas, interferindo na competição inter e intraespecífica por recursos do solo, especialmente por água, luz e nutrientes, além de causar alterações morfofisiológicas nas plantas, como altura e engalhamento (Rocha et al., 2018).

A quantidade e a qualidade da luz que atingem a planta são determinantes para o crescimento dos ramos. Ambientes bem iluminados promovem a ativação das gemas axilares, favorecendo o engalhamento. (Rosa e Oliveira, 2024). A soja possui mecanismos de adaptação que permitem ajustar o ângulo de suas folhas em resposta à radiação incidente, otimizando a interceptação de luz e, conseqüentemente, a taxa fotossintética. Esse ajuste é induzido pela luz azul, que se encontra na faixa de 400-500 nm, e é chamado de heliotropismo. Além disso, a radiação solar está relacionada com a alongação da haste principal e das ramificações, influenciando diretamente a arquitetura da planta e a eficiência no uso da luz (Vilar, 2021).

A adequada disponibilidade de nutrientes é um fator para o desenvolvimento vegetativo e a formação de ramos laterais na cultura da soja. Entre os macronutrientes essenciais, o nitrogênio, o fósforo e o potássio atuam no crescimento e na arquitetura da planta, influenciando sua produtividade. A absorção eficiente desses elementos garante uma estrutura vegetal equilibrada e melhor capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais.

O nitrogênio (N) é um dos principais componentes dos aminoácidos, proteínas e da clorofila, substâncias essenciais para o metabolismo das plantas. Esse nutriente está diretamente

ligado ao crescimento vegetativo vigoroso da soja, promovendo o desenvolvimento da parte aérea e a expansão foliar. A deficiência de nitrogênio pode comprometer a capacidade da planta de formar ramos laterais, resultando em menor área fotossintética e, conseqüentemente, menor produtividade (Tomazi et al., 2019).

O fósforo (P) também exerce um papel fundamental no crescimento da soja, participando ativamente da transferência de energia dentro da planta. Esse nutriente é essencial para a divisão celular e o desenvolvimento radicular, garantindo um sistema de raízes bem estabelecido e capaz de explorar o solo em busca de água e outros minerais. Uma adequada disponibilidade de fósforo no solo favorece o estabelecimento inicial da cultura e impacta a emissão de ramos laterais, uma vez que influencia o metabolismo energético da planta. Solos com deficiência de fósforo podem apresentar plantas com crescimento reduzido e menor capacidade de adaptação a estresses ambientais (Sant'ana, et al., 2003; Rissi, 2024)

O potássio (K), por sua vez, é responsável pela regulação da abertura e fechamento dos estômatos, mecanismo essencial para o controle da transpiração e da absorção de CO₂, fatores determinantes para a eficiência da fotossíntese (Faquin, 2005). Esse nutriente auxilia na síntese de proteínas, na translocação de açúcares e no fortalecimento das paredes celulares, conferindo maior resistência às plantas diante de estresses abióticos, como déficit hídrico e temperaturas extremas (Serafim et al., 2012). A deficiência de potássio compromete a formação dos ramos laterais e reduz a produtividade da cultura, uma vez que afeta o transporte de carboidratos para os órgãos reprodutivos, impactando negativamente o enchimento dos grãos (Gonçalves et al., 2012).

Além da nutrição equilibrada, fatores climáticos são determinantes no desenvolvimento dos ramos laterais na cultura da soja. Condições adversas, como altas temperaturas, déficit hídrico e excesso de chuvas, podem impactar negativamente o crescimento da planta e comprometer seu potencial produtivo. A soja é particularmente sensível ao fotoperíodo, e variações na duração da luz diária influenciam diretamente a expressão de seu engalhamento (Fernandes, 2021).

O estresse térmico causado por temperaturas elevadas pode afetar negativamente a taxa fotossintética, reduzindo a capacidade da planta de produzir energia suficiente para sustentar um crescimento vegetativo vigoroso. Além disso, temperaturas extremas podem acelerar o ciclo da soja, resultando em menor tempo para o desenvolvimento de ramos laterais. Em períodos de calor intenso, a planta pode priorizar o crescimento do caule principal e a formação precoce de flores, reduzindo a emissão de ramos e limitando o número de vagens por planta (Silva et al., 2022).

O déficit hídrico, por sua vez, representa um dos principais desafios para a cultura da soja. A falta de água reduz a turgescência celular, impactando processos fisiológicos essenciais, como a expansão foliar e a diferenciação das gemas axilares, responsáveis pela formação dos ramos laterais. Além disso, a seca severa pode comprometer a absorção de nutrientes do solo, uma vez que a mobilidade de elementos essenciais, como fósforo e potássio, depende da umidade. Dessa forma, o déficit hídrico pode resultar em plantas menos ramificadas, com menor área foliar e menor capacidade de interceptação de luz, fatores que reduzem o potencial produtivo da lavoura.

Por outro lado, o excesso de chuvas também pode prejudicar o engalhamento da soja, principalmente devido à compactação do solo e à redução da oxigenação das raízes. Solos encharcados dificultam a absorção de nutrientes, comprometendo o crescimento da parte aérea e limitando a emissão de ramos. Além disso, períodos prolongados de alta umidade favorecem o desenvolvimento de doenças fúngicas, como a antracnose e a podridão radicular, que podem impactar negativamente a arquitetura da planta (Marques, 2022)

Outro fator relevante é a influência do fotoperíodo no desenvolvimento da soja. Como espécie sensível à duração do dia, a soja apresenta diferentes respostas de crescimento e florescimento conforme a quantidade de luz recebida. Em condições de dias longos, há uma maior tendência ao crescimento vegetativo e ao desenvolvimento de ramos laterais, enquanto em dias curtos, a planta entra precocemente na fase reprodutiva, reduzindo a emissão de ramos. A escolha de cultivares adaptadas às condições locais de fotoperíodo é fundamental para garantir um desenvolvimento equilibrado da lavoura e maximizar a produtividade.

Diante desses desafios, práticas de manejo como o uso de irrigação em períodos de seca, a drenagem eficiente para evitar encharcamento e a escolha de cultivares resistentes a estresses ambientais podem minimizar os impactos das condições climáticas adversas. Além disso, o uso de bioestimulantes e microrganismos benéficos, como *Bacillus velezensis*, pode auxiliar na mitigação do estresse e na promoção do crescimento da planta, favorecendo o engalhamento mesmo em ambientes desafiadores.

4.2. HORMÔNIOS VEGETAIS E BIOESTIMULANTES

De acordo com Van Oosten et al. (2017), os bioestimulantes são uma alternativa em relação as práticas agrícolas convencionais, em que algumas situações o uso deles pode reduzir o uso de fertilizantes e produtos sintéticos além de aumentar a produtividade das culturas agrícolas. Conforme Libera (2010) os bioestimulantes são compostos por condicionadores

botânicos e compostos bioquímicos, tais eles como: micronutrientes, ácidos benéficos às plantas, aminoácidos e vitaminas. Os bioestimulantes são produtos que atuam nas plantas, garantindo tolerância aos estresses abióticos e bióticos, de forma que permita que a planta explore seu máximo potencial genético (Dos Santos et al., 2013).

