

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**RIZOBACTÉRIAS NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS E NO CULTIVO DE ZÍNIA**

**MARIANA MARTINS DA SILVEIRA**

**Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta**

**Coorientadores: Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo**

**Dr. Carlos Henrique Barbosa Santos**

**JABOTICABAL – SP**

**2024**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RIZOBACTÉRIAS NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS E NO CULTIVO DE ZÍNIA**

**MARIANA MARTINS DA SILVEIRA**

**Orientador: Kathia Fernandes Lopes Pivetta**

**Coorientadores: Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo  
Dr. Carlos Henrique Barbosa Santos**

**Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de  
Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA  
AGRONÔMICA.**

**Jaboticabal - SP  
1º Semestre/2024**

S587r

Silveira, Mariana Martins da

Rizobactérias na emergência de plântulas e no cultivo de zínia /  
Mariana Martins da Silveira. -- Jaboticabal, 2024  
27 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia  
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade  
de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientador: Everlon Cid Rigobelo Rigobelo

1. Reguladores de crescimento. 2. Floriculture. 3. Fisiologia  
vegetal. 4. Microorganismos. 5. Sementes Desenvolvimento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade  
Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados  
fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

DEPARTAMENTO: PRODUÇÃO VEGETAL

**CERTIFICADO**  
TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

**TÍTULO:** Rizobactérias na emergência de plântulas e no cultivo de zínia

**ACADÊMICA:** Mariana Martins da Silveira

**CURSO:** Engenharia Agrônoma

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

**COORIENTADORES:** Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo  
Dr. Carlos Henrique Barbosa Santos

**PERÍODO**      **Mês/Ano**      a      **Mês/Ano:**  
Janeiro/2023      Junho/2024

**APROVADA**

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.     Sim     Não


**BANCA EXAMINADORA:**  
(Nomes)

 Documento assinado digitalmente  
**KATHIA FERNANDES LOPES PIVETTA**  
Data: 27/06/2024 12:32:05-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


**Presidente:** Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

 Documento assinado digitalmente

**Membro:** Dra. Ana Carolina Corrêa Muniz

 **ANA CAROLINA CORRÊA MUNIZ**  
Data: 25/06/2024 23:14:22-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

**Membro:** Ms. Antonio Maricélio Borges de Souza

 Documento assinado digitalmente  
**ANTONIO MARCELO BORGES DE SOUZA**  
Data: 26/06/2024 16:10:24-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Jaboticabal 26 / 06 / 2024.

Aprovado "ad referendum" do Conselho do Departamento em: 26/06/2024

**Chefe do Departamento**

 Documento assinado digitalmente  
**CIBELE D'ALTA MARTINS**  
Data: 27/06/2024 17:01:14-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

## AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, por me fazer amar os espinhos das rosas que tanto o calejaram. Que um dia eu possa ser tão boa quanto você, meu mestre e inspiração.

À minha mãe, por trazer luz ao âmago do meu ser. Você é a minha força, minha melhor amiga e guia nessa encarnação.

À Professora Kathia, pela orientação delicada, prazerosa e amorosa, por acreditar e confiar em mim, ser minha amiga e embarcar nas minhas ideias.

Aos meus coorientadores, por terem tornado este projeto possível.

Aos meus amigos e parceiros da faculdade e vida, Mariana Lima, Karine, Raphaela, Carime, Alessandra, André, Guilherme Tichonink, Jose Roberto, Caio e Gustavo Perle, por terem me apoiado, ajudado e tornado minha vida mais leve e feliz.

Ao meu irmão, familiares e almas afins que torceram e rezaram por mim durante o percurso.

## ÍNDICE

1. RESUMO.....	6
2. INTRODUÇÃO.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4. RESULTADOS.....	11
5. DISCUSSÃO.....	14
6. CONCLUSÃO.....	16
7. REFERÊNCIAS.....	17

## Rizobactérias na emergência de plântulas e no cultivo de zínia<sup>1</sup>

### Resumo

**RESUMO** - As rizobactérias promotoras de crescimento em plantas estabelecem interações simbióticas benéficas com as plantas, exercendo um impacto positivo e sustentável no crescimento e no desenvolvimento de diversas espécies vegetais. *Zinnia peruviana* L. é uma planta herbácea, com exuberante floração, cultivada como flor de corte e vaso e, muito utilizada no paisagismo. A adoção de novas tecnologias sustentáveis utilizadas no cultivo dessa ornamental tem o potencial de proporcionar condições competitivas favoráveis no mercado. O objetivo deste estudo foi investigar o efeito de algumas rizobactérias na emergência de plântulas e no cultivo dessa espécie ornamental, bem como, determinar se é necessário realizar reaplicações durante o ciclo da planta. O experimento foi conduzido em duas fases distintas, onde, na fase 1 foi avaliada a emergência, sendo utilizados seis tratamentos com cinco rizobactérias (*Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. megaterium*, *B. pumilus*, *B. subtilis*) e ausência de rizobactéria - controle, quatro repetições e 36 sementes por parcela; foram analisados a porcentagem de emergência e o Índice de Velocidade de Emergência de plântulas. Na fase 2 foram avaliados o crescimento e o desenvolvimento das plantas, utilizando-se 12 tratamentos em esquema fatorial 6 x 2, com as mesmas rizobactérias utilizadas na fase 1 (*A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens*, *B. megaterium*, *B. pumilus* e *B. subtilis*) e o tratamento controle (ausência de rizobactéria), combinadas com 1 ou 2 aplicações. Foram mensurados o comprimento da parte aérea, o diâmetro do colo, o número de folhas, a área foliar, o número de flores e as massas secas das raízes, da parte aérea e total das plantas. Os resultados indicaram que as rizobactérias não influenciaram a taxa de emergência, no entanto, as plântulas de zínia emergiram mais rapidamente na presença de *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis*. Além disso, observou-se que *B. subtilis* promoveu maior crescimento, desenvolvimento e florescimento de zínia. Não foi identificada necessidade de reaplicações durante o ciclo da planta.

