

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS AVANÇADO LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO SUPERIOR ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

BEATRIZ GOMES RIBEIRO

**ASSOCIAÇÃO DE BIOINSUMO E NITROGÊNIO NO DESENVOLVIMENTO DE
MILHO EM SUCESSÃO À SOJA**

**LAGOA DA CONFUSÃO - TO
2024**

BEATRIZ GOMES RIBEIRO

**ASSOCIAÇÃO DE BIOINSUMO E NITROGÊNIO NO DESENVOLVIMENTO DE
MILHO EM SUCESSÃO À SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Agrônômica da Unidade Lagoa da
Confusão, do Instituto Federal do Tocantins,
como exigência à obtenção do título de
Bacharelado em Engenharia Agrônômica

Orientador: Dr. Edmar Vinícius de Carvalho

**LAGOA DA CONFUSÃO - TO
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

R484a Ribeiro, Beatriz Gomes
 ASSOCIAÇÃO DE BIOINSUMO E NITROGÊNIO NO
 DESENVOLVIMENTO DE MILHO EM SUCESSÃO À SOJA / Beatriz
 Gomes Ribeiro. – LAGOA DA CONFUSAO, TO, 2024.
 21 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, LAGOA DA CONFUSAO, TO,
2024.

Orientador: Dr. Edmar Vinicius Carvalho

1. Adubação Nitrogenada. 2. Uso da Bacillus aryabhatai. 3. Zea mays L..
I. Carvalho, Edmar Vinicius. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

BEATRIZ GOMES RIBEIRO

**ASSOCIAÇÃO DE BIOINSUMO E NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO DE MILHO EM
SUCESSÃO A SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Agrônômica da Unidade Lagoa da
Confusão, do Instituto Federal do Tocantins,
como exigência à obtenção do título de
Bacharelado em Engenharia Agrônômica

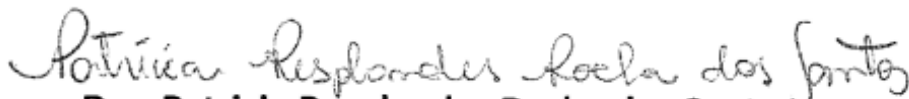
Orientador: Dr. Edmar Vinícius de Carvalho

Aprovado em: 21 de junho de 2024

BANCA EXAMINADORA



Professor Dr. Edmar Vinicius de Carvalho
Orientador(a)



Dra. Patricia Resplandes Rocha dos Santos
Avaliador(a) 1



Dr. Joao Paulo de Oliveira Santos
Avaliador(a) 2

Dedico este trabalho a Deus, por me guiar até aqui e nunca me desamparar. À minha família e amigos. E à minha irmã Brenda por ter sido minha rocha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado até aqui e me permitir viver este momento tão gratificante para mim.

Agradeço a toda minha família, que mesmo não tão presentes sempre me apoiaram em todas as minhas decisões, em especial aos meus pais que sempre me mantiveram firme no meu sonho.

Um agradecimento especial ao meu parceiro Welson, que não mediu esforços para me apoiar durante todo esse tempo para que eu pudesse realizar esse sonho.

As minhas irmãs Brenda e Isabella, que mesmo de longe se fizeram presentes e me salvaram dos dias intensos e cansativos, e dos momentos onde pensei que não suportaria todo processo.

Ao meu professor Edmar, que sempre acreditou em mim e me permitiu viver experiências incríveis no decorrer desse curso.

RESUMO

O milho é um dos vegetais mais cultivados no mundo com utilização de grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados, em sistemas convencionais de produção. No entanto, existem estratégias para a redução destes insumos e que podem envolver o uso de microrganismos, como bactérias promotoras de crescimento, na forma de bioinsumos. Ademais, a interação entre microrganismo, genótipo de milho e ambiente faz com que seja necessária a realização de estudos contínuos. Deste modo, a presente pesquisa aplicada teve como objetivo avaliar a associação de *Bacillus aryabhattai* com o nitrogênio na produção de milho, em sucessão a soja, na região das várzeas tropicais do Tocantins. O experimento de campo foi realizado na safra 2023/2024 e em esquema fatorial com quatro doses de nitrogênio (50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) e uma testemunha - com ausência ou presença de *Bacillus aryabhattai* no tratamento de sementes (4 ml kg de semente⁻¹). O ensaio foi conduzido sob o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Após a maturação fisiológica, foram realizadas avaliações de altura de plantas, altura de inserção da espiga, comprimento e diâmetro de espiga e PMG. Ao final do experimento, pode-se concluir que os estresses causados ao milho, como as altas temperaturas no período de semeadura interferiram de forma significativa no comprimento e no diâmetro da espiga nas doses de 50 e 200 kg de N, associado ao uso da *B. aryabhattai*. Todavia, nos demais tratamentos não houve interferências com relação às doses de adubação. . O objetivo do trabalho foi buscar estratégias de manejo que promovam redução do uso de adubos nitrogenados, na cultura do milho em sucessão a soja, nas várzeas tropicais.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, *Bacillus aryabhattai*, *Zea mays* L.

