

# Qualidade fisiológica de sementes, desempenho a campo e viabilidade econômica da cultura da soja submetida à inoculação de sementes com diferentes produtos biológicos

Physiological quality of seeds, field performance, and economic viability of soybean culture submitted to seed inoculation with different biological products

Calidad fisiológica de las semillas, rendimiento en campo y viabilidad económica del cultivo de soja sometido a la inoculación de semillas con diferentes productos biológicos

Tiago Mateus Rocha<sup>1</sup>

Ricardo Tadeu Paraginski<sup>2</sup>

Marlo Adriano Bison Pinto<sup>3</sup>

Lessandro De Conti<sup>4</sup>

RECEBIDO EM 11/05/2023

ACEITO EM 14/08/2023

## RESUMO

O uso de insumos biológicos está em constante crescimento em cultivos de grãos, visando explorar a relação simbiótica existente entre os microrganismos com as plantas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inoculação de produtos biológicos, na qualidade de sementes, desempenho a campo e viabilidade econômica da cultura da soja no município de Santo Augusto, RS. Os tratamentos de semente utilizados foram: Tratamento 1 (controle - sem inoculação de biológicos), Tratamento 2 (*Bradyrhizobium japonicum*), Tratamento 3 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*), Tratamento 4 (*Bacillus subtilis* e *megaterium*), Tratamento 5 (*Trichoderma harzianum*), Tratamento 6 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* + *Trichoderma harzianum*). Foram avaliadas variáveis referentes à qualidade fisiológica de sementes, além do

<sup>1</sup> Instituto Federal Farroupilha, *Campus* Santo Augusto, Santo Augusto, RS, Brasil. tiagomrocha15@gmail.com - <https://orcid.org/0000-0002-2871-1352>

<sup>2</sup> Instituto Federal Farroupilha, *Campus* Santo Augusto, Santo Augusto, RS, Brasil. ricardo.paraginski@iffarroupilha.edu.br - <https://orcid.org/0000-0003-4568-5245>

<sup>3</sup> Instituto Federal Farroupilha, *Campus* Santo Augusto, Santo Augusto, RS, Brasil. marlo.pinto@iffarroupilha.edu.br - <https://orcid.org/0000-0003-1567-8490>

<sup>4</sup> Instituto Federal Farroupilha, *Campus* Santo Augusto, Santo Augusto, RS, Brasil. lessandro.deconti@iffarroupilha.edu.br - <https://orcid.org/0000-0003-3016-9280>

desempenho a campo aliado a viabilidade econômica. *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* (Tratamento 4), obteve destaque na primeira contagem (vigor), segunda contagem (germinação), velocidade de emergência, comprimento radicular e total de plântulas, número de vagens por planta e vagens com três grãos. O Tratamento 5 (*Trichoderma harzianum*) apresentou o maior peso de mil sementes, assim como obteve a maior massa seca e fresca de plântulas, número de nós e comprimento aéreo de plântulas. O Tratamento 6 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* + *Trichoderma harzianum*), apresentou a maior produtividade quando comparado com o controle, observando-se também a maior altura final de plantas e o melhor retorno econômico.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Azospirillum*; *Bacillus*; *Bradyrhizobium*; *Trichoderma*.

## ABSTRACT

The use of biological inputs is constantly growing in grain crops, exploring the symbiotic relationship between microorganisms and plants. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of inoculation of biological products on seed quality, field performance and economic forecasts for soybean cultivation in the municipality of Santo Augusto, RS. The seed treatments used were: Treatment 1 (control - without biological inoculation), Treatment 2 (*Bradyrhizobium japonicum*), Treatment 3 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*), Treatment 4 (*Bacillus subtilis* and *B. megaterium*), Treatment 5 (*Trichoderma harzianum*), Treatment 6 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* and *B. megaterium* + *Trichoderma harzianum*). Variables relating to the physiological quality of the seeds were evaluated, in addition to performance in the field combined with economic options. *Bacillus subtilis* and *B. megaterium* (Treatment 4) stood out in the first count (vigor), second count (germination), emergence speed, root and total seedling length, number of pods per plant and pods with 3 grains. Treatment 5 (*Trichoderma harzianum*) presented a greater weight of a thousand seeds, in addition to obtaining greater dry and fresh mass of seedlings, number of nodes and aerial length of seedlings. Treatment 6 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* and *B. megaterium* + *Trichoderma harzianum*), showed greater productivity when compared to the control, also observing the greater final height of the plants and the best economic return.

**KEYWORDS:** *Azospirillum*; *Bacillus*; *Bradyrhizobium*; *Trichoderma*.

## RESUMEN

El uso de insumos biológicos está aumentando en los cultivos de cereales, con el objetivo de explorar la relación simbiótica entre microorganismos y plantas. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la inoculación de productos biológicos sobre la calidad de la semilla, el rendimiento en campo y la viabilidad económica del cultivo de soja en el municipio de Santo Augusto, RS. Los tratamientos de semillas utilizados fueron: Tratamiento 1 (testigo - sin inoculación biológica), Tratamiento 2 (*Bradyrhizobium japonicum*), Tratamiento 3 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*), Tratamiento 4 (*Bacillus subtilis* y *Megaterium*), Tratamiento 5 (*Trichoderma harzianum*), Tratamiento 6 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* y *B. megaterium* + *Trichoderma harzianum*). Se evaluaron variables relacionadas con la calidad fisiológica de las semillas, además del rendimiento en campo combinado con la viabilidad económica. *Bacillus subtilis* y *B. megaterium* (Tratamiento 4) destacaron en el primer conteo (vigor), segundo conteo (germinación), velocidad de emergencia, longitud de raíz y total de plántula, número de vainas por planta y vainas con 3 granos. El tratamiento 5 (*Trichoderma harzianum*) presentó un mayor peso de mil semillas, además de obtener mayor masa seca y fresca de plántulas, número de nudos y longitud aérea de plántulas. El tratamiento 6 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* y *B. megaterium* + *Trichoderma harzianum*), presentó la mayor productividad con relación al testigo, observándose además la mayor altura final de planta y el mejor retorno económico.