**Palavras-chave:** *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Zinnia peruviana* L.

---

<sup>1</sup> Artigo a ser enviado para a Revista Emirates Journal of Food and Agriculture

## INTRODUÇÃO

O uso de microrganismos que apresentam mecanismos de promoção de crescimento vegetal desempenha um papel importante no desenvolvimento da planta e na produção, tornando-se uma alternativa viável na busca por uma agricultura sustentável (Queiroz e Oliveira 2023).

As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas se destacam dentre estes microrganismos, sendo capazes de interferir positivamente no crescimento e no desenvolvimento das plantas de várias formas, entre elas, produzindo fitormônios, aliviando o estresse por déficit hídrico, mitigando os efeitos estressantes da salinidade, atuando na fitoextração de metais pesados, na suplementação de nutrientes e/ou no biocontrole de patógenos (Dias e Santos 2022).

Dentre as muitas rizobactérias existentes, destacam-se as dos gêneros *Azospirillum* e *Bacillus*. A bactéria *Azospirillum brasilense* possui boa capacidade de fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fosfato, características desejáveis de proliferação no sistema radicular e tem como principais mecanismos a produção de fitormônios, em especial a auxina, que promove o crescimento e desenvolvimento vegetal (Cassán et al. 2020).

*Bacillus amyloliquefaciens*, apresenta bons resultados na promoção de crescimento de plantas e consegue se desenvolver bem em condições de pressão ambiental. É considerado um excelente biofertilizante e biocontrole supressor de doenças, além de estimular a produção de fitohormônios e formar compostos orgânicos voláteis e sideróforos que aumentam a disponibilidade de nutrientes no solo (Luo et al. 2022).

Resistente a estresses ambientais, *Bacillus megaterium* tem grande potencial para a biotecnologia, coloniza o solo solubilizando o fósforo inorgânico, aumenta a oferta nutritiva para as plantas e a resistência da planta aos patógenos e distúrbios abióticos (Nascimento et al. 2020).

A rizobactéria *Bacillus pumilus* é conhecida por seus benefícios, auxiliando a planta no aumento de hormônios como AIA, citocininas e giberelinas, além de indiretamente protegerem a rizosfera de agentes fitopatogênicos e serem capazes de fixar o nitrogênio atmosférico em nitrogênio amoniacal (Dobrzyński et al. 2022).

A espécie *Bacillus subtilis* é amplamente conhecida por suas ações de biocontrole na agricultura, prevenindo no solo a colonização de alguns patógenos, ação de pragas e efeitos de outros agentes e auxiliando na saúde da rizosfera vegetal, aumentando a solubilização de fosfato, produção de sideróforos e ácido indolacético, o que, conseqüentemente, coopera para

um maior e mais saudável crescimento da planta e maior tolerância aos estresses (Arnaouteli et al. 2021).

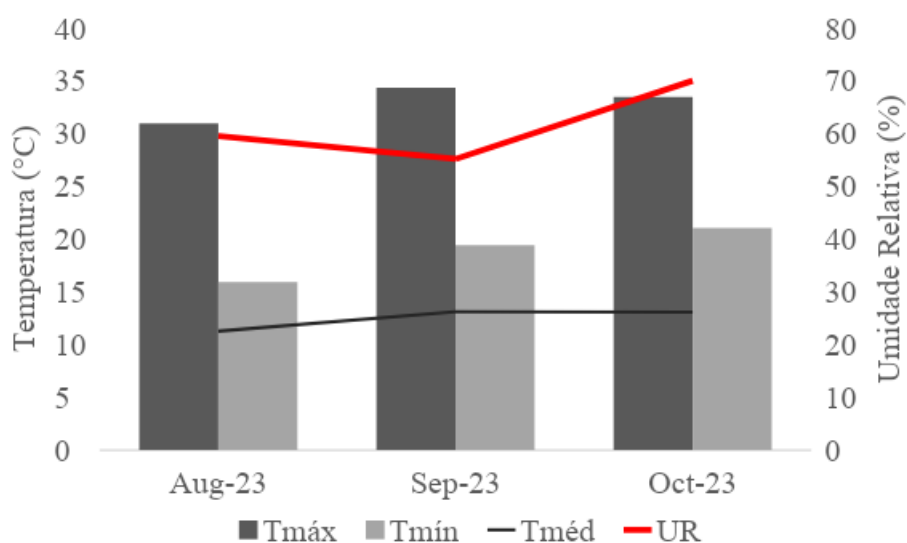
Vários trabalhos têm sido realizados, demonstrando o sucesso das rizobactérias no crescimento e no desenvolvimento de plantas como os realizados para o milho - *Zea mays* L. (Guimarães et al. 2021), aveia branca - *Avena sativa* L. (Santos et al. 2021), melancia - *Citrullus lanatus* [Thunb.] Matsum & Nakai (Silva et al. 2022), açaizeiro - *Euterpe oleracea* Mart. (Campos et al. 2023), ipê-roxo - *Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. Mattos (Campos 2024) e ipê-amarelo - *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos (Campos et al., 2024).