ABSTRACT

Corn is one of the most cultivated vegetables in the world using large amounts of nitrogen fertilizers in conventional production systems. However, there are strategies for reducing these inputs and these may involve the use of microorganisms, such as growth-promoting bacteria, in the form of bio-inputs. Furthermore, the interaction between microorganism, corn genotype and environment makes it necessary to carry out continuous studies. Therefore, the present applied research aimed to evaluate the association of *Bacillus aryabhattai* with nitrogen in the production of corn, in succession to soybeans, in the tropical floodplain region of Tocantins. The field experiment was carried out in the 2023/2024 harvest and in a factorial scheme with four doses of nitrogen (50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹) and a control - with the absence or presence of *Bacillus aryabhattai* in the seed treatment (4 ml kg of seed⁻¹). The trial was conducted under a randomized block design with four replications. After physiological maturation, evaluations of plant height, ear insertion height, ear length and diameter and GMP were carried out. At the end of the experiment, it can be concluded that the stresses caused to corn, such as high temperatures during the sowing period, significantly interfered with the length and diameter of the ear at doses of 50 and 200 kg of N, associated with the use of *B. aryabhattai*. However, in the other treatments there were no interferences with regard to fertilizer doses. . The objective of the work was to seek management strategies that promote a reduction in the use of nitrogen fertilizers, in the cultivation of corn in succession to soybeans, in tropical floodplains.

Keywords: nitrogen fertilization, *Bacillus aryabhattai*, *Zea mays* L.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Gráfico de temperatura e precipitação no período de desenvolvimento da cultura, 2024. .	15
Figura 2. Croqui da área experimental de milho.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise química e textural do solo no local de estudo no Tocantins, 2024. ..	14
Tabela 2. Custos para implantação, condução e avaliação do experimento de campo.	16
Tabela 3. Cronograma de Atividades do Projeto de Pesquisa.	17
Tabela 4. Altura de plantas, altura de inserção de espiga e PMG avaliados sob diferentes doses de nitrogênio associado a presença e ausência do bioinsumo em condição de várzea no Tocantins, safra 2023/2024.	17
Tabela 5. Comprimento e diâmetro de espiga avaliados sob diferentes doses de nitrogênio associado a presença e ausência do bioinsumo em condição de várzea no Tocantins, safra 2023/2024.	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 METODOLOGIA	14
3 ORÇAMENTO	16
4 CRONOGRAMA	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	20

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*L.) é uma planta com metabolismo C4 (Cruz et al., 2023), com origem na América Central, sendo cultivado em escala mundial em função da sua importância econômica (Sousa et al. 2023) com ampla utilização na alimentação humana e animal (Cruz et al., 2023).

No Brasil, mais de 75% da área cultivada de milho é realizada na 2ª safra (CONAB, 2023) e comumente em sucessão ao cultivo da soja. Segundo o 8º Levantamento da Safra de Grãos 2023/2024 (CONAB) a estimativa para a produção é de 295,45 milhões de toneladas de grãos.

O cultivo de milho em sucessão com a soja produz até 30% mais do que se cultivado em monocultura, por causa do aporte de N da leguminosa para a cultura subsequente (Peterson & Varvel, 1989; Crookston et al., 1991; Bundy et al., 1993; Omay et al., 1998)

Entretanto, o cultivo de milho safrinha sofre com o déficit hídrico e com o estresse causado nessa época por falta das condições consideradas ideais para o desenvolvimento da planta. Sendo uma planta de origem tropical, o milho exige, durante seu ciclo vegetativo, calor e água para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, proporcionando rendimentos compensadores (Fancelli, 2013).