**PALABRAS CLAVE:** *Azospirillum*; *Bacillus*; *Bradyrhizobium*; *Trichoderma*.

## 1 Introdução

A produção de soja no Brasil é de destaque global, ocupando uma extensão de aproximadamente 40 milhões de hectares para o cultivo, indicando-se um aumento de 3,8% em relação à safra anterior, de acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022).

Neste cenário, os microrganismos do solo desempenham um papel crucial, pois participam ativamente do ciclo de nutrientes. Microrganismos amonificantes, desnitrificantes e fixadores de nitrogênio são exemplos dessa importância (Sottero, 2003).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) em leguminosas, facilitada por bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, tem sido uma prática fundamental na redução dos custos de produção da soja, substituindo a necessidade de adubação nitrogenada mineral. Além disso, essa prática contribui para aumentar a produtividade e a qualidade dos grãos, conferindo sustentabilidade e competitividade à *commodity* (Hungria *et al.*, 2005).

Outras bactérias, como aquelas dos gêneros *Azospirillum* spp. e *Bacillus* (*B. megaterium* e *B. subtilis*), contribuem na promoção do crescimento das plantas, contribuindo para a fixação de nitrogênio e a solubilização de nutrientes, como o fósforo. Essas bactérias também são capazes de produzir fitormônios, como auxinas e giberelinas, que estimulam o crescimento radicular e aumentam a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas (Cassán; Diaz-Zorita, 2016).

Fungos do gênero *Trichoderma* têm sido reconhecidos por sua capacidade de colonizar as raízes das plantas, promovendo o crescimento radicular e aumentando a absorção de nutrientes. Além disso, eles podem proteger as plantas contra fitopatógenos, contribuindo para um aumento na produtividade (Harman *et al.*, 2004).

No que diz respeito aos biofertilizantes, bactérias como *Pseudomonas fluorescens* têm mostrado potencial na promoção do crescimento radicular e na degradação de fósforo orgânico no solo (Sun *et al.*, 2017). Estratégias de coinoculação, como *B. japonicum* + *B. subtilis*, têm demonstrado resultados promissores na promoção do crescimento e na produção de grãos de soja (Araújo *et al.*, 2021; Moretti *et al.*, 2020).

Essas interações entre microrganismos do solo e as plantas oferecem oportunidades para melhorar a eficiência agrícola, reduzir custos de insumos e promover práticas mais sustentáveis na produção de soja. Assim, considerando todas as características e benefícios destes inoculantes biológicos

na produção de grãos, sua disponibilidade no mercado e a possibilidade de sua utilização de forma concomitante, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inoculação de biológicos, na qualidade fisiológica de sementes, no desempenho a campo e na viabilidade econômica, da cultura da soja, safra 2021/2022, no município de Santo Augusto, RS.

## 2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado na área experimental e no Laboratório de Fito-tecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, *Campus* Santo Augusto (latitude 27°51'08"S, longitude 53°47'35"O e altitude de 495 metros), na safra 2021/2022.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Santos *et al.*, 2018). O volume médio de precipitação registrado durante o ciclo da cultura, desde a sua semeadura até a colheita, foi de aproximadamente 417 mm, conforme consta no *site* do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), sendo os dados coletados e processados, pela estação automática de Santo Augusto, RS.

A cultivar de soja utilizada foi a NEO 580 IPRO. As sementes utilizadas possuíam tratamento de sementes industrial (TSI), fungicida e inseticida com os princípios ativos Metalaxil-M + Fludioxonil + Tiametoxam.

A inoculação das sementes com os agentes biológicos foi realizada manualmente, cerca de 60 minutos antes da semeadura e à sombra. Os procedimentos adotados foram realizados conforme recomendação e dosagens preconizadas pelo fabricante. Os tratamentos e suas doses por quilograma (Kg) de sementes foram feitos da seguinte forma: Tratamento 1 (controle - sem inoculação de biológicos), Tratamento 2 (*Bradyrhizobium japonicum*, cepas SEMIA 5079 e SEMIA 5080 - 4 mL.Kg<sup>-1</sup>), Tratamento 3 (*Bradyrhizobium japonicum*, cepas

SEMIA 5079 e SEMIA 5080 - 4 mL.Kg<sup>-1</sup> + *Azospirillum brasilense*, cepas Ab-V5 e Ab-V6 - 2 mL.Kg<sup>-1</sup>), Tratamento 4 (*Bacillus subtilis*, cepa BRM 2084 e *Bacillus megaterium*, cepa BRM 119 - 2 mL.Kg<sup>-1</sup>), Tratamento 5 (*Trichoderma harzianum*, cepa simbi-T5 - 2 mL.Kg<sup>-1</sup>), Tratamento 6 (*Bradyrhizobium japonicum*, cepas SEMIA 5079 e SEMIA 5080- 4 mL.Kg<sup>-1</sup> + *Azospirillum brasilense*, cepas Ab-V5 e Ab-V6 - 2 mL.Kg<sup>-1</sup> + *Bacillus subtilis*, cepa BRM 2084 e *Bacillus megaterium*, cepa BRM 119 - 2 mL.Kg<sup>-1</sup> + *Trichoderma harzianum*, cepa simbi-T5 - 2 mL.Kg<sup>-1</sup>).