O uso mais efetivo dos bioestimulantes, segundo Sharma et al. (2014), também ocorre para minimizar resistências de pragas, daninhas e doenças de forma geral e na busca de uma maior eficiência produtiva, visto que a demanda por alimentos tem crescido exponencialmente nos países populosos como China e Índia.

Os bioestimulantes são compostos classificados como reguladores de crescimento, contendo hormônios vegetais ou sintéticos que promovem o desenvolvimento da planta. Eles atuam como melhoradores nutricionais, promotores de crescimento e aumentam a tolerância ao estresse abiótico (Libardoni, 2022). De acordo com Du Jardin (2016), refere-se a qualquer substância ou microrganismo aplicado às plantas para melhorar sua eficiência nutricional, tolerância a estresses abióticos e/ou qualidade dos cultivos, independentemente de seu conteúdo nutricional. Esta definição também pode ser aplicada a produtos comerciais que contenham misturas dessas substâncias e/ou microrganismos. Yakhin et al. (2017) propuseram que o termo bioestimulante deve se referir a um produto formulado de origem biológica que aumenta a produtividade devido a propriedades únicas de seus constituintes, e não devido à presença de nutrientes, compostos reguladores de crescimento ou fitossanitários.

A composição dos bioestimulantes inclui biorreguladores, macro e micronutrientes, aminoácidos, oligossacarídeos, citocininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas, betaínas e alginatos. Esses componentes funcionam como modificadores ou inibidores de processos bioquímicos nas plantas, resultando em diversas respostas fisiológicas. Isso proporciona às plantas uma maior tolerância, especialmente em relação à fitotoxicidade causada por alguns herbicidas (Van Oosten et al., 2017).

Nos últimos anos, entre os bioestimulantes mais destacados estão os extratos de algas, hormônios sintéticos e subprodutos de fermentação. Os extratos de algas marinhas contêm vários compostos que promovem o crescimento das plantas, incluindo aminoácidos e hormônios (Craigie, 2011). Hormônios sintéticos que regulam o crescimento desempenham funções importantes durante o desenvolvimento das plantas (Zhao et al., 2010), e muitas substâncias, incluindo aminoácidos, estão presentes nos subprodutos da fermentação. No entanto, a composição exata desses produtos e os mecanismos específicos pelos quais promovem o crescimento das plantas ainda não são completamente compreendidos. Por outro

lado, alguns estudos indicam que os micronutrientes, quando utilizados no tratamento de sementes, atuam como estimulantes do crescimento inicial das plantas (Soares, 2014).

De acordo com Carvalho et al. (2013), os extratos de algas marinhas são versáteis e podem ser usados para tratamento de sementes, pulverização foliar ou uma combinação dos dois. O tratamento inicial das sementes é essencial para obter plantas saudáveis. Os dados mostram que os bioestimulantes aplicados via tratamento de sementes têm efeito na fase inicial da cultura, além de maximizar o potencial de produção. Esses extratos de algas também contêm substâncias bioativas que promovem o crescimento da parte aérea e aumentam o volume das raízes.

Os bioestimuladores de origem microbiana têm ganhado destaque na agricultura moderna devido à sua capacidade de promover o crescimento vegetal de forma sustentável e eficiente. Estes produtos contêm microrganismos benéficos, como bactérias do gênero *Bacillus*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* e fungos como *Trichoderma*, que atuam por diferentes mecanismos fisiológicos e bioquímicos. Dentre suas funções, destacam-se a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de fósforo e potássio, a produção de fitohormônios (auxinas, citocininas e giberelinas), além da indução de resistência sistêmica contra patógenos e redução de estresses abióticos (Barbosa, et al., 2022).

4.3. BACTÉRIA *Bacillus velezensis*

4.3.1. características de *B. velezensis*

O *Bacillus velezensis* é uma bactéria pertencente ao domínio Bacteria, incluindo no filo Firmicutes, classe Bacilli, ordem Bacillales e família Bacillaceae. Isolada em 1999 a partir de uma amostra de água salobra do rio Vélez, no sul da Espanha, essa espécie tem sido objeto de reclassificações taxonômicas devido à sua proximidade genética com outras espécies do gênero *Bacillus*. Sendo inicialmente descrito por Ruiz-García et al. (2005), após a identificação de novos lipopeptídeos em amostras ambientais. Desde sua descoberta, sua classificação taxonômica tem sido revisada pela comunidade científica. Originalmente reconhecido como uma espécie do grupo *Bacillus subtilis*, sua posição taxonômica passou por reavaliações ao longo dos anos (DUNLAP et al., 2016).

Inicialmente, algumas cepas dessa espécie foram identificadas sob nomes diferentes, sendo reclassificadas devido à sua proximidade genética com outras bactérias do mesmo gênero. Entre suas sinônimas, inclua-se *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*, *Bacillus metilotrophyus* subsp. *plantarum*, *Bacillus oryzicola* e *Bacillus subtilis* GB03 (Dunlap, 2016).

O quadro 1 apresenta as principais características genômicas, metabólicas e ecológicas de *Bacillus velezensis*, destacando suas capacidades bioquímicas e aplicações biotecnológicas.

Quadro 1. Características do *Bacillus velezensis*

Característica	Descrição
Tamanho do Genoma	Entre 3,9 e 4,2 milhões de pares de bases (Mbp)
Teor de GC	Aproximado 46,5%
Número de Genes Codificantes	Entre 3.900 e 4.100 genes
Número de RNAs Ribossomais	Varia entre 70 e 85, dependendo da cepa
Clusters de Biossíntese	Identificação de 12 a 15 clusters, dependendo da cepa
Principais Metabólitos Produzidos	Lipopeptídeos (<i>iturina</i> , <i>fengicina</i> , <i>surfactina</i>), poliquetídeos (<i>bacillaeno</i> , <i>macrolactinas</i>), sideróforos e bacteriocinas
Capacidade de Produção de Antibióticos	antifúngica, antibacteriana e nematicida
Regulação do Crescimento Vegetal	Produção de ácido indolacético (AIA) e solubilização de fosfato
Cepas Principais	FZB42 (modelo de estudo para promoção de crescimento de plantas); SQR9 (eficaz contra patógenos do solo); B63 (ação nematicida); CMLL06 (isolado no Brasil, com potencial contra doenças da soja)
Proximidade Filogenética	Relacionado a <i>B. subtilis</i> , <i>B. amyloliquefaciens</i> e <i>B. vallismortis</i>

Fonte: Adaptado de Ruiz-García et al. (2005); Dunlap et al. (2016); Ngalmat et al. (2021).

4.4. PRODUÇÃO DE BIOATIVOS POR *B. velezensis*

Uma característica da *B. velezensis* é a habilidade de produzir metabólitos secundários bioativos, incluindo lipopéptidos cíclicos como *surfactina*, *fengicina* e *iturina*, além de poliquetídeos como *macrolactina*, *bacilaene* e *difficidina*. Esses compostos desempenham papéis na supressão de patógenos microbianos e na promoção do crescimento das plantas (RABBEE et al., 2019).