Pertencente à família Asteraceae, *Zinnia peruviana* L., tradicionalmente medicinal, ganhou popularidade ao ser introduzida no mundo ornamental, sendo uma herbácea de porte ereto anual, com folhas elípticas ou ovais, de 70 a 100 cm de altura, mais frequentemente encontrada no Peru e na Argentina (Echenique et al. 2020). Seu maior destaque na área da floricultura se deu, principalmente, pela facilidade e rapidez do cultivo com o resultado exuberante de suas coloridas flores solitárias, assim como, seu uso como flor de corte (Gomma et al. 2019). Por ser uma planta relativamente fácil de crescer e poder se adaptar aos mais variados tipos de solo, acabou se tornando comercialmente importante, onde a produção acaba exigindo atributos qualitativos (Zulfiqar et al. 2023).

Buscando novas tecnologias que possam incrementar benefícios na produção comercial de *Z. peruviana*, este trabalho teve como objetivo verificar se algumas rizobactérias promotoras de crescimento em plantas, afetam a emergência de plântulas e o cultivo desta ornamental e se há necessidade de reaplicação durante o ciclo da planta.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais, no Laboratório de Sementes de Plantas Hortícolas e no Laboratório de Microbiologia do Solo, ambos pertencentes ao Departamento de Ciências da Produção Agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil, sob as coordenadas 21°15'2" latitude, 48°16'47" longitude e 600 metros de altitude. A classificação climática da região é subtropical do tipo Cwa - tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso (Andre e Garcia 2015). Os dados climáticos referentes à Temperatura máxima, Temperatura mínima, Temperatura média e Umidade relativa do ar, durante o período do experimento (agosto a outubro de 2023), encontram-se na Figura 1 (UNESP, 2024).



**Figura 1.** Dados climáticos durante o período de agosto a outubro de 2023. Temperatura máxima - Tmáx, Temperatura mínima - Tmín, Temperatura média - Tmed e Umidade relativa do ar - UR (UNESP, 2024).

O experimento foi realizado em duas fases, adotando em ambas o delineamento experimental inteiramente casualizado. Fase 1: fase de emergência, sendo seis tratamentos correspondendo aos microrganismos (*Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis* e um tratamento controle - ausência de rizobactéria), com quatro repetições e 36 sementes por parcela. Fase 2: fase de crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo 12 tratamentos em esquema fatorial 6 x 2. Os fatores ensaiados nesta fase foram: cinco rizobactérias (*Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus* e *Bacillus subtilis*) e ausência de rizobactéria – controle, combinadas com 1 ou 2 aplicações, quatro repetições e três plantas por parcela.

As rizobactérias utilizadas fazem parte da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da UNESP/FCAV, onde foram produzidas separadamente, em meio de caldo nutritivo, por sete dias, em frascos mantidos em B.O.D. (Eletrolab, modelo 347 F, Brasil), à temperatura de 25 °C. Após o período de incubação, as bactérias foram centrifugadas separadamente a 10.000 rpm durante 10 min a 28 °C (Novatecnica, modelo MLW K24, Brasil). A concentração do inóculo foi padronizada conforme recomendação de Barry e Thornsberry (1991) e Sahn e Washington II (1991) em  $1 \times 10^7$  UFC mL<sup>-1</sup> com auxílio de espectrofotômetro (Micronal, modelo B382, Brasil) na absorbância de 695 nm.

Sementes obtidas no mercado foram semeadas, no dia 07 de agosto de 2023, em bandejas de células (3 sementes por célula) contendo o substrato comercial Carolina Soil®, composto por turfa, vermiculita, casca de arroz torrefada, calcário dolomítico calcinado, fertilizante NPK (14-16-18) e micronutrientes (informações obtidas a partir de dados existentes na embalagem), que foi mantido a 100% da capacidade de retenção de água. As bandejas foram colocadas em casa de vegetação coberta e com as laterais protegidas com tela preta que permite a passagem de 50% da luz e, ainda, com cobertura de plástico transparente acima da cobertura de tela.

Por ocasião da semeadura, inoculou-se 200 µL por célula, de cada solução contendo as rizobactérias, de acordo com o tratamento utilizando micropipeta mecânica (VF-1000, Digipet®) e as células contendo as sementes destinadas ao tratamento-controle não foram inoculadas.

Na primeira fase do experimento foi observado diariamente, o número de plântulas emergidas, até que houvesse a estabilização da emergência, a qual ocorreu aos 20 dias após a semeadura. A partir dos dados coletados, calculou-se: porcentagem de emergência e Índice de Velocidade de Emergência. Após a emergência e contabilização das plântulas emergidas, foi realizado desbaste deixando uma plântula por célula, utilizando-se como critério a plântula de maior vigor e mais centralizada.