## 2.1 Experimento e análises a campo.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. As parcelas possuíam 2,5 metros de largura por 4 metros de comprimento. A semeadura foi realizada em 10 de novembro de 2021, no sistema plantio direto, sendo a cultura do trigo a antecessora. Para a implantação do experimento, foi utilizada uma semeadora de disco horizontal, cinco linhas, no espaçamento de 0,45 m nas entrelinhas com regulagem de densidade de 15 sementes por metro linear. Na adubação de semeadura, foi utilizada a formulação NPK 02-08-08, mistura organomineral, na dose de 350 Kg.ha<sup>-1</sup>, conforme interpretação da análise de solo.

O controle de plantas invasoras, de pragas e doenças, foi realizado através de monitoramento periódico e recomendações técnicas para a cultura. Destaca-se a aplicação de inseticidas para controle de tripes e ácaro, que tiveram elevada pressão neste ciclo de cultivo.

A avaliação de estande foi realizada 20 dias após a emergência, visando obter o estande de plantas equilibrado, medindo 1,5 metros lineares no centro de cada parcela e contadas as plantas emergidas. Os resultados médios foram transformados para plantas por metro linear

Após a finalização da colheita, realizaram-se as contagens e medições de número de grãos por vagem (1, 2 e 3 grãos), número de vagens por planta, altura

final, altura do primeiro nó viável, distância entre nós final e número de nós por planta. As análises foram realizadas com auxílio de trena, em cinco plantas por parcela. Os dados foram expressos em média por planta.

A produtividade foi determinada pela coleta das plantas em 1 metro linear de 2 linhas centrais, totalizando 2 metros lineares de área colhida em cada parcela. Após a trilha manual, os grãos foram pesados e os dados transformados em  $\text{Kg.ha}^{-1}$  a 13% (base úmida) e expressos em média de sacas por hectare.

O peso de 1000 grãos foi determinado pela contagem de oito repetições de 100 grãos, por tratamento, e feita a pesagem em balança analítica, conforme Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em gramas (g).

## 2.2 Experimento e análises em laboratório

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, consistindo dos mesmos seis tratamentos anteriormente citados e quatro repetições.

O ensaio foi conduzido em germinador, com temperatura regulada a 20 °C. A avaliação de primeira contagem e da germinação foram conduzidas em quatro repetições de 100 sementes, em substrato de papel, embebido em água na quantidade de 2,5 vezes o peso do substrato seco, visando adequado umedecimento. As contagens foram realizadas ao 4º dia (primeira contagem), indicativa de vigor e a percentagem de germinação foi realizada ao 8º dia (contagem final), seguindo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem média.

A avaliação do comprimento aéreo, radicular e total de plântulas foi realizada ao final do teste de primeira contagem, coletando-se aleatoriamente 10 plântulas normais de cada repetição. Com auxílio de uma régua graduada, foram medidas as partes aéreas e radiculares. Os resultados foram expressos em centímetros (cm), conforme Nakagawa (1999).

A massa fresca foi realizada através da pesagem das plântulas normais advindas após o teste de primeira contagem, em balança analítica. Os dados foram expressos em gramas (g). A massa seca foi realizada através da secagem das plântulas, após determinada a massa fresca. Para isso, as repetições de cada amostra foram acondicionadas em cadinhos de alumínio, os quais foram identificados e levados à estufa com circulação de ar forçada. O material foi mantido à temperatura de 65°C por um período de, no mínimo, 48 horas (Nakagawa, 1999) até que a massa fosse constante. Após este período, cada repetição teve a massa avaliada, em balança analítica (precisão de 0,0001 g) e os resultados médios expressos em gramas (g).

Para a avaliação do índice de velocidade de emergência (IVE), semearam-se 50 sementes por tratamento, com quatro repetições por tratamento. A semeadura foi realizada em caixa de areia, na profundidade de 3,5 cm, com adequado umedecimento. Realizaram-se as avaliações de contagens, para quantificar as plantas emergidas (ou seja, as que apresentavam coleóptilo acima da superfície), a cada 24 horas. O IVE foi calculado empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962), onde:  $IVE = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$ , em que: IVE = índice de velocidade de emergência; G = número de plântulas normais computadas nas contagens; N = número de dias da semeadura à 1ª, 2ª... 8ª avaliação.

### 2.3 Análise de viabilidade econômica

A análise de viabilidade foi realizada em relação ao custo dos inoculantes por hectare, considerando a dose recomendada de cada produto e a utilizada no trabalho. O retorno foi calculado considerando os acréscimos em produtividade, em sacas, de cada tratamento utilizado, aos quais foram comparados ao Tratamento 1 (controle). Tomou-se por base R\$ 200,00 a saca de soja no período de colheita do experimento, com o retorno em reais por hectare.



