

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MARIA GABRIELA DE OLIVEIRA LELIS

**MICROORGANISMOS BIOESTIMULANTES DE ALIMENTO LARVAL DE
ABELHAS SEM FERRÃO NA CULTURA DA SOJA**

UBERLÂNDIA - MG

2024

MARIA GABRIELA DE OLIVEIRA LELIS

**MICROORGANISMOS BIOESTIMULANTES DE ALIMENTO LARVAL DE
ABELHAS SEM FERRÃO NA CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Nilvanira Donizete Tebaldi

UBERLÂNDIA - MG

2024

MARIA GABRIELA DE OLIVEIRA LELIS

**MICROORGANISMOS BIOESTIMULANTES DE ALIMENTO LARVAL DE
ABELHAS SEM FERRÃO NA CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 18/03/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Nilvanira Donizete Tebaldi
Orientadora

Me. Guilherme Nunes Moreira Costa
Avaliador

Dr. Adílio de Sá Junior
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, que não
pouparam esforços para que eu pudesse
concluir meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por ter me dado a oportunidade de estudar agronomia na Universidade Federal de Uberlândia, curso o qual sempre tive admiração e que esteve presente em toda minha jornada.

Aos meus pais, Joaquim Antônio Alves Lelis e Marcia de Oliveira que sempre me apoiaram nos estudos e que mesmo longe se fizeram presentes em cada desafio e conquista.

A minha gratidão aos meus amigos pelo companheirismo e por tornarem essa trajetória mais leve.

Obrigada à Universidade Federal de Uberlândia que me deu acesso a uma educação gratuita e de muita qualidade. Bem como a todos os professores que contribuíram para a minha formação acadêmica

RESUMO

A modernização agrícola impulsionou a produtividade e o uso de bioestimulantes, pode garantir uma produção eficiente de grãos com menor impacto ambiental e econômico. Diante disso, objetivou-se avaliar o potencial bioestimulante dos microrganismos MQ16 e MS09, pertencentes ao gênero *Pseudomonas* e *Staphylococcus*, respectivamente, presentes no alimento larval de abelhas sem ferrão, na cultura da soja. O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 10 repetições. Cada parcela consistia em um vaso de 3 dm³ com substrato na proporção 1:1 (argila/areia) e uma planta de soja. O efeito bioestimulante foi avaliado comparando os caracteres agrônômicos da soja em 4 tratamentos. Tratamento 1: planta sem microrganismo; tratamento 2: plantas inoculadas com MQ16; tratamento 3: plantas inoculadas com MS09 e tratamento 4: plantas com Nemat®. Foram aplicados 10 mL de meio de MQ16 e MS09 crescidos por 48 horas, no sulco de plantio e foi usada a dose comercial de Nemat®. A avaliação incluiu características agrônômicas no estágio R₈, como altura de planta, número de nós totais, número de nós produtivos, número total de vagens, número de grãos, diâmetro do caule, massa fresca e seca da parte aérea e massa de raiz. Para avaliar o potencial bioestimulante das bactérias, foi conduzida análise de variância pelo teste F e comparação das médias pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As bactérias MQ16 e MS09 demonstraram efeito bioestimulante, aumentando o número total de grãos por planta e melhorando a produção de grãos. Embora a MQ16 não tenha influenciado a massa fresca e seca, apresentou a maior média para o número de vagens com três grãos (NV3G) e significância para o número de grãos por vagem (NTG). O MS09 exibiu um efeito positivo no desenvolvimento e na produção final da soja.

Palavras-chave: bactérias promotoras de crescimento; *Glycine max*; produção.

ABSTRACT

The agricultural modernization has boosted productivity, and the use of biostimulants is important to ensure efficient grain production with lesser environmental and economic impact. Consequently, the aim was to evaluate the presence of the biostimulant effect of the MQ16 and MS09 microorganisms, belonging to the *Pseudomonas* and *Staphylococcus* genera, respectively, found in the larval food of stingless bees, in soybean culture. The study was conducted in a completely randomized design with 4 treatments and 10 repetitions. Each plot consisted of a 3 dm³ pot with substrate in a 1:1 ratio (clay/sand) and one soybean plant. The biostimulant effect was assessed by comparing agronomic traits of soybeans in 4 treatments. Treatment 1: plants without microorganisms; treatment 2: plants inoculated with MQ16; treatment 3: plants inoculated with MS09; and treatment 4: plants treated with Nemat®. Ten mL of MQ16 and MS09 medium grown for 48 hours were applied in the planting furrow, and the commercial dose of Nemat® was used. The evaluation included agronomic characteristics at the R₈ stage, such as plant height, total node number, productive node number, total pod number, grain number, stem diameter, fresh and dry shoot mass, and root mass. To assess the bio-stimulating potential of the bacteria, analysis of variance by F-test and mean comparison by the Scott-Knott test ($p < 0,05$) were conducted. Both MQ16 and MS09 demonstrated a bio-stimulating effect, increasing the total grain number per plant and improving productivity. Although MQ16 did not influence fresh and dry mass, it showed the highest average for the number of pods with three grains (NV3G) and significance for the number of grains per pod (NTG). MS09 exhibited a positive effect on soybean development and final production.