Além disso, para o alcance de altas produtividade é necessária a disponibilidade de nutrientes em função do papel chave deles no desenvolvimento vegetal (Aini et al. 2023). Entre os nutrientes exigidos pela cultura do milho, destaca-se o nitrogênio (N) que é constituinte da estrutura de diversas moléculas vegetais, tal como a clorofila (Taiz; Zeiger, 2009). Desta forma, em sistemas convencionais é comum a utilização de grandes quantidades de nitrogênio, entretanto, o uso excessivo dos adubos nitrogenados pode gerar impactos negativos ao ambiente, bem como aumentar os custos de produção (Cruz et al. 2023).

O N determina o desenvolvimento das plantas de milho, com aumento significativo na área foliar e na produção de massa seca, resultando em maior produtividade de grãos. Desta forma, torna-se essencial a realização da adubação nitrogenada (Mortate et al., 2018; Batista et al., 2019). As fontes mais utilizadas são a ureia (45% de N) e o sulfato de amônio (20% de N). Todavia, a melhor fonte depende de vários fatores, entre eles as condições edafoclimáticas locais (Besen et al., 2018).

Com o avanço científico, estratégias para a redução do uso de adubos nitrogenados na cultura do milho foram desenvolvidas, tal como o uso de bactérias promotoras de crescimento (BPCP) (Moreno et al., 2021; Marcolini et al., 2022). Essas bactérias são capazes de melhorar o desenvolvimento vegetal por meio de diferentes mecanismos diretos e indiretos, como a produção de metabólitos microbianos (Ahemad e Kibret, 2014) e podem ser uma alternativa sustentável para a produção agrícola (Cruz et al., 2023). No entanto, existe a interação entre cultivar, ambiente e microrganismo que dificulta a generalização dos resultados obtidos em outras regiões (Dias et al., 2021; Deng et al., 2022).

A *Bacillus aryabhatai* é proveniente da rizosfera do mandacaru, uma planta encontrada na região do bioma Caatinga, que corresponde a uma área superior a 800.000 km² fazendo parte de um ecossistema que se restringe somente ao Brasil. Portanto, grande parte do patrimônio biológico do bioma não é encontrada em nenhum outro lugar do mundo, o que torna a região um importante cenário para a bioprospecção (Sampaio et al., 2007).

O intento dessa bactéria é ajudar as lavouras de milho no Brasil a superarem a seca, principalmente o milho de segunda safra, popularmente conhecido como safrinha – que é o que mais sofre com secas intensas. A partir dessa bactéria foi desenvolvido um bioinsumo que

aumenta a resiliência e a capacidade de adaptação das plantas do cereal ao estresse hídrico permitindo o desenvolvimento da planta mesmo em condições extremas

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento da cultura do milho de segunda safra com o uso de diferentes doses de nitrogênio associado ao uso de um bioinsumo produzido a partir de *Bacillus aryabhattai*

2 METODOLOGIA

O experimento foi instalado em Lagoa da Confusão, região das várzeas tropicais da região sul do Tocantins (10°50'9.42"S e 49°33'19.56"O) em sucessão ao cultivo de soja para a produção de sementes, na safra 2023/2024. O clima da região é do tipo C2wA'a'' - úmido sub úmido com moderada deficiência hídrica, segundo a classificação de Köppen (SEFAZ, 2019). A temperatura média anual é de 28°C e a precipitação média anual é de 1.750 mm. Os resultados da análise de solo, na camada de 0-20 cm estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química e textural do solo no local de estudo no Tocantins, 2024.

pH	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al
CaCl2	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³			
5,5	1,2	6,0	39	0,9	0,3	0,0	1,60
M.O	C.O.	SB	CTCt	V	Argila	Silte	Areia
dag kg ⁻¹		cmolc dm ⁻³		(%)			
1,2	0,7	1,30	2,9	45,0	15	7,5	77,5

M.O. = Matéria Orgânica. C.O. Carbono Orgânico. SB = Soma de bases. V = Saturação de bases. Classe textural do solo = arenosa.