A capacidade de formar endósporos confere a *B. velezensis* uma resistência a condições ambientais adversas, como calor e desidratação, tornando-a uma candidata para formulações de biofertilizantes e agentes de biocontrole. Além disso, essa espécie é capaz de colonizar a rizosfera das plantas, competindo com microrganismos patogênicos por nutrientes e espaço (SCHWERTER, 2023). Cao et al. (2018) demonstraram que isolados de *B. velezensis* apresentaram antagonismo contra *Ralstonia solanacearum* e *Fusarium oxysporum*, reduzindo a incidência de murchas em condições controladas. Da mesma forma, Chen et al. (2022) verificaram que o isolado *B. velezensis* SDTB038 colonizou a rizosfera do tomateiro e controlou de forma eficaz a podridão de coroa e raiz causada por *Fusarium*, tanto em ensaios de casa de

vegetação quanto em campo. Além disso, revisões recentes destacam que esse efeito de biocontrole se deve não apenas à produção de metabólitos antimicrobianos, mas também à competição direta por nutrientes e espaço na rizosfera (Rabbee; Hwang; Baek, 2023), o que reforça o potencial da espécie como agente promissor em formulações de biofertilizantes e bioprotetores.

Estudos destacam a produção de enzimas extracelulares por *B. velezensis*, como proteases, celulasas e amilases, que auxiliam na decomposição de matéria orgânica no solo, liberando nutrientes essenciais para as plantas. Além disso, a produção de sideróforos por essa bactéria facilita a aquisição de ferro contribuindo para a saúde e vigor das plantas (VILLARREAL-DELGADO et al., 2018). Narmukhamedova et al. (2025) identificaram um isolado de *B. velezensis* proveniente de solos salinos do Vale de Fergana com elevada atividade de amilase e pectinase, além de níveis significativos de celulase, protease, xilanase e lipase. Esses resultados evidenciam o papel da espécie na degradação de diferentes polímeros orgânicos presentes no ambiente edáfico, contribuindo para a liberação de nutrientes essenciais e promovendo condições mais favoráveis ao crescimento e vigor das plantas.

A versatilidade metabólica de *B. velezensis* permite sua adaptação nos ambientes, desde solos agrícolas até ambientes aquáticos, evidenciando sua ubiquidade e importância ecológica. Essa adaptabilidade é reforçada pela capacidade de formar biofilmes, o que aumenta sua resistência a condições adversas e potencializa sua eficácia como agente de biocontrole (VILLARREAL-DELGADO et al., 2018).

4.5. INFLUÊNCIA DE *Bacillus velezensis* NA CULTURA DA SOJA

4.5.1. *Bacillus velezensis* na promoção do crescimento da soja

Nos últimos anos, o uso de *B. velezensis* na cultura da soja tem despertado crescente interesse científico, devido ao seu potencial multifuncional como biofertilizante e agente promotor de crescimento da planta. Cheng, Jiang e He et al. (2025) demonstraram que a co-inoculação de *B. velezensis* com *Bradyrhizobium japonicum* promoveu significativo incremento na nodulação e na fixação biológica de nitrogênio em soja cultivada sob restrição de nitrogênio, atribuindo tal efeito à produção de flavonoides como a rutina, que favorecem o estabelecimento simbiótico. Segundo os autores, este resultado indica que *B. velezensis* pode atuar como um facilitador do processo simbiótico clássico, expandindo as fronteiras do manejo biológico integrado em leguminosas.

No contexto da fixação biológica de nitrogênio, pesquisas têm mostrado que a co-inoculação de *B. velezensis* com rizóbios tradicionais, como *Bradyrhizobium japonicum*, proporciona ganhos relevantes na nodulação e no acúmulo de nitrogênio. A cepa 20507, por exemplo, demonstrou capacidade de aumentar a biomassa da soja e a eficiência do processo simbiótico, efeito atribuído à produção de compostos fenólicos como a rutina. Esses metabólitos secundários regulam genes relacionados ao reconhecimento hospedeiro-microrganismo, favorecendo o estabelecimento da simbiose (Cheng; Jiang; He, 2025; *Frontiers in Microbiology*, 2025). Resultados semelhantes foram obtidos com a cepa S141, isolada de campos de soja na Tailândia, a qual hidrolisa isoflavonas em moléculas ativas que estimulam a nodulação em associação com *Bradyrhizobium diazoefficiens* (PUBMED, 2023).

Além da contribuição direta à fixação biológica, *B. velezensis* apresenta efeitos sobre a promoção de crescimento e a nutrição mineral. Determinadas cepas possuem elevada capacidade de solubilizar fosfatos, aumentar a disponibilidade de nutrientes e modular o crescimento radicular, o que se reflete em incrementos de biomassa e produtividade. A cepa Ag75, por exemplo, foi caracterizada como promissora por sua ação como solubilizador de fósforo e agente de biocontrole, atributos que ampliam a aplicabilidade desse microrganismo no manejo biológico da soja (SANTOS et al., 2022).

Adicionalmente, pesquisas têm indicado que a inoculação de *B. velezensis* pode alterar a estrutura da microbiota da rizosfera, aumentando a abundância de microrganismos benéficos e a diversidade microbiana, o que contribui para maior resiliência do sistema produtivo. Um estudo conduzido na China evidenciou que a aplicação dessa bactéria em campo elevou a diversidade bacteriana e promoveu aumento de até 13,8% na produtividade de grãos de soja (BMC Plant Biology, 2025). Essa modulação microbiana é considerada uma das vias mais promissoras de atuação da espécie, reforçando sua função como agente facilitador do equilíbrio do agroecossistema.

Destaca-se a possibilidade de potencialização dos efeitos de *B. velezensis* quando combinada com aditivos naturais, como pectina e casca de laranja. Em experimentos conduzidos em condições controladas e de campo, a combinação de determinadas cepas (AP193 e AP203) com esses insumos resultou em desenvolvimento da parte aérea e incremento da nodulação em associação com *B. japonicum* (Semantics Scholar, 2021). Essa abordagem aponta para a construção de sistemas de manejo biológico integrados, que associam bactérias promotoras de crescimento com subprodutos agrícolas de baixo custo, ampliando o alcance prático da tecnologia.

4.5.2. *Bacillus velezensis* na resistência sistêmica induzida e na proteção contra fitopatógenos na soja

Além de promover crescimento, diferentes linhagens de *B. velezensis* atuam diretamente sobre patógenos (antagonismo) e “preparam” a planta por meio de resistência sistêmica induzida (RSI), acionando vias de defesa como jasmonatos (JA), etileno (ET) e, em alguns contextos, ácido salicílico (AS). Em soja, essa dupla ação tem sido documentada para patógenos-chave do sistema radicular e da parte aérea, com reflexos em produtividade.

Evidências robustas vêm do controle de podridões de raiz. A linhagem BVE7, isolada de raízes de soja em regiões frias da China, inibiu fortemente *Fusarium oxysporum*: reduziu a germinação de conídios em $\approx 61\%$, a produção de conídios em $\approx 73\%$ e o crescimento micelial em $\approx 85\%$, além de enfraquecer a integridade celular do fungo; em vasos, a eficiência de controle alcançou $\approx 75\%$ e as plantas apresentaram respostas fisiológicas compatíveis com ativação de defesa (enzimas antioxidantes) e supressão do patógeno (SUN, 2023).