No dia no dia 28 de agosto de 2023, plântulas com comprimento de 2 cm ± 0,5 cm foram transplantadas para recipientes separados, com capacidade volumétrica de 280 cm<sup>3</sup>, contendo terra, esterco e areia (1:1:1) como substrato, colocados suspensos em bancadas de malhas metálicas a 70 cm do solo, na mesma casa de vegetação onde foi realizada a fase 1. A irrigação das mudas foi realizada por meio de microaspersores acionados automaticamente, duas vezes ao dia com duração de 15 minutos cada, com vazão de 30 L h<sup>-1</sup>. Após o transplante, inoculou-se 1 mL por planta, de cada solução contendo as rizobactérias, mantendo os tratamentos nas plantas onde se realizou a aplicação por ocasião da semeadura. Nova aplicação das rizobactérias foi realizada 30 dias após a primeira, em metade das plântulas de cada parcela (tratamentos com 2 aplicações); a outra metade (tratamentos com 1 aplicação) não foi realizada reaplicação. A aplicação foi diretamente no substrato próximo ao caule, com o auxílio de micropipeta mecânica (VF-1000, Digipet®). As mudas destinadas ao tratamento-controle não foram inoculadas.

A avaliação foi realizada no dia 15 de outubro de 2023, em todos os tratamentos, assim que houve abertura das flores de cerca de 50% das plantas, da maioria dos tratamentos. As plantas foram retiradas dos recipientes e, ainda no viveiro, enxaguadas para retirar o excesso de

substrato das raízes e, em seguida foram levadas para o Laboratório de Sementes de Plantas Hortícolas da UNESP/FCAV aonde foi realizada nova lavagem para retirada de todo remanescente de substrato nas raízes e, em seguida, avaliou-se o comprimento da parte aérea (cm), obtido a partir no nível do substrato até o ápice da última folha, com o auxílio de régua milimetrada; o diâmetro do coleto (mm), determinado ao nível do substrato, com uso de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Western<sup>®</sup> PRO DC-6); o número de folhas totalmente expandidas, verificado por contagem visual das folhas totalmente expandidas; a área foliar (cm<sup>2</sup>), utilizando medidor eletrônico de área foliar (LI-3100C, LI-COR<sup>®</sup>, Lincoln, Nebraska, USA); o número de flores (abertas e botões), a massa seca da parte aérea (g) e das raízes (g), obtidas após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até atingir peso constante, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão de 0,001g (SHIMADZU<sup>®</sup>, modelo AY220) e a massa seca total (g) obtida somando-se as massas secas da parte aérea e das raízes.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o Software AgroEstat (Barbosa e Maldonado Junior 2015). Realizou-se, ainda, análise de correção entre as variáveis.

## RESULTADOS

A interação entre as rizobactérias e o número de aplicações não foi significativa para porcentagem de emergência nem para o Índice de Velocidade de Emergência. Na fase 1 do experimento não houve diferença na porcentagem de emergência com a inoculação ou não das rizobactérias, que foi, em média, de 38%, no entanto, as sementes de zínia emergiram mais rápido na presença da rizobactérias do gênero *Bacillus*, com destaque para as espécies *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis*, as quais apresentaram as maiores médias (5,19 e 6,05, respectivamente, quando comparadas à bactéria *Azospirillum brasilense* e ao controle (Tabela 1).

Analisando os resultados da fase 2, observou-se que a interação entre as rizobactérias e o número de aplicações foi não significativa para as características estudadas, exceto para massa seca da parte aérea.

Para as características onde a interação foi não significativa, não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto ao número de folhas e ao comprimento de raiz, já para as demais características, a rizobactéria *B. subtilis* se destacou apresentando as maiores médias, embora não diferindo do controle e de outras bactérias (Tabela 1).

**Tabela 1.** Emergência (E) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de plântulas, comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), número de flores (NFlor), massa seca de raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) de zínia (*Zinnia peruviana* L.) tratadas ou não (controle) com as rizobactérias *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus* e *Bacillus subtilis*. Jaboticabal, SP, 2024.

