



AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM DIFERENTES TIPOS DE MICRORGANISMOS

EVALUATION OF SOYBEAN SEED GERMINATION TREATED WITH DIFFERENT TYPES OF MICROORGANISMS

Otávio Rathsam Granha¹
Nelson Delu Filho²

RESUMO

O Brasil é o maior produtor de soja do mundo, contudo, mostra-se a importância de estudos para otimizar os custos de produção e o aumento da produtividade. Sendo assim, esta pesquisa objetivou avaliar o desenvolvimento inicial das sementes de soja, testando diferentes tipos de microrganismos. A pesquisa foi realizada em abril de 2024 no município de Varginha – MG, utilizando sementes de soja da cultivar BRS 232. Os tratamentos avaliados foram (*Bacillus megaterium*, *Bacillus aryabhattai*, *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis* e testemunha). O delineamento experimental foi DIC em ambiente controlado em estufa BOD a 25°C com 12 horas de luz e 12 horas de escuro, foram depositadas 10 sementes de soja em cada placa petri, foram 5 tratamentos e 4 repetições. O período do experimento foi de 15 dias corridos e as avaliações ocorreram diariamente. Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) a 5% de probabilidade pelo SISVAR. Para a Taxa de Germinação (G%) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG), os microrganismos *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhattai* obtiveram os melhores resultados. Para a Velocidade Média de Germinação (VMG) e Tempo Médio de Germinação (TMG), os microrganismos *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhattai* obtiveram os melhores resultados.

Palavras-chave: Biológico; Leguminosa; Bactérias.

¹ Bacharelado em Agronomia, Centro Universitário do Sul de Minas.
otaviorgranha@gmail.com

² Doutor, Centro Universitário do Sul de Minas. nelson.delu@unis.edu.br

ABSTRACT

*Brazil is the largest soybean producer in the world, however, the importance of studies to optimize production costs and increase productivity is shown. Thus, this research aimed to evaluate the initial development of soybean seeds by testing different types of microorganisms. The research was carried out in April 2024 in the municipality of Varginha – MG, using soybean seeds of the BRS 232 cultivar. The treatments evaluated were (*Bacillus megaterium*, *Bacillus aryabhattai*, *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis*). The experimental design was DIC in a controlled environment in a BOD greenhouse at 25°C with 12 hours of light and 12 hours dark, 10 soybean seeds were deposited in each petri dish, with 5 treatments and 4 replications. The experiment period was 15 calendar days and evaluations took place daily. The results were submitted to analysis of variance (F test) at 5% probability by SISVAR. For the Germination Rate (G%) and Germination Speed Index (IVG), the microorganisms *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus megaterium* and *Bacillus aryabhattai* obtained the best results. For the Average Germination Speed (MVG) and Average Germination Time (SMR), the microorganisms *Bacillus megaterium* and *Bacillus aryabhattai* obtained the best results.*

Keywords: Biological; Legume; Bacterium

1 INTRODUÇÃO

Produto agrícola predominante no Brasil, a soja, *Glycine max*, alcançou uma nova marca de produção em 2023, de acordo com o último Relatório de Levantamento da Produção Agrícola de janeiro, divulgado recentemente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A produção de grãos oleaginosos em 2023 registrou um aumento de 23,4% em relação a 2022, chegando a uma safra de 147,5 milhões de toneladas (IBGE, 2023).

O tratamento de sementes é uma etapa importante no processo de plantio e tem sido uma prática significativa para garantir o controle de organismos fitopatogênicos associados às sementes ou à presença no solo, assegurando o pronto estabelecimento de plântulas. Essa intervenção torna-se ainda mais relevante quando as condições edafoclimáticas durante a semeadura não são propícias para a germinação e o desenvolvimento das plântulas, resultando em um período prolongado de exposição a ataques de patógenos (Balardin et al., 2011).

O tratamento químico tem sido predominante para a utilização em sementes (Esker, Conley, 2012; Balardin et al., 2011; Kartikay et al., 2015), entretanto, se conduzida de maneira inadequada, pode resultar na diminuição da taxa de germinação e diminuição da vitalidade da semente (Sivparsad et al., 2014). Além disso, é

importante destacar que, dependendo da quantidade e do produto químico empregado, problemas de fitotoxicidade também podem surgir (Abati et al., 2014; Carvalho et al., 2020; Forti et al., 2020), comprometendo o desenvolvimento inicial da plântula e afetando o estabelecimento inicial no campo de produção.

A utilização de microrganismos nas sementes tem despertado considerável interesse aos cultivadores devido aos seus méritos e ao seu baixo impacto ambiental, além de poder ser empregada para uma variedade de propósitos, como fixação de nitrogênio (Tamagno et al., 2018), estímulo ao crescimento (Tall; Meyling, 2018) e manejo de patógenos e pragas (Rossman; Byrne; Chil Vers, 2018).

