



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA - CCCh
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA



HENRIQUE SIMÕES CAVALCANTE

PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE 'P3858PWU' INOCULADO COM *Bacillus licheniformis* E *Bacillus amyloliquefaciens* NO CERRADO MARANHENSE

CHAPADINHA - MARANHÃO - BRASIL

dezembro de 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA - CCCh
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA



HENRIQUE SIMÕES CAVALCANTE

PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE 'P3858PWU' INOCULADO COM *Bacillus licheniformis* E *Bacillus amyloliquefaciens* NO CERRADO MARANHENSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências de Chapadina da Universidade Federal do Maranhão, como parte das requisições para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

CHAPADINHA - MARANHÃO - BRASIL

dezembro de 2022

HENRIQUE SIMÕES CAVALCANTE

PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE ‘P3858PWU’ INOCULADO COM *Bacillus licheniformis* E *Bacillus amyloliquefaciens* NO CERRADO MARANHENSE

Aprovado em 05/12/2022

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão, como parte das requisições para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos (Orientadora)
(Profa. /CCCh Agronomia - UFMA)

Profa. Dra. Mariléia Barros Furtado
(Profa. /CCCh Agronomia - UFMA)

Mestra Hosana Aguiar Freitas de Andrade
(Doutoranda em Agronomia - PPGA/UFPI)

CHAPADINHA - MARANHÃO - BRASIL

dezembro de 2022

FICHA CARTOGRÁFICA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Cavalcante, Henrique Simoes.

Produção de milho-verde P3858PWU inoculado com *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens* no Cerrado Maranhense / Henrique Simoes Cavalcante. - 2022.

50 f.

Orientador(a): Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos.

Monografia (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2022.

1. Agricultura sustentável. 2. Bioinsumo. 3. Rizobactérias. 4. *Zea mays* L. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer à Deus por me abençoar e me dá forças para conseguir realizar meus objetivos. Obrigado Pai!

Aos meus pais, Oridete Gomes Simões e Valdeir Bizerra Cavalcante, que sempre me deram todo o apoio e motivação para me ver realizado.

Aos meus irmãos, Patrícia Simões Cavalcante, Jorge Simões Cavalcante e Vitória da Conceição Silva, que não mediram esforços para poder me ajudar.

À minha namorada, Raquel Mendes Sousa, que sempre estar me apoiando e motivando para conseguir conquistar os meus objetivos.

Aos meus amigos que a UFMA me deu, em especial ao Hermeson Gomes, Everson Amaral, Jordean Costa, Valéria Ervin e Saymon que sempre estiveram ao meu lado independentemente da situação. Destaco ainda a grande influência do Everson Amaral na formação da minha carreira profissional.

À Universidade Federal do Maranhão.

À Fazenda Unha-de-Gato, em especial ao seu César Pedro, Sidneo “Garrincha” e a dona Marines, e todos os seus colaboradores. Gratidão por ter abertos as portas da fazenda para mim, o que teve uma grande contribuição na minha formação profissional.

Aos componentes dos grupos de pesquisas BIOIMA, FLORIMA e FRUTIMA, em especial ao Caio, Jorge Fernando, Nagila, João Lucas, Luiz Aberto e Shafira. Agradeço a todos pela grande contribuição que deixaram neste trabalho e na minha vida.

À minha orientadora, Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, que nunca mediu esforços para me ajudar e sempre me apresentou o melhor caminho rumo a evolução.

A todos meus professores da UFMA/CCCh pela grande contribuição que me deram durante minha vida acadêmica. Meu grato respeito a todos.

Aos meus professores do ensino médio, em especial ao professor Márcio, Audisney e as professoras Ana Clara e Aldenise por acreditar no meu potencial e sempre me motivar. Ressalto aqui ainda meus sinceros agradecimentos a esposa do professor Márcio, professora Laurita Sousa, pela grande contribuição que fez na minha vida acadêmica.

A todos meus amigos da minha cidade.

Obrigado a todos!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos formulados a base de <i>Bacillus licheniformis</i> (BL) e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (BA) e suas respectivas doses de inoculação. Mata-Roma – MA, 2022.	22
Tabela 2. Atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm da área experimental. Mata-Roma – MA, 2022.....	24
Tabela 3. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses na altura de planta (AP) nas avaliações de 15, 25, 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.	27
Tabela 4. Médias da variável altura de planta (AP) obtidos nas avaliações de 15, 25 e 35 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.....	28
Tabela 5. Médias da variável altura de planta (AP) obtidos nas avaliações de 45, 55 e 65 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.....	29
Tabela 6. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses no diâmetro do colmo (DC) nas avaliações de 15, 25, 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.	30
Tabela 7. Médias da variável diâmetro do colmo obtidos nas avaliações de 15, 35, 45 e 65 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.....	31
Tabela 8. Médias da variável diâmetro do colmo obtidos nas avaliações de 25 e 55 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.....	32
Tabela 9. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses para o índice de clorofila total (ICT) nas avaliações de 15, 25, 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.	33
Tabela 10. Médias da variável índice de clorofila total obtidos na avaliação de 15 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.....	33
Tabela 11. Médias da variável índice de clorofila total obtidos na avaliação de 25, 35, 45, 55 e 65 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.	35

Tabela 12. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses no volume (VSR), comprimento (CSR), massa fresca (MFSR) e seca (MSSR) do sistema do radicular do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.	37
Tabela 13. Médias da variável massa seca do sistema radicular (MSSR) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.	37
Tabela 14. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses na massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.	38
Tabela 15. Médias das variáveis massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.....	39
Tabela 16. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses no comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), quantidade de grãos por fileira (QGF), quantidade de fileiras de grão por espiga (QFE), produtividade de espigas empalhadas (PEE) e produtividade de espigas desempalhadas (PED) do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.	40
Tabela 17. Médias das variáveis comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), quantidade de grãos por fileira (QGF) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.	41
Tabela 18. Médias da variável produtividade de espigas empalhadas (PEE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de <i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> . Mata-Roma – MA, 2022.	42

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa de localização do Brasil e Maranhão (A), Mesorregiões do Maranhão, com destaque para o Leste Maranhense (B), Microrregião de Chapadinha (C) e o município de Mata-Roma mais a área experimental (D). Mata-Roma – MA, 2022..... 20
- Figura 2.** Dados climatológicos de temperatura e precipitação coletados durante a condução do experimento. Fonte: INMET (2022), juntamente com dados da própria fazenda. Mata-Roma – MA, 2022..... 21
- Figura 3.** Representação da disposição dos tratamentos nos blocos, parcelas e suas respectivas dimensões de acordo com a passada da plantadeira. Mata-Roma – MA, 2022. 23

RESUMO

O milho-verde é amplamente cultivado por pequenos e médios produtores, sendo comercializado num mercado extremamente promissor, onde a espiga *in natura* apresenta alto valor agregado e uma grande demanda. Este trabalho teve por finalidade avaliar o crescimento e produtividade do milho-verde cv. P3858PWU inoculado com *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens* nas condições edafoclimáticas do Cerrado Maranhense. O experimento foi instalado em Mata-Roma, município do estado do Maranhão com delineamento em faixas, em esquema fatorial (3x3+1), totalizando 10 tratamentos. Os tratamentos corresponderam à inoculação em sementes do milho-verde de duas bactérias (*Bacillus licheniformis* (BL) e *Bacillus amyloliquefaciens* (BA) e mais uma coinoculação de ambas as bactérias (BL+BA), além de três doses do inoculante (100, 200, 300 ml kg⁻¹ de inoculação por sementes) somado a mais um tratamento testemunha. Foram analisados parâmetros da parte aérea, sistema radicular e da produtividade do milho-verde. Foi observado efeitos significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), índice de clorofila total (ICT), massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA); comprimento (CE) e diâmetro de espiga (DE), quantidade de grãos por fileira (QGF) e produtividade de espigas empalhadas (PEE). A coinoculação (*B. licheniformis* + *B. amyloliquefaciens*) na dose de 200 ml.kg⁻¹ de sementes apresentou a melhor performance sobre o crescimento e produtividade do milho-verde cv. P3858PWU. Dessa forma, as bactérias promotoras de crescimento, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*, apresentaram como uma alternativa promissora aos produtores de milho-verde no Cerrado Maranhense que buscam a sustentabilidade agrícola dos sistemas produção.

Palavras-chave: agricultura sustentável; bioinsumo; rizobactérias; *Zea mays* L.

ABSTRACT

Green corn is widely cultivated by small and medium-sized producers, being sold in an extremely promising market, where the cob in natura has high added value and great demand. This work aimed to evaluate the growth and productivity of green corn cv. P3858PWU inoculated with *Bacillus licheniformis* and *Bacillus amyloliquefaciens* in edaphoclimatic conditions of Cerrado Maranhense. The experiment was installed in Mata-Roma, in the state of Maranhão, in a striped design, in a factorial scheme (3x3+1), totaling 10 treatments. The treatments corresponded to the inoculation of two bacteria (*Bacillus licheniformis* (BL) and *Bacillus amyloliquefaciens* (BA) in green corn seeds, plus one coinoculation of both bacteria (BL+BA), in addition to three inoculant doses (100, 200, 300 ml kg⁻¹ inoculation per seed) added to one more control treatment. Parameters of the aerial part, root system and yield of green corn were analyzed. Significant effects were observed (p<0.01 and p<0.05) for the variables plant height (PH), stem diameter (SD), total chlorophyll index (TCI), fresh matter (FMPA) and plant dry mass. aerial part (DMPA); ear length (EL) and ear diameter (ED), number of grains per row (NGR) and straw ear yield (SEY). Coinoculation (*B. licheniformis* + *B. amyloliquefaciens*) at a dose of 200 ml.kg⁻¹ of seeds showed the best performance in terms of growth and yield of green corn cv. P3858PWU. Thus, the growth-promoting bacteria, *Bacillus licheniformis* and *Bacillus amyloliquefaciens*, are presented as a promising alternative for producers of green corn from Cerrado Maranhense who seek agricultural sustainability of production systems.

Keywords: sustainable agriculture; bioinput; rhizobacteria; *Zea mays* L.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1	Aspectos gerais do milho	15
3.2	Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs)	16
3.3	Gênero <i>Bacillus</i>	17
3.3.1	<i>Bacillus licheniformis</i>	18
3.3.2	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1	Localização e clima	19
4.2	Delineamento e tratamentos	21
4.3	Preparo do solo, semeadura e adubação.....	23
4.4	Controle fitossanitário	24
4.5	Avaliações das variáveis-repostas.....	24
4.5.1	Análise biométrica e da biomassa	24
4.5.2	Análise de produtividade	25
4.5.3	Análise estatística.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1	Altura de planta	26
5.2	Diâmetro do colmo.....	30
5.3	Índice de clorofila total.....	33
5.4	Sistema radicular	36
5.5	Biomassa da parte aérea.....	38
5.6	Produção do milho-verde	39

6 CONCLUSÕES.....43
REFERÊNCIAS44

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo, apresenta grande importância no cenário mundial por integrar de forma direta, tanto na alimentação animal como na humana. (USDA, 2022). Na alimentação animal o milho é integrante das formulações de rações, enquanto para alimentação humana é utilizado de diversas formas, e dentre elas, o uso de espigas verdes ou *in natura* apresenta uma enorme relevância.

O milho-verde é um produto amplamente produzido por pequenos e médios produtores, e é comercializado num mercado extremamente promissor, onde a espiga *in natura* apresenta alto valor agregado e uma grande demanda, e por isso, muitos produtores considerados tradicionais de feijão, milho grão, arroz, café e outros têm optado por produzir milho-verde ao invés destas culturas, principalmente nos estados da região Nordeste do Brasil (PINHO et al., 2008).