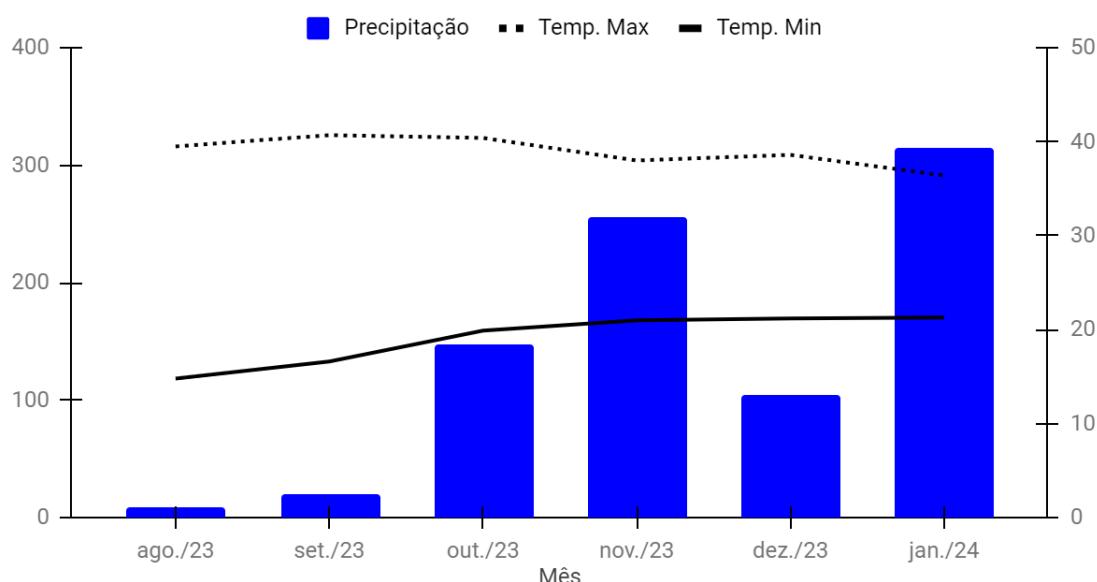
O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 5x2 (doses de nitrogênio em cobertura; ausência ou presença de *Bacillus aryabhattai*) e quatro repetições. A parcela foi constituída por seis linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,50 m. Para a área útil da parcela foram desconsiderados 0,50 m de cada extremidade e as duas linhas extremas de cada lado.

O híbrido SX8555 Viptera® 3 tem uma biotecnologia completa para o controle das principais espécies de lagartas que atacam a cultura do milho, entre elas, lagarta-do-cartucho, lagarta-da-espiga, lagarta-rosca e lagarta-elasma. Foi semeado dia 11 de setembro de 2023, de acordo com o adotado na região e após a colheita dos campos de sementes de soja, na densidade de quatro sementes por metro linear sem adubação de base. Em relação aos tratamentos culturais (manejo de pragas, doenças e plantas daninhas), eles foram realizados assim que se fizeram necessários, seguindo as recomendações técnicas da cultura do milho e da propriedade rural (Fancelli e Dourado-Neto, 2000).

As doses de nitrogênio utilizadas foram: 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹, com aplicação em dose única entre os estádios V4-V6 usando uréia protegida (46% de N). Outro fator que foi avaliado no experimento foi a ausência e presença de *Bacillus aryabhattai* no tratamento de sementes (4 ml kg de semente⁻¹), utilizando produto comercial com concentração de 1x10⁸ UFC mL⁻¹ (NOOA, 2023).

Ainda, durante todo o período do experimento em campo, foram coletados dados de temperatura (29°C) e precipitação (1105 mm) por meio de consulta à base de dados do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO).

Figura 1. Gráfico de temperatura e precipitação no período de desenvolvimento da cultura, 2024.



Fonte: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO).

Quando a cultura atingiu o estágio de maturação - R6, foi realizada a colheita de plantas representativas da área útil da parcela, com avaliação das seguintes características: altura das plantas (AP), em centímetros e considerando a distância entre o solo e a inserção da folha bandeira; altura de inserção da primeira espiga (AE), em centímetros e considerando a distância entre o solo e a inserção da primeira espiga; comprimento da espiga (CE), em centímetros, obtido pela medição com régua graduada; diâmetro da espiga (DE), em milímetros, obtido pela medição na posição central da espiga e com uso de paquímetro e peso de mil sementes PMS com umidade corrigida à 13%.

