

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO – UNISAGRADO

LEONARDO MONTEIRO ROCHA

REMINERALIZAÇÃO DE FÓSFORO

BAURU

2024

LEONARDO MONTEIRO ROCHA

REMINERALIZAÇÃO DE FÓSFORO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenheiro Agrônomo - Centro Universitário Sagrado Coração.

Leonardo Monteiro Rocha

Orientador: Prof. Dr. Emmanuel Zullo Godinho

BAURU

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

R672r	<p>Rocha, Leonardo Monteiro</p> <p>Remineralização de fósforo / Leonardo Monteiro Rocha. -- 2023. 20f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Emmanuel Zullo Godinho</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. <i>Zea mays</i>. 2. <i>Pseudomonas fluorescens</i>. 3. Componentes de produção. 4. Produtividade. I. Godinho, Emmanuel Zullo. II. Título.</p>
-------	--

LEONARDO MONTEIRO ROCHA

REMINERALIZAÇÃO DE FÓSFORO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Agrônômica
- Centro Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: 02/12/2024.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Emmanuel Zullo Godinho (Orientador)
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof. Dr. Érika Cristina Souza da Silva Correia (Coordenadora)
Centro Universitário Sagrado Coração

Márcio Aparecido Müller
Escola Atílio Innocenti / São Manuel

Dedico este trabalho aos meus pais, com carinho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela graça da vida, pelas oportunidades concebidas, por me dar forças para enfrentar meus desafios e se tornar uma pessoa melhor, e ter me concedido saúde e força e coragem para chegar até aqui.

A minha esposa, Andressa dos Santos Beraldo Rocha e ao meu filho Gael Henrique Monteiro Rocha, pelo apoio e compreensão e paciência nessa jornada e sempre confiar em mim.

A minha mãe Rosangela de Jesus Monteiro Rocha, meu Pai Carlos Adão Firmino Rocha, por me guiar e educar com muito amor e sacrifício.

Aos meus irmãos Renan Monteiro Rocha e Gabriel Henrique Monteiro Rocha, por me apoiarem nessa realização e fazerem parte desse momento.

Ao meu primo Mateus Gonçalves Monteiro, por todos os momentos grandes alegria, companheirismo vividos pessoal, profissional e acadêmico, o apoio e as conquistas nessa jornada.

A minha amiga Lucimara de Oliveira pelos conselhos e enorme paciência em me aconselhar e acreditar que eu podia desfrutar das melhores oportunidades da vida.

Ao meu amigo Norival. Nicolielo, por ser um grande exemplo de profissional pela confiança e apoio e experiências na prática para essa realização.

À empresa Agropecuária Figueira e sua equipe, da qual faço parte, pela oportunidade de aprendizado ao longo destes 9 anos. Sou grato pelos ensinamentos adquiridos e pelo auxílio nesta jornada acadêmica e profissional.

A professora Dra. Érika Cristina Souza da Silva Correia, pela oportunidade de estudo, me proporcionando grande aprendizagem, momentos memoráveis e condições para finalizar minha graduação.

Ao professor Dr. Emmanuel Zullo Godinho, pelo aprendizado passado, pela orientação profissional e por ser um grande exemplo de professor e profissional e por aceitar esse trabalho em fase final.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para minha formação, o meu sincero agradecimento.

Muito obrigado!

“Um trabalho científico é uma aventura, [...] é uma forma de exploração que nos leva a descobertas” (GIBALDI, 1999, p. 3).

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIE - Altura de Inserção de Espiga

C/N - Relação Carbono/Nitrogênio

CM - Cultivo Mínimo

DC - Diâmetro de Colmo

F/E - Fileiras por Espiga

G/E - Grãos por Espiga

GDU – Unidade de Grau de Crescimento

Há - Hectare

P - Fosforo

PC - Plantio Convencional

PH - Potencial Hidrogeniônico

PD - Plantio Direto

PMG - Peso de Mil Grãos

RG - Rendimento de Grãos

SC - Sacas

UM - Umidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	MATERIAL E METODOS	13
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4	CONCLUSÃO	18
	REFERENCIAS	19