Além disso, o tratamento de sementes com produtos biológicos revela-se uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade do material genético e a capacidade de germinação, diminuindo a quantidade de agentes patogênicos presentes nas sementes e oferecendo uma proteção adicional às plântulas (Goulart et al., 2017).

Portanto, avaliar os tratamentos de sementes com produtos à base de microrganismos no manejo de sementes torna-se uma boa ferramenta, porque reforça um importante tripé: a produção, o controle de doenças e a resistência.

Objetivou-se no presente trabalho avaliar a germinação *in vitro* de sementes de soja sob diferentes tipos de microrganismos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de soja no Brasil

Com aproximadamente 100 milhões de hectares disponíveis para expansão, a cultura da soja está em ascensão nos países que compõem o Mercosul, ou seja, Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Ademais, grandes corporações multinacionais estão cada vez mais presentes em diversos setores, como a comercialização e o processamento da soja. Elas expandem suas operações para incluir a produção de sementes e o fornecimento de financiamento para a produção desse grão (IBGE, 2023).

Os produtos primários da soja são representados pelos grãos, farelos e óleo de soja, que atendem as demandas das indústrias alimentícia, farmacêutica e química. Além disso, a soja é utilizada na produção de outros itens, tais como, farinha, sabão,

produtos da área de cosméticos, resinas, solventes, tintas, contraceptivos, alimentos para animais e, atualmente, como uma alternativa viável para a produção de biocombustíveis (Goulart et al., 2017).

Devido ao crescimento da procura, sobretudo em nível internacional, o cultivo de soja iniciou uma expansão mais substancial no Brasil durante a segunda metade da década de 1970. Inicialmente, seu cultivo foi estabelecido no estado do Rio Grande do Sul, sendo adotado como uma alternativa de rotação com a cultura do trigo. Posteriormente, depois de se consolidar nesse estado, sua expansão avançou em direção norte, abrangendo os estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, de acordo com informações de (Mueller et al., 2002).

A partir da década de 80, a produção de soja começou a se expandir para a região do cerrado. Essa expansão foi impulsionada por iniciativas de desenvolvimento promovidas pelo governo do estado de Minas Gerais. Nesse período, a soja já havia alcançado as áreas de cerrado no Triângulo Mineiro e no oeste do estado. Ainda de maneira limitada, a cultura também havia se estendido para as regiões de cerrado no centro e norte de Mato Grosso do Sul, assim como no sudeste de Mato Grosso conforme descrito por Mueller (et al., 2002).

Nos anos de 2003 e 2004, o Brasil consolidou sua posição como o principal exportador global de soja, contribuindo com aproximadamente 8% das exportações totais do país. Os estados do Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul se destacaram como os principais produtores de soja do Brasil. De acordo com os dados disponíveis, o estado de Mato Grosso registrou uma área de cultivo de soja de cerca de 6,1 milhões de hectares, tornando-se, assim, o maior produtor do país e superando o estado do Paraná (IBGE, 2023).

O setor de produção de sementes de soja é dividido entre desenvolvedores de tecnologia de sementes e empresas autorizadas a produzir sementes mediante pagamento de royalties aos obtentores de tecnologia. No mercado de sementes de soja, em geral, os obtentores de tecnologia desenvolvem sementes com modificações genéticas. No entanto, também produzem sementes, e as empresas autorizadas lançam variedades próprias a partir de seu banco de germoplasma, pagando royalties quando utilizam métodos tecnológicos de modificação genética dos obtentores de tecnologia. No Brasil, estima-se que cerca de 93% das sementes de soja cultivadas sejam

geneticamente modificadas (Medina; Ribeiro; Brasil, 2016).

2.2 Tratamento de sementes de soja com microrganismos

Recentemente, alguns tratamentos com microrganismos têm sido estudados (Coninck et al., 2020; Macena et al., 2020) com o objetivo de promover uma agricultura produtiva e reduzir os efeitos adversos sobre os trabalhadores e o ecossistema, já que, de acordo com Schutte et al. (2017), algumas evidências científicas apontam que o aumento no uso de pesticidas na agricultura é um dos principais fatores que contribui para a diminuição da diversidade biológica. O excessivo uso de agentes químicos para proteção das culturas expõe os seres vivos a essas substâncias, o que pode afetar negativamente a riqueza biológica do solo, além disso, a gestão e eliminação inadequadas desses produtos podem resultar na poluição ambiental. Portanto, a abordagem baseada em organismos vivos pode representar uma alternativa eficaz para abordar tais questões (Zin et al., 2020).

2.2.1 *Azospirillum brasiliense*

Microrganismos diazotróficos são agentes biológicos que executam a fixação biológica do nitrogênio (FBN), fazendo ocorrer a transformação enzimática do nitrogênio gasoso em amônia destes microrganismos, também geram substâncias que estimulam o crescimento de plantas (Bergamaschi et al., 2007). Devido a habilidade destes microrganismos de colonizar as raízes das plantas ou o ambiente circundante, gerando benefícios para o crescimento e/ou desenvolvimento das plantas, eles também são conhecidos como bactérias promotoras de crescimento de plantas (Kloepper ; Shrotch, 1978).