No estado do Maranhão, o milho-verde é cultivado especialmente por agricultores familiares e horticultores, sendo um importante contribuinte socioeconômico para região pois diversas famílias têm essa cultura como certa fonte de renda (SOUSA, 2020). Segundo Pontes (2018) o cultivo de milho-verde no estado é realizado essencialmente em sistema sequeiro na estação chuvosa, que ocorre entre os meses de janeiro a junho. Cardoso et al. (2004) destacam que a região do Cerrado Maranhense apresenta áreas planas e de fácil mecanização o que favorece o cultivo dessa cultura, todavia vale ressaltar que as informações sobre a produção de milho-verde nessa região são escassas, e o baixo emprego de tecnologias nos sistemas de produção acaba refletindo em baixa produtividade de espigas com padrões comerciais.

De certa forma, o mercado de milho-verde exige que o produto ofereça algumas características específicas, tais como: espigas no formato cilíndricas, compridas e bem empalhadas, grãos dentados, amarelos e uniformes e, ainda, longevidade após a colheita (PEREIRA FILHO et al., 2002).

No entanto, para que as espigas do milho cheguem ao padrão que os consumidores desejam, é necessário que o produtor invista em adubação e emprego de tecnologias, o que acaba aumentando os custos de produção. Dessa maneira, especialmente que a maioria dos produtores são pequenos e médios, o uso de insumos alternativos que melhorem a produção se torna uma prática indispensável, principalmente com as altas nos custos de produção e as preocupações diárias com as questões ambientais (VIDAL et al., 2020). Nesse sentido, as rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) enquadram como umas das

alternativas altamente difundidas na agricultura para aumentar a produtividade e redução de custos com insumos (VIEIRA JÚNIOR et al., 2013).

As RPCPs são organismos que vivem naturalmente no solo ou nas raízes auxiliando na proteção da planta e absorção de nutrientes, através da liberação de substâncias que apresentam ação nematicidas e produção de fitormônios, como o ácido indolacético (AIA), citocininas ou giberelinas na rizosfera, principalmente nos estádios iniciais da planta (LUGTENBERG; KAMILOVA, 2009; CASSETARI et al., 2016). Dentro do grupo das RPCPs, pode-se destacar a importância do gênero *Bacillus* que compreende 191 espécies presentes no ar, solo e água (CHAGAS JUNIOR et al., 2021). Diversos estudos evidenciam os efeitos benéficos deste gênero na agricultura (KHOSHROU et al., 2020; SILVA; REIS, 2021; LOPES et al., 2021; KNOLL, 2022).

Segundo Mendes et al. (2022) as espécies do gênero *Bacillus* desempenham um importante papel por causa da sua grande capacidade de produzir e secretar diversos metabólitos bioativos, produção de endósporos muito tolerantes as condições adversas do ambiente e facilidade na sua multiplicação, como também na armazenagem. Ainda conforme os autores, o gênero contém diversas linhagens consideradas benéficas distribuídos em todo o mundo, incluindo *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus licheniformis*. As bactérias *B. amyloliquefaciens* e *B. licheniformis* possuem grande capacidade de produzir enzimas com ação fitossanitárias e fitormônios responsável pela regulação do crescimento da planta (MURAS et al., 2021; ABREU et al., 2022).

Neste contexto, como evidenciado por Bastista (2012), Santos (2018a) e Reis et al. (2022), o uso de RPCPs como bioinsumos podem melhorar e elevar a produtividade e se tornar em uma tecnologia alternativa de grande destaque, economicamente e ambientalmente.

Entretanto, o emprego desta tecnologia pelos produtores só será realidade após a investigação científica dos seus efeitos benéficos sob influência das condições edafoclimáticas da sua região (ALVES, 2021). Dessa forma, a hipótese deste trabalho é que com a inoculação das sementes do milho-verde (cv. P3858PWU) com *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens* promovem incremento no crescimento das plantas de milho e, conseqüentemente, aumento de sua produtividade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o crescimento e produção do milho-verde cv. P3858PWU submetido a inoculação com *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens* nas condições edafoclimáticas do Cerrado Maranhense.

2.2 Objetivos específicos

- A) Analisar o crescimento do milho-verde cv. P3858PWU sob diferentes doses das bactérias inoculadas em conjuntas e isoladas;
- B) Avaliar a influência das bactérias nos parâmetros de produtividade do milho-verde;
- C) Quantificar a dose responsável pela melhor produtividade do milho-verde.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais do milho

O milho é uma espécie pertencente à ordem Gramineae, família Poaceae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. As pesquisas apontam que o milho tenha origem no México a partir do seu ancestral teosinto (*Zea mays ssp. mexicana*) há mais de 8000 anos, e por conta sua grande adaptabilidade, nos dias atuais, é cultivado desde regiões situadas na linha do Equador até altitudes superiores a 3600 metros acima do nível do mar (BARROS; CALADO, 2014).

O cultivo do milho é fortemente influenciado pelas condições edafoclimáticas do ambiente, especialmente, pela temperatura e precipitação que precisam atingirem níveis ótimos para uma melhor produção. O milho se desenvolve melhor numa faixa de temperatura compreendida entre 24 e 30°C e em relação a precipitação, o cultivo pode ser feito em regiões com índices pluviométricos desde 250 mm até 5000 mm anuais, sendo que o consumo de água pela planta durante seu ciclo fica em torno de 600 mm (CRUZ et al., 2006).

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) a produção mundial de milho na safra de 21/22 foi projetada em 1,218 bilhões de toneladas (USDA, 2022).

No Brasil o volume da produção de milho foi estimado em 113,3 milhões de toneladas na safra 2021/2022, sendo o estado do Mato Grosso (MT) foi o maior produtor do país, com produção de 41,62 milhões de toneladas, seguido do Paraná (PR), com 16,421 milhões de ton. e Mato Grosso do Sul (MS), com 12,46 milhões de toneladas (CONAB, 2022). Nesta mesma safra, o estado do Maranhão (MA) foi o segundo maior produtor de milho do Nordeste, produção estimada em 2,906 milhões de ton., ficando atrás do estado da Bahia (BA) que obteve uma produção de 3,373 milhões de toneladas (CONAB, 2022). Este grande volume de produção deste cereal, é muito devido a sua diversidade de uso e a ampla contribuição socioeconômica no redor do mundo.

No Brasil, cerca de 95% da produção de milho é comercializado em forma de grãos e 5% são atribuídos ao consumo humano (SOUSA 2021). Atualmente, a produção de milho destinado ao consumo humano tem ganhado grande destaque, principalmente na forma de milho-verde por apresentar alto valor agregado.

O milho-verde apresenta um papel de fundamental importância na culinária brasileira, pois é utilizado de diversas formas, como milho assado, cozido ou processado para preparo de pamonhas, curau, bolos, pizzas e entre outras formas (PEREIRA FILHO et al., 2002). Devido a essa versatilidade de uso, a demanda por milho-verde está numa fase de grande crescimento (CARDOSO et al., 2011) e, isso, contribui para o aumento da produção do milho nesta modalidade o que favorece para o desenvolvimento socioeconômico da região.

Segundo Pereira Filho (2008) o milho-verde pode ser considerado uma hortaliça devido ao tempo de produção que fica entorno de 90 a 100 dias e, também por conta da pouca longevidade após a colheita, o que justifica a produção deste produto o mais próximo possível dos centros consumidores, como centrais de abastecimentos, mercados populares e supermercados.

Cardoso et al. (2011) relatam que as cultivares utilizadas para produção de milho-verde são normalmente dentadas, semidentadas e doces. Enquanto Albuquerque et al. (2008) enfatizam que as espigas de milho-verde devem apresentar um padrão para terem uma maior aceitação do mercado, como espigas verdes desempalhadas maiores que 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro.

3.2 Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs)

As rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs) constituem um grupo heterogêneo de bactérias que colonizam as raízes ou vivem nas proximidades (rizosfera),

melhorando o desenvolvimento e crescimento das plantas, através de ações diretas (produção fitormônios), ou indiretas (proteção fitossanitária) (AHMAD et al., 2008).

As ações diretas das rizobactérias envolvem a capacidade de produzir ou alterar a concentração de fitormônios responsáveis pela regulação do crescimento de plantas como ácido indolacético (auxina), ácido giberélico, citocininas e etileno (GLICK, 1995; AHMAD et al., 2008; ALMEIDA; MUNIZ, 2016; SILVA et al., 2016;). Enquanto as ações indiretas abrangem a produção de substâncias que inibem o desenvolvimento de patógeno na rizosfera, tais como sideróforos, antibióticos e cianeto (SILVA et al., 2004; COSTA; MELO, 2007; ARAÚJO et al., 2010; SANTOYO et al., 2012).

Entre os gêneros mais estudados dentro do grupo das RPCPs incluem-se: *Bacillus*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Serratia* e *Azotobacter* (RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999 CARVALHO et al., 2009; RATZ et al., 2017). Dentre esses gêneros, as espécies do gênero *Bacillus* se destacam na agricultura por apresentar bactérias altamente tolerantes as variações climáticas e por proporcionar diversos benefícios que auxiliam o desenvolvimento vegetal, sendo amplamente estudadas (TEJERA-HERNÁNDEZ et al., 2011; ROJAS-SOLÍS et al., 2013; VILLARREAL-DELGADO et al., 2018; VÁSCONEZ et al., 2020).

Junior et al. (2021) no estudo com a inoculação do milho com rizobactérias promotoras do crescimento de plantas, concluíram que a inoculação proporcionou redução na utilização de fertilizantes e que as bactérias deste grupo têm um grande potencial fitossanitário. Reis et al. (2022), analisando a resposta do milho à inoculação com rizobactérias sob diferentes níveis de estresse hídrico, afirmaram que as RPCPs são capazes de influenciar positivamente o crescimento das plantas e aumentar a produção da cultura.

3.3 Gênero *Bacillus*

Uma das primeiras bactérias a serem descritas foi “*Vibrio subtilis*” por Ehrenberg em 1835. Posteriormente, em 1872, Cohn renomeou o organismo para *Bacillus subtilis* (GORDON, 1981), sendo esta classificada como espécie-tipo do gênero *Bacillus* (OREM, 2018).

As espécies de *Bacillus* pertencem ao reino das bactérias; Filo Firmicutes; Classe Bacilos; Ordem Bacillales e Família Bacillaceae (MAUGHAN; VAN DER AUWERA, 2011). O gênero *Bacillus* é provavelmente o mais antigo e mais diversos entre bactérias (CONTESINI et al., 2017) se apresentando como bastonetes gram-positivos ou gram variáveis, formadores de endósporos. Em suas culturas, apresentam-se longas cadeias com endósporos centrais. Sua parede celular é formada por um polipeptídeo constituído pelo ácido D-glutâmico, que tem

características antifagocíticas, que muitos estudos consideram uma das principais chaves de sua virulência (MYRVIK et al., 1988).

As características das espécies que constituem o gênero *Bacillus* que as distinguem dos demais membros dessa família (todos formadores de endósporos), são a sua natureza aeróbica estrita ou facultativa, o formato baciliforme e a produção de catalase (MELO, 2021).

Santoyo et al. (2012) apontam que as bactérias do gênero *Bacillus* trabalham na rizosfera produzindo e liberando fitormônios, como citocinina, ácido abscísico (ABA) e ácido indol acético (AIA) (auxina) que atuam no desenvolvimento e crescimento da planta.

Barros et al. (2022), trabalhando com o gênero *Bacillus*, destacaram a sua grande capacidade em promover o crescimento das plantas, podendo refletir diretamente no rendimento da cultura.

3.3.1 *Bacillus licheniformis*

A espécie *Bacillus licheniformis* pertence ao reino das bactérias; Filo Firmicutes; Classe Bacilos; Ordem Bacillales; Família Bacillaceae e Gênero *Bacillus* (FRITZE, 2004).