REMINERALIZAÇÃO DE FOSFORO

Leonardo Monteiro Rocha (a)¹

¹Graduando em Engenharia Agrônômica pelo Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
monteirorocha.leonardo@gmail.com

RESUMO

Para avaliar o desempenho agrônômico da cultura do milho (*Zea mays*) de segunda safra submetido à aplicação via jato dirigido em sulco com *Pseudomonas fluorescens*, um experimento em campo foi conduzido utilizando-se a cultivar de milho híbrido P3889R cultivada em Latossolo Vermelho eutroférico. Foram testados cinco tratamentos sob o delineamento em blocos a acaso, com 4 blocos com 5 níveis de inoculante à base de *P. fluorescens* (com e sem) em quadruplicata. Foram avaliadas as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de grãos do milho. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey $p < 0,05$. A inoculação com *Pseudomonas fluorescens*, favorece o desenvolvimento e o desempenho produtivo do milho. Os resultados indicaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos analisados, com todos os *p*-valores superiores a 0,05. Mesmo não apresentando diferença significativa entre os tratamentos, o presente trabalho demonstrou que a combinação da aplicação da bactéria *Pseudomonas fluorescens*, via sulco de plantio proporcionou a maior absorção de P no T3, com um resultado quantitativo em média de 187 sc ha⁻¹ igual a 11.220 kg ha⁻¹. Estes aumentos podem estar associados à colonização da *P*.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Pseudomonas fluorescens*, componentes de produção, produtividade.

ABSTRACT

To evaluate the agronomic performance of second-season maize (*Zea mays*) subjected to furrow-applied directed spray of *Pseudomonas fluorescens*, a field experiment was conducted using the P3889R hybrid maize cultivar grown in eutrophic Red Latosol soil. Five treatments were tested in a randomized block design with four blocks and five levels of *P. fluorescens*-based inoculant (with and without) in quadruplicate. Phytometric characteristics, yield components, and grain productivity were assessed. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using Tukey's test ($p < 0.05$). Inoculation with *Pseudomonas fluorescens* promoted maize growth and productive performance. The results indicated no significant difference between treatments, as all *p-values* were greater than 0.05. Although there was no significant difference among treatments, the study showed that combining bacterial application of *Pseudomonas fluorescens* through furrow planting led to the highest phosphorus uptake in treatment T3, with an average quantitative yield of 187 bags per hectare, equivalent to 11,220 kg/ha. These increases may be associated with the colonization by *Pseudomonas fluorescens*.

Keywords: *Zea mays*, *Pseudomonas fluorescens*, production components, productivity.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária Do Brasil – CNA (2016), o milho (*Zea mays* L.) é a segunda maior cultura de grãos de importância na produção agrícola no Brasil, sendo superado apenas pela soja. Em 2021, a produção mundial do cereal superou 1,2 bilhão de toneladas. O Brasil ocupou a terceira posição na produção mundial de milho, com 105 milhões de toneladas (8,5% do total), ficando em primeiro e segundo lugar Estados Unidos e China, respectivamente (Aragão & Contini, 2022). Já na safra de 2023/2024, a Companhia Nacional de Abastecimento - Conab (2023) estima uma produção de 118,53 milhões de toneladas.

O milho é uma espécie que pertence à família Poaceae, com origem no teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana (*Zea mays ssp. mexicana* (Schrader) Iltis, há mais de 8000 anos e que é cultivada em muitas partes do mundo, portanto apresenta grande importância econômica (PATERNIANI; CAMPOS, 2005). Apresentando maior incremento em seu potencial produtivo na segunda metade do século XX, expressando ganhos em produtividade de 1,0% a 1,5% por ano, em nível mundial (SLAFFER; OTEGUI, 2000).

Os nutrientes mais exigidos pelo milho são o nitrogênio e o potássio, vindo em seguida o fósforo, o cálcio e o magnésio (CARETTA, 2003; SOUSA et al., 2010). Para que essa cultura obtenha altos resultados em seu desenvolvimento e crescimento é necessário a interação de um conjunto de fatores, dentre os quais à água, temperatura e radiação solar para obter o máximo seu potencial genético (CRUZ et al., 2008).