Dentro do grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas que são encontradas em associação com cereais e gramíneas de interesse agrícola, as espécies pertencentes ao gênero *Azospirillum* têm sido as mais amplamente citadas e pesquisadas em estudos científicos (Reis Junior et al., 2008). Quando essas bactérias estão presentes nas plantas em concentrações adequadas, elas estimulam a densidade e o comprimento dos pelos radiculares, bem como a taxa de formação de raízes laterais e a extensão da superfície radicular (Didonet et al., 1996). Esse aumento na área de superfície das raízes amplia a capacidade de absorção e a utilização de

nutrientes minerais e água, resultando em um desenvolvimento mais robusto das plantas e, conseqüentemente, em maior produtividade nas culturas (Baldani et al., 1997).

No manejo de culturas agrícolas, a aplicação de práticas de cultivo, como adubação, controle de pragas e doenças, entre outras, desempenha um papel fundamental no estabelecimento e crescimento das plantas. Entre as técnicas de manejo que impactam a taxa de germinação e a vitalidade das plântulas, a inoculação com microrganismos benéficos, como *Azospirillum brasilense*, tem se mostrado uma alternativa viável. Isso se deve ao seu baixo custo e ao benefício para a preservação do meio ambiente, fatores cruciais para a promoção de sistemas agrícolas sustentáveis (Schlindwein et al., 2008).

O tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas é uma técnica amplamente empregada no manejo de culturas agrícolas. Isso ocorre porque, além de controlar patógenos significativos transmitidos pelas sementes e o ataque de insetos, essa abordagem se revela eficaz na garantia de populações adequadas de plantas durante o processo de semeadura, mesmo em condições adversas (Embrapa Soja, 2001). No entanto, é importante destacar que a extensa utilização de pesticidas na agricultura pode ter impactos adversos sobre a microbiota do solo.

2.2.2 *Bacillus aryabhattai*

Essas bactérias, quando colonizam o sistema de raízes das plantas sob condições de estresse hídrico, produzem certas substâncias que fornecem hidratação às raízes. A exploração para compreender o potencial dessas bactérias (encontradas em plantas que crescem em climas semiáridos), ainda representa um desafio quando se avalia os seus desenvolvimentos em condições de escassez de água. Portanto, a situação relacionada à disponibilidade de água requer uma atenção especial. Esse método procura obter resultados que possam ser aplicados posteriormente em culturas de café (Embrapa, 2019).

Bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus aryabhattai*, mitigam os efeitos do estresse hídrico, além de proporcionar uma maior promoção do crescimento de espécies vegetais (Embrapa, 2017). Pesquisas indicam que essas rizobactérias têm um impacto significativo em vários mecanismos de resistência ao estresse, os quais, em

conjunto, resultam na melhoria dos processos das células para enfrentarem o estresse.

Um desses mecanismos é a produção de solutos compatíveis, que são pequenas substâncias orgânicas que auxiliam durante condições ambientais adversas, como betaína, e formação de películas biológicas (Embrapa, 2017). Essas películas biológicas são desenvolvidas pelas rizobactérias e consistem em aglomerados multicelulares que aderem à superfície das raízes por meio da produção de substâncias como glicanos, proteínas e DNA.

Essas bactérias, quando colonizam o sistema de raízes das plantas sob condições de estresse hídrico, produzem certas substâncias que fornecem hidratação às raízes. A exploração para compreender o potencial dessas bactérias, que são encontradas em plantas que crescem em climas semiáridos, ainda representa um desafio quando se o seu desenvolvimento em condições de escassez de água. Portanto, a situação relacionada a disponibilidade de água requer uma atenção especial. Este método procura obter resultados que possam ser aplicados posteriormente em culturas de café (Embrapa, 2019).

2.2.3 *Bacillus megaterium*

As bactérias pertencentes a espécie *Bacillus* têm a capacidade de mitigar os impactos do estresse hídrico, ao mesmo tempo em que promovem significativamente o crescimento de plantas (Embrapa, 2017). Pesquisas indicam que essas rizobactérias exercem uma influência marcante em diversos mecanismos relacionados a tolerância ao estresse, que, em conjunto, contribuem para a otimização dos processos de adaptação celular ao estresse.

Um desses mecanismos envolve a produção de osmólitos compatíveis, que consistem em pequenas moléculas orgânicas com a capacidade de auxiliar as plantas em situações de estresse ambiental, como a betaína, bem como a formação de biofilmes (Embrapa, 2017). Estes biofilmes são produzidos pelas rizobactérias e constituem agregados multicelulares que aderem à superfície das raízes por meio da secreção de substâncias, tais como polissacarídeos, proteínas e DNA.