Tratamentos	E	IVE	CPA	DC	NF	AF
	(%)		(cm)	(mm)	-	(cm <sup>2</sup> )
<i>A. brasilense</i>	38,33 a	1,41 c	42,38 b	2,81 b	12,75 a	84,46 bc
<i>B. amyloliquefaciens</i>	34,58 a	5,19 a	44,20 ab	3,05 ab	13,84 a	100,98 b
<i>B. megaterium</i>	35,08 a	4,41 ab	43,08 ab	2,22 c	12,04 a	64,36 c
<i>B. pumilus</i>	36,67 a	4,64 ab	45,37 ab	2,77 b	14,00 a	93,92 b
<i>B. subtilis</i>	41,25 a	6,05 a	49,85 a	3,40 a	13,96 a	129,54 a
Controle	40,35 a	2,83 bc	45,42 ab	3,04 ab	13,92 a	109,32 ab
Sem reaplicação	-	-	46,97 a	2,96 a	13,81 a	101,39 a
Com reaplicação	-	-	43,13 b	2,81 a	13,03 a	92,80 a
CV (%)	15,47	10,72	10,04	12,64	11,22	18,07
	NFlor	CR	MSR	MSPA		MST
		(cm)	(g)	Sem <sup>1</sup>	Com <sup>2</sup>	(g)
<i>A. brasilense</i>	2,25 ab	24,66 a	0,169 b	1,348 abA	0,774 cB	1,23 ab
<i>B. amyloliquefaciens</i>	2,46 ab	23,97 a	0,186 ab	1,668 aA	1,019 abcB	1,53 ab
<i>B. megaterium</i>	2,00 b	22,52 a	0,121 b	1,010 bA	0,909 bcA	1,08 b
<i>B. pumilus</i>	2,42 ab	22,04 a	0,179 ab	1,265 abA	1,344 abA	1,48 ab
<i>B. subtilis</i>	2,75 a	25,89 a	0,239 a	1,718 aA	1,518 aA	1,67 a
Controle	2,33 ab	23,83 a	0,147 b	1,297 abA	1,297 abcA	1,44 ab
Sem reaplicação	2,47 a	24,54 a	0,1877 a	-	-	1,57 a
Com reaplicação	2,26 a	23,10 a	0,1595 a	-	-	1,24 b
CV (%)	15,79	10,96	33,55	20,18		27,09

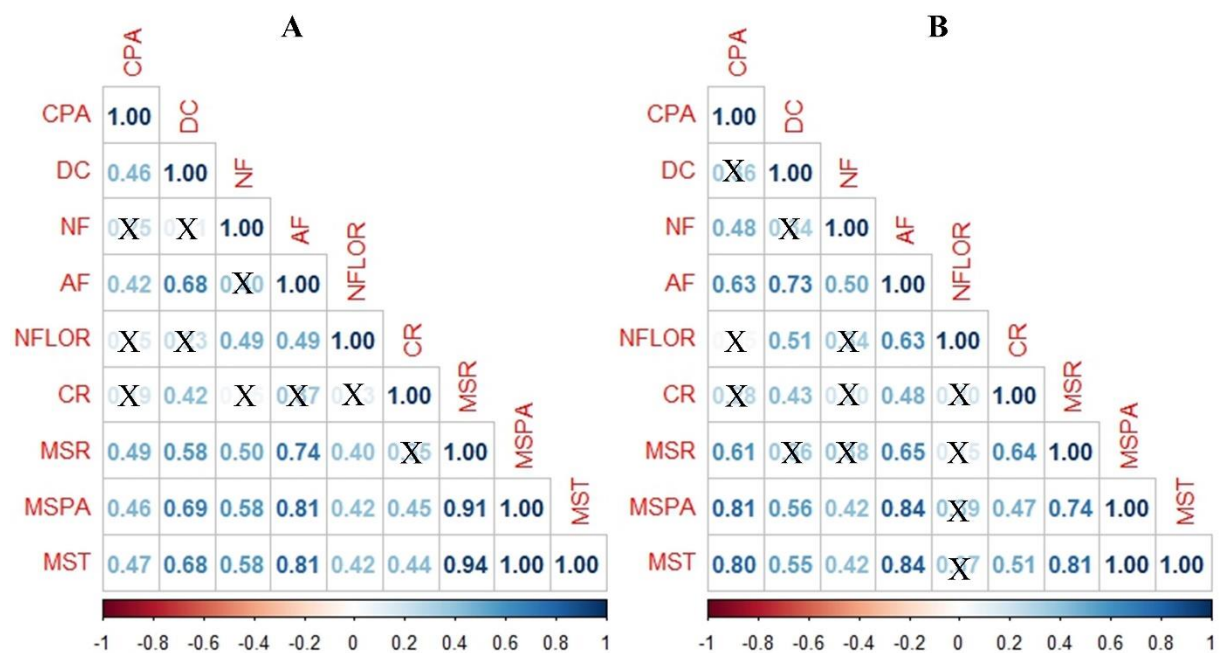
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha (MSPA), não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>1</sup>sem reaplicação, <sup>2</sup>com reaplicação.

Não houve diferença significativa entre uma ou duas aplicações para a maioria das características estudadas, com exceção do comprimento da parte aérea e da massa seca total. Para essas características, as médias foram menores quando se realizaram duas aplicações (Tabela 1).

Para massa seca da parte aérea, onde a interação entre as rizobactérias e o número de aplicações foi significativa, as bactérias *A. brasilense* e *B. amyloliquefaciens* apresentaram menores médias quando realizadas duas aplicações. Nos demais tratamentos, não houve diferença entre o número de reaplicações. Quando foi realizada apenas uma aplicação, *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* apresentaram as maiores médias (1,668 g e 1,718 g, respectivamente), sem diferença significativa em relação ao controle e às rizobactérias *A.*

*brasiliense* e *B. pumilus*. Quando foram realizadas duas aplicações, *B. subtilis* destacou-se com a maior média (1,518 g), não diferindo significativamente do controle nem das rizobactérias *B. amyloliquefaciens* e *B. pumilus* (Tabela 1).