Bacillus licheniformis é uma bactéria Gram-positiva, formadora de esporos, amplamente distribuída como um organismo saprófita no meio ambiente. Ao contrário da maioria dos outros bacilos, que são predominantemente aeróbicos, *B. licheniformis* é um anaeróbio facultativo, o que pode permitir que ele cresça em nichos ecológicos de difícil sobrevivência. Certos isolados de *B. licheniformis* são capazes de desnitrificação. A relevância dessa característica para desnitrificação ambiental pode ser pequena, uma vez que a espécie geralmente persiste no solo como endósporos (REY, 2004).

Bacillus licheniformis não causa doenças em plantas, tem sido extensamente utilizada na medicina humana e veterinária como probióticos e na produção de detergentes. É muito eficaz para controlar nematoides (MONNERAT et al., 2020).

Jeong et al. (2017) ressaltam o grande potencial das *B. licheniformis* em produzir compostos antimicrobianos (como enzimas líticas e biosurfactantes) que inibem o crescimento de microrganismos patogênicos e aumenta a resistência das plantas, além da produção de substâncias reguladoras de crescimento (fitormônios).

3.3.2 *Bacillus amyloliquefaciens*

A espécie *Bacillus amyloliquefaciens* pertence ao reino das bactérias; Filo Firmicutes; Classe Bacilos; Ordem Bacillales; Família Bacillaceae e Gênero *Bacillus* (FRITZE, 2004).

A bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* é classificada como Gram-Positiva, em forma de bastonete, capazes de formar endósporos resistentes a diversos fatores ambientais como: alta radiação, temperaturas elevadas e estresse hídrico (CHEN, 2007).

Bacillus amyloliquefaciens pode ser isolado de vários ambientes distintos, inclusive alimentos e solo, produz dezenas de enzimas de interesse industrial e possui grande atividade microbiana, podendo ser utilizada no controle de fungos, bactérias e também de nematoides (MONNERAT et al., 2020).

Ngalimat et al. (2021) relatam que o grupo das bactérias *B. amyloliquefaciens* possuem habilidades que envolvem vários mecanismos, incluindo ação direta (produção fitormônios) e indireta (proteção fitossanitária) na planta.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e clima

O experimento foi conduzido na Fazenda Unha-de-Gato, município de Mata-Roma os meses de maio e agosto de 2022. O município de Mata-Roma está situado na Mesorregião do Leste Maranhense, dentro da Microrregião de Chapadinha (Figura 1). Apresenta altitude média de 100 metros acima do nível do mar, temperatura oscilando entre 22,4 e 31,9° C e clima classificado de acordo com Köppen como tropical quente e úmido (Aw), com um período chuvoso (janeiro a junho), apresentando médias mensais de 222 mm e o outro seco (julho a dezembro), sendo períodos bem definidos (FILHO et al., 2011).

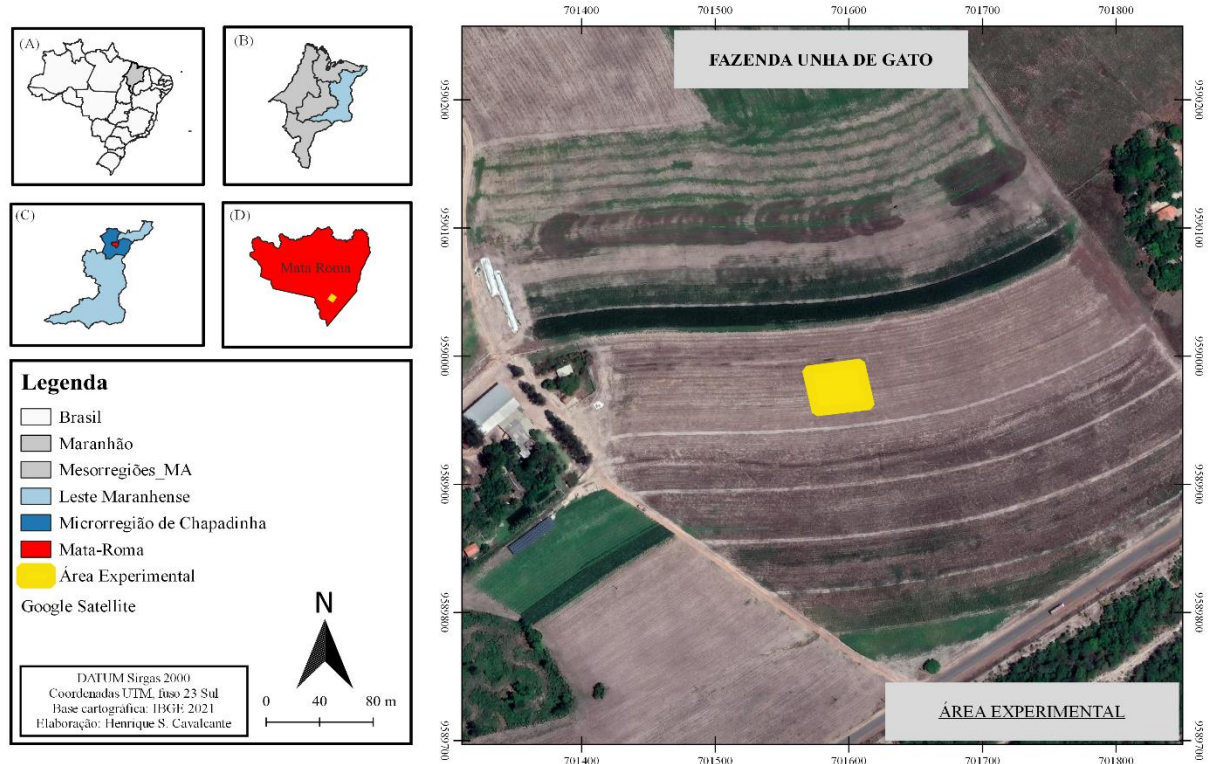


Figura 1. Mapa de localização do Brasil e Maranhão (A), Mesorregiões do Maranhão, com destaque para o Leste Maranhense (B), Microrregião de Chapadinha (C) e o município de Mata-Roma mais a área experimental (D). Mata-Roma – MA, 2022.

No decorrer do experimento houve precipitação de 126 mm (Figura 2). No entanto, para suprir as necessidades hídricas do milho ocorreu irrigação complementar através do carretel de irrigação (Irrigat[®]). Ao ponto que observava a redução da umidade do solo, o carretel com uma mangueira de 120 metros de comprimento, vazão variando entre 9.100 a 23.400 litros por hora e alcance de 23 metros, era acionado simulando chuvas de 6 a 30 mm de acordo com a necessidade diária da cultura.

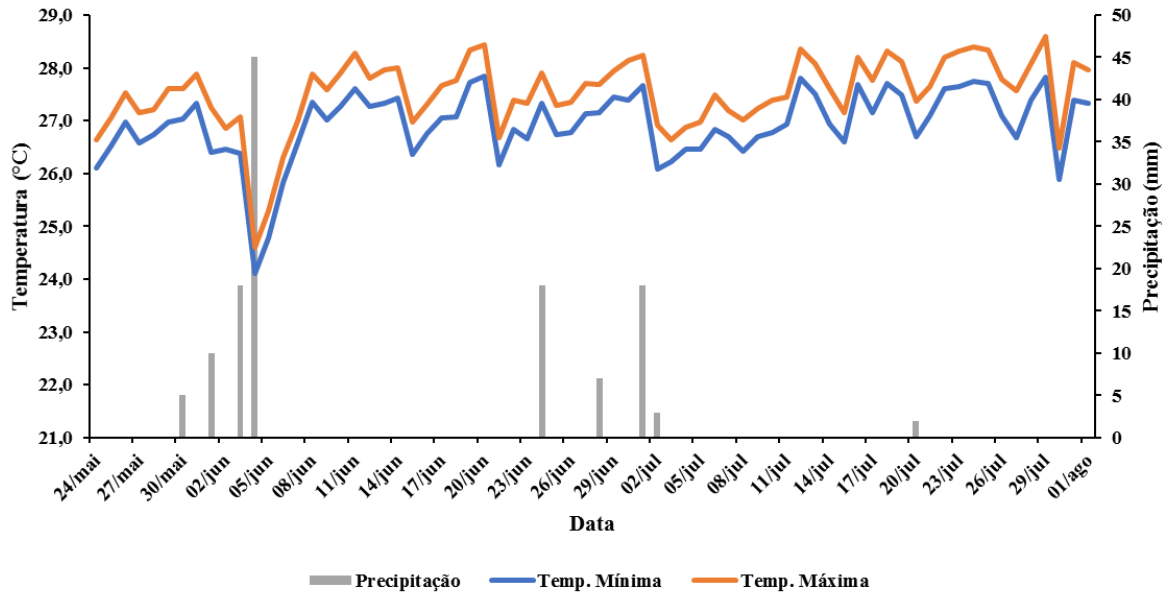


Figura 2. Dados climatológicos de temperatura e precipitação coletados durante a condução do experimento. Fonte: INMET (2022), juntamente com dados da própria fazenda. Mata-Roma – MA, 2022.

4.2 Delineamento e tratamentos

O experimento foi instalado em delineamento em faixas, em esquema fatorial (3x3+1) com 10 (dez) tratamentos, nos quais foram formulados a partir da inoculação das sementes de milho com as bactérias *Bacillus licheniformis* (BL) e *Bacillus amyloliquefaciens* (BA) e a associação com ambas as bactérias, além de três doses do inoculante nas seguintes concentrações: 100, 200 e 300 ml.kg⁻¹ de semente de milho-verde. Adicionalmente, foi incluído um tratamento controle (sem inoculação com bactéria). Os tratamentos foram dispostos em faixas (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos formulados a base de *Bacillus licheniformis* (BL) e *Bacillus amyloliquefaciens* (BA) e suas respectivas doses de inoculação. Mata-Roma – MA, 2022.

Tratamento	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)	Bactéria*
T0	0	Sem inoculação (testemunha)
T1	100	<i>Bacillus licheniformis</i>
T2	200	<i>Bacillus licheniformis</i>
T3	300	<i>Bacillus licheniformis</i>
T4	100	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
T5	200	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
T6	300	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
T7	100	<i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. licheniformis</i>
T8	200	<i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. licheniformis</i>
T9	300	<i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. licheniformis</i>

* As bactérias foram obtidas a partir da multiplicação na modalidade “*On farm*” na Universidade Federal do Maranhão, Campus de Chapadinha, pelo grupo de pesquisa BIOIMA, dos produtos comerciais Agro Solucion L[®] e Agro Solucion Am[®] (10⁸ a 10⁹ UFC.ml⁻¹).

As sementes da cultivar de milho ‘P3858PWU’ da Pioneer[®], híbrido precoce foram inoculadas no momento da semeadura, onde as respectivas doses foram adicionadas em sacos plásticos junto com o milho com auxílio de duas seringas, em seguida agitou-se para que as bactérias entrassem em contato com todas as sementes de forma homogênea, com o intervalo de 5 minutos entre uma inoculação e outra.

Os tratamentos constituíram 10 parcelas por faixa e um total de 40 parcelas totais no experimento. As parcelas consistiram de 4 linhas de semeadura, com espaçamento entre linha de 0,8 metros e comprimento de 5 metros, totalizando 16 m² (Figura 3), sendo considerado apenas 4 m² de cada parcela para amostragem.