Na análise estatística, primeiro foi aplicado o teste de normalidade nos dados, para verificação do atendimento aos pressupostos para as demais análises e da necessidade ou não de realização da transformação dos dados. Após a verificação e não ser necessário a transformação de dados, foi realizada análise de variância ($p \leq 0,05$) em blocos ao acaso e no esquema fatorial 5x2 no programa R, com posterior aplicação de teste de médias Scott-Knott. Na figura 2, está representado o croqui da área experimental onde as doses e o uso do bioinsumo foram distribuídos em blocos casualizados.

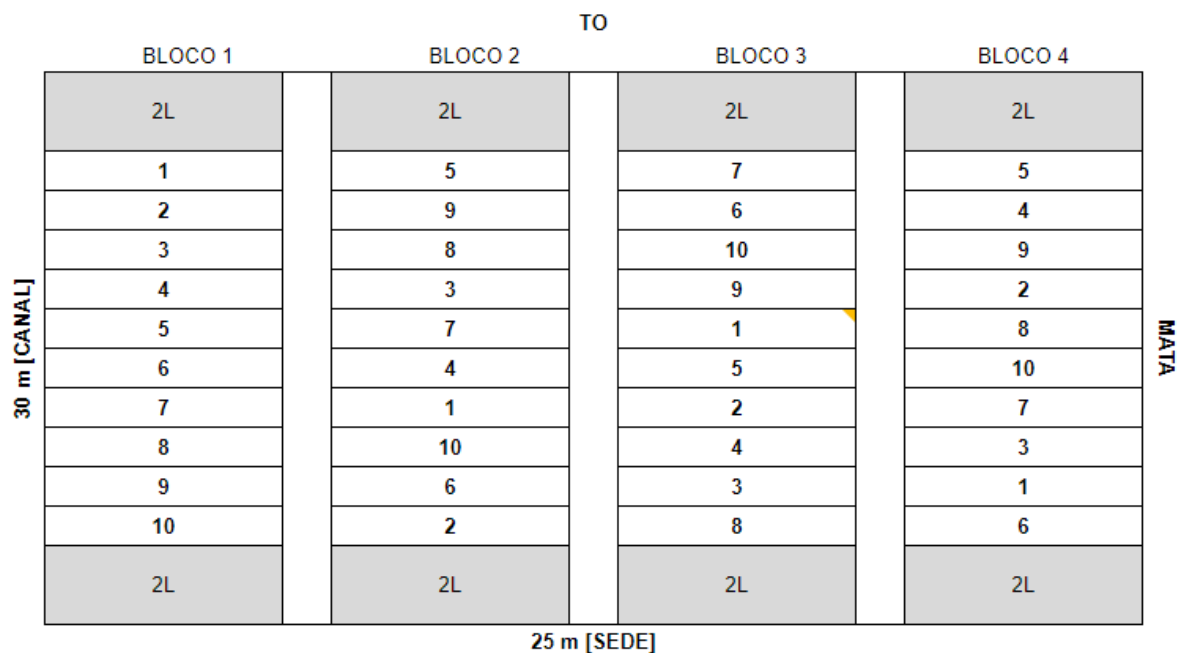


Figura 2. Croqui da área experimental de milho.

3 ORÇAMENTO

Para a realização do presente projeto de pesquisa, os custos são representados na Tabela 2, no qual foram considerados os insumos e as diárias para implantação, condução e avaliação do experimento. Ressalta-se que não foram incluídas despesas relacionadas a materiais como: barbantes, bandeiras de marcação, trenas, pranchetas, dentre outros.

Tabela 2. Custos para implantação, condução e avaliação do experimento de campo.

Insumos (A)	Custo (ha)	Área Experimental (ha)	Custo Total
Sementes	R\$ 951,50	0,06	R\$ 57,09
Adubo 05-25-15	R\$ 1.280,00	0,06	R\$ 76,80
Adubo Ureia Protegida	R\$ 1.388,00	0,06	R\$ 83,28
Dessecação (Herbicida)	R\$ 154,50	0,06	R\$ 9,27
Pós Emergente (Herbicida)	R\$ 154,50	0,06	R\$ 9,27
Inseticida Biológico	R\$ 80,31	0,06	R\$ 4,82
Inseticida Químico	R\$ 35,00	0,06	R\$ 2,10
Óleo Mineral	R\$ 27,50	0,06	R\$ 1,65
Fungicida AP Power	R\$ 60,00	0,06	R\$ 3,60
Inseticida Pulgão	R\$ 59,65	0,06	R\$ 3,58
Subtotal (A)			R\$ 251,46 (12%)