De acordo com a Matriz de correlação de Pearson (Figura 2), foram constatadas correlações significativas e positivas entre a maioria das variáveis analisadas. Quando realizada apenas uma aplicação das rizobactérias (Figura 2A), observou-se que os maiores coeficientes de correlação foram entre massa seca total e massa seca de raízes ( $r = 0,94$ ), massa seca da parte aérea e massa seca de raízes ( $r = 0,91$ ), massa seca da parte aérea e área foliar ( $r = 0,81$ ) e massa seca total e área foliar ( $r = 0,81$ ). Nota-se ainda, que a variável comprimento de raízes foi a que menos se correlacionou com as demais quando realizada apenas uma aplicação das rizobactérias, existindo correlação apenas com o diâmetro do colo ( $r = 0,42$ ).



Significativo a 5% de probabilidade. O “X” sobre os valores indica que não há correlação significativa entre as variáveis. Em que: CPA = comprimento da parte aérea; DC = diâmetro do colo; NF = número de folhas; AF = área foliar; NFLOR = número de flores; CR = comprimento de raiz; MSR = massa seca de raízes; MSPA = massa seca da parte aérea; MST = massa seca total.

**Figura 2.** Matrizes de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas das mudas de tagetes. (*Tagetes erecta*) com uma aplicação (A) e duas aplicações (B) das rizobactérias *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus* e *Bacillus subtilis*. Jaboticabal, SP, 2023.

Quando realizadas duas aplicações das rizobactérias (Figura 1B), os maiores coeficientes foram observados entre a massa seca total e a massa seca da parte aérea ( $r = 1,00$ ), a área foliar, a massa seca da parte aérea e a massa seca total ( $r = 0,84$ ), a massa seca da parte aérea e o comprimento da parte aérea ( $r = 0,81$ ), a massa seca total e a massa seca de raízes ( $r = 0,81$ ) e entre a massa seca total e o comprimento da parte aérea ( $r = 0,80$ ). A variável que menos se correlacionou com as demais foi número de flores quando realizadas duas aplicações das rizobactérias.

## DISCUSSÃO

As rizobactérias não influenciaram a porcentagem de emergência, que foi, em média, de 38%, no entanto, as sementes emergiram mais rapidamente na presença das rizobactérias do gênero *Bacillus*, com destaque para as espécies *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* (Tabela 1). Campos et al. (2024) observaram que a inoculação de *B. amyloliquefaciens* foi eficiente na produção de mudas de ipê-amarelo, embora não tenha sido avaliada a influência na emergência das plântulas.

Estudos têm demonstrado a superioridade de rizobactérias do gênero *Bacillus*, em especial *B. subtilis*, na germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas. Silva et al. (2022), ao investigarem o efeito de *B. subtilis* na germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de melancia cv. Sugar Baby, observaram que, embora os microrganismos não tenham influenciado a porcentagem de germinação, promoveram uma germinação mais rápida das sementes.

Assim como para zínia, outras pesquisas também demonstraram que a aplicação de *B. subtilis* contribui para o aumento do crescimento e do desenvolvimento de mudas e de plantas de diversas espécies vegetais como milho - *Zea mays* L. (Guimarães et al. 2021), aveia branca - *Avena sativa* L. (Santos et al. 2021), melancia - *Citrullus lanatus* [Thunb.] Matsum & Nakai (Silva et al. 2022), açaizeiro - *Euterpe oleracea* Mart. (Campos et al. 2023), ipê-roxo - *Handroanthus impetiginosus* (Campos 2024) e ipê-amarelo (Campos et al. 2024).

Ainda, a aplicação de *B. subtilis* em *Arabidopsis thaliana* resultou no aumento da superfície radicular, na solubilização do fósforo e na maior disponibilidade de nitrogênio por meio da fixação biológica, promovendo uma rápida expressão de crescimento nas plantas (Oleńska et al. 2020). Também, mudas de trigo inoculadas com *B. subtilis* produziram grandes quantidades de exopolissacarídeos, o que elevou significativamente o potencial osmótico, o potencial hídrico e o conteúdo de clorofila. Esses efeitos contribuíram para maior crescimento

e desenvolvimento das plantas (Vocciante et al. 2022). Esses resultados reforçam a eficiência dessas rizobactérias como promotoras de crescimento em plantas.

No presente estudo, as mudas de zínia inoculadas com *B. subtilis* também apresentaram resultados benéficos na velocidade de emergência, assim como no crescimento e no desenvolvimento das plântulas, corroborando com os demais trabalhos mencionados

Maiores valores de área foliar e número de folhas indicam maior capacidade de absorção de luz solar, o que, por sua vez, está associado à melhor capacidade fotossintética das mudas. Esse aumento na capacidade fotossintética permite que o desenvolvimento dos demais órgãos seja mais acelerado (Taiz et al. 2017). Embora não tenha sido observada diferença significativa entre os tratamentos quanto ao número de folhas, as mudas inoculadas com *B. subtilis* apresentaram superioridade em relação à área foliar, o que se refletiu em outras características. Isso sugere que essa bactéria atuou de maneira mais eficiente no metabolismo vegetal (Ngalimat et al. 2021), resultando em plantas de maior qualidade e com maior número de flores (Tabela 1).