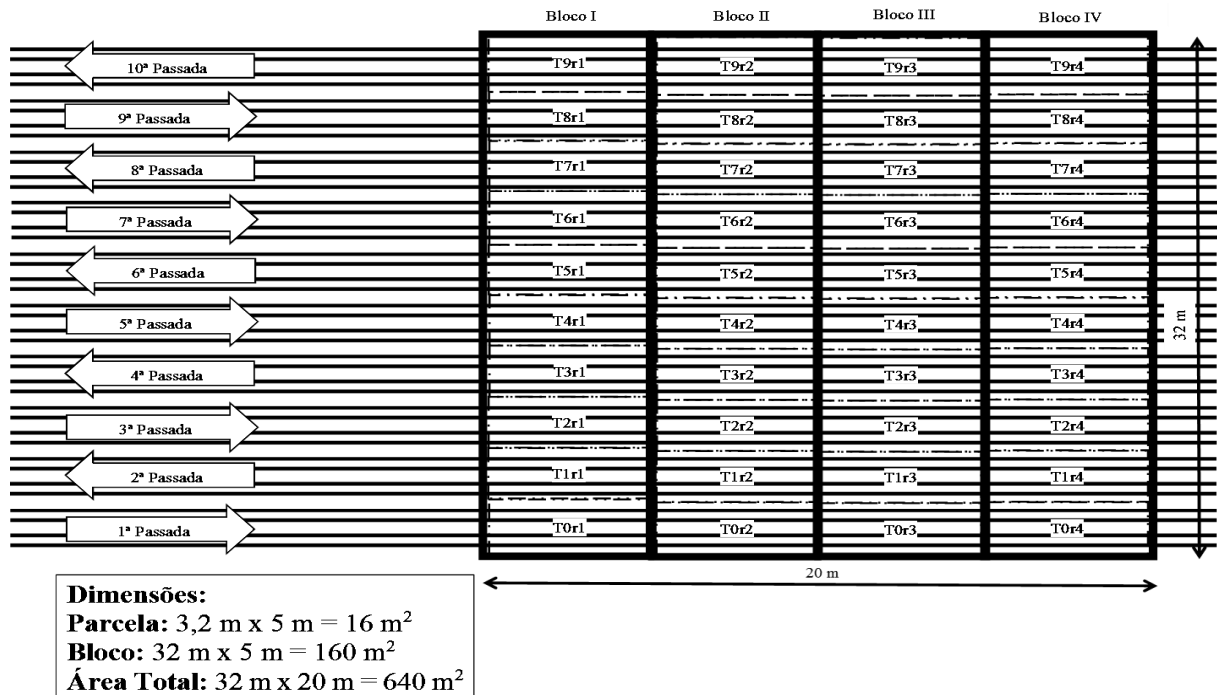


Figura 3. Representação da disposição dos tratamentos nos blocos, parcelas e suas respectivas dimensões de acordo com a passada da plantadeira. Mata-Roma – MA, 2022.

A semeadeira utilizada possuía quatro caixas de plantio (4 linhas de plantio por passada) e foi feito a numeração destas caixas usando o critério de iniciar a numeração da esquerda para direita, afim de usar com os tratamentos apenas as caixas mais ao centro e evitar possíveis contaminações ao colocar tratamentos com diferente tipo de bactéria na mesma caixa. Assim, cada passada recebeu um tratamento em uma das caixas e quando foi utilizar outro tipo de bactéria mudou-se de caixa, onde a próxima caixa de semeadura passou a receber os tratamentos.

4.3 Preparo do solo, semeadura e adubação

O solo da área experimental (Tabela 2) apresenta histórico de cultivo do sistema soja-milho sob sistema de plantio direto na safra anterior (21/22). Amostras simples de solos da área da camada de 0 - 0,20 m foram coletadas para formar uma amostra composta antes da instalação do experimento para a caracterização químicas, conforme Teixeira et al. (2017) (Tabela 2). O solo do experimento é classificado como Latossolo Amarelo distófico (SANTOS et al., 2018).

Tabela 2. Atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm da área experimental. Mata-Roma – MA, 2022.

pH	MO	P	Ca	Mg	K	H+Al	Al	SB	CTC
CaCl ²mg.dm ⁻³mmol.dm ⁻³						
5,5	17	29	25	9	1,3	18	0	35,3	53
V%	m%		B	Fe	Mn	Zn	S-SO ⁴		
.....%.....		mg.dm ⁻³						
66	0		0,2	213	4,5	1,1	5		

pH (CaCl₂) = Potencial hidrogeniônico; MO = Matéria orgânica; P = Fósforo; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; K = Potássio; H+Al = Acidez potencial; Al = Alumínio; SB = Soma de bases; CTC = Capacidade de troca catiônica; V% = Saturação de bases; m% = Saturação de alumínio; B = Boro; Cu = Cobre; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Zn = Zinco; e S-SO⁴ = Enxofre.

A semeadura ocorreu no dia 24 de maio de 2022, no espaçamento entre linha de 0,8 m e 2,8 plantas por metro linear, numa população de 35 mil plantas por hectare. O plantio foi realizado usando uma plantadeira de 4 linhas da marca Stara Sfil[®] (HY-TECH, 10000, plantio direto), com velocidade média de 6 km/h. A adubação de plantio foi feita na linha de semeadura com o formulado 02-25-06 na proporção de 200 kg⁻¹. Adubação de cobertura ocorreu no dia 30 de junho de 2022, usando 150 kg⁻¹ de sulfato de amônio (20% de nitrogênio).

4.4 Controle fitossanitário

Três dias (27/05/2022) após a semeadura foi efetuado o controle das plantas de soja voluntárias presentes na área com o princípio ativo *Atrazine* (triazina: atrazina) (produto comercial Proof[®]) na dose de 25 g.ha⁻¹ do princípio ativo. No dia 14 de junho de 2022 foi realizado o controle de cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) com utilização de 2 l.ha⁻¹ de *Beauveria bassiana* + 2 l.ha⁻¹ de *Metarhizium anisopliae*, com aplicação realizada no fim da tarde.

4.5 Avaliações das variáveis-repostas

4.5.1 Análise biométrica e da biomassa

Aos 15, 25, 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência (DAE) foram analisadas as seguintes variáveis: i) altura de planta (AP) em cm, com auxílio de uma trena métrica do nível do solo

até o ponto de inserção da lâmina foliar mais alta (folha bandeira), segundo descrito por Ferreira (2018); ii) diâmetro do colmo (DC) em mm, determinado a partir do uso do paquímetro digital (Electronic Digital Caliper[®]), considerando o segundo internódio a partir do colo da planta; iii) Índice de clorofila total (ICT), por intermédio do Clorofilog (Falker[®]/CFL1030), considerou-se a parte central da última folha completamente expandida e a folha expandida oposta a ela, expresso em ICF (Índice de Clorofila Falker). Para determinação dessas variáveis foram analisadas quatro (4) plantas dentro da linha útil de cada parcela e considerou-se sempre as mesmas plantas, eliminando as extremidades da linha.

Com 65 dias após a emergência (término do experimento), além das avaliações mencionadas anteriormente, foram coletados duas (2) plantas por parcela para análises das seguintes variáveis: iv) comprimento radicular (CR) em cm; v) volume radicular (VR) em cm³, obtido pela diferença entre o volume inicial e final da proveta, conforme descrito por Basso (1999); vi) massa fresca do sistema radicular (MFSR) em g; vii) massa seca do sistema radicular (MSSR) em g, obtido a partir da secagem em estufa na temperatura de 65° C por 72 horas e da pesagem numa balança analítica; viii) massa fresca da parte aérea (MFPA) em g; e ix) massa seca da parte aérea (MSPA) em g. Para análise destas duas últimas variáveis todas as partes da planta, exceto espigas e raízes, foram acondicionados em sacos para pesagem e posteriormente secagem em estufa (65° C) até atingir a massa constante.

4.5.2 *Análise de produtividade*

Para estipular a produtividade, foram coletados em 2 metros linear, todas as espigas da linha útil de cada parcela no estágio fenológico R3 (grão pastoso), considerando o centro da linha, o que equivaleu a 1,6 m² de cada parcela. Posteriormente as espigas foram levadas ao laboratório, onde procederam as avaliações das seguintes características de produção: produtividade das espigas empalhadas (PEE), extrapolado em kg.ha⁻¹; produtividade das espigas despalhadas (PED), em kg.ha⁻¹; comprimentos de espigas (CE) em cm, considerando as espigas desempalhadas; diâmetro das espigas (DE) em mm, obtido através da medição do terço central da espiga; quantidade de fileiras de grão por espiga (GFE); e quantidade de grãos por fileira (QGF).

4.5.3 *Análise estatística*

Os dados de todas variáveis foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) para obtenção de diagnóstico de significância, e as médias dos tratamentos foram comparados entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade quando houve significância, por intermédio do Software Infostat®.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância foi observado efeitos significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), índice de clorofila total (ICT), massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA); comprimento (CE) e diâmetro de espiga (DE), quantidade de grãos por fileira (QGF) e produtividade de espigas empalhadas (PEE). Enquanto para os parâmetros do sistema radicular, exceto a massa seca da raiz (MSSR), produtividade de espigas desempalhadas (PED) e quantidade de fileiras de grão por espiga (QFE) não obtiveram diferença estatística significativa.

5.1 **Altura de planta**

As análises de variação para a variável altura de planta (AP) mostraram efeitos significativos ($p < 0,05$) para a interação entre bactérias e doses nas avaliações de 45 e 55 dias após a emergência (DAE) e efeito significativo ($p < 0,01$) aos 65 DAE pelo teste F. Além disso, pode-se observar que aos 15 DAE a variável foi influenciada apenas pela dose. Enquanto no levantamento de 25 DAE, a altura sofreu influência significativa dos dois fatores (bactéria e dose) de maneira independente e aos 35 DAE apenas das bactérias (Tabela 3).

Tabela 3. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses na altura de planta (AP) nas avaliações de 15, 25, 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		15 Dias	25 Dias	35 Dias	45 Dias	55 Dias	65 Dias
Bactéria (B)	2	1,32ns	4,79*	6,67**	11,7**	17,66**	17,75**
P-Valor		0,2807	0,0145	0,0035	0,0001	<0,0001	<0,0001
Dose (D)	3	10,32**	4,75**	0,98ns	15,03**	28,25**	22,53**
P-Valor		0,0001	0,007	0,4139	<0,0001	<0,0001	<0,0001
(B x D)	6	1,75ns	1,81ns	1,97ns	2,72*	3,27*	3,42**
P-Valor		0,1379	0,1263	0,0961	0,0285	0,0117	0,0091
Erro	35	1,01	11,23	94,85	109,01	59,57	58,38
CV (%)		6,96	11,63	11,32	6,83	4,86	4,81

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação. ns = não significativo; * e **, respectivamente, representa $p < 0,05$ e $p < 0,01$.

Na Tabela 4, observa-se as médias registradas sobre a altura de planta nas análises de 15, 25 e 35 DAE e os resultados da comparação das médias dos tratamentos entre si pelo teste de Tukey (5%). Aos 15 DAE não houve diferença estatística entre as bactérias usadas e a testemunha (dose 0 ml.kg⁻¹) atingiu a maior média (15,81 cm).

Com 25 DAE a coinoculação (*Bacillus licheniformis* mais *Bacillus amyloliquefaciens*) conseguiu se diferenciar das formulações isoladas, mas não alcançou média suficiente para se diferenciar da testemunha, onde obteve média de 31,94 cm (Tabela 4). Na análise de 35 DAE o tratamento com *B. licheniformis* mais *B. amyloliquefaciens* na dose 100 ml.kg⁻¹ obteve a melhor média (99,88 cm), mas ainda não foi capaz de se diferenciar estatisticamente da testemunha (89,30 cm) (Tabela 4).