Quando essas bactérias estabelecem uma colonização próxima ao sistema radicular das plantas que estão enfrentando condições de estresse hídrico, elas

secretam certas substâncias que contribuem para a hidratação das raízes. A investigação do potencial dessas bactérias (encontradas em plantas que prosperam em climas semiáridos) no contexto de seu desenvolvimento em resposta à escassez de água, permanece um desafio. Destacando-se a necessidade de uma abordagem especializada para as condições de disponibilidade hídrica. Esse método visa a obtenção de resultados que poderão ser aplicados no cultivo de plantas de café (Embrapa, 2019).

2.2.4 *Bacillus subtilis*

Os produtos derivados de *Bacillus subtilis* têm sido utilizados nos Estados Unidos desde 1983 para tratar sementes de amendoim e outras culturas, visando controlar vários fitopatógenos (Weller, 1988).

O êxito do *Bacillus subtilis* no manejo de patógenos relacionados às sementes foi apresentada por Merriman et al. (1974). Conforme Backman (1995), o isolado GB03 de *Bacillus subtilis* foi utilizado para tratar mais de 2 milhões de hectares de várias culturas em 1994. Este produto é comercializado tanto para proteção das raízes, quanto para estimular o crescimento das plantas. Devido as suas características, este isolado de *Bacillus subtilis* coloniza tanto plantas monocotiledôneas, quanto dicotiledôneas.

Backman (1995) estima que em 1995, mais de 80% do algodão cultivado nos EUA seria tratado com esse isolado. A resistência dos metabólitos produzidos por *Bacillus subtilis* ao calor permanecem ativos após esterilização do meio a 121oC/20 min. (Baker et al., 1983; Bettiol & Kimati, 1990; Lazzaretti, 1993) e a formação de esporos altamente resistentes ao calor (Buchanan & Gibbons, 1975; Norris et al., 1981) são características excelentes para o desenvolvimento comercial de formulações desta bactéria.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Laboratório Multiuso de Agronomia, na Cidade Universitária do Sul de Minas, em Varginha, Minas Gerais, Nas coordenadas geográficas 21°57'38" S (Latitude) e 45°48'00" W (Longitude). O experimento foi conduzido com sementes de soja da variedade BRS 232, que foram obtidas por meio

de doação provinda de uma propriedade rural na região do Sul de Minas.

O delineamento experimental utilizado foi DIC (Delineamento Inteiramente Casualizados), com 10 sementes por placa, 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Foram utilizadas vinte placas *Petri* com 10 sementes de soja em cada placa.

Foram utilizados quatro tipos de microrganismos diferentes nos tratamentos das sementes de soja, providas de doação da empresa Agroviva. São elas: *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus aryabhatai* e *Bacillus megaterium*, com dosagem de 1 ml/0,200 kg de sementes, representando 500 ml/100 kg de sementes, e a testemunha sem qualquer tipo de microrganismo. A concentração dos microrganismos é 1×10^9 /ml.

Os tratamentos das amostras foram realizados dentro de um saco plástico com 200 gramas de sementes para gerar uniformidade na distribuição dos microrganismos nas mesmas. As dosagens de cada microrganismo foram distribuídas por meio de uma seringa com capacidade de 1ml.

Em seguida, as sementes foram distribuídas com auxílio de pinças autoclavadas nas placas petri com papel filtro, ambos esterilizados e umedecidos com água destilada autoclavada. Conduziu-se o experimento na B.O.D por 15 dias com 12 horas de luz e 12 horas de escuro e os dados analisados foram avaliados após o final do experimento, no 15º dia. A característica utilizada para considerar a germinação da semente foi a protusão da radícula.

Após o preparo e as placas devidamente documentadas, elas foram colocadas em estufa B.O.D com temperatura controlada a 25°C. O número de plântulas normais foi avaliado diariamente seguindo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009). Em seguida, foram calculados a porcentagem de germinação (G), o tempo médio de germinação (TMG) e a velocidade média de germinação (VMG), além do índice de velocidade de germinação (IVG).

$$G (\%) = (N/A) \times 100$$

Onde: G: é a porcentagem de germinação; N: é o número de sementes germinadas; e A – é o número total de sementes colocadas para germinar.

$$TMG = (\sum nt .ti)/(\sum ntotal) * dias \qquad VMG = 1/t *(sementes/dias)$$

TMG refere-se ao tempo médio de germinação em dias; nt é o número de sementes germinadas num intervalo de tempo; ti é o intervalo de tempo; ntotal é o número total de sementes germinadas; VMG é a velocidade média da germinação.

$$IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$$

IVG = índice de velocidade de germinação; G = número de sementes germinadas; N = número de dias da sementeira.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o resultado pela ANOVA, foi observado a significância entre todas as variáveis submetidas aos diferentes tipos de microrganismos (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da ANOVA para a Taxa de Germinação (G,) Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Velocidade Média de Germinação (VMG) e Tempo Médio de Germinação (TMG). Varginha, 2024

