

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE EM CACHOEIRA DO SUL
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

TATIANE INÊS MÜLLER

**RESPOSTAS DA CULTURA DO MILHO À INOCULAÇÃO E DOSES DE
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA**

CACHOEIRA DO SUL - RS

2023

TATIANE INÊS MÜLLER

**RESPOSTAS DA CULTURA DO MILHO À INOCULAÇÃO E DOSES DE
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Agronomia da Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul Unidade em Cachoeira
do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Alberto E. Knies

Cachoeira do Sul - RS

2023

Catálogo de Publicação na Fonte

M958r Müller, Tatiane Inês.

Respostas da cultura do milho à inoculação e doses de adubação nitrogenada em cobertura. / Tatiane Inês Müller. – Cachoeira do Sul, 2023.

31 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bacharelado em Agronomia, Unidade em Cachoeira do Sul, 2023.

1. *Azospirillum brasilense*. 2. Microrganismos. 3. produtividade de grãos. 4. Adubação. I. Knies, Alberto Eduardo. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Nídila Alonso Guimarães CRB 10/1903.

TATIANE INÊS MÜLLER

**RESPOSTAS DA CULTURA DO MILHO À INOCULAÇÃO E DOSES DE
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção de título de Bacharel em Agronomia
na Universidade Estadual do Rio Grande do
Sul.

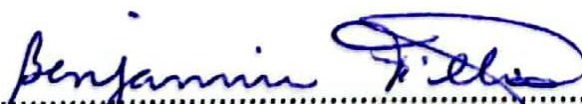
Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

Aprovada em: 12 / 12 / 2023

BANCA EXAMINADORA:



Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies
Uergs Unidade em Cachoeira do Sul



Prof. Dr. Benjamin Dias Osório Filho
Uergs Unidade em Cachoeira do Sul



Dra. Marília Boff de Oliveira
Analista de Pesquisa e Desenvolvimento da Tritec Equipamentos Ltda.
Filial Cachoeira do Sul

RESPOSTAS DA CULTURA DO MILHO À INOCULAÇÃO E DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA

Estudante: Tatiane Inês Müller

Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

RESUMO

A demanda crescente pela alta produtividade e rentabilidade da cultura do milho traz à tona a necessidade de utilização de novas técnicas que possam atingir essas metas, diminuindo custos de produção sem prejudicar o meio ambiente. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas da cultura do milho à inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e a aplicação de diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. Um experimento à campo foi conduzido na safra 2021/2022 na Estação Agronômica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs), na localidade de Três Vendas, no município de Cachoeira do Sul-RS. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 3 repetições, em esquema bifatorial, sendo o fator A composto pela inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* (com e sem inoculação) e, o fator D por diferentes doses de nitrogênio em cobertura (0; 75; 150 e 225 Kg N ha⁻¹). Foram avaliadas às respostas da cultura do milho em relação ao desempenho das plantas (altura de plantas, altura de inserção de espigas, comprimento das espigas, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos) e produtividade de grãos. As variáveis altura das plantas, altura de inserção da espiga, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira não apresentaram diferenças estatísticas em relação à utilização da inoculação. A massa de mil grãos e a produtividade de grãos apresentaram incremento apenas quando da utilização da inoculação acompanhada da aplicação de 0 Kg N ha⁻¹, nas demais não houve efeito significativo. Em relação as doses de N aplicadas, houve incremento em praticamente todas as variáveis analisadas até a dose de 150 Kg de N ha⁻¹, não havendo acréscimos na dose de 225 Kg ha⁻¹. Assim, destaca-se a importância de realizar a inoculação e a adubação nitrogenada em cobertura de forma racional, contribuindo para a sustentabilidade econômica e ambiental do cultivo do milho.

Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*, microrganismos, produtividade de grãos.