Keywords: growth-promoting bacteria; *Glycine max*; productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Médias provenientes de massa fresca em gramas (A) e massa seca em gramas (B) para 10 microrganismos testados da CoMisBee.....	17
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracteres agronômicos da cultura da soja pela ação de bioestimulantes. Uberlândia – MG Dezembro 2023.....	19
Tabela 2 – Número e vagens e número de grãos de plantas de soja com diferentes bioestimulantes. Uberlândia – MG Dezembro 2023.....	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APM	Altura de Planta na Maturidade
APV	Altura da Primeira Vagem
BPCP	Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas
DC	Diâmetro de Caule
MFA	Massa Fresca da Parte Aérea
MSA	Massa Seca da Parte Aérea
NNP	Número de Nós Produtivos
NNT	Número de Nós Totais
NTG	Número Total de Grãos
NV0G	Número de Vagens com 0 Grão
NV1G	Número de Vagens com 1 Grão
NV2G	Número de Vagens com 2 Grãos
NV3G	Número de Vagens com 3 Grãos
NV4G	Número de Vagens com 4 Grãos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivo específico.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1	Obtenção dos microrganismos.....	14
3.2	Triagem de microrganismos com potencial bioestimulante.....	14
3.3	Validação do potencial bioestimulante.....	14
3.4	Análise estatística.....	16
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	17
4.1	Triagem de microrganismos com potencial bioestimulante.....	17
4.2	Validação do efeito bioestimulante dos isolados MQ16 e MS09.....	17
5	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	22
	ANEXO A – Análise de variâncias de dados vegetativos e agronômicos	25
	ANEXO B – Análise de variância de grãos	26

1 INTRODUÇÃO

Estimativas recentes indicam que até 2050, a população global chegará a 10 bilhões de pessoas, o que implicará em um aumento considerável na produção mundial de alimentos (Fukase & Martin, 2020). Diante da crescente demanda por alimentos, a modernização e intensificação da agricultura têm contribuído para avanços notáveis na produtividade. Contudo, práticas imprudentes podem afetar negativamente o equilíbrio entre solo, planta e atmosfera, resultando em consequências perceptíveis atualmente (Mason *et al.*, 2023). Nesse contexto, é importante o estudo de alternativas para produzir alimentos de forma eficaz, com menor custo econômico e impacto ambiental.

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill], é uma das espécies produtoras de grãos mais cultivadas no Brasil e no mundo, configurando como um dos principais elementos do setor agrícola que desempenha um papel proeminente na economia do país, ocupando uma posição de destaque nas atividades de exportação nacional. A área plantada na safra 2023/24 foi 45,08 milhões de hectares com uma produtividade média estimada de 3314 kg ha⁻¹ totalizando uma produção nacional de 149,4 milhões de toneladas (CONAB, 2024). Na indústria, a soja é reconhecida como uma fonte rica em vitaminas, minerais e proteínas, além de ser utilizada na produção de óleos e ração animal (Swarnalakshmi *et al.*, 2020). O emprego de bioestimulantes na agricultura da soja tem ganhado destaque como uma alternativa que permite aumentar a produtividade dos grãos de forma sustentável, minimizando os impactos ambientais e reduzindo os custos de produção (Moretti *et al.*, 2020).

O bioestimulante refere-se a qualquer agente, substância ou combinação de compostos naturais ou microrganismos que aprimoram os processos adaptativos das plantas sem causar efeitos colaterais (du Jardin, 2015). Este termo engloba enzimas, proteínas, aminoácidos, fenóis, ácidos húmicos e fúlvicos, entre outras substâncias (Chiaiese *et al.*, 2018). Além disso, os bioestimulantes podem conter microrganismos, como fungos e bactérias, que modificam a composição da comunidade na rizosfera de forma benéfica (Battacharyya *et al.*, 2015; Woo *et al.*, 2022).

O uso de bactérias de diferentes gêneros na cultura da soja tem demonstrado ser uma estratégia promissora para melhorar diversos aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas. Khan *et al.* (2020) destacaram que a aplicação da bactéria *Bacillus cereus* resultou na redução dos efeitos negativos do estresse térmico, além de promover um aumento no crescimento da planta e no conteúdo de clorofila. Por sua vez, Kang *et al.* (2019), observaram que a bactéria *Bacillus tequilensis* (SSB07) contribuiu para o incremento da biomassa e para o

desenvolvimento foliar na soja. Esses estudos ressaltam a importância do uso dessas bactérias na promoção do crescimento e na melhoria da resistência das plantas de soja a condições adversas.