FV	GL	Pr>Fc (G)	Pr>Fc (IVG)	Pr>Fc (VMG)	Pr>Fc (TMG)
Tratamentos	5	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*
Repetição	4	0,7316	0,5951	0,9751	0,8637
Total	19				
CV (%) =		5,25	21,83	4,14	3,30
Média geral:		62,50	1,37	0,20	4,97

*Significativo a 5% de probabilidade

O *Bacillus* sp. é uma das principais bactérias que desempenham um papel crucial no aumento do desenvolvimento das plantas. Essas bactérias benéficas têm um impacto positivo na germinação, no crescimento e na produtividade das plantas devido à sua capacidade de produzir hormônios vegetais, solubilizar fosfato, fixar nitrogênio biologicamente e inibir a ação de substâncias tóxicas produzidas por fungos por meio da antibiose (Kupper et al., 2003).

A aplicação de bactérias que promovem o crescimento das plantas é uma técnica promissora, como as bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum*. Essas bactérias desempenham um papel crucial na fixação biológica do nitrogênio, estimulam a produção de fitohormônios, como auxinas, e promovem a solubilização de fosfato inorgânico, além de auxiliarem no fortalecimento da resistência das plantas e doenças (Dobbelaere et al., 2007).

Para a taxa de germinação (Tabela 2), observou-se que os microrganismos *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhattai* foram os melhores produtos para a taxa de germinação, diferenciando estatisticamente da testemunha e *Bacillus subtilis*.

Tabela 2. Tratamento em sementes de soja com diferentes microrganismos para avaliar a taxa de germinação (G%) de cada microrganismo. Varginha – MG 2024.

Tratamentos	G%
1. Testemunha	37,50 b
2. <i>Bacillus subtilis</i>	40,00 b
3. <i>Azospirillum brasiliense</i>	70,00 a
4. <i>Bacillus megaterium</i>	80,00 a
5. <i>Bacillus aryabhattai</i>	85,00 a
CV (%)	16,26

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si na coluna, pelo teste tukey a 5% de probabilidade. ns – não significativo.

Os resultados obtidos na avaliação da taxa de germinação (G%) presentes na Tabela 2, indicam influência positiva na utilização dos microrganismos *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhattai* para o aumento na taxa de germinação das sementes de soja. O incremento na taxa de germinação, ajuda no aumento do stand da lavoura, evita perdas de sementes no processo de germinação e contribui com o aumento da produtividade.

O tratamento com *Bacillus aryabhattai* destacou-se por apresentar a maior taxa de germinação, com média de 85%, embora não tenha diferenciado estatisticamente dos tratamentos com *Bacillus megaterium* e *Azospirillum brasiliense*.

O resultado obtido pode estar relacionado a aplicação de bactérias que promovem a produção de hormônios vegetais que algumas espécies de *Bacillus* têm a capacidade de produzir, como auxinas, que estimulam no crescimento das raízes e dos brotos das plantas, podendo ajudar na germinação das sementes e no desenvolvimento inicial das plântulas (Kupper et al., 2003).

Os resultados obtidos por Buchelt et al. (2019) se assemelham às conclusões aqui discutidas, uma vez que, ao utilizarem o *Bacillus subtilis* em sementes de milho, não observaram aumento na taxa de germinação.

Os resultados obtidos na variável Índice de Velocidade de Germinação (IVG) presentes na (Tabela 3), apontam que os tratamentos que apresentaram os melhores resultados foram *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus megaterium* e *Azospirillum brasiliense*, diferenciando do microrganismo *Bacillus subtilis* e testemunha.

Tabela 3. Tratamento em sementes de soja com diferentes microrganismos para avaliar o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) resultante de cada microrganismo. Varginha – MG 2024.

Tratamentos	IVG
1. Testemunha	0,64 c
2. <i>Bacillus subtilis</i>	0,82 b
3. <i>Azospirillum brasiliense</i>	1,45 ba
4. <i>Bacillus megaterium</i>	1,90 a
5. <i>Bacillus aryabhattai</i>	2,05 a
CV (%)	21,83

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si na coluna, pelo teste tukey a 5% de probabilidade. ns – não significativo.

Quanto maior o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), maior a taxa de germinação, o que sugere que o lote de sementes é mais vigoroso (Nakagawa, 1999).

Uma velocidade de emergência mais rápida pode apresentar benefícios significativos ao dossel vegetal, permitindo melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes desde as fases iniciais do crescimento. Isso ocorre ao iniciar precocemente o processo fotossintético, promovendo um desenvolvimento mais rápido tanto da

parte aérea, quanto para o sistema radicular das plantas (Panozzo et al., 2009). Quanto mais prontamente as sementes germinam e as plântulas emergem, menos tempo elas passam sujeitas a condições adversas, acelerando, assim, os estágios iniciais de desenvolvimento (Martins et al., 1999).