Principalmente nesta cultura, os nutrientes têm diferentes taxas de translocação entre os tecidos (colmos, folhas e grãos) e no que se refere à exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77 a 86 %), seguindo-se o nitrogênio (70 a 77 %), o enxofre (60 %), o magnésio (47 a 69 %), o potássio (26 a 43 %) e o cálcio (3 a 7 %), isso implica que a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada (EMBRAPA, 2013).

De maneira geral, o fósforo é o nutriente que mais limita a produção no Cerrado brasileiro (BENITES, 2015). Esse é um dos motivos pelo qual é necessário adubar com fósforo em doses maiores do que a planta necessita, pois parte dele ficará indisponível para absorção (SOUSA & LOBATO, 2004). A disponibilidade de fósforo pelas plantas aumenta quando o pH do solo se encontra entre 6 a 6,5 (MALAVOLTA, 1979; FAQUIN, 2005). É fundamental, no

entanto, determinar a relação entre o teor de nutriente no solo e o rendimento da cultura, para estabelecer o nível crítico de P no solo, a fim de que sua aplicação não seja feita sem necessidade (MALAVOLTA & GOMES, 1962).

Algumas características dos adubos fosfatados, como solubilidade, teor, granulometria e elementos acompanhantes do fósforo, determinam o maior ou menor aproveitamento do nutriente pelas plantas (ALCARDE et al., 1989). A utilização adequada de adubos fosfatados requer conhecimentos da dinâmica do fósforo e de suas interações com o solo, bem como a determinação do teor disponível do elemento, objetivando diagnosticar as deficiências nutricionais das plantas e, conseqüentemente, indicar as práticas necessárias para corrigi-las, visando o máximo de rendimento agrícola (MARTINEZ & HAAG, 1980).

Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos (EMBRAPA, 2006). O manejo da fertilidade do solo é uma prática fundamental para alcançar altos rendimentos nos sistemas de produção porque os solos brasileiros são altamente intemperizados e pobres em fósforo (P) (NOVAIS & SMYTH, 1999).

No entanto, a eficácia do uso de extrações para avaliar a biodisponibilidade de P tem sido questionada por que muitas vezes pode não representar as reais condições de fertilidade do P em muitas situações de solo e manejo (SILVA; RAIJ, 1999). Bactérias, fungos e actinomicetes, estão envolvidos no processo de solubilização e mineralização do P no solo, desempenhando papéis fundamentais no ciclo biogeoquímico desse elemento (PAUL & CLARK, 1997. RICHARDSON, 2001). Associações com micorrizas são benéficas para as plantas, aumentando a absorção de P (FERNANDES et al. 1999).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi aplicar a bactéria *Pseudomonas fluorescens* na solubilização de mineralização do P no solo com intuito de aumento de produtividade do milho.

2 MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Figueira, Latitude 22°16'5.34"S Longitude 48°46'57.91"O e 450 m de altitude. Sendo caracterizado pela classificação de Köppen como clima Subtropical (Cfa).

O sistema utilizado no solo é o método de Sistema de Plantio Direto SPD, onde teve uma aplicação de calcário dolomítico na dosagem de 1,7 ton ha⁻¹ e gesso 1,0 ton ha⁻¹, a partir da interpretação dos resultados da análise química do solo, seguindo as recomendações do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC o Boletim 100 (2022).

A variedade de milho estudada foi a P3889R são procedentes da Pioneer Sementes. Material de ciclo precoce, dupla aptidão para grão e silagem, altura da planta 2,65 metros, altura da espiga 1,35 metros, tipo de grão semidentado amarelo, GDU florescimento 854, GDU maturidade fisiológica 1593. Tolerante as doenças de Ferrugem polissora, Mancha branca, Mancha Turcicum, Cercosporiose, Enfezamentos. O posicionamento técnico para a época de plantio de 65 mil plantas ha⁻¹.