Além disso, Igiehon e Babalola (2021) enfatizaram que o uso de fungos micorrízicos e de *Rhizobium* sp. está associado a benefícios como o aumento do número de vagens de soja, do peso fresco da semente e do número de sementes por vagem. Esses resultados destacam a diversidade de microrganismos benéficos que podem ser utilizados para promover um melhor desempenho da cultura da soja representando uma abordagem eficaz para maximizar o potencial produtivo da cultura, reduzir os efeitos adversos do estresse ambiental e promover uma agricultura mais sustentável.

Existe uma diversidade de microrganismos encontrados no alimento larval de abelhas sem ferrão, que desempenham um papel fundamental na saúde e vitalidade desses insetos (Dillon, 2004; Hamdi *et al.*, 2011; Vásquez *et al.*, 2012). Nas colônias de abelhas sem ferrão foram encontradas bactérias, leveduras e fungos filamentosos, os quais estão envolvidos na fermentação do néctar, maturação do pólen e na produção de moléculas antimicrobianas e nutritivas para as abelhas. Santos (2022) avaliou o microbioma presente no alimento larval de abelhas sem ferrão com potencial biotecnológico e constatou a presença de bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Enterococcus*, *Lysinibacillus*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Proteus*, *Providencia*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Serratia*, *Staphylococcus* e *Vagococcus*.

É importante ressaltar que o gênero *Pseudomonas* tem a capacidade de solubilizar o fosfato, liberando enzimas e ácidos orgânicos, o que permite que o fósforo adsorvido seja disponibilizado para as plantas (Garrido-Sanz *et al.*, 2016; Klein, 2021). As bactérias desse gênero são capazes de produzir sideróforos, substâncias que promovem a liberação de moléculas que se ligam ao ferro na rizosfera, atraindo o elemento para as proximidades das raízes e facilitando sua absorção pelas plantas. Além disso, disponibilizam fitormônios como a citocinina que auxilia no processo de divisão celular, contribuindo no desenvolvimento e crescimento das plantas (Goswami *et al.*, 2016).

Suman *et al.* (2020) investigou o potencial de cepas de *Staphylococcus aureus* na degradação de resíduos agrícolas e na biorremediação de solos contaminados por agroquímicos.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do efeito bioestimulante das bactérias pertencentes ao gênero *Pseudomonas* e *Staphylococcus* presente no alimento larval de abelhas sem ferrão, na cultura da soja.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a capacidade bioestimulante de microrganismos presentes no alimento larval de abelhas sem ferrão, na cultura da soja.

2.2 Objetivo específico

Avaliar o potencial bioestimulante dos microrganismos MQ16 e MS09 pertencentes ao gênero *Pseudomonas* e *Staphylococcus* respectivamente, na cultura da soja.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção dos microrganismos

Neste trabalho, os fungos e bactérias utilizados foram provenientes da coleção de microrganismos isolados do alimento larval de abelhas sem ferrão (CoMisBee), do Laboratório de Genética da Universidade Federal de Uberlândia (Santos *et al.*, 2022). As bactérias foram reativadas em ágar BHI e incubadas a 37 °C por 24 horas. Uma alíquota foi transferida para 50 mL de meio Luria Bertani (LB) e incubada a 37 °C ±1 por 48 horas, sob agitação de 200 rpm. Para obter o sobrenadante, o meio foi centrifugado a 10.000 g por 4 minutos para sedimentar as células bacterianas, e o sobrenadante foi separado do precipitado e filtrado com porosidade de 22 µm. Os fungos foram reativados em meio BDA e incubados a 30 °C por 120 horas. Após a formação do tapete de esporos, foram lavados com 1 mL de solução salina a 0,9% e coletados.

3.2 Triagem de microrganismos com potencial bioestimulante

Para avaliar o efeito bioestimulante, foram examinados 10 isolados da CoMisBee. Para cada tratamento, foram preparados cinco vasos de 1,5 L contendo uma mistura de substrato areia/argila na proporção de 2:1, em casa de vegetação. Em cada vaso, foram aplicados 10 mL de meio contendo as bactérias cultivadas por 48 horas, ou 10 mL de uma suspensão contendo 3×10^7 esporos de fungos, no sulco de plantio no momento da semeadura da cultivar de soja Brasmax Desafio RR (8473 RSF). Como controle negativo, foram preparados vasos apenas com as sementes de soja, enquanto como controle positivo, foram preparados vasos com o produto comercial Nemat® (Ballagro). Após 60 dias da inoculação, foram medidas a massa fresca e a massa seca da parte aérea da planta. Os isolados que apresentaram potencial bioestimulante, MQ16 e MS09 foram selecionados para os ensaios seguintes.