Tabela 4. Médias da variável altura de planta (AP) obtidos nas avaliações de 15, 25 e 35 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
Altura - cm (15 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	15,81	14,75	14,06	14,00	14,65a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	15,81	13,19	13,63	13,94	14,14a
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	15,81	14,50	15,19	13,00	14,63a
Média	15,81A	14,15B	14,29B	13,65B	
Altura - cm (25 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	31,94	25,81	26,13	26,38	27,56b
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	31,94	26,94	23,81	29,19	27,97b
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	31,94	31,94	31,94	28,31	31,03a
Média	31,94A	28,23B	27,29B	27,96B	
Altura - cm (35 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	89,30	79,75	78,81	77,63	81,37b
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	89,30	82,50	75,44	87,13	83,59b
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	89,30	99,88	98,44	85,19	93,20a
Média	89,30A	87,37A	84,23A	83,32A	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao ponto que a cultura foi se desenvolvendo (45, 55 e 65 dias após a emergência) os tratamentos inoculados com *Bacillus licheniformis* ou/mais *Bacillus amyloliquefaciens* passaram apresentar as maiores médias o suficiente para se diferenciar estatisticamente das testemunhas (Tabela 5). Nas avaliações de 45 e 55 DAE a coinoculação na dose 100 ml.kg⁻¹ demonstrou o melhor desempenho, atingindo médias de 173,57 e 176,38 cm respectivamente. Em ambos os casos, não ocorreu diferença estatística entre as doses das bactérias, mas os resultados das médias foram capazes de ultrapassar estatisticamente das respectivas testemunhas (Tabela 5).

Tabela 5. Médias da variável altura de planta (AP) obtidos nas avaliações de 45, 55 e 65 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
Altura - cm (45 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	135,63aB	141,88cAB	150,00bA	150,56bA	144,52
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	135,63aC	155,94bB	148,31bB	167,56aA	151,86
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	135,63aB	173,75aA	173,31aA	166,44aA	162,28
Média	135,63	157,19	157,21	161,52	
Altura - cm (55 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	141,38aB	147,63cB	155,19bAB	157,13bA	150,33
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	141,38aC	161,63bB	160,75bB	174,00aA	159,44
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	141,38aB	176,38aA	176,00aA	172,25aA	166,50
Média	141,38	161,88	163,98	167,79	
Altura - cm (65 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	143,69aB	149,06cAB	152,63bA	156,75bA	150,53
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	143,69aC	160,25bB	158,00bB	174,81aA	159,19
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	143,69aB	175,06aA	175,56aA	172,13aA	166,61
Média	143,69	161,46	162,06	167,90	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 5 também é possível observar que aos 65 dias (DAE) ocorreu uma estabilização no crescimento da planta e permanência do predomínio dos tratamentos formulados com *B. licheniformis* mais *B. amyloliquefaciens* nas dosagens de 100, 200 e 300 ml.kg⁻¹.

Ferreira (2018) em seu estudo onde analisou a inoculação de sementes de milho com *B. amyloliquefaciens*, também conseguiu observar diferença na altura de planta ao comparar com a testemunha e atrelou o resultado a produção de auxina pelo microrganismo. Gaspareto (2018), ao analisar a interação entre bactérias promotoras de crescimento em milho safrinha, também obteve médias promissoras para altura de plantas, tendo média de 184 cm de altura quando foi inoculado com *B. licheniformis* e 190 cm com *B. amyloliquefaciens*, destacando que a *B. licheniformis* promoveu uma maior absorção de cálcio.

Dessa forma, presume-se que os acréscimos obtidos na altura da planta neste estudo sejam fruto da produção de ótimos níveis da auxina pelas bactérias (*B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens*), que é um fitormônio responsável pelo alongamento e crescimento celular

(TAIZ et al., 2017), e pela melhoria na absorção de nutrientes na presença destes microrganismos.

5.2 Diâmetro do colmo

As análises de variância para a variável diâmetro do colmo (DC) demonstraram que não houve interação significativa ($p < 0,05$) entre as bactérias e doses em todos períodos de avaliações, atribuindo que os fatores atuaram de maneira independente sobre o diâmetro do colmo, como apresenta a Tabela 6.

Tabela 6. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses no diâmetro do colmo (DC) nas avaliações de 15, 25, 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		15 Dias	25 Dias	35 Dias	45 Dias	55 Dias	65 Dias
Bactéria (B)	2	1,95ns	7,09**	0,03ns	1,89ns	4,61*	2,45ns
P-Valor		0,1577	0,0026	0,97	0,1657	0,0167	0,1013
Dose (D)	3	25,62**	10,02**	5,83**	8,08**	3,15*	7,34**
P-Valor		<0,0001	0,0001	0,0024	0,0003	0,0372	0,0006
(B x D)	6	0,64ns	1,88ns	0,22ns	0,63ns	1,33ns	0,77ns
P-Valor		0,6952	0,1128	0,9684	0,7077	0,2695	0,6017
Erro	35	1,92	3,55	10,05	3,56	3,85	3,10
CV (%)		8,99	9,34	13,84	9,81	10,15	9,21

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação. ns = não significativo; * e **, respectivamente, representa $p < 0,05$ e $p < 0,01$.

Nota-se na Tabela 7 que as avaliações efetuadas com 15, 35, 45 e 65 dias após a emergência (DAE) não apresentaram diferenças significativas entre as médias das bactérias (Tukey $p < 0,05$). Na primeira análise (com 15 DAE) o tratamento caracterizado pela coinoculação entre *B. licheniformis* mais *B. amyloliquefaciens* na dose de 200 ml.kg⁻¹, obteve a maior média (17,66 mm), diferenciando estatisticamente da testemunha (12,61 mm), mas não o suficiente para se diferenciar das demais bactérias a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 7).

Tabela 7. Médias da variável diâmetro do colmo obtidos nas avaliações de 15, 35, 45 e 65 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
Diâmetro - mm (15 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	12,61	17,43	15,73	15,16	15,23a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	12,61	17,11	15,36	15,21	15,07a
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	12,61	17,53	17,66	16,12	15,98a
Média	12,61C	17,35A	16,25AB	15,49B	
Diâmetro - mm (35 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	19,82	24,54	23,17	24,43	22,99a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	19,82	25,32	23,09	22,78	22,75a
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	19,82	25,30	24,31	22,54	22,99a
Média	19,82B	25,05A	23,52A	23,25AB	
Diâmetro - mm (45 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	17,14	20,15	17,86	19,64	18,69a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	17,14	20,89	19,42	18,83	19,07a
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	17,14	21,55	20,95	20,20	19,96a
Média	17,14B	20,86A	19,41A	19,55A	
Diâmetro - mm (65 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	17,48	20,59	17,11	18,84	18,51a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	17,48	20,4	19,21	19,03	19,03a
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	17,48	21,52	20,52	19,95	19,86a
Média	17,48B	20,84A	18,95AB	19,27AB	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Enquanto com 35, 45 e 65 DAE a formulação com 100 ml.kg⁻¹ de sementes apresentou a maior média independentemente do tipo de bactéria, diferindo estatisticamente da testemunha (dose 0 ml.kg⁻¹). Sendo que com 35 DAE a inoculação com *B. amyloliquefaciens* mostrou o melhor acréscimo (25,32 mm) e com 45 e 65 DAE a coinoculação foi a responsável pelo os melhores incrementos, 21,55 e 21,52 mm respectivamente (Tabela 7).

Na Tabela 8 observa-se que nas análises de 25 e 55 DAE houve diferença estatística entre as bactérias e a junção das duas bactérias (*B. licheniformis* + *B. amyloliquefaciens*) foram a que desempenharam as melhores médias independente da dose em ambas épocas de avaliações.

Tabela 8. Médias da variável diâmetro do colmo obtidos nas avaliações de 25 e 55 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
Diâmetro - mm (25 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	17,67	19,01	19,11	20,64	19,11b
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	17,67	21,64	19,51	20,79	19,90b
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	17,67	23,90	23,20	21,49	21,56a
Média	17,67B	21,52A	20,61A	20,97A	
Diâmetro - mm (55 dias após a emergência)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	17,91	18,25	17,21	19,76	18,28b
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	17,91	20,44	19,64	19,33	19,33ab
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	17,91	22,02	21,45	20,18	20,39a
Média	17,91B	20,24A	19,43AB	19,75AB	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ebertz et al. (2019) enfatizam que o diâmetro do colmo tem uma correlação direta com o suporte da planta e o acúmulo de energia metabolizável, ao ponto que colmo reduzido afeta diretamente a sustentação da planta, pois fica mais propício ao acamamento ou até mesmo a quebra, além disso, tem uma baixa translocação de fotoassimilado para contribuição no enchimento dos grãos.

Atrelado a isso, a metabolização de ácido giberélico, citocinina e auxina pelas *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens* (LIM; KIM 2009; ABDALLAH et al., 2018), podem ser o principal motivos pelos incrementos obtidos nos tratamentos inoculados com essas bactérias. Ao ponto que esses fitormônios são os responsáveis pela divisão e diferenciação celular, contribuindo para o crescimento do colmo tanto em altura como em espessura (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Esses resultados corroboram com os obtidos por Ferreira (2018) em seu trabalho com a inoculação de *B. amyloliquefaciens* em milho safrinha, onde as médias (16,13 mm) não se diferenciaram estatisticamente da testemunha. Gaspareto (2018), ao estudar o desempenho agrônomico do milho sob inoculação de diferentes bactérias e formas de aplicação, obteve médias similares quando inoculado com *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens*, médias 22,3 mm em ambos os casos, e concluiu que as bactérias promotoras de crescimento interferiram de forma positiva na extração e exportação dos nutrientes, com destaque para *B. licheniformis*.

5.3 Índice de clorofila total

Em relação as análises de variância da variável índice de clorofila total (ICT) é possível verificar que houve interação significativa entre as bactérias e doses nas avaliações de 25, 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência (DAE), enquanto na análise de 15 DAE não foi observado interação, onde os fatores (bactéria e dose) atuaram de forma independente sob esta variável (Tabela 9).

Tabela 9. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses para o índice de clorofila total (ICT) nas avaliações de 15, 25, 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		15 Dias	25 Dias	35 Dias	45 Dias	55 Dias	65 Dias
Bactéria (B)	2	8,96**	56**	14,33**	10,03**	15,85**	20,48**
P-Valor		0,0007	<0,0001	<0,0001	0,0004	<0,0001	<0,0001
Dose (D)	3	7,77**	2,85ns	5,23**	15,26**	28,14**	11,7**
P-Valor		0,0004	0,0511	0,0044	<0,0001	<0,0001	<0,0001
(B x D)	6	2,03ns	9,2**	2,5*	3,99**	2,76*	2,79*
P-Valor		0,0879	<0,0001	0,0402	0,0038	0,0267	0,0252
Erro	35	26,47	23,67	28,67	16,22	12,99	22,01
CV (%)		7,98	8,12	7,53	7,86	7,14	8,58

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação. ns = não significativo; * e **, respectivamente, representa $p < 0,05$ e $p < 0,01$.

Na Tabela 10 é possível constatar que com 15 dias após a emergência (DAE) a testemunha (dose 0 ml.kg⁻¹) exibiu o maior índice de clorofila Falker (ICF), com média de 69,53 ICF, diferenciando estaticamente da inoculação com *B. licheniformis* na dose de 300 ml.kg⁻¹ (50,43 ICF).

Tabela 10. Médias da variável índice de clorofila total obtidos na avaliação de 15 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
	Índice de clorofila - ICF (15 DAE)				
<i>Bacillus licheniformis</i>	69,53	67,81	62,95	65,43	66,43a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	69,53	59,27	60,76	50,43	59,9975b
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	69,53	68,6	66,57	62,81	66,87a
Média	69,53A	65,23AB	63,43BC	59,55C	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Enquanto a partir da análise de 25 dias (DAE) os tratamentos inoculados com as bactérias passaram a apresentar os maiores índices, sendo possível diferir significativamente das médias da testemunha (Tabela 11).