A inoculação de *Bacillus megaterium* em zínia resultou em médias inferiores para a maioria das características analisadas, no entanto, essa rizobactéria demonstrou eficácia quando associada a outras espécies vegetais, como o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Elkoca-05'), onde apresentou resultados satisfatórios em relação à fixação biológica de nitrogênio e nodulação (Oleńska et al. 2020). Além disso, os autores também observaram aumento no crescimento das plantas quando inoculadas com esse microrganismo.

O efeito insatisfatório observado na inoculação de *B. megaterium*, embora tenha apresentado efeito positivo para o feijoeiro (Oleńska et al. 2020), pode estar relacionado a diversos fatores como, limitação do recipiente utilizado, a temperatura que pode não ter sido ideal para o desenvolvimento dessa bactéria e, principalmente, uma possível falta de interação eficaz com a espécie vegetal, conforme observado por Campos et al. (2023) no crescimento e desenvolvimento de mudas de açaizeiro.

As possibilidades de interferência na vida microbiana são diversas e abrangentes. Fatores abióticos, como temperatura, disponibilidade de nutrientes, pH, salinidade, fontes de energia e presença de elementos tóxicos, assim como fatores bióticos, representados principalmente pela genética microbiana e pelas interações entre microrganismos, exercem influência significativa na sobrevivência e atividade dos microrganismos (Furtak e Galazka 2019; Cavalcante et al. 2022).

Além da interação preferencial entre as rizobactérias e a espécie vegetal, outro fator que pode ter influenciado a ação das bactérias no crescimento e desenvolvimento de zínia seria as

condições do ambiente relacionadas, principalmente à temperatura e à umidade relativa do ar no local. As condições do experimento de zínia (Figura 1) foram semelhantes às do estudo realizado por Campos et al. (2023) com mudas de açazeiro, onde observaram que, a rizobactéria que se destacou em promover o crescimento das mudas avaliadas também foi *B. subtilis*.

As rizobactérias têm se destacado no aumento do crescimento e desenvolvimento de várias espécies vegetais. Neste estudo, os resultados demonstraram que a bactéria *B. subtilis* foi eficaz em acelerar a emergência das mudas e em promover o crescimento, o desenvolvimento e a produção de flores de zínia de forma sustentável. A rizobactéria *B. amyloliquefaciens* também se mostrou eficiente para o crescimento e o desenvolvimento de zínia.

A correlação entre as variáveis biométricas e de produção de zínia apresentou associações significativas, das quais foi possível verificar correlações positivas, não sendo notada a presença de correlações negativas (Figura 1). No presente estudo, as associações positivas entre a massa seca da parte aérea, diâmetro do colo e área foliar é esperada, uma vez que essas variáveis são representadas pelas folhas e caule usados para a mensuração destas características (MSPA). Ainda, tanto com uma aplicação quanto com duas das rizobactérias, ocorreu associações entre a massa seca total e massa seca de raízes, indicando que essa variável (MSR) apresenta influência direta para o acúmulo de biomassa desta espécie, na qual, com a sua redução, há a diminuição na alocação de massa seca total das plantas de zínia.

Foi possível notar ainda que quando realizadas duas aplicações das rizobactérias (Figura 1B), a variável número de flores apresentou correlação positiva apenas entre o diâmetro do colo e área foliar, não existindo associação com as demais variáveis analisadas. Desse modo, pode inferir que estas duas variáveis (DC e AF) possuem associação direta com a produção de flores para esta espécie. Assim, com o aumento destas duas variáveis, haverá uma maior produção de flores por planta de zínia.

## CONCLUSÃO

As rizobactérias não afetam a porcentagem de emergência, no entanto, as plântulas de zínia emergem mais rapidamente quando inoculadas com as rizobactérias *Bacillus amyloliquefaciens* e *B. subtilis*. A rizobactéria *B. subtilis* proporciona maior crescimento, desenvolvimento e florescimento de zínia e não há necessidade de reaplicação durante o ciclo da planta.

## REFERÊNCIAS

Andre RGB, Garcia A (2015) Alguns aspectos climáticos do município de Jaboticabal – SP. *Nucleus* 12(2): 263-269.

Arnauteli S, Bamford NC, Stanley-Wall NR, Kovács ÁT (2021) *Bacillus subtilis* biofilm formation and social interactions. *Nature Reviews Microbiology* 19(9): 600-614.

Barbosa JC, Maldonado Júnior W (2015) AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos - versão 1.1.0.711.: UNESP, Jaboticabal, 396 pp.

Barry AL, Thornsberry C (1991) Susceptibility tests: diffusion test procedures. In: Balows A, Hausser WJ, Hermann KL, Isenberg HD, Shamody HJ (eds) *Manual of clinical microbiology*. American Society for Microbiology, Washington DC, 1117-1125.

Campos TS, Patricio MP, Vieira GR, Souza AMB, Santos CHB, Rigobelo EC, Pivetta KFL. (2023) Rhizobacteria in growth and quality of açaí seedlings. *Ornamental Horticulture* 29(2): 210-217. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v29i2.2596>

Campos TS (2024) Avanços tecnológicos na conservação de sementes e na produção de mudas de *Handroanthus* spp. PhD Thesis, Universidade Estadual Paulista – UNESP/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Jaboticabal, SP, Brasil.