3.3 Validação do potencial bioestimulante

A validação foi conduzida na casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no campus Umuarama, no município de Uberlândia (MG) que possui uma temperatura média anual de 23 °C e altitude de 863 metros acima do nível do mar.

O experimento foi iniciado em setembro de 2023, a cultivar de soja Brasmax Desafio RR (8473 RSF) foi semeada em delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 10 repetições. Cada parcela foi composta por um vaso de polietileno preto de três dm³, preenchido com substrato na proporção 1:1 (argila/ areia), contendo uma planta. Foram semeadas duas sementes por vaso sem qualquer adubação de semeadura. Após o estágio V₁ (Fehr & Caviness, 1977), foi realizado desbaste das plantas, mantendo uma planta por vaso.

O efeito bioestimulante foi avaliado comparando os caracteres agrônômicos da soja em quatro tratamentos. Tratamento um: planta sem microrganismo; tratamento dois: plantas com MQ16; tratamento três: plantas com MS09 e tratamento quatro: plantas com Nemat®. Foram aplicados 10 mL de meio de MQ16 e MS09 crescidos por 48 horas, no tratamento dois e três respectivamente no sulco de plantio no momento da semeadura da cultivar de soja Brasmax Desafio RR (8473 RSF) e foi usada a dose comercial de 0,1kg .100 kg⁻¹ semente de Nemat® no tratamento quatro.

Foram realizadas duas irrigações por dia e não foi feito nenhum controle de fitopatógenos e pragas, além disso, não foi realizada nenhuma adubação de manutenção na soja para que não houvesse qualquer interferência no potencial bioestimulante das bactérias nos tratamentos.

No estágio fenológico R₈ (Fehr & Caviness, 1977) foram avaliados os caracteres, altura de planta na maturidade (APM), mensurando a distância do colo da planta até o meristema apical da haste principal; altura da primeira vagem (APV), mensurado a distância entre o colo da planta até a inserção da primeira vagem na planta; número de nós totais na maturidade (NNT): contagem manual do número total de nós na haste principal; número de nós produtivos (NNP): contagem manual do número de nós com vagens; número total de vagens (NTV): contagem manual do total de vagens por planta e o número de sementes por vagem (NTG): contagem do número de grãos por plantas. Foi realizada a contagem manual do número de vagens com 0,1,2,3 e 4 grãos (NV0G, NV1G, NV2G, NV3G, NV4G).

Além disso foi medido o diâmetro do caule (DC): mensurado com paquímetro; massa fresca da parte aérea (MFA): a parte aérea da planta foi removida e pesada; massa de raiz (MR): a raiz foi removida, separada do solo e lavada para ser pesada; massa seca da parte aérea (MSA):

a parte aérea passou pela estufa de circulação forçada de ar a 60°C até massa constante das amostras e posteriormente pesadas.

3.4 Análise estatística

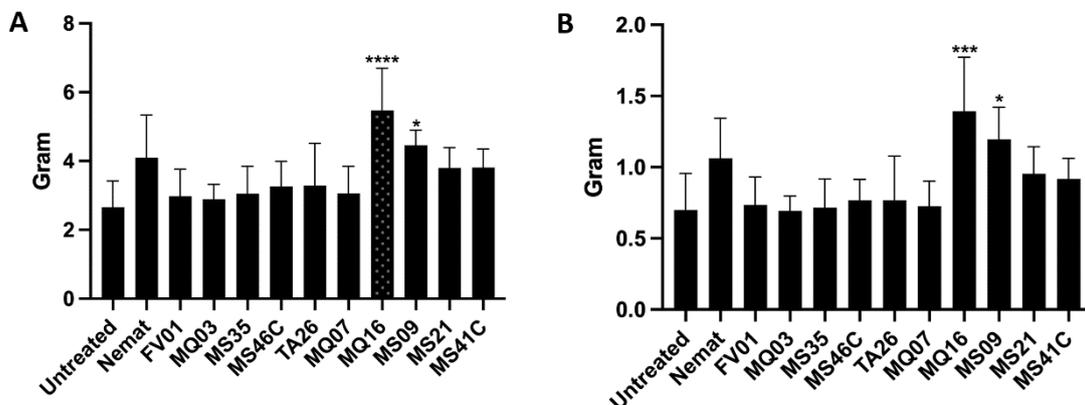
A partir dos dados coletados, foi realizada a análise de variância para a triagem dos microrganismos com efeito bioestimulante no Graphpad Prism pelo teste Scott-Knott a 5% de significância e a estimativa do efeito bioestimulante na cultura da soja das bactérias MQ16 e MS09, através do *software* estatístico SISVAR (Ferreira, 2011), os quais foram submetidos para análise de variância pelo teste F de Snedecor e comparação das médias pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Triagem de microrganismos com potencial bioestimulante

A avaliação do potencial bioestimulante de 10 microrganismos testados da CoMisBee demonstrou que as bactérias MQ16 (*Pseudomonas*) e MS09 (*Staphylococcus*) exibem provável efeito bioestimulante, uma vez que foram capazes de aumentar a massa fresca (Gráfico 1A) e massa seca (Gráfico 1B) das plantas de soja. Portanto, esses isolados foram selecionados para os ensaios seguintes. Segundo Malavolta (1997), a formação da parte aérea da cultura possui um papel crucial no rendimento de grãos.