Serviços (B)	Custo uni	Demanda (diárias)	Custo Total
Preparo do solo	R\$ 40,00	2	R\$ 80,00
Plantio	R\$ 100,00	2	R\$ 200,00
Aplicações*	R\$ 100,00	5	R\$ 500,00
Avaliação em V9	R\$ 100,00	2	R\$ 200,00
Avaliação em R2	R\$ 100,00	2	R\$ 200,00
Colheita Manual	R\$ 100,00	2	R\$ 200,00
Avaliações pós-colheita	R\$ 100,00	4	R\$ 400,00
Subtotal (B)			R\$ 1.780,00 (88%)
TOTAL (A+B)			R\$ 2.031,46 (100%)

4 CRONOGRAMA

Tabela 3. Cronograma de Atividades do Projeto de Pesquisa.

Atividades	Meses*										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Planejamento	X										
Revisão bibliográfica	X	X						X	X	X	X
Semeadura		X									
Condução do experimento		X	X	X	X	X					
Colheita e avaliações da cultura						X	X				
Tabulação e análise de dados						X	X	X			
Escrita do TCC								X	X	X	X

*considerando o início de execução no mês de agosto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de características agronômicas avaliados na cultura do milho estão apresentados na tabela 4. Analisando-se as doses de nitrogênio separadamente, nota-se que não houve efeito significativo na altura de plantas (2,36), altura de inserção da primeira espiga (1,32) e PMS (373,74), com relação às doses nitrogenadas associadas uso ou não do *B. aryabhattai*.

Inserir a tabela da análise de variância

Tabela 4. Altura de plantas, altura de inserção de espiga e PMG avaliados sob diferentes doses de nitrogênio associado a presença e ausência do bioinsumo em condição de várzea no Tocantins, safra 2023/2024.

Doses de nitrogênio (kg/ha)	Altura de planta (m)	Altura de inserção de espiga (m)	PMG
0	2,35 a	1,32 a	363,37 a

50	2,40 a	1,35 a	368,37 a
100	2,36 a	1,33 a	381,12 a
150	2,34 a	1,30 a	383,50 a
200	2,38 a	1,34 a	372,37 a
Bioinsumo	-	-	-
Ausência	2,35 a	1,32 a	376,65 a
Presença	2,38 a	1,33 a	370,85 a
CV (%)	2,97	4,77	4,64

*CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna, não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste Scott-Knott.

Souza & Soratto (2006), encontraram resultados semelhantes quando avaliaram o efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho de segunda safra, em sistema de semeadura direta, e não constataram interação significativa destes fatores para prolificidade, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos, no milho de segunda safra. Silva & Silva (2002), avaliando os efeitos do nitrogênio em milho, também não constataram interação significativa.

Uma das possíveis causas desta não interação observada na área é a quantidade de N deixado pela cultura anterior, no caso a cultura da soja – uma leguminosa. Kappes et al (2009) relatam que a decomposição da palhada pela colheita da soja, anterior à semeadura do milho, normalmente é muito rápida, devido a baixa relação C/N da leguminosa e as temperaturas elevadas.

É possível que as diferentes doses não tiveram efeito significativo devido esse aporte de N proveniente da soja. Cruz et al., (2021) afirmam que as leguminosas, como a soja, por fixarem nitrogênio do ar, em simbiose com bactérias que formam nódulos nas raízes, também são muito recomendadas para a rotação de culturas.

Ademais, as características exibidas na tabela 4, como a altura de plantas (AP) e a altura de inserção da primeira espiga (AE) são facilmente influenciáveis pelas condições ambientais. Imoles et al., (2001) em um trabalho realizado sobre a pureza genética em plantas de milho, concluiu que ambos os fatores mencionados anteriormente não seriam marcadores fisiológicos apropriados para a avaliação do trabalho realizado, pois podem ser facilmente influenciadas pelas condições ambientais e de solo.

Já o PMG é uma característica genética do material que dificilmente varia, pois está inclusa nas características físicas da própria semente (Baraviera et al, 2014). E o rendimento em grãos de uma cultura também é dependente de fatores genéticos do cultivar utilizado, das condições edafoclimáticas e particularmente da radiação solar (ARGENTA et al., 2001).