Conforme a Tabela 4, para a Velocidade Média de Germinação (VMG), os resultados obtidos apresentam que, estatisticamente, os melhores microrganismos foram o *Bacillus megaterium* e o *Bacillus aryabhattai*, em comparação com a testemunha que apresentou o pior desempenho.

Tabela 4. Tratamento em sementes de soja com diferentes microrganismos para avaliar a Velocidade Média de Germinação (VMG) resultante de cada microrganismo. Varginha – MG 2024.

Tratamentos	VMG
1. Testemunha	0,17 c
2. <i>Azospirillum brasiliense</i>	0,20 b
3. <i>Bacillus subtilis</i>	0,20 b
4. <i>Bacillus megaterium</i>	0,23 a
5. <i>Bacillus aryabhattai</i>	0,22 a
CV (%)	4,14

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si na coluna, pelo teste tukey a 5% de probabilidade. ns – não significativo.

O resultado foi similar ao resultado do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (Tabela 2), por apresentar, em ambos os testes, o índice velocidade.

Algumas bactérias têm a capacidade de sintetizar hormônios de crescimento vegetal, como as auxinas, que podem estimular o crescimento das raízes e brotos das plantas, promovendo, assim, germinação mais rápida (Kupper et al., 2003).

Uma germinação rápida pode permitir que as plantas superem a concorrência de plantas daninhas, estabelecendo-se antes que essas tenham a chance de competir por recursos como luz solar, água e nutrientes. Plantas com uma velocidade média de germinação mais rápida podem ser mais capazes de sobreviver e prosperar em condições adversas, como solos compactados, períodos de seca ou temperaturas

extremas, pois podem estabelecer-se rapidamente e desenvolver raízes antes que as condições piorem.

Uma germinação mais rápida pode encurtar o ciclo de vida da planta, o que pode ser útil em ambientes com estações de crescimento limitadas ou em cultivos de plantas anuais, onde uma colheita rápida é desejada (Baskin; Baskin, 2014).

Os resultados obtidos para a variável Tempo Médio de Germinação (TMG), conforme a (Tabela 5), apresentaram resultados em que a testemunha tem o maior tempo médio para a germinação das sementes de soja com a média de 5,91 dias, e os tratamentos com *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhattai*, estatisticamente, resultaram nos menores tempos médios para a germinação das sementes.

Tabela 5. Tratamento em sementes de soja com diferentes microrganismos para avaliar a Tempo Médio de Germinação (TMG) resultante de cada microrganismo. Varginha – MG 2024.

Tratamentos	TMG
1. Testemunha	5,91 c
2. <i>Azospirillum brasiliense</i>	4,96 b
3. <i>Bacillus subtilis</i>	5,00 b
4. <i>Bacillus megaterium</i>	4,44 a
5. <i>Bacillus aryabhattai</i>	4,55 a
CV (%)	3,30

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si na coluna, pelo teste tukey a 5% de probabilidade. ns – não significativo.

Estudos realizados por Kupper et al., (2003), apontam que microrganismos têm a capacidade de promover o desenvolvimento radicular das plantas e que *Bacillus aryabhattai* pode facilitar a absorção de água e nutrientes do solo pelas sementes em germinação, acelerando o processo.

Embora o presente trabalho tenha conduzido o experimento em laboratório com ambiente controlado, dentre as vantagens do processo de reduzir o tempo médio de germinação, está o fato de que as sementes podem solubilizar nutrientes presentes no solo, tornando-o mais disponível para as plantas. Isso pode fornecer às sementes

germinantes, os nutrientes necessários para um crescimento rápido e saudável, além dar a elas a capacidade de suprimir a atividade de microrganismos patogênicos no solo. Ao proteger as sementes germinantes de infecções por patógenos, esses microrganismos podem garantir um ambiente favorável para uma germinação rápida e saudável (Kupper et al., 2003).

Esses mecanismos demonstram como a presença de *Bacillus aryabhattai* e outros microrganismos benéficos podem influenciar positivamente o tempo médio de germinação das sementes, proporcionando condições favoráveis para um início rápido e eficiente do crescimento das plantas (Kupper et al., 2003).

5 CONCLUSÕES

Todos os microrganismos tiveram algum efeito, com destaque para o *Bacillus aryabhattai*. Os microrganismos utilizados no experimento para avaliar o desenvolvimento inicial das sementes de soja foram significativos, destacando-se o *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus megaterium* e *Azospirillum brasiliense* que, estatisticamente, apresentaram os melhores resultados para Taxa de Germinação (G%) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG). Considerando a variável Velocidade Média de Germinação (VMG), os microrganismos *Bacillus aryabhattai* e *Bacillus megaterium*, estatisticamente, apresentaram os melhores resultados. Para a variável Tempo Médio de Germinação (TMG), destacou-se o microrganismo *Bacillus aryabhattai* e *Bacillus megaterium*, por apresentarem os menores tempos para germinar.