## 2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e os efeitos dos tratamentos comparados pelo teste T ( $p \leq 0,05$ ) com o programa SASM-Agri (2001)..

## 3 Resultados e Discussão

Os melhores resultados em relação ao vigor das sementes, avaliado pela percentagem de germinação, no 4º dia (primeira contagem), foi observado no tratamento onde as sementes foram inoculadas com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* (Tratamento 4), cujos resultados foram estatisticamente superiores ao do controle (Tratamento 1) (Tabela 1). Na contagem final (8º dia), ou seja, na avaliação da percentagem de germinação, o Tratamento 4 manteve o melhor resultado, porém não diferindo estatisticamente dos tratamentos 2 e 3 (Tabela 1), mas diferindo estatisticamente do controle (Tratamento 1).

Uma maior velocidade de emergência (IVG) foi verificada naquelas sementes inoculadas com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (Tratamento 4), contudo esse tratamento diferiu estatisticamente somente do Tratamento 5 (Tabela 1). Na avaliação de emergência a campo (Tabela 1), não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos.

TABELA 1 – Germinação (primeira contagem e contagem final), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência a campo de sementes de soja inoculadas com diferentes biológicos, antes da semeadura, na safra 2021/2021, no município de Santo Augusto, RS.

Tratamentos*	Germinação (%)		Índice de velocidade de emergência (IVG)	Emergência a campo (plantas.m-1)
	Primeira Contagem	Contagem Final		
Tratamento 1	65,75 ± 5,59 bc	80,25 ± 1,41 bc	46,09 ± 3,29 ab	10,17 ± 1,14 a
Tratamento 2	72,00 ± 2,16 ab	80,75 ± 6,80 abc	46,41±3,78 ab	10,33±1,15 a
Tratamento 3	67,75 ± 6,40 abc	81,50 ± 8,50 ab	49,25±9,79 a	12,50±6,29 a
Tratamento 4	78,00 ± 5,32 a	92,00 ± 4,50 a	51,61±7,25 a	13,00±1,28 a
Tratamento 5	60,00 ± 11,75 b	70,00 ± 9,33 c	36,03±3,59 b	12,50±1,48 a
Tratamento 6	59,00 ± 10,42 b	75,50 ± 11,17 bc	46,01±4,79 ab	13,00±1,28 a
C.V. (%)	11,90	8,68	12,64	24,47

Médias aritméticas ± o desvio padrão seguidas por letras minúsculas, iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste T ( $p \leq 0,05$ ); C.V. (%): Coeficiente de Variação;

\*Controle - Sem uso de biológicos (Tratamento 1); *Bradyrhizobium japonicum* (Tratamento 2); *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* (Tratamento 3); *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (Tratamento 4); *Trichoderma harzianum* (Tratamento 5); *Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum* (Tratamento 6).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os resultados corroboram com estudo de Korber *et al.* (2021), em que os efeitos do uso de bactérias do gênero *Bacillus* spp., ficaram evidentes quando observados os valores encontrados para o enraizamento, além de um efeito positivo na germinação de plântulas. Para Dan *et al.* (2010), plântulas com maior IVE possuem maior desempenho e, conseqüentemente, maior capacidade de resistir a estresses que porventura possam interferir no crescimento e no desenvolvimento da planta.

Os resultados de comprimento de plântulas (Tabela 2) indicam que os Tratamentos 5 (*Trichoderma harzianum*) e 6 (*Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum*) propiciou

maior comprimento de parte aérea de plântulas diferindo estatisticamente do Tratamento 1 (controle) e das demais combinações. No comprimento radicular de plântulas, os Tratamentos 2 (*Bradyrhizobium japonicum*) e 4 (*Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*), obtiveram os melhores resultados, diferindo estatisticamente do Tratamento 1 (controle). No comprimento total de plântulas, o Tratamento 4 (*Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*) manteve destaque frente ao Tratamento 1 (controle) diferindo estatisticamente.

Independente do tratamento, as sementes inoculadas com biológicos apresentaram maior massa fresca e seca, não diferindo estatisticamente entre si. Desses, somente o Tratamento 5 (*Trichoderma harzianum*) diferiu estatisticamente do Tratamento 1 (Controle) (Tabela 2).

TABELA 2 – Comprimento e massa de plântulas de soja, cujas sementes foram submetidas a inoculação com diferentes biológicos antes da semeadura, em Santo Augusto, RS.

Tratamentos*	Comprimento de plântulas (cm)			Massa de plântulas (g)	
	Parte aérea	Parte radicular	Total	Massa fresca	Massa seca
Tratamento 1	2,83 ± 0,77 c	4,07 ± 1,92 c	6,90 ± 2,08 c	2,66 ± 0,04 b	1,98 ± 0,07 b
Tratamento 2	3,03 ± 0,80 bc	6,07 ± 1,90 ab	9,10 ± 2,50 ab	2,76 ± 0,24 ab	2,11 ± 0,27 ab
Tratamento 3	3,03 ± 1,08 bc	3,87 ± 2,00 c	6,90 ± 2,83 c	3,07 ± 0,33 ab	2,36 ± 0,29 ab
Tratamento 4	3,20 ± 0,77 bc	7,47 ± 2,82 a	10,67 ± 3,19 a	2,99 ± 0,31 ab	2,32 ± 0,30 ab
Tratamento 5	3,53 ± 0,99 ab	4,83 ± 1,82 bc	8,37 ± 2,66 bc	3,08 ± 0,07 a	2,40 ± 0,07 a
Tratamento 6	3,93 ± 0,82 a	3,90 ± 1,82 c	7,83 ± 2,40 bc	3,04 ± 0,23 ab	2,39 ± 0,26 ab
C.V. (%)	25,07	41,55	31,75	7,82	10,04