O método da pesquisa é baseado aplicação em jato dirigido no sulco de plantio da bactéria Cepas: *Azospirillum brasilense* - Cepas Ab-V5 e Ab-V6 (UFPR), concentração bacteriana: 2,0 x 10⁸ UFC mL⁻¹ (Unidades Formadoras de Colônias), e a *Pseudomonas fluorescens* - BR 14810 concentração bacteriana: 2,0 x 10⁸ UFC mL⁻¹ (UFC: Unidades formadoras de colônias), para remineralização de Fósforo P.

O modelo na utilização da pesquisa é do delineamento de bloco a acaso, com 4 blocos e 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos T1 – Testemunha, T2 – *Azospirillum*, T3 – *Pseudomonas fluorescens*, T4 – *Azospirillum* + *Pseudomonas fluorescens* dose de bula, T5 – *Azospirillum* + *Pseudomonas fluorescens* meia de bula, Produtos da empresa Microquímica Tradecorp, nas dosagens de T0 = 0, T1 a T4 = 200 mL ha⁻¹ e T5 = 100 mL ha⁻¹, aplicados com Bomba manual costal em jato dirigido no sulco de plantio.

O milho foi semeado no dia 30/03/2023, com plantadeira case Easy Riser com 14 linhas, onde foi desligado o sistema de distribuição das linhas números 1; 7; 8 e 14 para fazer as divisões dos blocos para cada tratamento, área de 250 m² foi dividida em 20 blocos com 12,5 m² cada. O plantio foi realizado, com 0,5 m entre linhas e 0,307 entre plantas, totalizando 3,25 plantas por metro linear, totalizando 81,25 sementes por repetição.

A população recomendada para essa semente de milho é de 65 mil plantas ha⁻¹. Realizado o sistema santa fé da EMBRAPA o consorcio *Urochloa ruziziensis* com milho safrinha, aplicação simultânea na semeadura do milho e realizada a lanço com implemento da IKEDA na dosagem de 7,0 kg ha⁻¹, foi realizado uma aplicação a lanço do fertilizante Potásil® em pré-plantio na dosagem 1,0 ton ha⁻¹, já no plantio foi realizado uma adubação com o fertilizante 08-28-16 NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) na dosagem de 350 kg ha⁻¹ e, em cobertura 300 kg ha⁻¹ de uréia.

Nesse trabalho foi avaliado o desenvolvimento da cultura do milho, análise morfológica foi observada logo abaixo da inserção da primeira espiga e o tamanho de planta foi considerado do colo da planta ao ponto exato do início do pendão, essas análises foram feitas assim que os tratamentos alcançaram o ponto de colheita para produção de grãos. Após as análises

morfológicas efetuadas em campo os foram coletadas 500 espigas de milho grão, a colheita feita manualmente e aleatória e separadas de acordo com tratamento e que estavam localizadas, materiais foram levados ao laboratório, onde foram feitas as seguintes análises: quantidade de espiga e peso de grãos produzidos e produção em sacas de 60 kg ha⁻¹. Foram utilizados balança digital e fita métrica no caso das análises de campo.

A colheita é um momento crítico na produção, um aspecto fundamental na manutenção da qualidade fisiológica dos grãos é o ponto ótimo de colheita, acompanhada direto no campo. As espigas de milho foram colhidas de forma manual para que se evitem danos mecânicos durante o processo. A colheita deve ser realizada no momento adequado, que ocorre normalmente quando o conteúdo de água dos grãos atinge valores entre 35% e 25%, no processo natural de secagem a campo. Essas premissas são utilizadas, pois o retardamento de colheita resultará em reduções na qualidade e no aumento nos índices de infecção dos grãos por fungos de campo.