RESPONSES OF CORN CROPS TO INOCULATION AND DOSES OF NITROGEN FERTILIZATION UNDER COVERAGE

Student: Tatiane Inês Müller

Advisor: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

ABSTRACT

The growing demand for high productivity and profitability of corn crops brings to light the need to use new techniques that can achieve these goals, reducing production costs without harming the environment. Thus, the objective of this work was to evaluate the responses of the corn crop to the inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* and the application of different doses of nitrogen fertilizer in top dressing. A field experiment was conducted in the 2021/2022 harvest at the Agricultural Station of the State University of Rio Grande do Sul (Uergs), in the town of Três Vendas, in the municipality of Cachoeira do Sul-RS. A completely randomized experimental design was used, with 3 replications, in a bi-factorial scheme, with factor A being composed of the inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* (with and without inoculation) and factor D by different doses of nitrogen coverage (0; 75; 150 and 225 Kg N ha⁻¹). The responses of the corn crop in relation to plant performance (plant height, ear insertion height, ear length, number of rows per ear, number of grains per row, mass of one thousand grains) and grain productivity were evaluated. The variables plant height, ear insertion height, ear length, number of rows per ear and number of grains per row did not present statistical differences in relation to the use of inoculation. The mass of a thousand grains and grain productivity showed an increase only when using inoculation accompanied by the application of 0 kg N ha⁻¹, in the others there was no significant effect. In relation to the doses of N applied, there was an increase in practically all the variables analyzed up to the dose of 150 Kg of N ha⁻¹, with no increases at the dose of 225 Kg ha⁻¹. Thus, the importance of carrying out inoculation and nitrogen fertilization in a rational manner stands out, contributing to the economic and environmental sustainability of corn cultivation.

Keywords: *Azospirillum brasilense*, microorganisms, grain productivity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 CULTURA DO MILHO.....	9
2.2 UTILIZAÇÃO DE INOCULAÇÃO COM <i>Azospirillum brasiliense</i>	10
2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO.....	11
3. OBJETIVOS	12
3.1 OBJETIVO GERAL	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura de grande importância, servindo principalmente como matéria-prima para produção de rações para aves, suínos e bovinos. Com a crescente necessidade de aumento na produção, se faz necessário utilização de técnicas que possam atender essa demanda sem impactar o ambiente e diminuir custos.

A produção de milho demanda a utilização de fertilizantes químicos como fontes de nitrogênio (N) para que alcance resultados positivos. O rendimento de grãos é fortemente influenciado pela disponibilidade desse nutriente no solo (SCHRODER et al., 2000), e com a crescente demanda e constantes alterações no custo de insumos, se faz necessário a busca por novos produtos que possam substituir ou diminuir a necessidade e dependência destes.

O uso de nitrogênio se torna indispensável em várias culturas, em especial no desenvolvimento e produtividade do milho. A deficiência de N, pode reduzir o rendimento de grãos de milho entre 14% e 80% (FANCELLI; DOURADO NETO, 2008). De 70 a 90% das pesquisas conduzidas no Brasil sob diversas condições de solo, clima e sistemas de manejo demonstraram respostas positivas da cultura do milho à adubação (COELHO, et al.,2002).

O manejo adequado do nitrogênio é fundamental para o aumento das produtividades, merecendo atenção especial. Assim, se faz necessário testar diferentes estratégias de manejo de N para desenvolver o método que alcance os melhores resultados de produção conforme as necessidades do local. A resposta da cultura do milho ao nitrogênio depende de fatores como o manejo adequado da dose de nitrogênio a ser aplicada, da fonte nitrogenada, época de aplicação do adubo, além da interferência exercida pelas condições edafoclimáticas e pelos microrganismos do solo (OKUMURA et al.,2011), se fazendo necessário a tomada de diversas decisões para o bom desenvolvimento da cultura.

O planejamento correto da safra pode trazer melhores resultados produtivos, sendo um fator de extrema importância, bem como a adoção de algumas medidas que possam auxiliar no desenvolvimento da cultura. Medidas de mitigação podem reduzir os riscos por estiagens em nível de propriedade, como o escalonamento de épocas de semeadura e diversificação de genótipos de ciclos diferentes, o emprego de

práticas conservacionistas, como o plantio direto, e a observância dos zoneamentos climáticos (BERGAMASCHI, 2014). Além disso, grande parte dos produtores não tem estrutura disponível para utilização de irrigação em suas propriedades, seja pelo custo do sistema ou até mesmo por não haver condições de implantação na propriedade. Assim, a utilização de microorganismos vem se mostrando uma opção nestes casos, visto que podem aumentar a tolerância das plantas em situações de estresses hídricos moderados.