No levantamento de 25 dias (DAE), a coinoculação (*B. licheniformis* mais *B. amyloliquefaciens*) na dose de 100 ml.kg⁻¹, registrou o melhor índice de clorofila total (81,03 ICF), seguido pela dose 200 ml (70,75 ICF) e 300 ml (69,1 ICF) (Tabela 11). Nesta mesma Tabela, também é possível observar que o tratamento coinoculado com *B. licheniformis* mais *B. amyloliquefaciens*, na proporção de 200 ml.kg⁻¹ expressou os melhores índices nas análises de 35, 55 e 65 DAE, alcançando índices de clorofilas totais de 82,61; 59,87 e 64,94 ICF, respectivamente (Tabela 11).

Já na coleta de 45 dias (DAE) notou-se que o tratamento inoculado com *B. amyloliquefaciens* na dosagem de 200 ml.kg⁻¹ dispôs da melhor média (61,88 ICF), seguido pela formulação com *B. amyloliquefaciens* na dose de 100 ml.kg⁻¹, atingindo média de 58,27 ICF o suficiente para se diferenciarem estatisticamente da testemunha (dose 0 ml.kg⁻¹) que ficou com média de 45,53 ICF (Tabela 11).

Tabela 11. Médias da variável índice de clorofila total obtidos na avaliação de 25, 35, 45, 55 e 65 dias após emergência (DAE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
Índice de clorofila - ICF (25 DAE)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	60,68aA	48,75cC	51,45bBC	55,00bB	53,97
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	60,68aA	58,93bA	52,98bB	48,90cB	55,37
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	60,68aC	81,03aA	70,75aB	69,10aB	70,39
Média	60,68	62,9	58,39	57,67	
Índice de clorofila - ICF (35 DAE)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	65,81aA	66,09cA	65,33cA	71,03bA	67,06
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	65,81aB	73,24bA	70,49bA	68,26bAB	69,45
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	65,81aB	78,74aA	82,61aA	79,99aA	76,79
Média	65,81	72,69	72,81	73,09	
Índice de clorofila - ICF (45 DAE)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	45,53aB	52,78bA	44,43cB	49,35abAB	48,02
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	45,53aC	58,27aA	61,88aA	51,91aB	54,4
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	45,53aB	56,04aA	55,62bA	48,31bB	51,37
Média	45,53	55,7	53,98	49,86	
Índice de clorofila - ICF (55 DAE)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	42,59aB	50,08bA	49,38bA	45,22cB	46,81
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	42,59aC	50,28bB	57,05aA	52,65bB	50,64
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	42,59aB	56,4aA	59,87aA	57,08aA	53,98
Média	42,59	52,25	55,43	51,65	
Índice de clorofila - ICF (65 DAE)					
<i>Bacillus licheniformis</i>	48,10aAB	44,74cB	51,41aA	51,39bA	48,91
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	48,10aB	57,29bA	59,49bA	58,10aA	55,75
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	48,10aB	62,73aA	64,94aA	61,67aA	59,36
Média	48,1	54,92	58,61	57,05	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Chapman e Barreto (1997) destacam que os resultados obtidos com a leitura do índice de clorofila têm uma relação direta com o acúmulo de nitrogênio (N) nas folhas das plantas, isso porque mais de 50% de N total das folhas integram os compostos do cloroplasto e clorofilas. Dessa forma, o teor de clorofila é um indicativo de N nas plantas de forma indireta,

e como visto nas Tabelas 11, os maiores índices de clorofila total foram obtidos com os tratamentos inoculados.

Em concordância com o trabalho, Silva (2019) na experimentação com *B. amyloliquefaciens* na cultura da soja observou que a inoculação promoveu incrementos nos teores de clorofila totais ao ponto de se diferenciar do tratamento controle. Seguindo essa mesma tendência, Aguiar (2022) também encontrou efeito positivo para esta mesma variável com a utilização de *B. licheniformis* e *B. subtilis* na cultura do milho.

Autores como Lim e Kim (2009) e Abdallah et al. (2018), relatam que as bactérias estudadas produzem sideróforos, que é uma molécula orgânica capaz de captar o ferro ligado ao colóides do solo e transformar em ferro assimilável, prontamente disponível para as plantas (SANTOS, 2012). Dessa maneira, os incrementos positivos no índice de clorofila total registrados podem estar associados a produção deste composto pelas bactérias, ao ponto que pode ter ocorrido uma maior liberação do ferro iônico (Fe^{2+}) e, conseqüentemente, maior absorção pela planta, tendo em vista que o ferro é um elemento essencial para a biossíntese de clorofila (TAIZ et al., 2017).

5.4 Sistema radicular

Para as variáveis que envolvem o sistema radicular os testes de variância ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) mostraram que não houve interação estatística significativa entre as bactérias inoculadas e as doses, com exceção da variável massa seca do sistema radicular (MSSR) que expressou influência dos dois fatores (bactéria e dose) a nível de 5% de probabilidade de forma independente (Tabela 12)

Tabela 12. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses no volume (VSR), comprimento (CSR), massa fresca (MFSR) e seca (MSSR) do sistema do radicular do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		VSR (cm ³)	CSR (cm)	MFSR (g)	MSSR (g)
Bactéria (B)	2	2,5ns	1,37ns	3,04ns	4,59*
P-Valor		0,0966	0,2668	0,0606	0,0169
Dose (D)	3	0,79ns	1,08ns	2,52ns	3,14*
P-Valor		0,5054	0,3697	0,0742	0,0376
(B x D)	6	0,99ns	1,69ns	1,29ns	1,45ns
P-Valor		0,4486	0,1526	0,2879	0,2224
Erro	35	695,70	31,71	476,19	14,87
CV (%)		28,47	14,67	25,77	26,08

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação. ns = não significativo; * e **, respectivamente, representa $p < 0,05$ e $p < 0,01$.

Verifica-se na Tabela 13 que a massa seca do sistema radicular (MSSR) teve as maiores médias utilizando a coinoculação (*B. licheniformis* + *B. amyloliquefaciens*) independentemente da dose, sendo diferente estatisticamente da inoculação apenas com *B. licheniformis*. Nesta mesma tabela, confere-se que a dose de 300 ml.kg⁻¹ atingiu médias satisfatórias para diferirem estatisticamente da testemunha (12,1 g) independentemente do tipo da bactéria.

Tabela 13. Médias da variável massa seca do sistema radicular (MSSR) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
	Massa seca do sistema radicular - g				
<i>Bacillus licheniformis</i>	12,1	12,1	11,21	17,47	13,22b
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	12,1	15,98	14,49	13,46	14,01ab
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	12,1	18,05	18,86	19,5	17,13a
Média	12,1B	15,37AB	14,85AB	16,81A	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O maior acúmulo de massa seca é extremamente importante, pois isso pode ser reflexo de uma raiz com grande capacidade de absorver sais minerais que serão translocados para as demais estruturas da planta. Dessa forma, a atuação das bactérias em estudo (*B. licheniformis* + *B. amyloliquefaciens*) que ativam rotas metabólicas responsáveis divisão e diferenciação celular (JEONG et al., 2017; NGALIMAT et al., 2021), possam ser as responsáveis por

ocasionar efeitos diretos nas estruturas de absorção de sais minerais e água, e indireto no aumento da biomassa.

Diferentemente dos resultados obtidos neste trabalho, Szilagyi-Zecchin et al. (2015), no trabalho com tomateiro (*Solanum lycopersicum*) inoculado com a bactéria *B. amyloliquefaciens*, não obtiveram diferença estatística para massa seca do sistema radicular.

5.5 Biomassa da parte aérea

Pela avaliação de variância ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) se percebeu que não ocorreu interação significativa entre as bactérias e doses, constatando que esses dois fatores agiram de maneira independente tanto sobre a variável massa fresca (MFPA) como para a massa seca da parte aérea (MSPA) (Tabela 14).

Tabela 14. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses na massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		MFPA (g)	MSPA (g)
Bactéria (B)	2	6,88**	7,48**
P-Valor		0,003	0,002
Dose (D)	3	4,74**	6,25**
P-Valor		0,0071	0,0016
(B x D)	6	2,12ns	1,35ns
P-Valor		0,0759	0,2608
Erro	35	5024,61	404,77
CV (%)		20,84	19,98

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação. ns = não significativo; * e **, respectivamente, representa $p < 0,05$ e $p < 0,01$.

Na Tabela 15 nota-se que as variáveis massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) exibiram diferenças estatísticas ao comparar as médias dos tratamentos entre si a 5% de probabilidade. Tanto para a massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) a coinoculação entre *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens* dispuseram das melhores médias, apresentando diferença estatística com a inoculação isolada de *B. licheniformis*. Esta tabela também mostra que as doses de 100 e 300 ml.kg⁻¹ alcançaram médias superiores estatisticamente da testemunha (dose 0 ml.kg⁻¹), em ambos casos (Tabela 15).

Tabela 15. Médias das variáveis massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
Massa fresca da parte aérea - g					
<i>Bacillus licheniformis</i>	276,76	273,21	266,92	358,67	293,89b
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	276,76	375,48	363,21	343,57	339,755ab
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	276,76	486,76	402,19	381,73	386,86a
Média	276,76B	378,48A	344,11AB	361,32A	
Massa seca da parte aérea - g					
<i>Bacillus licheniformis</i>	80,74	88,81	79,77	103,13	88,11b
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	80,74	108,12	102,37	103	98,55ab
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	80,74	140,63	115,42	124,73	115,38a
Média	80,74B	112,52A	99,18AB	110,28A	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A massa da parte aérea da planta tem sido um forte parâmetro de associação do crescimento, acúmulo de N e com os ganhos de produtividade da cultura (ARGENTA et al., 2002; ALMEIDA et al., 2003; FAGERIA et al., 2008). Dessa maneira, é possível notar que os resultados obtidos com a massa da parte aérea apresentaram uma correlação com os da altura de planta (Tabela 4 e 5) e índice de clorofila total (Tabela 11) em função da associação dessas variáveis as mesmas combinações

Similarmente, Carnietto (2022) no estudo com a cana-de-açúcar inoculada com *B. licheniformis* e *B. subtilis*, também observou incrementos na massa de matéria seca da parte aérea, juntamente com aumento na altura da planta. Bubanz et al. (2019) na cultura do morangueiro inoculado com *B. amyloliquefaciens*, *Azospirillum brasilense* e *Trichoderma asperellum*, concluíram que a inoculação com *B. amyloliquefaciens* promoveu o melhor crescimento, desenvolvimento e acúmulo de biomassa seca no morangueiro.

5.6 Produção do milho-verde

Em relação aos aspectos de produtividade do milho-verde, as análises de variância constataram que houve interação significativa ($p < 0,01$) entre os fatores bactérias e doses, com

exceção das variáveis quantidade de fileiras de grão por espiga (QFE) e a produtividade de espigas desempalhadas (PED) que não obtiveram diferença estatística significativa (Tabela 16).

Tabela 16. Análises de variância do efeito das bactérias inoculadas e doses no comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), quantidade de grãos por fileira (QGF), quantidade de fileiras de grão por espiga (QFE), produtividade de espigas empalhadas (PEE) e produtividade de espigas desempalhadas (PED) do milho-verde (cv. P3858PWU). Mata-Roma – MA, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		CE (cm)	DE (mm)	QGF	QFE	PEE (kg.ha ⁻¹)	PED (kg.ha ⁻¹)
Bactéria (B)	2	51,29**	40,81**	22,02**	0,38ns	1,74ns	1,38ns
P-Valor		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6859	0,1905	0,2651
Dose (D)	3	58,45**	26,84**	15,02**	0,83ns	1,75ns	1,44ns
P-Valor		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,4875	0,175	0,2481
(B x D)	6	8,66**	5,03**	4,47**	0,25ns	2,95*	2,17ns
P-Valor		<0,0001	0,0008	0,0019	0,9563	0,0194	0,0694
Erro	35	0,91	2,93	6,35	1,48	1670786,51	1246330,37
CV (%)		6,26	3,85	8,24	7,36	18,31	21,83

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação. ns = não significativo; * e **, respectivamente, representa $p < 0,05$ e $p < 0,01$.