Foi aplicado um teste estatístico de análise descritiva, posterior será realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade pela análise de variância ANOVA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados após a aplicação dos tratamentos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados de quantificação e peso de espiga, Peso em umidade e Produtividade final

Tratamentos	QE	PE (g)	Peso UM (%)	Prod. (sc ha ⁻¹)
T1	27,6 ^a	146,0 ^a	4027 ^a	156 ^a
T2	27,4 ^a	173,0 ^a	4704 ^a	184 ^a
T3	29,0^a	175,0^a	5018^a	187^a
T4	24,3 ^a	157,0 ^a	3766 ^a	168 ^a
T5	26,6 ^a	171,0 ^a	4557 ^a	183 ^a
Média	26,88	164,4	4414,4	175,6
CV (%)	15,04	9,27	18,83	9,53
p-valor	0,625	0,096	0,255	0,096

Legenda: T1: testemunha; T2: *Azospirillum*; T3: *Pseudomonas fluorescens*; T4: *Azospirillum* + *Pseudomonas fluorescens* dose de bula; T5: *Azospirillum* + *Pseudomonas fluorescens*; QE: quantificação de espiga; PE: peso de espiga, em gramas; Peso UM (%): Umidade, em porcentagem; Prod.: produtividade, em sc ha⁻¹.

Letras iguais não diferem entre si nos tratamentos a 5% probabilidade aplicados ao teste de Tukey.

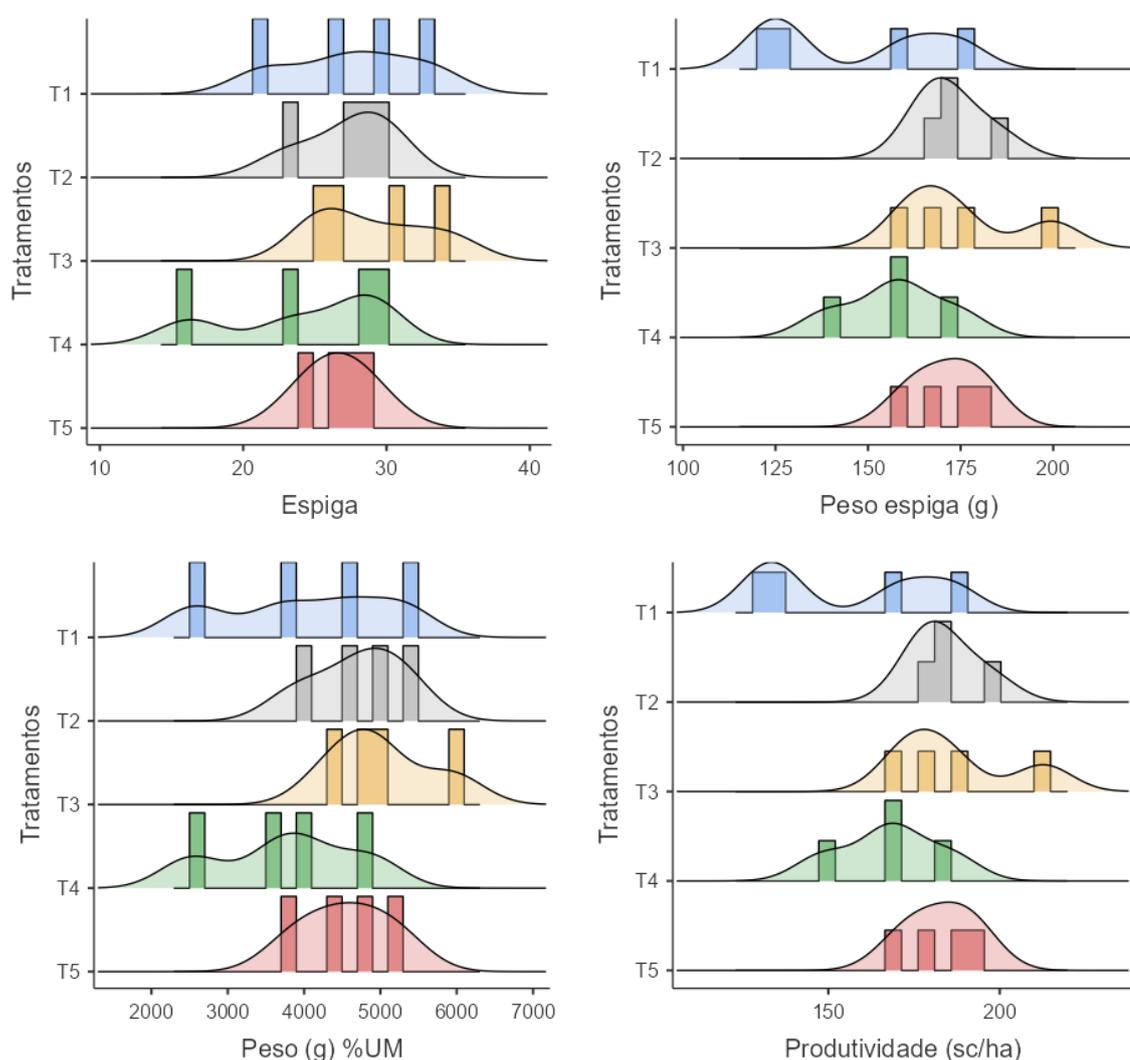
Os resultados apresentados na Tabela 1 indicam que não houve diferença significativa entre todos os tratamentos analisados, com os *p-valores* superiores a 0,05. Isso sugere que as variáveis testadas não apresentaram variações estatisticamente significativas sob as condições experimentais adotadas.