Considerando a importância de conciliar produtividade e rentabilidade com um ambiente que possa garantir alto potencial produtivo, a utilização de novas técnicas como o uso de microrganismos que possam auxiliar na fixação biológica de nitrogênio vem crescendo, entre estes, estão as bactérias diazotróficas, dentre as quais, um dos gêneros mais estudados é o *Azospirillum*, que compreende bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) de vida livre, encontradas em quase todos os lugares da Terra (HUNGRIA, 2016). No Brasil, o *Azospirillum brasilense* é a principal espécie de bactéria, sendo pesquisada para inoculação das culturas de milho e trigo (HUNGRIA, 2011).

Muitos estudos têm demonstrado que o *Azospirillum* estimula o crescimento e a produtividade de várias espécies de plantas, sendo muitas delas com grande relevância agrônômica e ecológica (HUNGRIA, 2011), demonstrando a importância das pesquisas para que produtores tenham acesso a novos produtos que possam auxiliar na produção, de modo economicamente viável e sustentável.

Assim, percebe-se a importância de estudos sobre o potencial uso dessa bactéria em promover o crescimento de plantas de milho em associação com a adubação nitrogenada, para que seja avaliada a eficiência no uso desta tecnologia e seus resultados possam ser divulgados de forma segura aos produtores e extensionistas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays*) é amplamente produzido em todo Brasil, sendo uma cultura de grande destaque. Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, sendo previsto para a safra 2023/24, uma produção total de 119,4 milhões de toneladas, cultivados em 21.186,9 mil hectares (CONAB, 2023). Sua produção é destinada ao consumo humano e animal, utilizado como matéria-prima de diversos produtos, sendo que, cerca de 82% de todo o milho produzido no Brasil é consumido sob a forma de ração, principalmente para suínos e aves de corte (SILVA, 2021).

A produção brasileira de milho vem tendo um aumento crescente, passando de 86,3 milhões de toneladas em 2021, para 120 milhões de toneladas em 2022 e, desde 2018 a área plantada no Brasil aumentou de 16,8 para 22,7 milhões de hectares, conforme estatísticas da Abimilho - Associação Brasileira de Indústrias do Milho (2022).

Segundo MAPA (2022), conforme as projeções do agronegócio de 2021/2022 a 2031/2032, a área plantada de milho deve ter um acréscimo anual de 1,2%, passando de 21,5 milhões de hectares para 24,6 milhões. Já em relação ao consumo interno de milho que em 2021/22 representava 67,5% da produção, no próximo decênio, deverá passar para 67,7% da produção. Um dos fatores para o crescente consumo interno está relacionado com o aumento dos confinamentos de bovinos e a maior demanda de milho para alimentação. Já em relação às projeções para as exportações, estas devem passar de 37,0 milhões de toneladas em 2021/22 para 46,3 milhões de toneladas em 2031/32, podendo chegar a 65,5 milhões de toneladas.

Segundo dados da CONAB (2021), o prognóstico climático para o Brasil no período de outubro a dezembro de 2021, para a Região Sul, conforme as previsões climáticas, indicavam um predomínio de áreas com maior probabilidade de chuvas abaixo da média, o que acabou confirmando-se no decorrer do período. Sabendo que a produtividade de milho é limitada no estado do Rio Grande do Sul (RS), principalmente pela deficiência hídrica (KÖPP et al., 2015) faz-se necessário o

acompanhamento das previsões climáticas para melhor planejamento da safra e busca por soluções que possam minimizar esses efeitos nas plantas.