Gráfico 1 – Médias provenientes de massa fresca em gramas (A) e massa seca em gramas (B) para 10 microrganismos testados da CoMisBee.



*Médias diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Massa fresca – CV: 23,96%; massa seca – CV: 26%

4.2 Validação do efeito bioestimulante dos isolados MQ16 e MS09

Na análise de variância dos caracteres agrônômicos (tabela 1), os tratamentos não apresentaram diferença para altura da planta na maturidade, altura da primeira vagem, número de nós produtivos, número de nós totais, diâmetro de caule, massa fresca da parte aérea e massa fresca da raiz. O único caráter que apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste Scott-Knott foi a massa seca da parte aérea (MSA), o que sugere que os tratamentos com o isolado

MS09 e Nemat® tiveram um efeito positivo no desenvolvimento da parte aérea. Nesse contexto, estudos apontam a relação entre o desenvolvimento da parte aérea e a produção de biomassa, o que influencia diretamente o rendimento de grãos da soja (Specht *et al.*, 1999).

Tabela 1 – Caracteres agrônômicos da cultura da soja pela ação de bioestimulantes. Uberlândia – MG Dezembro 2023*

Tratamentos	APM	APV	NNP	NNT	DC	MFA	MR	MSA
Testemunha	76,44a	19,44a	11,33a	15,11a	5,51a	51,35a	40,04a	15,97b
MQ16	68,10a	16,90a	12,50a	16,00a	5,62a	51,28a	39,91a	15,62b
MS09	76,70a	18,10a	12,30a	16,00a	5,56a	57,07a	40,76a	17,73a
Nemat®	71,95a	18,80a	12,00a	17,00a	5,63a	54,95a	45,63a	19,75a

*Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Abreviaturas: APM: altura da planta na maturidade (cm planta⁻¹); APV: altura da primeira vagem (cm planta⁻¹); NNP número de nós produtivos (nós planta⁻¹); NNT: número de nós totais (nós planta⁻¹); DC: Diâmetro de caule (mm planta⁻¹); MFA: massa fresca da parte aérea (g planta⁻¹); MR: massa fresca da raiz (g planta⁻¹); MSA: massa seca da parte aérea (g planta⁻¹).

Com base no screening desenvolvido inicialmente (Gráfico 1), o microrganismo MQ16 aumentou a massa fresca e seca nas plantas de soja, no entanto, não houve reprodutibilidade do resultado. Na validação do potencial bioestimulante, o microrganismo MS09 diferiu estatisticamente da testemunha e da bactéria MQ16 e apresentou um aumento na massa seca da parte aérea corroborando o resultado obtido no screening inicial. Da mesma forma, Camaal-Chan (2023), indicou em seu estudo que a bactéria do gênero *Staphylococcus*, teve efeito positivo na produção de massa seca de raízes e para massa fresca em *Capsicum annuum* devido ao aumento da tolerância das plantas a estresses abióticos, como salinidade, seca e metais pesados.

Em relação ao número de vagens e o número de grãos (Tabela 2) houve diferença significativa entre os tratamentos. Isso inclui o número de vagens com 0, 1, 2 e 3 grãos (NV0G, NV1G, NV2G, NV3G), além do número total de vagens (NTV) e o número total de grãos (NTG). Esses resultados indicam que o tratamento com o microrganismo MQ16 e MS09 tiveram uma diferença significativa na produção e desenvolvimento dos grãos das plantas.

Tabela 2 – Número e vagens e número de grãos de plantas de soja com diferentes bioestimulantes. Uberlândia – MG Dezembro 2023*.

Tratamentos	NV0G	NV1G	NV2G	NV3G	NV4G	NTV	NTG
Testemunha	10,70a	4,20a	15,40a	11,50b	0,14a	41,94a	68,20b
MQ16	12,88a	3,20b	11,90b	15,20a	0,20a	43,38a	73,40a
MS09	0,60b	2,10b	14,40a	14,70a	0,51a	32,31b	74,50a
Nemat®	0,50b	3,20b	11,20b	12,80b	0,30a	28,00b	65,20b

*Médias com letras minúsculas distintas nas colunas diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Abreviaturas: NV0G: número de vagens com 0 grãos (grãos vagem⁻¹); NV1G: número de vagens com 1 grão (grãos vagem⁻¹); NV2G: número de vagens com 2 grãos (grãos vagem⁻¹); NV3G: número de vagens com 3 grãos (grãos vagem⁻¹); NV4G: número de vagens com 4 grãos (grãos vagem⁻¹); NTV: número total de vagens (vagem planta⁻¹); NTG: número total de grãos (grãos planta⁻¹).