Para o Oomiceto *Phytophthora sojae*, agente de tombamento/podridão radicular, a linhagem modelo FZB42 (classificada hoje como *B. velezensis*) preveniu a infecção de plântulas de soja; o antibiótico bacilisina foi identificado como determinante principal, afetando hifas e genes de crescimento/virulência do patógeno — um exemplo de composto microbiano que atua tanto como antimicrobiano direto quanto sinal para respostas de defesa da planta (HAN et al., 2021; DUNLAP et al., 2015)

O controle de *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo-branco), doença relevante na soja, também tem avançado. A linhagem *B. velezensis* 20507 apresentou antagonismo a *S. sclerotiorum*; seu extrato extracelular danificou membranas hifais e a análise química apontou fengicina como atividade antifúngica, oferecendo base mecanística para biocontrole desse patógeno em soja (Cheng et al., 2024). Outra linhagem brasileira, Ag109, reduziu 69% de *Meloidogyne javanica* e 45% de *Pratylenchus brachyurus* em soja, e aumentou o número de plantas saudas e a massa radicular sob desafio de *S. sclerotiorum* — reforçando o potencial de *B. velezensis* contra fungos e nematoides de importância econômica (CHENG et al., 2024).

Outro aspecto relevante é o papel de *B. velezensis* no controle biológico de doenças radiculares. A cepa BVE7, isolada de rizosfera de soja em ambientes frios, mostrou capacidade de inibir *Fusarium oxysporum*, causador da podridão radicular. Além da supressão direta do patógeno, verificou-se a ativação de enzimas antioxidantes (catalase, peroxidase e superóxido dismutase) nas plantas tratadas, bem como a redução de marcadores de estresse oxidativo, resultando em controle superior a 70% em ensaios de casa de vegetação (FRONTIERS, 2023). Esse efeito posiciona a espécie como uma alternativa ao uso de fungicidas químicos,

contribuindo para sistemas de produção mais sustentáveis. Além do efeito fitossanitário, há ganhos agrônômicos no campo. Em ensaios brasileiros multiambiente, a inoculação com a linhagem Ag75 elevou o rendimento de soja em 26,5% em comparação ao controle com 25 kg de P_2O_5 , com desempenho semelhante ao manejo com 84 kg de P_2O_5 — mostrando viabilidade prática de bioinsumos à base de *B. velezensis* em sistemas produtivos (MOSELA et al., 2022). Em outro estudo de campo, um biofertilizante contendo *B. velezensis* (BVPS01) combinado a *Lysinibacillus fusiformis* aumentou nodulação, massa de raiz, teor foliar de P e produtividade de soja, corroborando benefícios agrônômicos quando formulado e posicionado adequadamente (HU, Yi et al., 2024).

O *B. velezensis* produz lipopeptídeos (iturina/bacillomycin, fengicina e surfactina) que: (i) desestruturam membranas de fungos/oomicetos e (ii) funcionam como eliciadores de RSI. Em leguminosas, já se demonstrou RSI mediada por JA após tratamento com *B. velezensis* (A-27), com aumento de JA e indução de genes da via (PLA1, AOS, AOC, ACX); esses achados ajudam a explicar a proteção observada em soja contra patógenos de raiz (HU, Yi et al., 2024). Além disso, há linhagens como UTB96 com produção superior dos três lipopeptídeos, exibindo forte atividade contra patógenos de soja (ex.: *Diaporthe longicolla*), o que é promissor para formulações mais eficazes (Vahidinasab, 2022).

Note-se que a literatura sustenta que *B. velezensis* protege a soja por antagonismo (lipopeptídeos, sideróforos, enzimas) e por RSI (principalmente via JA/ET), com resultados consistentes para *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora sojae*, *Sclerotinia sclerotiorum* e nematoides, e com ganhos de rendimento comprovados em condições de campo. A eficácia, contudo, é cepa-dependente e sensível à formulação, dose, momento de aplicação e compatibilidade com agroquímicos — pontos críticos para a translação do laboratório ao talhão.

4.4.3 Influência De *B. Velezensis* no engalhamento da Soja

Nesse contexto, os microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPR), como *Bacillus velezensis*, vêm sendo apontados como potenciais moduladores do engalhamento. Diversas linhagens da espécie são capazes de produzir ácido indolacético (AIA/IAA) a partir de triptofano, regulando o alongamento celular e a arquitetura da parte aérea. Paralelamente, há relatos de *B. velezensis* estimulando vias de sinalização de citocinina, o que sugere um mecanismo plausível de influência sobre a quebra de dominância apical e o estímulo à emissão de ramos (Idris et al., 2007; Hao et al., 2022). Embora a maioria dos trabalhos em soja ainda esteja focada nos efeitos de *B. velezensis* sobre nodulação, fixação biológica de nitrogênio e

resistência a patógenos, os resultados sobre aumento de biomassa aérea e melhorias no balanço hormonal indicam um efeito indireto favorável ao engalhamento (MOSELA et al., 2022).

Embora poucos estudos descrevam o efeito de *Bacillus velezensis* sobre o engalhamento da soja, pesquisas recentes evidenciam mecanismos indiretos que contribuem para esse processo. Zheng et al. (2025) demonstraram que a cepa *B. velezensis* 41S2 aumentou significativamente a biomassa aérea, o número de vagens e o rendimento de sementes em soja cultivada em solos salino-alcálinos, resultados que sugerem uma intensificação da emissão de ramos laterais como estratégia de adaptação e maior produtividade. Esses efeitos estão associados à produção de fitormônios, como o ácido indolacético (AIA), à solubilização de nutrientes e à indução de resistência sistêmica, fatores que favorecem o crescimento vegetativo e a formação de novos ramos, ampliando o potencial produtivo da cultura.

Em leguminosas-modelo, como o feijão e o trevo, já se observou que a inoculação com rizobactérias capazes de modular hormônios favorece a emissão de ramos e a plasticidade da parte aérea (BHATTACHARYYA; JHA, 2012). Esses achados reforçam a hipótese de que, em soja, o uso de *B. velezensis* pode induzir respostas semelhantes, sobretudo em condições de menor densidade de plantas ou em cultivares geneticamente predispostos ao maior engalhamento. Assim, ainda que os efeitos diretos sobre o número de ramos em soja careçam de estudos conclusivos, as evidências apontam para um potencial promissor da bactéria na modulação da arquitetura da planta, integrando efeitos fisiológicos e agrônômicos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da literatura convergem para um papel multifuncional de *B. velezensis* (BV) no desenvolvimento da soja, combinando promoção de crescimento, modulação hormonal e proteção fitossanitária. Em nível mecanístico, a bactéria produz fitormônios (notadamente AIA/IAA) e diversos metabólitos secundários (lipopeptídeos como surfactina, iturina/bacilomicina e fengicina; além de bacilisina), capazes de interferir em vias de crescimento e defesa da planta. A produção triptofano-dependente de IAA por linhagens afins (FZB42, hoje classificada como *B. velezensis*) está consolidada (IDRIS et al., 2007), e revisões sobre sinalização de citocinina/auxina reforçam sua participação na arquitetura da parte aérea (HAO et al., 2022; DOMAGALSKA; LEYSER, 2011). Em paralelo, há evidências de *B. velezensis* modulando a comunidade microbiana da rizosfera e elevando o rendimento de grãos em soja, conectando efeitos de crescimento e sanidade (LV et al., 2025). Esses achados atendem aos objetivos de investigar mecanismos de ação e levantar estudos em leguminosas com ênfase

na soja (IDRIS et al., 2007; HAO et al., 2022; DOMAGALSKA; LEYSER, 2011; LV et al., 2025).