2.2 UTILIZAÇÃO DE INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasiliense*

A capacidade das bactérias diazotróficas realizarem a fixação biológica de nitrogênio (FBN) em associação com gramíneas foi descoberta pela pesquisadora da Embrapa, Johanna Döbereiner (1924-2000) ainda na década de 1970 e seus estudos influenciaram uma série de pesquisas de tecnologias de aplicação da FBN na agricultura (EMBRAPA, 2019). A utilização da inoculação da *Azospirillum* no milho foi possível devido a uma série de pesquisas desenvolvidas, que possibilitaram que no ano de 2009, a Embrapa Soja trouxesse ao mercado o produto comercial Azototal juntamente com empresa Total Biotecnologia.

A bactéria da espécie *Azospirillum brasiliense*, confere à planta uma série de benefícios, como produção de fitohormônios (principalmente auxinas), resistência a doenças e a seca, entre outros. A *Azospirillum brasiliense* é uma bactéria promotora de crescimento de plantas (BPCP), que em associação com gramíneas, como no caso do milho, também promove a fixação biológica de nitrogênio (FBN). Sua utilização promove o aumento de ramificações nas raízes e de pelos radiculares, melhora a performance da planta, aumentando a eficiência na absorção de água e nutrientes.

Estudos apontam ainda que a utilização do *Azospirillum* reduz o uso de fertilizantes químicos, fontes de nitrogênio na cultura do milho. O uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas que aumentem a eficiência de utilização dos fertilizantes e que aportem nitrogênio via fixação biológica representa uma estratégia viável economicamente, além dos benefícios ambientais associados à redução no uso de fertilizantes (HUNGRIA, 2011). No entanto, resultados demonstram que a utilização somente da inoculação não expressa o mesmo resultado que quando usado em associação com fertilizantes. Segundo Hungria (2011), a capacidade de suprimento de N pela inoculação com *Azospirillum* não pode ser comparada àquela observada em leguminosas. Segundo Hungria (2007), ao contrário das leguminosas, a inoculação de não-leguminosas com bactérias endofíticas ou associativas, ainda que essas consigam fixar nitrogênio, não consegue suprir totalmente as necessidades das plantas em nitrogênio, pois estas excretam somente uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada.

O uso da inoculação com *Azospirillum brasiliense* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas. A utilização da tecnologia gera diversos benefícios para a planta, além da FBN a promoção de crescimento resulta em melhor desenvolvimento radicular, garantindo uma maior absorção de água e nutrientes, o que reflete positivamente no desenvolvimento vegetal e na produtividade (BIOMA, 2023). Percebe-se assim, a importância da utilização de novas técnicas que possam auxiliar e beneficiar o desenvolvimento da cultura, bem como aumentar sua produtividade.

2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO

A importância da utilização do nitrogênio no cultivo do milho está ligada à produtividade, sendo um nutriente indispensável ao desenvolvimento da cultura. Um dos responsáveis pela grande produção de milho é a aplicação de nitrogênio, pois a cultura exige grandes quantidades desse nutriente, além disso, está ligado ao potencial de produtividade do milho, demonstrando que é essencial o uso de doses de nitrogênio na cultura do milho (SHIMADA, 2021).

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio e usualmente requer o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se deseja produtividades elevadas (COELHO, 2006). Assim, a utilização de fertilizantes à base de N, se mostra de grande importância para o desenvolvimento da cultura, fazendo se necessário a busca ou complementação desse nutriente, com o uso de outras fontes mais sustentáveis, como a utilização de microorganismos que possam atuar de forma positiva, aumentando a produtividade e rentabilidade da produção.

O nitrogênio, pode se perder de diversas formas, entre elas por volatilização e lixiviação, exigindo que se tenha máxima atenção no momento da aplicação e no manejo de solo, para que seja eficiente e proporcione resultados satisfatórios de produção. A aplicação adequada de nutrientes no solo é um fator muito importante, pois interfere na produtividade e no rendimento do milho, tendo implicações técnicas, quanto ao desempenho e a eficiência econômica da cultura (RODRIGUES, 2018). Segundo Embrapa, 2015, a deficiência de N na cultura do milho pode causar amarelecimento da ponta para a base em forma de "V", secamento começando na

ponta das folhas mais velhas, progredindo ao longo da nervura principal, necrose em seguida e dilaceramento e colmos finos.