Quanto à ausência e presença do bioinsumo, o produto foi desenvolvido para auxiliar as culturas frente ao estresse hídrico, principalmente no milho safrinha. Entretanto, este experimento foi realizado durante a safra, período no qual houve 1260 mm de precipitação e temperatura média 30 °C, com isso, estes fatores podem ter mascarado o efeito do *B. aryabhattai*. Tendo em vista que para a cultura do milho se desenvolver bem, é necessária uma precipitação em torno de 500 a 800 mm de água, considerando que o período de máxima exigência é na fase do embonecamento ou um pouco depois dele (Andrade et al, 2006).

Quanto às variáveis comprimento e diâmetro de espiga, foi observado interação significativa entre doses de nitrogênio e presença ou ausência de *B. aryabhattai*.

Tabela 5. Comprimento e diâmetro de espiga avaliados sob diferentes doses de nitrogênio associado a presença e ausência do bioinsumo em condição de várzea no Tocantins, safra 2023/2024.

Doses de N	Comprimento da Espiga		Diâmetro da Espiga	
	Bioinsumo			
	Presença	Ausência	Presença	Ausência
0	14,3 aA	14,4 aB	44,0 aB	44,6 aA
50	14,1 bA	15,1 aA	44,7 bB	46,0 aA
100	14,6 aA	15,1 aA	44,9 aB	45,8 aA
150	14,9 aA	14,9 aA	46,3 aA	45,5 aA
200	15,0 aA	14,2 bB	46,1 aA	44,7 bA
CV (%)	3,51		2,02	

*CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste Scott-Knott.

Em relação ao comprimento de espiga, a presença de *Bacillus aryabhattai* associado às doses de N e testemunha não apresentaram diferença estatística, como apresentado na tabela 5. Contudo, as doses de 50 e 200 kg de N ha⁻¹ demonstraram efeito significativo quando comparado aos tratamentos com ausência de *Bacillus aryabhattai*. Foi observado aumento do comprimento da espiga para dose de 50 kg na ausência de *Bacillus*, e na dose de 200 kg de N h⁻¹, foi observado o inverso, onde a utilização de *Bacillus aryabhatai* associado ao N favoreceu maior comprimento de espiga.

O manejo da adubação nitrogenada sem a associação do *Bacillus aryabhatai* demonstrou que a testemunha e a dose de 200 kg de N ha⁻¹ resultaram em menor comprimento de espiga, o que influencia diretamente na produtividade – pois espigas com comprimento maior estão associadas a uma boa produtividade. Isso porque, doses em excesso de N também são prejudiciais para a planta. O excesso de N é prejudicial, pois estimula o desenvolvimento vegetativo excessivo, com reflexos negativos na qualidade e produtividade de grãos (Vale et al. 2015).

Dessa forma, em condições convencionais de cultivo, onde não há a interação com bioinsumo, doses entre 50 e 150 kg de N ha⁻¹ proporcionaram maior CE. Aplicações individuais com dimensões maiores no Brasil evidenciaram em duas, três ou mais vezes para a cultura do milho, três ou mais doses variando de 60 a 120 kg/ha, em textura média e argilosa, não refletiram nas produtividades em relação a uma aplicação única na fase inicial de maior exigência da cultura, ou seja, de 30 a 35 dias após a semeadura (Coelho & Alves, 2021). Apesar de estas doses proporcionarem um maior comprimento de espiga, o bioinsumo não influenciou em tais doses sob as condições edafoclimáticas fornecidas para a cultura. Apesar de que os efeitos do estresse hídrico, além de propiciar maior promoção do crescimento de espécies vegetais, gerando produção de osmólitos compatíveis (EMBRAPA, 2017).

Para o diâmetro de espiga, assim como no comprimento de espiga o efeito isolado entre doses de N não demonstrou efeito significativo. Porém, ao associar as doses com *Bacillus*, notou-se que houve aumento do diâmetro para os tratamentos com dose acima de 150 kg de N ha⁻¹. Foi observado aumento do DE para dose de 50 e ausência de *Bacillus*, e na dose de 200 kg de N ha⁻¹, foi observado o inverso, onde a utilização de *Bacillus* associado ao N favoreceu maior DE. Isso pode ter ocorrido devido à alta dose de N ter induzido um estresse à cultura, e isso fez com que o bioinsumo agisse tentando reverter este estresse e manter a planta. Nitrogênio em excesso causa o estresse osmótico, onde a planta sente como se estivesse necessitando de água, e o estresse iônico, onde os elementos em excesso causam toxidez (Magalhães et al., 2002).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes doses de nitrogênio analisadas de forma isolada nos caracteres agronômicos não sofreu interação significativa. Entretanto, avaliando as doses associadas ao bioinsumo, conclui-se que nas doses de 50 kg de N na ausência do *bacillus* demonstrou maior diâmetro de espiga; já na dose de 200 kg de N, a associação ao bioinsumo promoveu maior diâmetro de espiga. Portanto, é notável que o uso do *Bacillus aryabhattai* associado ao nitrogênio é indicado a dose de 50 kg – pois é suficiente para suprir a demanda da cultura e ter um baixo custo para o produtor.