Essa ausência de diferença significativa a um nível de 5% de probabilidade está em conformidade com estudos anteriores, como o de Silva e Ferreira (2019), que também observaram *p-valores* superiores a 0,05 ao avaliar a resposta do milho a diferentes fontes de fósforo, indicando uma estabilidade nas respostas das culturas em função dos tratamentos aplicados. Segundo os autores, esses resultados podem ser atribuídos à alta capacidade de adaptação da cultura do milho às variações nas fontes de nutrientes, especialmente em solos previamente condicionados.

Mesmo que apresentado na Tabela 1 a não diferença estatística entre os tratamentos, os resultados demonstraram uma combinação da aplicação da bactéria *Pseudomonas fluorescens* via sulco de plantio proporcionando maior absorção de P no T3, onde obteve melhor resultado quantitativo no campo com uma média de 187 sc ha⁻¹ igual a 11.220 kg ha⁻¹. Estes aumentos podem estar associados à colonização da *P. fluorescens* na rizosfera das plantas de milho (CHABOT et al.,1998). Assim, as micorrizas podem aumentar a eficiência de absorção de P pelas plantas e, com isso, melhorar a eficiência de aproveitamento de fertilizantes fosfatados (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SMITH; READ, 2010). Esse efeito é atribuído à produção microbiana de estímulos de crescimento hormonais vegetais ou reguladores do crescimento vegetal (CATTELAN; HARTEL, 2000).

Os gráficos de histogramas com densidade, apresentados na Figura 1 corroboram os resultados estatísticos previamente discutidos. Esses gráficos demonstram a distribuição das variáveis em estudo para cada tratamento, evidenciando a sobreposição das curvas de densidade, o que visualmente reforça a ausência de diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos aplicados no milho.

Figura 1. Análise gráfica das respostas da cultura do milho aos diferentes tratamentos aplicados no solo



Legenda: T1: testemunha; T2: *Azospirillum*; T3: *Pseudomonas fluorescens*; T4: *Azospirillum* + *Pseudomonas fluorescens* dose de bula; T5: *Azospirillum* + *Pseudomonas fluorescens*; QE: quantificação de espiga; PE: peso de espiga, em gramas; Peso UM (%): Umidade, em porcentagem; Prod.: produtividade, em sc ha^{-1} .

Fonte: Própria autoria

O histograma representa a distribuição de frequência dos dados de interesse, como a aplicação de bactérias em resposta a remineralização do P na produção do milho, já a curva de densidade suaviza e apresenta a distribuição do histograma, fornecendo uma visão contínua das probabilidades relativas. Ela ajuda a entender melhor a tendência central, a dispersão e a presença de possíveis assimetrias ou picos (SILVERMAN, 1986).