Médias aritméticas ± o Desvio padrão seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste T ( $p \leq 0,05$ ); C.V. (%): Coeficiente de Variação; \*Controle - Sem uso de biológicos (Tratamento 1); *Bradyrhizobium japonicum* (Tratamento 2); *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* (Tratamento 3); *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (Tratamento 4); *Trichoderma harzianum* (Tratamento 5); *Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum* (Tratamento 6).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Resultados corroboram os obtidos por Junior *et al.* (2021), que encontrou contribuição significativa no comprimento de raízes decorrente da inoculação de sementes de soja com *Bacillus* spp., apresentando potencial para incrementar o crescimento das plantas, na altura da planta, número de entrenós, comprimento das raízes e a massa seca da parte aérea e radicular. Destaca-se que plantas com maior desenvolvimento radicular conseguem extrair mais nutrientes do solo e suporte maior em situações de déficit hídrico visto do maior aprofundamento de suas raízes, o que provavelmente contribuiu para melhor estabelecimento e produtividade observada, considerando a severa estiagem que ocorreu ao longo da condução do experimento.

Resultados similares foram obtidos também por Chagas *et al.* (2017) que em estudo com o uso de *Trichoderma*, encontrou resultados positivos no acúmulo de biomassa para as culturas da soja, feijão-caupi, arroz e milho. Os aumentos observados na massa seca da raiz em todas as espécies estudadas podem ter promovido o incremento da sanidade das plantas e da capacidade de absorção de água e nutrientes.

Plantas que contenham esse microrganismo associado as suas raízes ou na rizosfera, tendem a ter melhor capacidade de sobrevivência e de absorver nutrientes em situações adversas e, conseqüentemente, em vantagem produtiva em relação àquelas que não possuem *Trichoderma* em suas raízes (Machado *et al.*, 2012).

Os resultados de número de grãos por vagem (Tabela 3), indicam que para vagens com 1 grão, o Tratamento 6 (*Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum*) obteve a maior média e para vagens com 2 grãos, o Tratamento 5 (*Trichoderma harzianum*) apresentou destaque, de modo que ambos diferiram estatisticamente do Tratamento 1 (controle).

Nos Tratamentos 4 (*Bacillus subtilis* + *B. megaterium*) e 5 (*Trichoderma harzianum*) foram observados o maior número de vagens com 3 grãos, diferindo estatisticamente do Tratamento 1 (Controle). No número de vagens por planta, o Tratamento 4 (*Bacillus subtilis* e *megaterium*) obteve destaque diferindo estatisticamente do Tratamento 1 (Controle).

TABELA 3 – Número de sementes em vagens e número de vagens por planta, em soja, cujas sementes foram submetidas ao tratamento com biológicos antes da semeadura, na safra 2021/2022, no município de Santo Augusto, RS.

Tratamentos*	Número de grãos por vagem			Número de vagens por planta
	1 grão	2 grãos	3 grãos	
Tratamento 1	2,60 ± 1,88 b	8,60±5,16 b	8,90 ± 3,70 b	19,80 ± 2,22 b
Tratamento 2	3,25 ± 2,40 ab	9,20±3,64 ab	9,55 ± 4,36 ab	22,00 ± 3,90 ab
Tratamento 3	3,20 ± 2,09 ab	9,05±2,84 ab	9,75 ± 3,68 ab	22,00 ± 2,30 ab
Tratamento 4	3,45 ± 2,37 ab	10,90±4,42 ab	12,10 ± 6,68 a	26,45 ± 3,90 a
Tratamento 5	2,65 ± 2,50 ab	11,50±5,70 a	12,00 ± 5,06 a	26,15 ± 6,10 ab
Tratamento 6	4,09 ± 2,75 a	10,85±5,31 ab	10,50 ± 4,85 ab	24,75 ± 6,30 ab
C.V. (%)	76,42	45,36	46,14	18,81

Médias aritméticas ± o Desvio padrão seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste T ( $p \leq 0,05$ ); C.V. (%): Coeficiente de Variação; \* Controle - Sem uso de biológicos (Tratamento 1); *Bradyrhizobium japonicum* (Tratamento 2); *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* (Tratamento 3); *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (Tratamento 4); *Trichoderma harzianum* (Tratamento 5); *Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum* (Tratamento 6).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os resultados estão de acordo com Schmitz (2021), que analisou que a aplicação das bactérias como no tratamento *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* + *B. subtilis*; *B. megaterium*, obteve melhores médias nas variáveis como: número de nódulos, massa seca de nódulos, vagens por planta e grãos por vagem.

Nas avaliações morfológicas, o Tratamento 6 (*Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum*) promoveu maior altura de plantas estatisticamente superior ao Tratamento 1 (controle).