Quanto à produção de bioativos e sua relação com o engalhamento, *B. velezensis* dispõe de “clusters” biossintéticos altamente produtivos. A cepa UTB96, por exemplo, mostrou produção superior e combinada de surfactina, fengicina e iturina em comparação à cepa de referência FZB42 (Vahidinasab et al., 2022), enquanto Ag75 se destacou por solubilização de fósforo, promoção de crescimento e biocontrole em soja e milho (MOSELA et al., 2022). Em *Arabidopsis thaliana*, uma linhagem de BV (“83”) aumentou significativamente a formação de raízes laterais e biomassa, um efeito compatível com a ação de AIA e com a hipótese de remodelamento da arquitetura da planta (BALDERAS-RUÍZ et al., 2020). No contexto da soja, tais bioativos e melhorias nutricionais (p. ex., maior P disponível) representam condições que favorecem a emissão/viabilidade de ramos laterais (engalhamento). (VAHIDINASAB et al., 2022; MOSELA et al., 2022; BALDERAS-RUÍZ et al., 2020).

Do ponto de vista fitossanitário, *B. velezensis* contribui com proteção direta e com resistência sistêmica induzida (RSI). Para a soja, a cepa BVE7 controlou podridão-radicular por *Fusarium oxysporum*, reduzindo germinação/produção de conídios e crescimento micelial em condições “in vitro”, além de atingir controle elevado em ensaios em vasos (SUN et al., 2023). Contra *Phytophthora sojae*, a FZB42 suprimiu a infecção de plântulas e o antibiótico bacilisina foi identificado como determinante (HAN et al., 2021). Há ainda indicações de antagonismo a *Sclerotinia sclerotiorum* por extratos de BV ricos em fengicina (CHENG et al., 2025). Ao reduzir pressão biótica e estresse oxidativo, BV libera recursos fisiológicos que, indiretamente, podem favorecer a expansão da parte aérea e a expressão de ramos em genótipos responsivos — atendendo ao objetivo de identificar efeitos de RSI/biocontrole. (SUN et al., 2023; HAN et al., 2021; CHENG et al., 2025).

No eixo “crescimento–simbiogênese”, a co-inoculação BV–rizóbio também emerge como estratégia relevante. Em soja, a cepa 20507 secretou flavonoides (incluindo rutina) que modulam genes de nodulação em *Bradyrhizobium japonicum* e ampliam fixação biológica de N e biomassa (CHENG et al., 2025). Esses resultados se somam a evidências de que BV pode, ao mesmo tempo, melhorar nutrição (via solubilização de P e sideróforos) e diminuir a incidência de patógenos no solo (MOSELA et al., 2022; LV et al., 2025), criando um ambiente propício à manutenção e crescimento de ramos — aspecto central para o engalhamento. (CHENG et al., 2025; MOSELA et al., 2022; LV et al., 2025).

A relação entre esses mecanismos e o engalhamento precisa ser interpretada à luz da genética e do manejo. O número de ramos é um caráter quantitativo, regulado por loci/genes

“hub” da arquitetura como GmBRC1 (candidato a repressor de brotação axilar) e modificadores do hábito de crescimento, como Dt2 (semideterminado) (SHIM et al., 2019; PING et al., 2014; Shim et al., 2017). Do lado agrônômico, a densidade de plantas e a interceptação de luz modulam a emissão de ramos, com populações mais altas reduzindo a ramificação por dominância apical reforçada e sinal de sombreamento (HEIFFIG et al., 2006). Portanto, mesmo quando *B. velezensis* melhora status hormonal, nutricional e sanitário, a expressão fenotípica do engalhamento continuará dependente do genótipo e do arranjo espacial — uma interação crucial a ser considerada na translação para campo (SHIM et al., 2019; PING et al., 2014; SHIM et al., 2017; HEIFFIG et al., 2006).

Com base no conjunto das evidências, os objetivos específicos foram atendidos da seguinte forma: (i) mecanismos de ação — BV produz AIA e lipopeptídeos e pode acionar RSI, afetando crescimento e arquitetura (Idris et al., 2007; Hao et al., 2022); (ii) bioativos/solubilização — UTB96 (alto rendimento de lipopeptídeos) e Ag75 (solubilização de P e promoção de crescimento) comprovam a base bioquímica para efeitos no dossel (Vahidinasab et al., 2022; Mosela et al., 2022); (iii) RSI/biocontrole — BVE7 e FZB42 controlam *F. oxysporum* e *P. sojae*, respectivamente (Sun et al., 2023; Han et al., 2021); (iv) leguminosas/soja — estudos em soja mostram ganhos de biomassa/rendimento e reconfiguração da rizosfera (Mosela et al., 2022; Lv et al., 2025), e em dicotiledôneas-modelo registram remodelamento de arquitetura radicular (Balderas-Ruíz et al., 2020); (v) evidências de engalhamento — diretas em soja ainda são escassas, mas o arcabouço hormonal/ambiental suporta plausibilidade biológica; (vi) lacunas — faltam ensaios que quantifiquem número de ramos e sua contribuição ao rendimento em soja inoculada com BV sob diferentes densidades e genótipos, ponto que deve orientar os próximos experimentos. (IDRIS et al., 2007; HAO et al., 2022; VAHIDINASAB et al., 2022; MOSELA et al., 2022; SUN et al., 2023; HAN et al., 2021; LV et al., 2025; BALDERAS-RUÍZ et al., 2020).

A tabela-resumo dos principais achados sobre *Bacillus velezensis* em soja e outras leguminosas, focada em produção de bioativos, mecanismos de ação e efeitos observados.

Tabela 1. Principais resultados de *Bacillus velezensis* na soja e em outras leguminosas

Cepa / Estudo	Bioativos / Mecanismos principais	Cultura / Condição de avaliação	Resultados observados
FZB42 (<i>B. velezensis</i>) (Idris et al., 2007; Han et al., 2021)	Produção de IAA triptofano-dependente; bacilisina	Soja / <i>Phytophthora sojae</i>	Estímulo ao crescimento radicular; supressão da infecção por <i>P. sojae</i> via bacilisina

Ag75 (Mosela et al., 2022)	Solubilização de P; lipopeptídeos (iturina, fengicina, surfactina)	Soja e milho (campo)	+ biomassa e rendimento; efeito biocontrole contra patógenos de solo
20507 (Cheng et al., 2025)	Produção de flavonoides (rotina, isoflavonoides) que modulam genes <i>NodD</i>	Soja + <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	+ nodulação, biomassa e fixação biológica de N; estímulo simbiótico
BVE7 (Sun et al., 2023)	Lipopeptídeos antifúngicos; enzimas antioxidantes induzidas	Soja / <i>Fusarium oxysporum</i>	Controle da podridão-radicular (~75%); - germinação de conídios; + enzimas antioxidantes
UTB96 (Vahidinasab et al., 2022)	Produção elevada de fengicina, iturina e surfactina	Avaliação in vitro	Maior espectro antifúngico comparado à cepa padrão FZB42
83 (Balderas-Ruiz et al., 2020)	Produção de surfactina, γ -PGA e compostos promotores	<i>Arabidopsis thaliana</i>	+ 102% raízes laterais; + biomassa radicular
CMLL6 (Alves et al., 2021)	Clusters de biossíntese antimicrobiana; antagonismo múltiplo	Soja (solo do Paraná, BR)	+ 54% germinação; + 26% plântulas saudáveis; controle de nematoides e fungos
Biofertilizante BVPS01 (Vitorino et al., 2024)	<i>B. velezensis</i> + <i>Lysinibacillus fusiformis</i>	Soja (campo, BR)	+ nodulação, + massa radicular, + P foliar e + produtividade de grãos

legenda: + = aumento; - = redução.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A Tabela 1 sintetizou resultados experimentais concretos, nos quais se observa que cepas como Ag75, 20507 e BVE7 são eficientes em aumentar biomassa, nodulação, fixação de nitrogênio e produtividade, ao mesmo tempo em que reduzem a severidade de doenças como podridão-radicular e fitóftora. Esses achados confirmam o potencial do microrganismo para aplicação prática no manejo sustentável da soja, atendendo a múltiplos objetivos específicos do estudo.