Em relação ao número de vagens com 0 grãos (NV0G) (Tabela 2), a testemunha e MQ16 diferiram significativamente dos tratamentos MS09 e Nemat®. Assim, os tratamentos constituídos pelo microrganismo MS09 e Nemat® tiveram um aspecto positivo, pois reduziram de forma significativa a quantidade de vagens com 0 grãos. Na cultura da soja, é comum que haja uma produção abundante de flores, no entanto, um alto número delas, assim como de vagens jovens, é naturalmente abortado. Além disso, a diminuição do processo de abortamento pode levar a um incremento, tanto no número de vagens quanto no número de sementes, o que, por sua vez, pode resultar em um aumento na produção de grãos (Nonokawa *et al.*, 2012).

Em relação ao número total de grãos (NTG) os microrganismos MQ16 e MS09 apresentaram as maiores médias. Vale ressaltar que López-Hernández *et al.* (2022), apontou que bactérias do gênero *Pseudomonas* têm impacto positivo no crescimento e desenvolvimento das plantas. E apesar do uso de *Staphylococcus* na agricultura ser pouco discutido, Glick *et al.* (2007), demonstrou que cepas selecionadas de *Staphylococcus* foram capazes de produzir substâncias promotoras de crescimento em plantas de trigo. Esses fatores influenciam positivamente na produtividade e, conseqüentemente, no número de grãos produzidos.

As espécies de bactérias pertencentes aos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Azospirillum* são as principais bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), pois estimulam a produção de diferentes enzimas que favorecem o desenvolvimento das plantas (Graças *et al.* 2015; Backer *et al.*, 2018; Ribeiro *et al.*, 2020). Apesar do microrganismo MQ16 (*Pseudomonas*) não ter apresentado um efeito significativo no aumento de massas fresca e seca,

foi observado o maior valor médio (15,20) no número de vagens com 3 grãos (NV3G) e um valor significativo (73,40) no número total de grãos por planta (NTG). Dessa forma, é necessário realizar o sequenciamento do genoma dos microrganismos para identificar as espécies das bactérias e contrastar com dados da literatura.

Vale ressaltar que as BPCPs podem ser empregadas em diversas aplicações, como tratamento de sementes, explantes e mudas produzidas em laboratório, incorporação ao substrato de plantio, tratamento de estacas, tubérculos e raízes, aplicação foliar e de frutos, assim como em procedimentos pós-colheita (Mariano *et al.*, 2004). Nesse contexto, seria pertinente investigar a melhor forma de aplicação desses microrganismos e determinar o estágio ideal de aplicação na cultura da soja. Além disso, é necessário avaliar as doses ideais, analisar o comportamento de diferentes microrganismos quando associados e seu desenvolvimento em condições de campo.

Os bioestimulantes fazem parte de uma estratégia eficaz para lidar com a alta demanda por produtos alternativos, baseando-se em sua bioatividade, efeitos tóxicos nulos em organismos não alvo e baixa persistência ecológica (Kocira *et al.*, 2020; Lau *et al.*, 2022; Paharvi *et al.*, 2021). Esses compostos podem ser usados como um complemento aos fertilizantes e produtos de proteção de plantas, com o potencial de reforçar o mecanismo de defesa da planta e aumentar a tolerância a desafios abióticos, tornando-os economicamente acessíveis para sustentar maiores rendimentos enquanto reduzem o impacto ecológico (Nephali *et al.*, 2020; Del Buono *et al.*, 2023).

Dessa forma, os microrganismos MQ16 e MS09 apresentam um promissor potencial bioestimulante. Os efeitos variam em diferentes aspectos do desenvolvimento vegetal, a bactéria MQ16 (*Pseudomonas*), demonstrou resultados menos consistentes em termos de aumento de massa fresca e seca, no entanto, sua capacidade de aumentar o número de vagens com 3 grãos e o número total de grãos por planta sugere um papel importante no desenvolvimento reprodutivo das plantas. Por outro lado, a bactéria MS09, associada ao gênero *Staphylococcus*, exibiu efeitos significativos na massa seca da raiz e na produção de grãos. Isso é consistente com pesquisas anteriores que destacaram o potencial das bactérias deste gênero em promover o crescimento das plantas, especialmente em condições de estresse abiótico.

5 CONCLUSÃO

A bactéria MS09 (*Staphylococcus*) expressou efeito positivo na produção de massa seca das plantas de soja e aumentou o número total de grãos, enquanto as bactérias MQ16 (*Pseudomonas*) contribuíram no número total de grãos na planta. Dessa forma, foi comprovado o efeito bioestimulante desses microrganismos na cultura da soja.