Na altura de inserção do 1º nó viável (Tabela 4), o Tratamento 1 (Controle), sem utilização de biológicos apresentou maior altura em relação ao solo de inserção das primeiras vagens, diferindo estatisticamente do Tratamento 6 (*Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum*) que apresentou a menor altura de inserção.

A maior distância de entrenós (Tabela 4) foi encontrada para o Tratamento 1 (Controle) diferindo estatisticamente do Tratamento 4 (*Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*) que apresentou a menor distância entre nós. O Tratamento 5 (*Trichoderma harzianum*) obteve destaque para o número de nós por planta (Tabela 4) diferindo estatisticamente do Tratamento 1 (Controle).

TABELA 4 – Altura final de plantas, altura do primeiro nó viável, distância entre nós finais e número de nós finais, em plantas de soja, cujas sementes foram submetidas a inoculação com diferentes biológicos, antes da semeadura, na safra 2021/2022, no município de Santo Augusto, RS

Tratamentos*	Altura final (cm)	Altura do 1º nó viável (cm)	Distância entre nós finais (cm)	Número de nós
Tratamento 1	46,20 ± 3,94 b	10,80 ± 4,43 a	4,24 ± 0,75 a	10,30 ± 2,81 b
Tratamento 2	47,95 ± 5,43 ab	8,65 ± 3,01 ab	3,75 ± 0,64 ab	10,60 ± 2,37 ab
Tratamento 3	48,10 ± 4,44 ab	9,05 ± 3,12 ab	3,95 ± 1,96 ab	11,15 ± 1,42 ab
Tratamento 4	48,60 ± 3,89 ab	8,45 ± 2,35 b	3,60 ± 0,50 b	11,65 ± 2,08 ab
Tratamento 5	49,05 ± 5,16 ab	9,50 ± 3,65 ab	3,80 ± 0,62 ab	11,75 ± 2,29 a
Tratamento 6	49,40 ± 6,22 a	7,65 ± 4,43 b	3,65 ± 0,81 ab	11,55 ± 2,63 ab
C.V. (%)	10,16	39,71	27,00	20,59

Médias aritméticas ± o Desvio padrão seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste T ( $p \leq 0,05$ ); C.V. (%): Coeficiente de Variação; \* Controle - Sem uso de biológicos (Tratamento 1); *Bradyrhizobium japonicum* (Tratamento 2); *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* (Tratamento 3); *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (Tratamento 4); *Trichoderma harzianum* (Tratamento 5); *Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum* (Tratamento 6).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

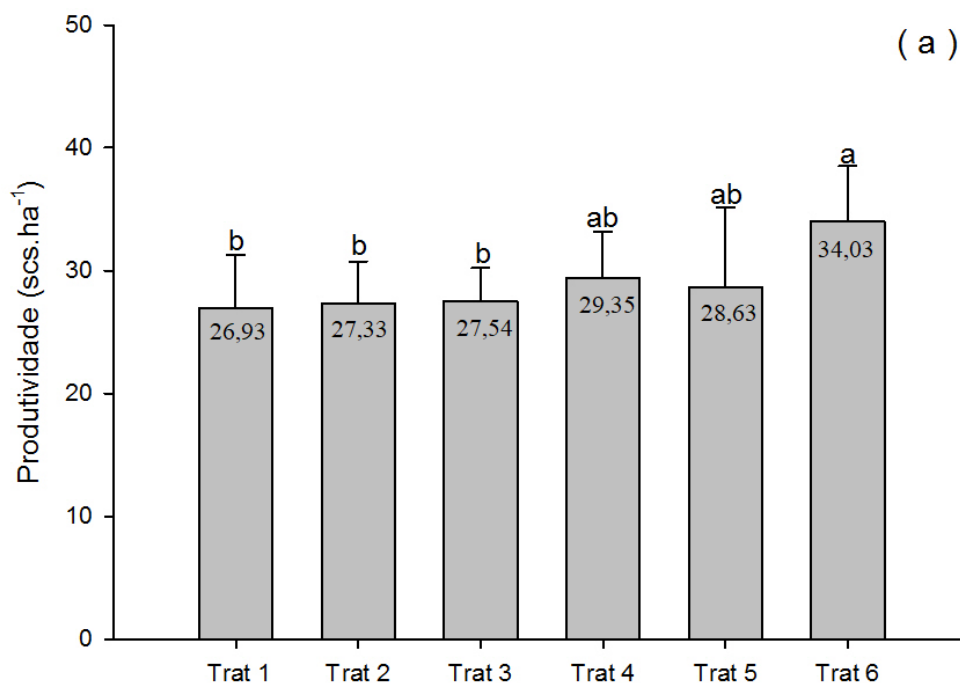
Os resultados estão de acordo com Schwaab e Aguiar (2019), que indicam que a coinoculação de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* + *Bacillus*, reduziram a altura de inserção da primeira vagem na haste principal de plantas de soja. Mattos (2017) avaliando inoculação em sementes de soja apenas com *B. subtilis* observou aumento no número de nós produtivos na planta, correspondendo a 17,70 nós produtivos comparado com a testemunha sem inoculação.