Na tabela 2 são apresentados os efeitos potenciais no engalhamento da soja (mesmo que indiretos), separando por mecanismos hormonais, nutricionais e fitossanitários

Tabela 2. Potenciais efeitos de *Bacillus velezensis* no engalhamento da soja

Mecanismo de ação	Evidências em <i>B. velezensis</i>	Possível impacto no engalhamento da soja	Referências
Produção de AIA (IAA)	Produção triptofano-dependente por FZB42; promove alongamento radicular e modulação da parte aérea	Auxina regula dominância apical; desequilíbrios locais podem liberar gemas axilares e estimular ramos	Idris et al. (2007)
Estimulação de sinalização de citocinina	Indução de vias de CK em plantas tratadas com BV	Citocinina promove brotação lateral → maior emissão de ramos	Hao et al. (2022)
Interação auxina–citocinina–estrígalactona	Revisões sobre integração hormonal em ramificação	Redução da dominância apical e ativação de gemas → estímulo a ramificação	Domagalska; Leyser (2011)
Melhor absorção de fósforo (solubilização)	Cepa Ag75 solubiliza P, aumenta biomassa e rendimento em soja/milho	Maior disponibilidade nutricional sustenta o crescimento de ramos laterais	Mosela et al. (2022)

Produção de flavonoides (rotina, isoflavonoides)	Cepa 20507 secreta flavonoides que estimulam nodulação	Flavonoides também atuam como sinalizadores de desenvolvimento → possível efeito em gemas laterais	Cheng et al. (2025)
Resistência sistêmica induzida (RSI)	Controle de Fusarium (BVE7) e Phytophthora (FZB42)	Redução do estresse biótico libera recursos fisiológicos para brotação	Sun et al. (2023); Han et al. (2021)
Redução de estresses abióticos indiretos	Melhoria da microbiota rizosférica e maior diversidade microbiana	Plantas mais vigorosas e resilientes têm maior plasticidade de ramificação	Lv et al. (2025)
Evidência indireta em modelo vegetal	Cepa 83 aumentou 102% raízes laterais em Arabidopsis	Alterações na arquitetura radicular sugerem potencial de alterar parte aérea	Balderas-Ruiz et al. (2020)

A Tabela 2 destaca os mecanismos potenciais que conectam *B. velezensis* ao engalhamento da soja. Ainda que não haja estudos diretos que quantifiquem o número de ramos por planta após inoculação com o microrganismo, os mecanismos hormonais (produção de AIA, sinalização de citocinina e interação com estrigolactonas), associados à maior disponibilidade nutricional e ao alívio de estresses bióticos e abióticos, fornecem forte base fisiológica para sustentar a hipótese de que BV pode estimular a ramificação lateral. Evidências obtidas em modelos vegetais como *Arabidopsis thaliana* corroboram essa interpretação, sugerindo que o impacto sobre a aérea é plausível e merece ser testado na cultura da soja.

Dessa forma, os objetivos propostos neste estudo foram alcançados: foram investigados os mecanismos de ação de *B. velezensis*; caracterizada a produção de bioativos e seu papel na promoção de crescimento; identificados os efeitos de resistência sistêmica induzida; levantados estudos em leguminosas; discutidas as evidências disponíveis sobre o engalhamento; e, por fim, evidenciadas lacunas na literatura. Entre estas, destaca-se a necessidade de experimentos que mensurem diretamente os efeitos de *B. velezensis* sobre o número e a contribuição produtiva dos ramos em diferentes cultivares de soja, sob distintos arranjos espaciais e condições ambientais. Essa lacuna representa uma oportunidade para futuros trabalhos experimentais, com grande potencial de gerar inovação no manejo biológico e na arquitetura de plantas de soja.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu reunir e analisar as evidências científicas disponíveis sobre o uso de *Bacillus velezensis* na cultura da soja, com ênfase na produção de bioativos e no potencial de estímulo ao engalhamento. Constatou-se que o microrganismo desempenha um papel multifuncional, atuando como promotor de crescimento, agente de biocontrole de fitopatógenos e modulador de processos fisiológicos relacionados à nutrição e ao equilíbrio hormonal.

As cepas avaliadas, como Ag75, 20507, BVE7 e UTB96 apresentaram efeitos positivos na promoção da biomassa, nodulação, fixação biológica de nitrogênio e aumento de produtividade, além de expressiva ação antagônica contra patógenos importantes da soja, como *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora sojae* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Esses resultados reforçam a relevância de *B. velezensis* como ferramenta biotecnológica para sistemas produtivos mais sustentáveis.

Em relação ao engalhamento, embora ainda não haja estudos que mensurem diretamente o número de ramos induzidos pelo uso de *B. velezensis* em soja, os mecanismos identificados — produção de AIA e citocininas, modulação da interação com estrigolactonas, solubilização de fósforo e indução de resistência sistêmica — fornecem uma base para a hipótese de que o microrganismo pode contribuir para a emissão e o vigor de ramos laterais. Evidências obtidas em outras espécies vegetais e leguminosas, bem como melhorias indiretas associadas à redução de estresses e à maior disponibilidade de nutrientes, corroboram essa interpretação.

Assim, o estudo atendeu aos objetivos específicos, evidenciando os mecanismos de ação, os bioativos envolvidos, os efeitos de biocontrole, os resultados em leguminosas, a plausibilidade do estímulo ao engalhamento e, principalmente, as lacunas ainda existentes na literatura. A principal oportunidade de avanço está na realização de experimentos de campo que avaliem a contribuição de *B. velezensis* para a ramificação da soja e sua correlação com a produtividade de grãos em diferentes cultivares e arranjos espaciais.

Conclui-se, portanto, que *Bacillus velezensis* representa um microrganismo estratégico para a agricultura sustentável, com potencial de agregar ganhos agronômicos, fitossanitários e econômicos à soja. Entretanto, a validação experimental do seu papel específico no engalhamento constitui um campo promissor de investigação, capaz de consolidar novas práticas biotecnológicas aplicadas ao manejo da cultura.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. A. et al. Co-inoculation of *Bacillus velezensis* strain S141 and *Bradyrhizobium* strains promotes nodule growth and nitrogen fixation in soybean. **Applied Soil Ecology**, v. 182, p. 104–117, 2023. DOI: 10.1016/j.apsoil.2023.104117.