REFERÊNCIAS

ABATI, J.; ZUCRELI, C.; FOLONI, J. S.S.; HENNING, F.A.; BRZEZINSKI, C.R.; HENINING, A.A. Treatment with fungicides and insecticides on the physiological quality and health of wheat seeds. **Journal of Seed Science**, v.36, n.4, 2014.

ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v.252, p.1-9, 2003.

BACKMAN, P.A. Development and commercialization of *Bacillus subtilis* (GBO3) as a rhizosphere inoculant. *European Journal of Plant Pathology*, (In: INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CONGRESS), 13. The Hague, 1995. Kluwer

Academic, **Abstracts**. 1995. Abstract 27.

BAKER, C.J.; STAVELY, J.R.; THOMAS, C.A.; SASER, M.; MAcFALL, J.S. Inhibitory effect of *Bacillus subtilis* on *Uromyces phaseoli* and development of rust pustules on bean leaves. **Phytopathology**, v.73, n.8, p.1148-1152, 1983.

BALARDIN, R.S.; SILVA, F.D.L.; DEBONA, D.; CORTE, G.D.; FAVERA, D.D.; TORMEN, N.R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1120- 1126, 2011.

BALARDIN, R.S.; SILVA, F.D.L.; DEBONA, D.; CORTE, G.D.; FAVERA, D.D.; TORMEN, N.R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1120- 1126, 2011.

BALDANI, J.I.; CARUSO, L.; BALDANI, V.L.D.; GOI, S.R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.29, p.911- 922, 1997

BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L.F.W.; QUADROS, P.D.de.; CAMARGO, F.A.O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.727-733, 2007.

BETTIOL, W.; KIMATI, H. Efeito de *Bacillus subtilis* sobre *Pyricularia oryzae* agente causal da Brusone do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.8, p.1165-1174, 1990.

BUCHAMAN, R.E.; GIBBONS, N.G. **Bergey's manual of determinative bacteriology**. 8ed. Baltimore: The Williams & Wilkens, 1975. 1268p.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônômica de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS DE INOCULANTES DE INTERESSE AGRÍCOLA, 13., Londrina, 2006. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.89-123 (Embrapa Soja. Documentos, 290).

CARVALHO, E.R.; ROCHA, D.K.; ANDRADE, D.B.; PIRES, R.M.O.; PENIDO, A.C.; REIS, L.V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

CONINCK, E.; SCAUFLAIRE, J.; GOLLIER, M. LIENARD, C.; FOUCART, G.; MANSSENS, G.; MUNAUT, F.; LEGREVE, A. *Trichoderma atroviride* as a promising biocontrol agent in seed coating for reducing *Fusarium* damping-off on maize. **Journal of Applied Microbiology**, 2020.

DATE, R.A. Advances in inoculant technology: a brief review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.321-325, 2001.

DEAKER, R.; ROUGHLEY, R.J.; KENNEDY, I.R. Legume seed inoculation technology: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v.36, 1275-1288, 2004.

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O; KENNER, M.H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.9, p.645-651, 1996.

DOBBELAERE, S. & OKON, Y. The plant growth-promoting effect and plant responses. In: Associative and Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations (Elmerich, C.; Newton, W.E. eds.), p. 145-170. **Springer, Dordrecht, The Netherlands**. 2007.

EMBRAPA SOJA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil – 2001/2002**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Londrina, 2001,- (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 167).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**, 2017. Cientistas usam bactérias para ajudar plantas a resistir à seca.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**, 2019. BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. Isolamento e Potencial Uso de Bactérias do Gênero *Bacillus* na Promoção de Crescimento de Plantas em Condições de Déficit Hídrico.

ESKER, P.D.; CONLEY, S.P. Probability of Yield Response and Breaking Even for Soybean Seed Treatments. **Crop Science**, v. 52, n.1, p.351-359, 2012.

FORTI, J.C.; LORETTI, G.H.; TADAYOZZI, Y.S.; ANDRADE, A.R. A phytotoxicity assessment of the efficiency 2,4-D degradation by different oxidative processes. **Journal of Environmental Management**, v. 266, 2020.

JINDAL, K.K.; THIND, B.S. Microflora of cowpea seeds and its significance in the biological control of seedborne infection of *Xanthomonas campestris* pv. *vignicola*. **Seed Science and Technology**, v.18, p.393-403, 1990.

KARTIKAY, B.; KESWANI, C.; MISHRA, S.; SAXENA, A.; RAKSHIT, A. Unrealized Potential of Seed Biopriming for Versatile Agriculture. **Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances**, p.193-206, 2015.

KLOEPPER, J.; SCHROTH, M. Plant growth-promoting rhizobacteria in radish. **Plant Pathogenic Bacteria**, Gilbert-Clarey, p.879–882, 1978.