A Tabela 17 apresenta os resultados da comparação entre as médias dos tratamentos. Nela, é possível observar que o comprimento de espiga apresentou melhor destaque quando se usou a coinoculação entre *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens* na dose de 200 ml.kg⁻¹ e o diâmetro espigas quando coinoculou usando a dose 300 ml.kg⁻¹, alcançando médias de 18,91 cm para o comprimento de espiga e 48,96 mm de diâmetro, diferenciando estaticamente das suas respectivas testemunhas (0 ml.kg⁻¹).

Esses resultados obtidos correspondem com a classificação de espigas de milho-verde como comerciais, onde o mercado de milho-verde exige espigas compridas e de maior espessura. Segundo Albuquerque et al. (2008), para as espigas serem consideradas comerciais elas sem cascas devem ter comprimento superior a 15 cm e diâmetro maior que 30 mm. Desta forma, as combinações possibilitaram comprimento ideal de espiga, com exceções do *B. licheniformis* nas doses de 100 e 200 ml.kg⁻¹ e a testemunha, enquanto que todas formulações apresentaram diâmetro aceitável (Tabela 17).

Tabela 17. Médias das variáveis comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), quantidade de grãos por fileira (QGF) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
Comprimento de espiga - cm					
<i>Bacillus licheniformis</i>	12,08aC	12,83cBC	13,60cB	15,26bA	13,44
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	12,08aC	17,05bA	16,56bAB	15,90bB	15,40
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	12,08aB	18,40aA	18,91aA	17,98aA	16,84
Média	12,08	16,09	16,36	16,38	
Diâmetro da espiga - mm					
<i>Bacillus licheniformis</i>	40,90aB	40,42c	40,83cB	43,96cA	41,53
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	40,90aB	45,57bA	46,39bA	47,15bA	45,00
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	40,90aB	48,16aA	48,96aA	49,67aA	46,92
Média	40,90	44,72	45,39	46,93	
Quantidade de grãos por fileira					
<i>Bacillus licheniformis</i>	26,50aB	25,38cB	26,63cB	31,75bA	27,56
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	26,50aB	32,75bA	31,88bA	31,88bA	30,75
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	26,50aB	36,13aA	36,00aA	35,25aA	33,47
Média	26,50	31,42	31,50	32,96	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Gaspareto (2018) registrou resultados semelhantes para o comprimento de espiga, pois quando inoculou as sementes de milho com *B. licheniformis* obteve médias de 17 cm e com *B. amyloliquefaciens* alcançou médias de 18,28 cm. Para o diâmetro de espigas esse mesmo autor obteve maiores médias (>50 mm) ao inocular com essas bactérias. Enquanto Santos (2018b), em cultivo de milho em diferentes tipos de manejo de solo, observou que a inoculação com *B. amyloliquefaciens* proporcionou médias de 18,33 cm para o comprimento e 51,33 mm para o diâmetro de espiga. Aguiar (2022) também verificou médias superiores a 50 mm para o diâmetro de espiga, em seu estudo com associação de *B. licheniformis* e *B. subtilis* mais fertilizante organomineral.

Ao analisar a quantidade de grãos por fileira (QGF) na Tabela 17, nota-se que a combinação entre *B. licheniformis* + *B. amyloliquefaciens* na dose 100 ml.kg⁻¹ apresentou a melhor média (36,13 grãos), diferenciando estatisticamente da média da testemunha (26,50 grãos) a nível de 5% de probabilidade.

Segundo Balbinot (2018) o número de grãos por fileira é uma variável que está intimamente ligada ao comprimento de espiga, que é um importante parâmetro que pode afetar diretamente a produtividade do milho.

Na Tabela 18, é possível conferir que a produtividade de espigas empalhadas (PEE) obteve alcançou a maior média usando a formulação entre *B. licheniformis* + *B. amyloliquefaciens* (8283,75 kg.ha⁻¹), mas não o suficiente para se diferenciar estatisticamente da testemunha (6979,25 kg.ha⁻¹). Apesar de não alcançar diferença estatística significativa, o resultado de produtividade desta combinação representa cerca de 18,70% a mais do que a produtividade sem inoculação, sendo um incremento interessante para o produtor de milho-verde.

Tabela 18. Médias da variável produtividade de espigas empalhadas (PEE) do milho-verde (cv. P3858PWU), submetido a doses de *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Mata-Roma – MA, 2022.

Bactéria	Dose (ml.kg ⁻¹ de sementes)				Média
	0	100	200	300	
Produtividade de espigas empalhadas - kg.ha ⁻¹					
<i>Bacillus licheniformis</i>	6979,25aA	4917,10bB	7018,5bA	8012,67aA	6649,42
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	6979,25aA	7724,81aA	5356,5cB	7543,94aA	6875,08
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	6979,25aA	7177,55aA	8283,75aA	7719,28aA	7539,95
Média	6979,25	6606,48	6886,25	7758,63	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas (bactérias) e; de mesmas letras maiúsculas nas linhas (doses) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Albuquerque et al. (2008) o maior peso de espigas é uma característica altamente desejável, uma vez que a comercializado do milho-verde também segue este parâmetro, além da venda por unidade. Duarte et al. (2004) destacam que o maior peso de espigas com palha é muito importante, pois a comercialização em feiras livres é realizada levando em conta o peso de espigas. Dessa forma, o maior peso de espigas representa maior lucratividade para o produtor.

6 CONCLUSÕES

As bactérias *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens* promovem respostas positivas no crescimento e nos parâmetros produtivos do milho-verde cultivar 'P3858PWU'. Contudo, a associação de ambas bactérias promotoras de crescimento aplicadas na dose do inoculante correspondente a 200 ml.kg⁻¹ de sementes resultaram em efeito sinérgico no comprimento, diâmetro e massa de espigas, assim como na quantidade de grãos por fileira e na quantidade de fileiras por espiga. O uso das bactérias promotoras de crescimento, como o *Bacillus licheniformis* e o *Bacillus amyloliquefaciens* são uma alternativa promissora aos agricultores produtores de milho-verde no Cerrado Maranhense que buscam a sustentabilidade agrícola dos sistemas produção.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, D. B.; FRIKHA-GARGOURI, O.; TOUNSI, S. Rhizospheric competence, plant growth promotion and biocontrol efficacy of *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. plantarum strain 32a. **Biological Control**, v. 124, p. 61–67, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.01.013>
- ABREU, L. P. S.; MARTINAZZO, A. P.; TEODORO, C. E. S.; BERBER, P. A. Alternativa sustentável de uso de *Bacillus amyloliquefaciens* no biocontrole de fungos fitopatogênicos: uma revisão. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 16, p. 01-15, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.18316/rca.v16i1.8339>
- AGUIAR, F. R. **Fertilizantes especiais e bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCPs) no crescimento e produção de milho**. 2022. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2022.
- AHMAD, F.; AHMAD, I.; KHAN, M. S. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. **Microbiological Research**, v. 163, n. 2, p. 73-181, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2006.04.001>
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- ALMEIDA, H. S.; MUNIZ, A. W. Rizobactérias Produtoras de Ácido Indolacético e seu Efeito na Germinação de Milho. In: TAVARES, A. M.; KANO, C.; KRUG, C.; DAIRIKI, J. K. **Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 75 -76.
- ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L.; NAVA, I. C.; GALIO, J.; TRENTIN, P. S.; RAMPAZZO, C. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p.189-194, 2003.
- ALVES, J. M. **Bactérias promotoras de crescimento de plantas como atenuantes do déficit hídrico em milho verde**. 2021. 51 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, 2021.
- ARAÚJO, K. S.; PEIXOTO, C. C.; SILVA, A. C. M.; CARDOSO, K. G. V.; SILVA, H. S. A. TRINDADE, A. V. **Avaliação e identificação de *Pseudomonas sp.* e *Bacillus sp.* dois isolados de rizobactérias antagônicas a *Radopholus similis***. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 2 p.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.
- BALBINOT, W. G. **Inoculação de *Bacillus sp.* na cultura do milho (*Zea mays* L.) como promotor de crescimento**. 2018. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2018.
- BARROS, G.; FREITAS, C. G. S.; CARVALHO, J. B.; NAKAO, A. H. Inoculação e Co-inoculação de bactérias do gênero *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Azospirillum* no cultivo de milho.

- In: 13º FÓRUM CIENTÍFICO UNIFUNEC: EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2022. **Anais**. Santa Fé do Sul: UNIFUNEC, 2022.
- BARROS, J. F.; CALADO, J. G. **A Cultura do Milho**. Évora: Universidade de Évora, 2014. 52 p.
- BASSO, C. J. **Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto**. 1999. 91 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.
- BATISTA, B. D. **Promoção de crescimento em milho (*Zea mays* L.) por rizobactérias associadas à cultura do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*)**. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012
- BUBANZ, H. C. S.; RAMOS, R. F.; BETEMPS, D. L.; SOBUCK, L.; DOSSIN, M. F.; SCHNEIDER, E. P. Crescimento, desenvolvimento e aspectos produtivos do morangueiro submetido a inoculações com *Bacillus amyloliquefaciens*, *Azospirillum brasilense* e *Trichoderma asperellum* com e sem associação ao silício. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 22, p. 131-147, 2019. DOI: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2019.v22i1.572>
- CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B. **Performance de Cultivares de Milho-Verde no Município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 4 p.
- CARNIETTO, M. R. A. **Aumento da tolerância da cana-de-açúcar à deficiência hídrica por meio de bactérias promotoras de crescimento vegetal**. 2022. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2022.
- CARVALHO, D. D. C.; OLIVEIRA, D. F.; PASQUAL, M.; CAMPOS, V. P. Rizobactérias produtoras de promotores do crescimento de plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 338-341, 2009.
- CASSETARI, A. S.; GOMEZ, S. P. M.; SILVA, M. C. P. Fixação biológica de nitrogênio associativa e de vida livre. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. p. 133-147.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; BORBA, E.; MARTINS, A. L. L.; SOUZA, M. C.; GOMES, F. L.; OLIVEIRA, R. S.; CHAGAS, L. F. B. *Bacillus sp.* como promotor de crescimento em soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 3-4, p. 170-179, 2021. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.22557>
- CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 557-562, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1997.00021962008900040004x>
- CHEN, X. H., KOUMOUTSI, A.; SCHOLZ, R.; EISENREICH, A.; SCHNEIDER, K.; HEINEMEYER, I.; MORGENSTERN, B.; VOSS, B.; WOLFGANG R HESS. W. R.; REVA, O.; JUNGE, H.; VOIGT, B.; JUNGBLUT, P. R.; VATER, J.; SSMUTH, R. S.; LIESEGANG, H.; STRITTMATTER, A.; GOTTSCHALK, G.; BORRISS, R. Comparative analysis of the complete genome sequence of the plant growth-promoting bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Nature biotechnology**, v. 25, n. 9, p. 1007-1014, 2007.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 12 ed. Brasília: Conab, 2022. 88 p.