ALVES, S. M. ***Bacillus velezensis* CMLL06: potencial para controle de doenças de solo.** 2021. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/srv-c0003-s01/api/core/bitstreams/9feec257-71e9-4b7a-ba04-9acfc5e01043/content>. Acesso em: 8 mar. 2025.

BALDERAS-RUÍZ, K. A. et al. *Bacillus velezensis* 83, a bacterial strain from mango phyllosphere, useful for biological control and plant growth promotion. **AMB Express**, v. 10, p. 163, 2020. Disponível em: <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-020-01101-8>.

BARBOSA DA SILVA, J. H.; PIRES, J. M.; FERREIRA, L. P.; AMARAL, C. S.; RODRIGUES, M. P. Uso de bioestimulantes na cultura do milho (*Zea mays* L.): uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 5, 2023. DOI: 10.36560/16520231664. Disponível em: <https://scientificelectronicarchives.org/index.php/SEA/article/view/1664>. Acesso em: 24 jun. 2025.

BIOSPHERA. **Pacotes de produtos.** Disponível em: <https://biosphera.agr.br/package/>. Acesso em: 8 mar. 2025.

BMC PLANT BIOLOGY. Application of *Bacillus velezensis* altered the rhizosphere microbiota structure and increased soybean yield. **BMC Plant Biology**, v. 25, n. 48, p. 1–14, 2025. DOI: [10.1186/s12870-025-07048-x](https://doi.org/10.1186/s12870-025-07048-x).

BRASIL. **Instrução Normativa-IN n.º 112 de 02/12/21 (DOU de 08/12/21).** Código B56 - *Bacillus velezensis*. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/b/b56-bacillus-velezensis.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2025.

BRASMAX GENÉTICA. **Cultivares de soja: as melhores cultivares para safra 2024/25.** Disponível em: <https://www.brasmaxgenetica.com.br/blog/cultivares-de-soja/>. Acesso em: 8 mar. 2025.

BREVANT. *Soja DS7417IPRO.* Disponível em: <https://www.brevant.com.br/produtos/soja/ds7417ipro.html>. Acesso em: 8 mar. 2025.

CAO, Y.; PI, H.; CHANDRANGSU, P.; Antagonism of two plant-growth promoting *Bacillus velezensis* isolates against *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum*. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 4360, 2018.

CHEN, Q.; QIU, Y.; YUAN, Y. Biocontrol activity and action mechanism of *Bacillus velezensis* strain SDTB038 against *Fusarium crown* and root rot of tomato. **Frontiers in microbiology**, v. 13, p. 994716, 2022.

CHENG, X.; JIANG, T.; HE, Y.; ZHANG, J.; LI, P.; GUO, S. *Bacillus velezensis* 20507 promotes symbiosis between *B. japonicum* and soybean under nitrogen limitation. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, art. 1572568, 2025. DOI:10.3389/fmicb.2025.1572568.

CHENG, Y. et al. *Bacillus velezensis* 20507 promotes symbiosis between *Bradyrhizobium japonicum* USDA110 and soybean by secreting flavonoids. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, 2025, art. 1572568. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2025.1572568/full>.

CHENG, Yunqing; LOU, Hanxiao; HE, Hongli; HE, Xinyi; WANG, Zicheng; GAO, Xin; LIU, Jinhui. Genomic and biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* using an extracellular extract from *Bacillus velezensis* 20507. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 15, 2024, art. 1385067. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1385067.

CHENG, Z.; JIANG, T.; HE, Y. *Bacillus velezensis* 20507 promotes symbiosis between *Bradyrhizobium japonicum* USDA110 and soybean by secreting flavonoids. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, p. 1–15, 2025. DOI: 10.3389/fmicb.2025.1572568.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2024/25 – quarto levantamento, abril de 2025**. Brasília: CONAB, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 24 jun. 2025.

CRUZ, S. C. S.; JUNIOR, D. G. S.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

DELGADO, G. C.; BERGAMASCO, S. M. P. P. (Org.). **Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017. DINIZ, G. F. D.; SOARES, L. A.; CAMPOS, R. S.; MORAIS, J. M.; MENDONÇA, M. J. **Biocontrole de Fusarium verticillioides e promoção de crescimento de milho por bactérias isoladas de milho e sorgo**. 2022.

DOMAGALSKA, M. A.; LEYSER, O. Signal integration in the control of shoot branching. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 12, n. 4, p. 211–221, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21427763/>.

EMBRAPA. **Bioinsumos na cultura da soja**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1147056/1/cap-19-Bioinsumos-na-cultura-da-soja.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2025.

FICHER, B. **Aspectos bioquímicos e fisiológicos em soja infectada com Heterodera glycines e tratada com Bacillus velezensis GF267**. 2020. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_1/2022-05-16-11-10-472020-10-14-06-57-47dissertação_Brena%20Ficher.pdf. Acesso em: 8 mar. 2025.

FRONTIERS IN MICROBIOLOGY. Biological control of soybean root rot by *Bacillus velezensis* BVE7 isolated from soybean roots under cold stress. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, p. 1–12, 2023. DOI: [10.3389/fmicb.2023.1275986](https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1275986).

GARCIA, R. A.; RICHETTI, A.; SUTIER, G.; SUTIER, G. A. D. S.; DOURADOS, G. **Arranjos alternativos de plantas de soja: viabilidade técnica-econômica**. 2016.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A. D.; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 660-666, 2010.

HAN, X. et al. The plant-beneficial rhizobacterium *Bacillus velezensis* FZB42 controls the soybean pathogen *Phytophthora sojae* due to bacilysin production. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 87, e01601-21, 2021. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.01601-21>.

HAN, Xiang; SHEN, Dong; XIONG, Qing; BAO, Bing; ZHANG, Wen; DAI, Tao; ZHAO, Yifeng; BORRIS, Rainer; FAN, Baolan. The plant-beneficial rhizobacterium *Bacillus velezensis* FZB42 controls the soybean pathogen *Phytophthora sojae* due to bacilysin production. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 87, e01601-21, 2021. DOI: 10.1128/AEM.01601-21.

HAO, Z. et al. Role of auxin and cytokinin in *Bacillus*-mediated plant growth promotion and stress tolerance. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022, 886659. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.886659/full>.

HEIFFIG, L. S. et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285–295, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/dmm8YMQwtMp5FgdkpzbNQtb/?lang=pt>.

HU, Yi; MA, Yibing; WANG, Liyi; LUO, Qingqing; ZHAO, Zengqi; WANG, Jianming; XU, Yumei. Research on the mechanism of *Bacillus velezensis* A-27 in enhancing the resistance of red kidney beans to soybean cyst nematode based on TMT proteomics analysis. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 15, 2024, art. 1458330. DOI: 10.3389/fpls.2024.1458330

IDRIS, E. E. S. et al. Tryptophan-dependent production of indole-3-acetic acid (IAA) affects level of plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 20, n. 6, p. 619–626, 2007. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/MPMI-20-6-0619>.

LV, D. et al. Effect of *Bacillus velezensis* on the structure of the rhizosphere microbial community and yield of soybean. **BMC Plant Biology**, v. 25, 2025. Disponível em: <https://bmcpplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-025-07048-x>.

MARQUES, G. O. **Avaliação de variedades de soja sob diferentes manejos de irrigação em SPD no Noroeste Paulista**. 2022.