Observando a densidade dos gráficos apresentados na Figura 1, as respostas das aplicações de bactérias apresentaram modelos simétricos e convergiram para uma resposta que centralizaram os dados em torno da média e do desvio-padrão, reforçando esta resposta, Bashan

et al. (2014) destacaram que a variabilidade na resposta à inoculação pode ser resultado de fatores como a compatibilidade entre a bactéria e a planta, a disponibilidade de nutrientes e as condições ambientais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a aplicação da *Pseudomonas fluorescens* no cultivo de milho, avaliando seu potencial para melhorar o desenvolvimento da planta, além de contribuir para ter uma planta sadia e auxiliar na proteção. Os resultados obtidos demonstraram que a inoculação com *Pseudomonas fluorescens* promoveu o crescimento do milho, e obteve no tratamento incremento de 3 sacas ha⁻¹ na produção, evidenciando o papel da bactéria na fixação de nutrientes e produção de compostos bioativos, como sideróforos e fito-hormônios.

REFERENCIAS

- ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo, Associação Nacional de Difusão de Adubos (ANDA), 1989. 35p. (Boletim Técnico, 3)
- ARAGÃO, A.; CONTINI, E. **O agro no Brasil e no mundo: um panorama do período de 2000 a 2021**. Brasília: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/26187851/O+agro+no+Brasil+e+no+mundo/098fc6c1-a4b4-7150-fad7-aaa026c94a40>. Acesso em: 10 maio 2024.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E.; PRABHU, S. R.; HERNANDEZ, J. P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998–2013). **Plant and Soil**, v. 378, n. 1, p. 1-33, 2014.
- BENITES, V. M. A. **Importância da pesquisa na avaliação da eficiência das tecnologias em fertilizantes fosfatados no Brasil**. Boletim Informativo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 40, p. 36-38, 2015.
- CARETTA, C.A. et al. **Produtividade de grãos de milho com doses de nitrogênio e potássio sob irrigação**, 2003. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/LINKS%20DO%20CBS%202003/CBCS2003%20EM%20P/DF/05.pdf>. Acessado em: 17 junho 2024
- CATTELAN, A. J.; HARTEL, P. G. Traits associated with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). **In: Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, (2000) – Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.
- CHABOT, R. et al. Effect of phosphorus on root colonization and growth promotion of maize by bioluminescent mutants of phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 30, n. 12, p. 1615-1618, 1998.
- CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P; GARCIA, J. C.; DUARTE, J. de **O. Cultivo do milho: cultivares. Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de Produção, 1 - Versão Eletrônica - 4. ed. 2008. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_4ed/manejo_milho.htm. Acesso em: 17 junho 2024
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. FAEPE, p186, 2005.
- FERNANDES, F. A.; CERRI, C. C.; FERNANDES, A. H. B. M. Alterações na matéria orgânica de um Podzol Hidromórfico pelo uso com pastagens cultivadas no Pantanal Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1943-1951, 1999.
- MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo (SP), 1979. 256p
- MALAVOLTA, E; GOMES, F. P. **Foliar diagnosis in Brazil**. In: Reuther, W. (Ed.) Plant analysis and fertilizer problems, Washington: American Institute Biological Science, 1962. p. 232-245
- MARTINEZ, H. E. P.; HAAG, H. P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Stapt) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickert, *Digitaria decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Staf., *Melinis minutiflora* Pal de Beauv., *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum purpureum* Schum. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 37, n. 1, p. 913-977, 1980.

- MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. 1999. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 399p.
- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. **Melhoramento do milho**. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p. 491-552
- PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1996. 340 p.
- RICHARDSON, A. E. Prospects for using soli microorganisms to improve the acquisition of phosphous by plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 28, p. 897-906, 2001.
- SILVA, F. C.; RAIJ, B. V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.34, p.267-288, 1999.
- SILVA, J. F.; FERREIRA, M. C. Efeitos de fontes alternativas de fósforo na produtividade do milho em solos tropicais. **Revista de Agricultura Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 201-210, 2019.
- SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. Chapman and Hall/CRC, 1986.
- SLAFFER, G.A.; OTEGUI, M. **Is there a niche for physiology in future genetic improvement of maize yields?** In: SLAFFER, G.A.; OTEGUI (Eds.). **Physiological bases for maize improvement**. New York: Haworth Press, 2000. cap.1, p.1-14.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Embrapa Informação Tecnológica, p416, 2004
- SOUSA, G. G. et al. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1143-1151, 2010.