REFERÊNCIAS

- BACKER, R.; ROKEM, J.S.; ILANGUMARAN, G.; LAMONT, J.; PRASLICKOVA, D.; RICCI, E.; SUBRAMANIAN, S.; SMITH, D. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1-17, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- BATTACHARYYA, D. et al. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p 39-48, nov. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
- CAAMAL-CHAN M.G.; LOERA-MURO, A.; ROMERO, R.D.J.; SERRANO, R.S. Bacterial Strains from Saline Environment Modulate the Expression of Saline Stress-Responsive Genes in Pepper (*Capsicum annuum*). **Plants** v.12, n. 20, p.3576, 2024. <https://doi.org/10.3390/plants12203576>
- CHIAIESE, P. et al. Renewable sources of plant biostimulation: microalgae as a sustainable means to improve crop performance. **Frontiers in plant science**, v. 9, p.1–6, dez. 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01782>
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 5º levantamento da safra 2023/2024**. Brasília, DF: CONAB, 2024.
- DEL BUONO, D.; REGNI, L.; PROIETTI, P. Abiotic stresses, biostimulants and plant activity. **Agriculture**, v.13, p.191, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010191>
- DILLON, R. J.; DILLON, V. M. The gut bacteria of insects: nonpathogenic interactions. **Annual Reviews in Entomology**, v. 49, n. 1, p. 71-92, 2004. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123416>
- DU JARDIN, P. Plant Biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 3–14. 30 nov. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- FERREIRA, D. F. SisVar® (Software estatístico): Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.6. Lavras: DEX/UFLA, 2011
- FUKASE, E.; MARTIN, W. Economic growth, convergence, and world food demand and supply. **World Development**, v. 132, p. 104954, 1 ago. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104954>
- GARRIDO-SANZ, D. et al. Genomic and Genetic Diversity within the *Pseudomonas fluorescens* Complex. **Plos One**, v. 11, n. 2, p. e0150183, 25 fev. 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153733>
- GLICK B.R., CHENG Z., CZARNY J., DUAN J. Promotion of plant growth by ACC deaminase-containing soil bacteria. **Eur. J. Plant Pathol.** v.119 p.329–339, 2007. <https://doi.org/10.1080/07352680701572966>
- GOSWAMI, D.; THAKKLER, J. N.; DHANDHUKIA, P. C. Full article: Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. **Cogent Food & Agriculture**. v.2. 2016. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1127500>
- GRAÇAS, J. P. et al. Microrganismos estimulantes na agricultura. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Série produtor rural. v.59 p.61, 2015.

- GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; KLEIN, D. K. Promoção de crescimento e solubilização de fosfato na cultura da soja: coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Pseudomonas fluorescens*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e366101120078–e366101120078, 3 set. 2021. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n46-012>
- HAMDI, C. et al. Gut microbiome dysbiosis and honeybee health. **Journal of Applied Entomology**, v. 135, n. 7, p. 524-533, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01609.x>
- IGIEHON, O, N.; BABALOLA, O. O. Rhizobium and mycorrhizal fungal species improved soybean yield under drought stress conditions. **Current Microbiology** v. 78, p.1615-1627. 2021. <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02432-w>
- KANG, Sang-Mo, et al. Integrated phytohormone production by the plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus tequilensis* SSB07 induced thermotolerance in soybean. **Journal of Plant Interactions**, v. 14, p. 416-423. 2019. <https://doi.org/10.1080/17429145.2019.1640294>
- KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. Abelha uruçú. *Biologia, Manejo e Conservação, Coleção Manejo da Vida Silvestre*, n. 2, 1996.
- KHAN, M.A. et al. Extending thermotolerance to tomato seedlings by inoculation with SA1 isolate of *Bacillus cereus* and comparison with exogenous humic acid application. **PLoS One** v. 15. 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232228>
- KOCIRA, S., et al. Effect of applying a biostimulant containing seaweed and amino acids on the content of fiber fractions in three soybean cultivars. **Legume Research-An International Journal**, v.42, p.341-347, 2019. <https://doi.org/10.18805/LR-412>
- LAU, S. E., et al. Microbiome engineering and plant biostimulants for sustainable crop improvement and mitigation of biotic and abiotic stresses. **Discover Food**, v.2, p.9, 2022. <https://doi.org/10.1007/s44187-022-00009-5>
- LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J. et al. Screening of phosphate solubilization identifies six *Pseudomonas* species with contrasting phytostimulation properties in *Arabidopsis* seedlings. **Microbial Ecology**, v. 86.1 p. 431-445, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00248-022-02080-y>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: **Associação Brasileira de Potássio e do Fósforo**, p. 319, 1997.
- MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, V. M. T. S. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v.1, p.89-111, 2004. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/70>. Acesso em: 15 jan. 2024.
- MASON, A. R. G. et al. Microbial solutions to soil carbon sequestration. **Journal of Cleaner Production**, v. 417, p. 137993, 3 jul. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137993>
- NEPHALI, L., et al. Biostimulants for plant growth and mitigation of abiotic stresses: A metabolomics perspective. **Metabolites**, v. 10, p. 505, 2020. <https://doi.org/10.3390/metabo10120505>
- NONOKAWA, K.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; KOKUBUN, M. Effect of Synthetic Cytokinin Application on Pod Setting of Individual Florets within Raceme in Soybean. **Plant Production Science**, v.15, n.2, p.79-81, 2012. <https://doi.org/10.1626/pps.15.79>