- CONTESINI, F. J.; MELO, R. R.; SATO, H. H. An overview of *Bacillus* proteases: from production to application. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 38, n. 3, p. 321–334, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1354354>
- COSTA, F. D. C.; MELO, I. S. Seleção de rizobactérias capazes de formarem biofilmes. In: SANHIEZA, R. M. V.; DE MELO, I. S. **Métodos usados no biocontrole de fitopatógeno**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. p. 125-128.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; DE OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p.
- DUARTE, J. D. O.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E.; TSUNECHIRO, A.; MATTOSO, M. Aspectos econômicos da produção e comercialização de milho verde. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25. **Anais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004.
- EBERTZ, P. J.; MERGENER, R. A.; PEREIRA, T.; MANTOVANI, A.; SPONCHIADO, J. C. RAUBER, L. P. Aumento do diâmetro do colmo de milho em função de doses de nitrogênio. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E SEMINÁRIO INTEGRADO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, **Anais**. Santa Catarina: Unoesc, 2019.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; FILHO, M. P. B.; RIBAS, I. C. P. **Massa da matéria seca da parte aérea e absorção de nitrogênio pelo feijoeiro em solo de várzea**. Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 4 p.
- FERREIRA, D. S. A. **Inoculação do *Bacillus amyloliquefaciens* na promoção de crescimento e produtividade no milho**. 2018. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2018.
- FILHO, F. L. C.; GOMES, E. R.; NUNES, O. O.; FILHO, J. B. J. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Mata Roma**. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011. 31 p.
- FRITZE, D. Taxonomy of the genus *Bacillus* and related genera: the aerobic endospore-forming bacteria. **Phytopathology**, v. 94, n. 11, p. 1245-1248, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1245>
- GASPARETO, R. N. **Formas de inoculação com bactérias promotoras de crescimento na nutrição e desempenho agrônomo de milho no cerrado**. 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2018.
- GLICK, B. R. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. **Review Synthese**, v. 41, n. 2, p. 109- 117, 1995.
- GORDON, R. E. One hundred and seven years of the genus *Bacillus*. **The Aerobic Endospore Forming Bacteria**, p. 9-45, 1981.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos anuais**. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> Acesso em: 10 de ago. de 2022.
- JEONG, M. H.; LEE, Y.S.; CHO, J. Y.; AHN, Y. S.; MOON, J. H.; HYUN, H.N.; CHA, G. S.; KIM, K.Y. Isolation and characterization of metabolites from *Bacillus licheniformis* MH48 with antifungal activity against plant pathogens. **Microbial Pathogenesis**, v. 110, p. 645–653, 2017. DOI: 10.1016/j.micpath.2017.07.027

- JUNIOR, J. A. L.; SILVA, L. H. M.; LEAL, A. M.; NERES, G. M.; SCHNEIDER, C. M. C.; FIPKE, G. M. Inoculação de milho e a influência nos componentes da produtividade de grãos. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2021. **Anais**. Itaquí: UNIPAMPA, 2021.
- KHOSHROU, B.; MITRA, D.; KHOSHMANZAR, E.; MYO, E. M.; UNIYAL, N; MAHAKUR, B.; DAS MOHAPATRA, P. K.; PANNEERSELVAMJ, P.; BOUTAJF, H.; ALIZADEH, M.; CELYI, M. V. T.; SENAPATI, A.; RANI, A. Current scenario and future prospects of plant growth-promoting rhizobacteria: an economic valuable resource for the agriculture revival under stressful conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 20, p. 3062–3092, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1799004>
- KNOLL, M. V. R. **Efeito da inoculação foliar de bactérias promotoras de crescimento em arroz de terras altas irrigado por aspersão**. 2022. 49 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2022.
- LIM, J. H.; KIM, S. D. Synergistic Plant Growth Promotion by the Indigenous Auxins-producing PGPR *Bacillus subtilis* AH18 and *Bacillus licheniformis* K11. **Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry**, v. 52, n. 5, p. 531-538, 2009. DOI: 10.3839/jksabc.2009.090
- LOPES, M. J. S.; DIAS-FILHO, M. B.; GURGEL, E. S. C. Successful plant growth-promoting microbes: inoculation methods and abiotic factors. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, n. 606454, p. 1-13. 2021. DOI:10.3389/fsufs.2021.606454
- LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. **Annual Review of Microbiology**, v. 63, p. 541–56, 2009. DOI: 10.1146/annurev.micro.62.081307.162918
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23 p.
- MAUGHAN, H.; VAN DER AUWERA, G. *Bacillus* taxonomy in the genomic era finds phenotypes to be essential though often misleading. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 11, n. 5, p. 789-797, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.02.001>
- MELO, T. A.; NASCIMENTO, I. T. V. S.; SERRA, I. M. R. S. O gênero *Bacillus* aplicado ao controle biológico de doenças de plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. 22, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17817>
- MENDES, V. C.; QUEIROZ, C. A.; SOUSA, T. F.; SILVA, G. F. Tesouros biotecnológicos sob as águas: *bacillus sp.* apur 37.1 isolado de sedimentos do rio Purus, um eficiente biocontrolador *in vitro* de diferentes fitopatógenos. In: SIMPÓSIO DE BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS 2022. **Anais**. Manaus: EDUA, 2022.
- MONNERAT, R.; MONTALVÃO, S. C. L.; MARTINS, E. S.; QUEIROZ, P. R.; SILVA, E. Y. Y.; GARCIA, A. R. M.; CASTRO, M. T.; ROCHA, G. T.; FERREIRA, A. D. C. L.; GOMES, A. C. M. M. **Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 46 p.
- MURAS, A.; ROMERO, M.; MAYER, C.; OTERO, A. Biotechnological applications of *Bacillus licheniformis*. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 41, n. 4, p. 609-627, 2021. DOI: 10.1080/07388551.2021.1873239
- MYRVIK, Q. N.; WEISER, R. S. **Fundamentals of medical bacteriology and mycology**. 2 ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1988. 601 p.

- NGALIMAT, M. S.; YAHAYA, R. S. R.; BAHARUDIN, M. M. A.; YAMINUDIN, S. M.; KARIM, M.; AHMAD, S. A. SABRI, S. A review on the Biotechnological Applications of the Operational Group *Bacillus amyloliquefaciens*. **Microorganisms**, v. 9, n. 614, p. 1-18, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030614>
- OREM, J. C. **Diversidades funcional e filogenética de bactérias aeróbias formadoras de endósporos isoladas de solo**. 2018. 98 f. Tese (Doutorado em Biologia Microbiana) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- PEREIRA FILHO, I. A. P. **A cultura do milho-verde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 61 p.
- PEREIRA FILHO, I. A. P. **O cultivo do milho verde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 217 p.
- PEREIRA FILHO, I. A. P.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. Cultivares de milho para o consumo verde. In: FILHO, I. A. P. **O cultivo do milho verde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. p. 17-30.
- PINHO, L.; PAES, M. C. D.; ALMEIDA, A. C.; COSTA, C. A. Qualidade de milho verde cultivado em sistemas de produção orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 3, p. 279-290, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v7n3p279-290>
- PONTES, R. C. **Avaliação econômica de rentabilidade na produção orgânica de milho-verde na região da ilha de São Luís, no Maranhão**. 31 f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, 2018.
- RATZ, R. J.; PALÁCIO, S. M.; ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; VICENTINO, R. C.; MICHELIM, H. J.; RICHTER, L. M. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja. **Engvista**, v. 19, n. 4, p. 890-90, 2017.
- REIS, C. O.; SOUZA, I. R. P.; MAGALHÃES, P. C.; MARRIEL, I. E.; ANDRADE, C. L. T. **Resposta do Milho à Inoculação com Rizobactérias sob Diferentes Níveis de Estresse Hídrico**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. 31 p.
- REY, M. W. Sequência completa do genoma da bactéria industrial *Bacillus licheniformis* e comparações com espécies de *Bacillus* intimamente relacionadas. **Biologia do genoma**, v. 5, n. 10, p. 1-12, 2004.
- RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, n. 4-5, p. 319-339, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(99)00014-2)
- ROJAS-SOLÍS, D.; CONTRERAS-PÉREZ, M.; SANTOYO, G. Mecanismos de estimulación del crecimiento vegetal en bacterias del género *Bacillus*. **Biológicas**, v. 15, n. 2, p. 36-41, 2013.
- SANTOS, F. L. **Inoculação e coinoculação de rizobactérias promotoras de crescimento em plantas de arroz, milho e trigo**. 95 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018a.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SANTOS, S. I. S. M. **Produção de sideróforo pela bactéria *Bacillus megaterium***. 2012. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2012.

- SANTOS, T. S. **Inoculação via foliar de bactérias diazotróficas em milho cultivado sob diferentes manejos de solo**. 2018. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira, 2018b.
- SANTOYO, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M. D. C.; GOVINDAPPA, M. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *seudomonas*: a review. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 22, n. 8, p. 855-872, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.694413>
- SILVA, G. H.; REIS, H. A. **Desempenho agrônômico de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis***. 2021. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Cesumar, Maringá, 2021.
- SILVA, H. S. A.; ROMEIRO, R. S.; MACAGNAN, D.; HALFELD-VIEIRA, B. A.; PEREIRA, M. C. B.; MOUNTEER, A. Rhizobacterial induction of systemic resistance in tomato plants: non-specific protection and increase in enzyme activities. **Biological Control**, v. 29, n. 2, p. 288–295, 2004. DOI: 10.1016/S1049-9644(03)00163-4
- SILVA, H. S. A.; VIEIRA, R. S.; CARDOSO, K. G. V.; ARAÚJO, K. S. **Processo de produção de mudas micropropagadas de bananeira por microbiolização com rizobactérias produtoras de ácido indolacético**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016. 6 p.
- SILVA, M. C. A. P. **Impacto da inoculação com cepas da bactéria *Bacillu amyloliquefaciens* sobre os processos fisiológicos de soja exposta à seca**. 2019. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Rio Verde, 2019.
- SOUSA, V. F. A cultura do milho-verde e sua importância socioeconômica. In: SOBRINHO, C. A.; LOPES, C. E. V.; ARAÚJO, E. C. E.; MELO, F. B.; FERREIRA, J. D. M.; ZONTA, J. B.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; DUARTE, R. L. R.; SOUSA, V. F. **Cultivo do milho-verde irrigado na Baixada Maranhense**. São Luís: Embrapa Cocais, 2020. p. 15-19.
- SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; IKEDA, A. C.; HUNGRIA, M.; ADA-MOSKI, D.; KAVA-CORDEIRO, V.; GLIENKE, C.; GALLI-TERASAWA, L.V. Identification and characterization of endophytic bacteria from corn (*Zea mays* L.) roots with biotechnological potential in agriculture. **Applied Microbiology and Biotechnology Express**, v. 4, n. 26, p.1-9. 2014. DOI:10.1186/s13568-014-0026-y
- SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; MÓGOR, A. F.; LUCIMERIS RUARO, L.; RÖDER, C. Crescimento de mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) estimulado pela bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 em cultura orgânica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, p. 26-33, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.
- TEJERA-HERNÁNDEZ, B.; ROJAS-BADÍA, M. M.; HEYDRICH-PÉREZ, M. Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. **Revista CENIC Ciencias Biológicas**, v. 42, n. 3, p. 131-138, 2011.

- USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribution (PSD) online**. 2022. Disponível em: <
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/compositeViz>>. Acesso em: 11 de set. 2022.
- VÁSCONEZ, R. D. A.; MOYA, E. M. T.; JARA, K. A. M.; CHILUISA-UTRERAS, V. P. Identificación molecular de cepas de *Bacillus* spp. y su uso como rizobacteria promotora del crecimiento en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Scientia Agropecuaria**, v. 11, n. 4, p. 575 – 581, 2020. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2020.04.13
- VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: GINDRI, D. M.; MOREIRA, P. A. B.; VERISSIMO, M. A. A. **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. Florianópolis: CIDASC, 2020. p. 382-410.
- VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F.; ANTUNES JÚNIOR, H.; SILVA, M. S.; SILVA, D. S. G.; SILVA, U. O. **Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2013. 15 p.
- VILLARREAL-DELGADO, M. F.; VILLA-RODRÍGUEZ, E. D.; CIRA-CHÁVEZ, L. A.; ESTRADA-ALVARADO, M. I.; PARRA-COTA, F. I.; SANTOS-VILLALOBOS, S. S. The genus *Bacillus* as a biological control agent and its implications in the agricultural biosecurity. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 36, p. 95-130, 2017. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1706-5