7 REFERÊNCIAS

- AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. **Journal of King Saud University. Science**, v. 26, n. 1, p. 1–20, 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364713000293>
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.
- BATISTA, V.; OLIGINI, K.; GIARETTA, R.; RABELO, P.; ADAMI, P.; LINK, L. Densidade de plantas e doses de nitrogênio no cultivo de milho safrinha no Paraná **Agrarian**. v.12, n.45, p. 296-307, 2019.
- BESSEN, M.R.; RIBEIRO, R.H.; MELLO, G.R.; BRATTI, F.; PIVA, J.T. Fontes minerais de nitrogênio na sucessão milho-trigo em sistema de plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, 7: 87-102, 2018.
- BUNDY, L.G.; ANDRASKI, T.W.; WOLKOWSKI, R.P. Nitrogen credits in soybean-corn crop sequences on three soils. **Agronomy Journal**, v.85, p.1061-1067, 1993.
- CROOKSTON, R.K.; KURLE, J.E.; COPELAND, P.J.; FORD, J.H.; LUESCHEN, W.E. Rotational cropping sequence affects yield of corn and soybean. **Agronomy Journal**, v.83, p.108-113, 1991.
- ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.71-77, 1997.
- FANCELLI, A. L. **Milho: estratégias de manejo**. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2013. 180 p.

GROVE, T.L. **Nitrogen fertility in oxisols and ultisols of the humid tropics**. Ithaca: Cornell University, 1979. 28p. (Cornell International Agriculture Bulletin, 36).

MORTATE, R. K.; NASCIMENTO, E. F.; GONÇALVES, E. G. S.; LIMA, M. W. P. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2018.

NAKATANI, A. S.; GATO, I. M. B.; SANDINI, I. E. Uso de diferentes *Bacillus* spp. promotores de crescimento vegetal associados com adubação nitrogenada na cultura do milho. **Observatório De La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 3, p. e3733, 2024. <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-105>

OMAY, A.B.; RICE, C.W.; MADDUX, L.D.; GORDON, W.B. Corn yield and nitrogen uptake in monoculture and in rotation with soybean. **Soil Science Society of America Journal**, v. 62, p. 1596-1603, 1998.

PETERSON, T.A.; VARVEL, G.E. Crop yield as affected by rotation and nitrogen rate. **Corn. Agronomy Journal**, v. 81, p. 735-738, 1989.

SAMPAIO, G.; NOBRE, C.; COSTA, M.H.; SATY AMURTY, P.; SOARES-FILHO, B.S.; CARDOSO, M. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. **Geophysical Research Letters**, Washington, DC, v. 34, n. 17, p. 1-7, 2007. DOI: 10.1029/2007GL030612.

SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1057-1064, 2002.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. **Crop Science**, v. 35, p. 1376-1383, 1995

SPERA, S.T.; REATTI, A.; CORREIA, J.R.; CUNHA, T.J.F. SOLOS ARENOSOS NO BRASIL: PROBLEMAS, RISCOS E OPÇÕES DE USO. **Revista de Política Agrícola** – Ano VII – Nº 02 – Abril – Maio – Junho 1998

Santos HP, Lhamby JCB, Spera ST. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Cienc Rural [Internet]**. 2006 Jan; 36(1):21–9. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000100004>

CRUZ, J. C.; PEREIRA, I. A. F.; ALBUQUERQUE, M. R. F. Rotação de culturas. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2021. <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/rotacao-de-culturas>.

IMOLESI, A. S., VON PINHO, E. V. R., VON PINHO, R. G., VIEIRA, M., & CORRÊA, R.. Efeito da adubação nitrogenada em características morfo-agronômicas e nos padrões eletroforéticos de proteínas e isoenzimas de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, p. 17-25, 2001.