Para a produtividade de grãos (Figura 1a) houve variação entre os tratamentos de inoculação de biológicos. O Tratamento 6 (*Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium*

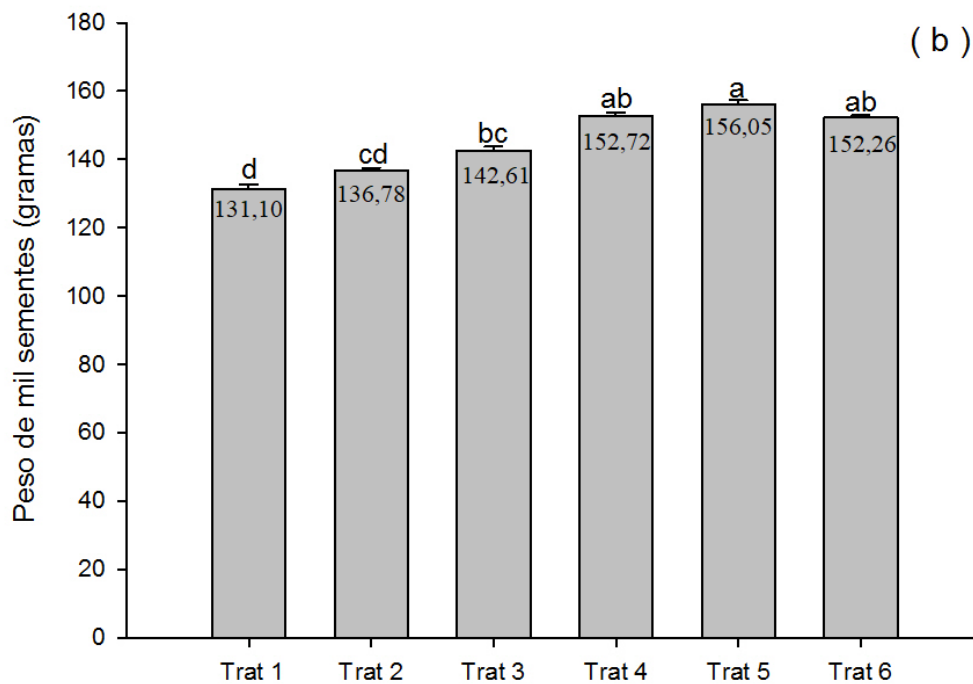
+ *Trichoderma harzianum*), ou seja, a inoculação conjunta dos microrganismos deste estudo apresentou a maior produtividade (34,03 sacas por hectare<sup>-1</sup>) 26,4% superior ao Tratamento 1 (Controle), e diferindo também estatisticamente dos Tratamento 2 (*Bradyrhizobium japonicum*) e 3 (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum*).

Para o parâmetro peso de mil sementes (PMS) (Figura 1b), o Tratamento 5 (*Trichoderma harzianum*) diferiu estatisticamente do Tratamento 1 (Controle) com aumento em 19%.

FIGURA 1 – Produtividade (a) e peso de mil sementes (b), de sementes de soja submetidas a inoculação de diferentes biológicos antes da semeadura na safra 2021/2022 no município de Santo Augusto, RS.







Barras seguidas de letras diferentes indicam diferenças entre os tratamentos pelo teste T ( $p < 0,05$ ). \*Controle - Sem uso de biológicos (Tratamento 1); *Bradyrhizobium japonicum* (Tratamento 2); *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* (Tratamento 3); *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (Tratamento 4); *Trichoderma harzianum* (Tratamento 5); *Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum* (Tratamento 6). Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Resultados corroboram com Schwaab e Aguiar (2019), utilizando também a coinoculação de vários microrganismos em conjunto, em que se observou que a combinação de *Azospirillum* + *B. megaterium* e *B. subtilis*, proporcionou maior produtividade de grãos de soja (4520,1 Kg.ha<sup>-1</sup>) em relação aos demais tratamentos, inclusive a testemunha, 3825,6 Kg.ha<sup>-1</sup>. Os autores ainda relatam que os resultados foram melhores com a inoculação associada, quando comparada a utilização isolada.

Oliveira-Paiva *et al.* (2021) em seu estudo na cultura da soja, conduziu 181 unidades de observação com inoculação do *B. megaterium* e *B. subtilis* nas safras 2018/2019 e 2019/2020 e, em todas as lavouras, a

produção foi maior na área inoculada. Considerando todos os locais de avaliação, o ganho médio variou de 0,3 a 18,5%, com média de 6,3%. Os ganhos variaram de 0,1 a 11,5 sacas/ha, com média de 4,3 sacas/ha, se equivalendo a diferença de 2,42 sacas ou acréscimo de 9%, em relação ao Tratamento 1 (controle) neste presente estudo.

No parâmetro PMS, Schmitz (2021) trabalhando com diferentes estratégias e combinações de microrganismos na cultura, encontrou diferenças numéricas relacionadas a peso de mil sementes, mas estas não diferiram estatisticamente, diferente do presente estudo em que se encontrou diferença estatística significativa para a inoculação de *Trichoderma harzianum*.

Os resultados de viabilidade econômica do uso de inoculação de biológicos na cultura da soja estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 – Viabilidade de econômica da inoculação de diferentes biológicos na cultura da soja na safra 2021/2022 no município de Santo Augusto, RS.