- OLIVEIRA, M. A. de; ZUCARELI, C.; SPOLAOR, L. T.; DOMINGUES, A. R.; FERREIRA, A. S. Desempenho agrônômico do milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1040-1046, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012001000002>
- PAHALVI, H. N., et al. Chemical fertilizers and their impact on soil health. **Microbiota and Biofertilizers**, v.2, p. 1-20, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4_1
- RIBEIRO, L. D. M. S., PORTO, L. S., ROCHA, A. F. S., & COSTA, R. R. G. F. Inoculação e coinoculação da soja com *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* e microrganismos eficazes. **Revista Mirante**, v.13, p.66-80, 2020. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.040201>
- SANTOS, Ana Carolina Costa. Microbioma do alimento larval de abelhas sem ferrão: diversidade e potencial biotecnológico. 2022. 80 f. **Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica)** - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Acesso em: 12 jan. 2024.
- SPECHT, J. E.; HUME, D. J.; KUMUDINI, S. V. Soybean yield potential: a genetic and physiological perspective. **Crop science**, v.39 p.1560-1570, 1999. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.3961560x>
- SWARNALAKSHMI, K. et al. Significance of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Grain Legumes: Growth Promotion and Crop Production. **Plants**, v. 9, n. 11, p. 1596, nov. 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9111596>
- VÁSQUEZ, Alejandra et al. Symbionts as major modulators of insect health: lactic acid bacteria and honeybees. **PloS one**, v. 7, n. 3, p. e33188, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033188>
- WOO, S. et al. Trichoderma: a multipurpose, plantbeneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. **Nature Reviews Microbiology**. v. 21, p. 312-326, 22 nov. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00819-5>

ANEXO A – Análise de variâncias de dados vegetativos e agronômicos

Anexo 1 – Quadro de análise de variâncias de dados vegetativos e agronômicos proveniente de quatro tratamentos aplicado no sulco de plantio. Uberlândia – MG Dezembro 2023.

QM									
	GL	APM	APV	NNP	NNT	DC	MFA	MFR	MSA
Trat	3	167,69 ^{ns}	11,86 ^{ns}	2,60 ^{ns}	5,95 ^{ns}	0,03 ^{ns}	80,92 ^{ns}	139,69 ^{ns}	35,93*
erro	36	125,23	13,60	2,79	5,24	0,63	37,79	63,31	9,48
CV (%)		15,27	20,14	13,89	14,29	14,24	11,45	17,42	17,84

* significativo a 5% pelo teste F de Snedecor, ^{ns}: Não significativo. Abreviaturas: APM: altura da planta na maturidade (cm planta⁻¹); APV: altura da primeira vagem (cm planta⁻¹); NNP número de nós produtivos (nós planta⁻¹); NNT: número de nós totais (nós planta⁻¹); DC: Diâmetro de caule (mm planta⁻¹); MFA: massa fresca da parte aérea (g planta⁻¹); MR: massa fresca da raiz (g planta⁻¹); MSA: massa seca da parte aérea (g planta⁻¹).

ANEXO B – Análise de variância de grãos

Anexo 2 – Quadro de análise de variâncias de grãos proveniente de quatro tratamentos aplicado no sulco de plantio. Uberlândia – MG Dezembro 2023.

		QM						
	GL	NV0G	NV1G	NV2G	NV3G	NV4G	NTV	NTG
Trat	3	429,46*	7,35*	39,89*	29,36*	0,26 ^{ns}	556,01*	192,22*
Erro	36	12,38	1,26	10,92	3,43*	0,27	23,99	67,22
CV (%)		57,02	35,49	30,39	13,69	180,95	13,45	11,66

*significativo a 5% pelo teste F de Snedecor, ^{ns}:Não significativo. Abreviaturas: NV0G: número de vagens com 0 grãos (grãos vagem⁻¹); NV1G: número de vagens com 1 grão (grãos vagem⁻¹); NV2G: número de vagens com 2 grãos (grãos vagem⁻¹); NV3G: número de vagens com 3 grãos (grãos vagem⁻¹); NV4G: número de vagens com 4 grãos (grãos vagem⁻¹); NTV: número total de vagens (vagem planta⁻¹); NTG: número total de grãos (grãos planta⁻¹).