Campos TS, Vieira GR, Souza AMB, Santos CHB, Rigobelo EC, Pivetta KFL. (2024) Rhizobacteria increase the growth and quality of *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC) Mattos seedlings. *Revista Árvore* 48: e4814. <https://dx.doi.org/10.53661/1806-9088202448263634>

Cassán F, Coniglio A, López G, Molina R, Nievas S, Carlan CLN, Donadio F, Torres D, Rosas S, Pedrosa FO, Souza E, Zorita M D, Bashan L, Mora V (2020) Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils* 56: 461-479.

Cavalcante FG, Chaves VG, Silva AO, Martins CM, Martins SCS (2022) Actinobactérias benéficas do solo: potencialidades de uso como promotores de crescimento vegetal. *Enciclopédia biosfera* 19(40): 15-35. [http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio\\_2022B2](http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio_2022B2)

Dias AS, Santos CC (2022) Bactérias promotoras de crescimento de plantas: conceitos e potencial de uso. *Pantanal, Nova Xavantina*, 98pp.

Dobrzyński J, Jakubowska Z, Dybek B (2022) Potential of *Bacillus pumilus* to directly promote plant growth. *Frontiers in Microbiology* 13:1069053.

Echenique DR, Aguilera Merlo C, Cruceño AM, Mattana CM, Satorres SE (2020) Effect of the administration of zinnia peruviana on nasal colonization and cutaneous infection by methicillin-resistant staphylococcus aureus in a model mouse. *Pharmacologyonline* 1:174-185.

Furtak K, Galazka A (2019) Edaphic factors and their influence on the microbiological biodiversity of the soil environment. *Advancements of Microbiology* 58(4): 375-385. <http://dx.doi.org/10.21307/PM-2019.58.4.375>

Gomaa AA-R, Samy MN, Yehia SY, Kamel MS (2019) A comprehensive review of phytoconstituents and biological activities of genus *Zinnia*. *Journal of Advanced Biomedical and Pharmaceutical Sciences* 2(1): 29-37.

Guimarães VF, Klein J, Silva ASL, Klein DK (2021) Eficiência de inoculante contendo *Bacillus megaterium* (B119) e *Bacillus subtilis* (B2084) para a cultura do milho, associado à fertilização fosfatada. *Research, Society and Development* 10(12): e431101220920. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20920>

Luo L, Zhao C, Wang E, Raza A, Yin C (2022) *Bacillus amyloliquefaciens* as an excellent agent for biofertilizer and biocontrol in agriculture: An overview for its mechanisms. *Microbiological Research* 259: 127016. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127016>

Nascimento FX, Hernández AG, Glick BR, Rossi MJ (2020) Plant growth-promoting activities and genomic analysis of the stress-resistant *Bacillus megaterium* STB1, a bacterium of agricultural and biotechnological interest. *Biotechnology Reports* 25: e00406. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00406>

Ngalimat MS, Yahaya RSR, Baharudin MMAA, Yaminudin SM, Karim M, Ahmad AS, Sabri S (2021) A review on the biotechnological applications of the operational group *Bacillus amyloliquefaciens*. *Microorganisms* 9(3): 614. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030614>

Oleńska E, Malek W, Wójcik M, Swiecicka I, Thijs S, Vangronsveld J (2020) Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: A methodical review. *Science of the Total Environment* 15(743): 140682. [10.1016/j.scitotenv.2020.140682](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140682)

Queiroz ATS, Oliveira BC (2023) Ação de microrganismos promotores do crescimento de plantas: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Psipro* 2(5): 98-112. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10020339>

Sahm DF, Washington II JA (1991) Antibacterial susceptibility tests: dilution methods. In: Balows A, Hausler WJ, Hermann KL, Isenberg HD, Tenover FC, Tenover FC (eds) *Manual of clinical microbiology*. American Society for Microbiology, Washington DC, 1105-1116.

Santos AF, Corrêa BO, Klein J, Bono JAM, Pereira LC, Guimarães VF, Ferreira MB (2021) Estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. *Research, Society and Development* 10(5): e53410515270. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15270>

Silva KRC, Sousa LAM, Silva FLS, Azevedo JLX, Silva IA, Pinto Junior FF, Silva BG, Andrade HAF, Doihara IP, Silva-Matos RRS (2022) *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* no crescimento inicial de melancia ‘SugarBaby’. *Research, Society and Development* 11(13): e96111335034. <http://dx.doi.org/10.33448/rsdv11i13.35034>

Taiz L, Zeiger E, Moller IM, Murphy A (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora, Porto Alegre, 858 pp.

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal Dados estação convencional 1, 2024. <https://www.fcav.unesp.br/#!/estacao-agroclimatologica/dados/estacao-convencional/>

Vocciante M, Grifoni M, Fusini D, Petruzzelli G, Franchi E (2022) The role of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in mitigating plant's environmental stresses. *Applied Sciences* 12(3): 1231. <https://doi.org/10.3390/app12031231>

Zulfiqar F, Moosa A, Ferrante A, Darras A, Ahmed T, Jalil S, Al-Ashkar I, El Sabagh A (2023) Melatonin seed priming improves growth and physio-biochemical aspects of *Zinnia elegans* under salt stress. *Scientia Horticulturae* 323:112495. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112495>