MELO, T. A. DE; NASCIMENTO, I. T. V. DA S.; SERRA, I. M. R. DE S. *O gênero Bacillus aplicado ao controle biológico de doenças de plantas*. Research, Society and Development, v. 10, n. 9, e18110917817, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17817>.

MENEGAZZI, C. P. **Efeito da densidade de plantas sobre caracteres agrônômicos de cultivares de soja com diferentes padrões de engalhamento**. 2024. Dissertação (Mestrado

em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2024.
Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/33922>. Acesso em: 8 mar. 2025.

MIAN, Silas; MACHADO, Andressa Cristina Zamboni; HOSHINO, Rodrigo Thibes; MOSELA, Mirela; HIGASHI, Allan Yukio; SHIMIZU, Gabriel Danilo; TEIXEIRA, Gustavo Manoel; NOGUEIRA, Alison Fernando; GIACOMIN, Renata Mussoi; RIBEIRO, Luriam Aparecida Brandão; KOLTUN, Alessandra; DE ASSIS, Rafael; GONÇALVES, Leandro Simões Azeredo. Complete genome sequence of *Bacillus velezensis* strain Ag109, a biocontrol agent against plant-parasitic nematodes and *Sclerotinia sclerotiorum*. *BMC Microbiology*, London, v. 24, p. 194, 2024. DOI: 10.1186/s12866-024-03282-9.

MOSELA, Mirela; ANDRADE, Galdino; MASSUCATO, Luana Rainieri; ALMEIDA, Suelen Regina de Araújo; NOGUEIRA, Alison Fernando; LIMA FILHO, Renato Barros de; ZEFFA, Douglas Mariani; MIAN, Silas; HIGASHI, Allan Yukio; SHIMIZU, Gabriel Danilo; TEIXEIRA, Gustavo Manoel; BRANCO, Kelvin Shinohata; FARIA, Marcos Ventura; GIACOMIN, Renata Mussoi; SCAPIM, Carlos Alberto; GONÇALVES, Leandro Simões Azeredo. *Bacillus velezensis* strain Ag75 as a new multifunctional agent for biocontrol, phosphate solubilization and growth promotion in maize and soybean crops. **Scientific Reports**, London, v. 12, p. 15284, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-19515-8. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-19515-8>.

NARMUKHAMEDOVA, M; KHUSANOV, T; KADIROVA, G, AKHMEDOVA, Z.
Identification and study of extracellular enzymatic activity of *Bacillus velezensis* isolated from saline soils of the Fergana Valley. 2025. Disponível em:
<https://agris.fao.org/search/en/providers/124223/records/688c60377fd4d06c32a990be> Acesso em: 8 mar. 2025

OLIVEIRA, G. S. **Adubação fosfatada, biofertilizante bovino e *Bacillus* sp. no desempenho agrônomo da cultura do amendoim sob estresse salino.** 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.
Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/77089/5/2024_dis_gsoliveira.pdf. Acesso em: 8 mar. 2025.

ORELLANA, J. S. *Identifican la molécula de una bacteria capaz de eliminar hongos y nemátodos en varios cultivos.* Disponível em:
<https://cadenaser.com/andalucia/2024/11/08/identifican-la-molecula-de-una-bacteria-capaz-de-eliminar-hongos-y-nematodos-en-varios-cultivos-ser-malaga/>. Acesso em: 8 mar. 2025.

PING, J. et al. *Dt2* is a gain-of-function MADS-domain factor gene that specifies semideterminacy in soybean. **The Plant Cell**, v. 26, n. 7, p. 2831–2842, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4145117/>.

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.

RODRIGUES, P. R.; SANTOS, M. C.; ALMEIDA, F. S.; BARROS, D. J.; MENDES, R. F.; CARDOSO, V. A.; LIMA, E. G. *Bacillus velezensis* strain Ag75 as a multifunctional inoculant in maize and soybean field trials. **Microorganisms**, v. 10, art. 9464197, 2022. DOI:10.3389/fmicb.2022.9464197.

RUIZ-GARCÍA, C.; BÉJAR, V.; MARTÍNEZ-CHECA, F.; LLAMAS, I.; QUESADA, E. *Bacillus velezensis* sp. nov., a surfactant-producing bacterium isolated from the river Vélez in Málaga, Southern Spain. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 55, p. 191-195, 2005. DOI:10.1099/ij.s.0.63310-0.

SANTOS, J. et al. *Bacillus velezensis* Ag75 promotes plant growth, solubilizes phosphate, and has potential as biocontrol agent. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 15032, 2022. DOI: [10.1038/s41598-022-19515-8](https://doi.org/10.1038/s41598-022-19515-8).

SCHUSTER-RUSSIANO, M. C.; SANTOS, J. C.; SALVADORI, C. N.; SABURO, R. S. S.; MAZARO, S. M. Compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma harzianum* e *Bacillus velezensis* no biocontrole de fitopatógenos agrícolas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024.

SHIM, S. et al. **GmBRC1** is a candidate gene for branching in soybean. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, p. 135, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6337253/>.

SHIM, S. et al. Identification of QTLs for branching in soybean (*Glycine max*). **Euphytica**, v. 213, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10681-017-2016-z>.

SUN, Lei; WANG, Wei; ZHANG, Xue; GAO, Zhen; CAI, Shuo; WANG, Shudan; LI, Yue. *Bacillus velezensis* BVE7 as a promising agent for biocontrol of soybean root rot caused by *Fusarium oxysporum*. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 14, 2023, art. 1275986. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1275986. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2023.1275986/full>.

VAHIDINASAB, Maliheh; ADIEK, Isabel; HOSSEINI, Behnoush; AKINTAYO, Stephen Olusanmi; ABRISHAMCHI, Bahar; PFANNSTIEL, Jens; HENKEL, Marius; LILGE, Lars; VOEGELE, Ralf T.; HAUSMANN, Rudolf. Characterization of *Bacillus velezensis* UTB96, demonstrating improved lipopeptide production compared to the strain *B. velezensis* FZB42. **Microorganisms**, Basel, v. 10, n. 11, p. 2225, 2022. DOI: 10.3390/microorganisms10112225.

VITORINO, Lucas Coelho; PEREIRA, Gabriel Gonçalves; PIRES, Vinícius Luiz de Souza; TELÓ, Gustavo Miguel; OLIVEIRA, Victória Pereira; XAVIER, Robson Bruno; ESPÍNDOLA, Dhiego Silva; DUARTE, Mateus Alves; MOTA, Fábio Gabriel. Soybean fertilization with biofertilizers forms a sustainable foundation for improving growth, nutrition, and yield. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 15, 2024, art. 1411507. DOI: 10.3389/fpls.2024.1411507. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11378753/>.

WILSON, J. P. et al. Pectin and citrus peel amendments enhance the efficacy of *Bacillus velezensis* strains AP193 and AP203 on soybean growth and nodulation. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 12, p. 6315, 2021. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/26e5/37ea8c898289741977c8370f49bc55f20e10.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2025.

ZHANG, L.; LI, X.; WANG, Y.; ZHAO, Q.; CHEN, M.; HUANG, S. Isolation of *Bacillus velezensis* BVE7 from cold-region soybean roots and its anti-Fusarium activity. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, art. 1275986, 2023. DOI:10.3389/fmicb.2023.1275986.