Tratamentos*	Viabilidade econômica		
	Investimento R\$/ha	Acréscimo (sacas)	Retorno R\$/ha
Tratamento 01	***	***	***
Tratamento 02	R\$9,60	0,43	R\$ 76,40
Tratamento 03	R\$31,60	0,61	R\$ 90,40
Tratamento 04	R\$77,90	2,42	R\$ 406,10
Tratamento 05	R\$26,50	1,7	R\$ 313,50
Tratamento 06	R\$145,60	7,1	R\$ 1.274,40

\*Controle - Sem uso de biológicos (Tratamento 1); *Bradyrhizobium japonicum* (Tratamento 2); *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasiliense* (Tratamento 3); *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (Tratamento 4); *Trichoderma harzianum* (Tratamento 5); *Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum* (Tratamento 6).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Como investimento considerou-se o custo por hectare de cada produto na colheita do experimento e o retorno em reais por hectare, considerando o preço da saca de R\$ 200,00. O Tratamento 6 obteve a maior média de produtividade em relação ao Tratamento 1, e com isso obteve-se o melhor retorno dentre todos os demais biológicos, com lucro de R\$1.274,40 estimado por hectare, o que equivale a 8,75 vezes o valor investido. Os Tratamentos 4 e 6 obtiveram os maiores retornos e o menor se obteve nos Tratamentos 2 e 3, com lucro na faixa de R\$ 76,40 e R\$ 90,40 respectivamente. Na tabela 5 está apresentada a análise.

Com este estudo foi possível perceber os efeitos da inoculação de sementes com diferentes biológicos e que estes desempenham melhoria em parâmetros da cultura da soja. É interessante para próximos estudos testar outras formas de inoculação, como no sulco de semeadura e pulverização, assim como novos microrganismos e combinações de biológicos. É importante realizar novos estudos em locais diferentes em estudos posteriores. O estudo acrescenta resultados, visto a crescente utilização de biológicos na cultura da soja, provando ser uma alternativa e/ou complemento viável economicamente.

## 4 Conclusão

A compatibilidade da inoculação conjunta dos microrganismos avaliados é evidenciada pelos incrementos nos parâmetros estudados, indicando efeito sinérgico da combinação de diferentes microrganismos em anos com severa estiagem ao longo do ciclo da soja.

*Bacillus subtilis* e *B. megaterium* (Tratamento 4), obteve destaque na primeira contagem (vigor), segunda contagem (germinação), índice de velocidade de emergência, comprimento radicular e total de plântulas, número de vagens por planta e número de vagens com 3 grãos.

O Tratamento 5 (*Trichoderma harzianum*) obteve desempenho superior estatisticamente para massa fresca e seca, número de nós por planta e peso de mil sementes (PMS) e comprimento de parte aérea de plântulas.

O Tratamento 6 (*Bradyrhizobium jap.* + *Azospirillum brasiliense* + *Bacillus subtilis* e *megaterium* + *Trichoderma harzianum*) além de propiciar maior altura de plantas final, apresentou a maior produtividade e o melhor retorno econômico, com lucro de R\$1.274,40 por hectare.

## Referências

ARAÚJO, F. F. *et al.* *Bacillus subtilis* changes the root architecture of soybean grown on nutrient-poor substrate. **Rhizosphere**, v. 18, 100348, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009.

CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* spp. in current agriculture: from the laboratory to the field. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 103, p. 117-130, 2016.

CHAGAS, L. F. B. *et al.* *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 97-102, 2017.

CONAB. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**. Brasília, Safra 2021/22 - Sexto levantamento, p. 1-87, mar. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> Acesso em: 15 jun. 2022.

DAN, L. G. M. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, 2010.

HARMAN, G. E. Myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, v. 84, n. 4, p. 376-393, 2004.

HUNGRIA, M. *et al.* The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, D.; NEWTON, W. (Eds.). **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment**. Dordrecht: Springer, 2005, p. 25- 42.

JUNIOR, A. F. C. *et al.* *Bacillus* spp. como promotor de crescimento em soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 2-3, 2021.

KORBER, L. P. P. *et al.* Eficiência de produtos biológicos na coinoculação de sementes de soja. **South American Sciences**, v. 2, n. 2, 2021.

MACHADO, D. F. M. *et al.* *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, p.176-177, 1962.

MATTOS, M. **Promoção do crescimento de soja a partir da inoculação de sementes com microrganismos não noduladores**. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017.

MORETTI, L. G. *et al.* Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development, and yield. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 1, p. 418-428, 2020.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. *In*: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999, p. 2.1-2.24.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A. *et al.* Validação da recomendação para o uso do inoculante BiomaPhos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) na cultura de soja. **Circular Técnica**, n. 279. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228039/1/CIRC-TEC-279-Validacao-recomendacao-BiomaPhos-cultura-soja.pdf> Acesso em: 15 jun. 2023.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, p. 18-24. 2001.

SCHMITZ, W. F. **Respostas da cultura da soja a diferentes estratégias de inoculação e adubação foliar**. Monografia (Bacharelado em agronomia) - Universidade Estadual do Grande do Sul, Cachoeira do Sul, 2021.

SCHWAAB, E. F; AGUIAR, C. G. Interação de inoculantes nitrogenados com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* em soja. **Revista Cultivando o Saber**, edição especial, p. 24-32, 2019.

SOTTERO, A. N. **Colonização radicular e promoção de crescimento vegetal por rizobactérias**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2003.

SUN, W. *et al.* Effects of inoculation with organic-phosphorus-mineralizing bacteria on soybean (*Glycine max*) growth and indigenous bacterial community diversity. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 63, n. 5, p. 392-401, 2017.