KUPPER, K.C., GIMENES-FERNANDES, N. & GOES, A. de. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira** 28:251 257. 2003. DOI: 10.1590/S0100-41582003000300005

LAZZARETTI, E. Controle de fungos transportados por sementes de trigo com *Bacillus subtilis* Piracicaba, 1993. 112p. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

LAZZARETTI, E. Controle de fungos transportados por sementes de trigo com *Bacillus subtilis* Piracicaba, 1993. 112p. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

LUZ, W.C. Controle microbiológico do mal do pé do trigo pelo tratamento de sementes. **Fitopatologia Brasileira**, v.18, n.1, p.82-85, 1993.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de palmito-vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernandes Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 164- 173, 1999. DOI: 10.17801/0101 3122/rbs.v21n1p164-173

MEDINA, G.; RIBEIRO, G.; BRASIL, E. Participação do capital brasileiro na cadeia produtiva da soja: lições para o futuro do agronegócio nacional. *Revista de Economia e Agronegócio*, Viçosa, v. 13, n. 1, 2, 3, p. 3-38, 2016.

MERRIMAN, P.R.; PRICE, R.D.; KOLLMORGEN, J.F.; PIGGOTT, T.; RIDGE, E.H. Effect of seed inoculation with *Bacillus subtilis* and *Streptomyces griseus* on the growth of cereals and carrots. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.25, p.219-226, 1974.

MÜLLER, T.M.; MARTIN, T.N.; CUNHA, V.S.; MUNARETO, J.D.; CONCEIÇÃO, G.M.; STECCA, J.D.L. Genetic bases of corn inoculated with *Azospirillum brasilense* via seed and foliar application. **Crop Production**, v.43, 2021.

NAKAGAWA, J. 1999. Testes de Vigor Baseados no De sempenho das Plântulas In. KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. & FRANÇA NETO, J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Abrates (Londrina) 1999. p 2.1-2.24..

NORRIS, J.R.; BERKELEY, R.C.W.; LOGAN, A.; O'DONNELL, A.L. The genera *Bacillus* and *Sporolactobacillus*. In: STARR, M.P. **The Prokaryotes**. Berlin: Springer Verlag, 1981. p.1711-1742.

PANOZZO, Luís Eduardo et al. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**, v. 16, n. 1, 2009.

REEDY, M.S.; RAHE, J.E. Growth effects associated with seed bacterization not correlated with populations of *Bacillus subtilis* inoculant in onion seedling rhizospheres. **Soil Biology and Biochemistry**, v.21, n.3, p.373-378, 1989.

REIS JUNIOR, F.B.; MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1139-1146, 2008.

ROSSMAN, D.R.; BYRNE, A.M.; CHILVERS, M.I. Profitability and efficacy of soybean seed treatment in Michigan. **Crop Protection**, v.114, p.44-52, 2018.

SCHLINDWEIN, G.; VARGAS, L.K.; LISBOA, B.B.; AZAMBUJA, A.C.; GRANADA, C.E.; GABIATTI, N.C.; PRATES, F.; STUMPF, R. Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface. **Ciência**

Rural, Santa Maria, v.38, n.3, p. 658-664, 2008.

SCHÜTTE, G. ECKERSTOFER, M.; RASTELLI, V.; REICHENBECHER, W.; VASSALLI, S.R.; LEHTO, M.R.; SAUCY, A.G.W.; MERTENS, M. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. **Environmental Sciences Europe**, v. 29, n. 1, p. 5, 2017.

SIVPARSAD, B.J.; CHIURASE, N.; LAING, M.D.; MORRIS, M.J. Negative effect of three commonly used seed treatment chemicals on biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, p.2588-2592, 2014.

TALL, S.; MEYLING, N.V. Probiotics for Plants? Growth Promotion by the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* Depends on Nutrient Availability. **Microbial Ecology**, v.76, p.1002-1008, 2018.

TAMAGNO, S.; SADRAS, V.O.; HAEGELE, J.W.; ARMSTRONG, P.R.; CIAMPITTI, I.A. Interplay between nitrogen fertilizer and biological nitrogen fixation in soybean: implications on seed yield and biomass allocation. **Scientific Reports**, 2018.

TECNOLOGIAS de produção de soja: região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 280p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 12).

TURNER, J.T.; BACKMAN, P.A. Factors relating to peanut yield increases after seed treatment with *Bacillus subtilis*. **Plant Disease**, v.75, n.4, p.347-353, 1991.

VENKATASUBBIAH, P. Efficacy of *Bacillus subtilis* as a biocontrol for rot of coffee pathogen. **Geobios**, v.12, n.3/4, p.101-104, 1985.

WELLER, D.M. Biological control of rhizosphere with bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, v.26, p.379-407, 1988.

ZIN, N.A.; BADALUDDIN, N.A. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. **ScienceDirect**. v.65, p.168-178, 2020.