Segundo recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC, 2016, para recomendações de doses de N, deve-se levar em consideração o teor de matéria orgânica do solo, representado no laudo da análise química de solo, bem como a cultura antecedente. Em sistemas de plantio direto (caso do experimento), em casos de doses elevadas de N, recomenda-se o fracionamento da aplicação, podendo aplicar 50% da dose quando as plantas estão no estágio V4 a V6 (ou antecipado para V3 a V5) e os 50% restantes em V8 a V9. Ainda conforme o Manual, as principais fontes de fertilizantes nitrogenados são a ureia (45%N), o nitrato de amônio (32% N) e o sulfato de amônio (20% N), cabendo ao profissional analisar e recomendar aquele que melhor atender às necessidades.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas da cultura do milho à inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e a aplicação de diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a influência da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* no desempenho da cultura do milho;
- Avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura no desempenho da cultura do milho;
- Avaliar a interação da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* com as diferentes doses de nitrogênio em cobertura na produção da cultura do milho.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado a campo na Estação Agronômica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs), Unidade em Cachoeira do Sul, localizada no distrito de Três Vendas, interior do município, (29°53' S e 53° 00' W, altitude de 125m), na região Central do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 2018) e o clima da região definido por Köppen como subtropical úmido.

Figura 1 - Imagem da área do experimento.



Fonte: Google Earth (2023).

Na área utilizada para o experimento foi coletada amostra de solo para realização de análise química e posterior correção do solo. Conforme resultados obtidos na análise química, baseando-se no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 2016, foi realizada a correção do solo, fracionando em duas aplicações, a primeira em 2017, utilizando 6,5 toneladas por hectare de calcário dolomítico, incorporado, e a segunda em 2021, com dose de 2,5 toneladas aplicados em superfície.

O experimento foi realizado durante o ano agrícola 2021/2022, com delineamento experimental inteiramente casualizado com parcelas subdivididas e 3 repetições. O estudo foi realizado em esquema bifatorial, sendo o fator A composto pela inoculação das sementes com *Azospirillum brasiliense* (com e sem inoculação)

e, no fator D foi composto por diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura (0, 75, 150 e 225 Kg N ha⁻¹). Os tratamentos estão descritos na tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos avaliados.

Tratamentos	Fator A	Fator D
Tratamento 1	Sem inoculação	0 Kg N ha ⁻¹
Tratamento 2	Sem inoculação	75 Kg N ha ⁻¹
Tratamento 3	Sem inoculação	150 Kg N ha ⁻¹
Tratamento 4	Sem inoculação	225 Kg N ha ⁻¹
Tratamento 5	<i>Azospirillum brasilense</i>	0 Kg N ha ⁻¹
Tratamento 6	<i>Azospirillum brasilense</i>	75 Kg N ha ⁻¹
Tratamento 7	<i>Azospirillum brasilense</i>	150 Kg N ha ⁻¹
Tratamento 8	<i>Azospirillum brasilense</i>	225 Kg N ha ⁻¹

A semeadura foi realizada no dia 29 de novembro de 2021, em sistema de plantio direto, sob palhada de trigo, utilizando o híbrido Forseed FS 533, com densidade de 70 mil sementes por hectare. As parcelas foram formadas por 5 linhas de semeadura, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 5 metros de comprimento.

Em todos os tratamentos, foi utilizada adubação de base no sulco de semeadura de 350 Kg ha⁻¹ de fertilizante mineral, com fórmula 04-20-20 (N - P₂O₅ - K₂O). Para os tratamentos com inoculação das sementes com *Azospirillum brasiliense* esta foi aplicada momentos antes da semeadura, seguindo as orientações do fabricante. O produto comercial utilizado para inoculação de *Azospirillum brasiliense* foi o Bioma Mais Milho (Cepas Ab-V5 e Ab-V6), em forma líquida, na dose recomendada de 100ml para cada 25kg de sementes. O produto foi aplicado diretamente sobre as sementes de maneira homogênea, em local adequado, evitando exposição ao sol e altas temperaturas (por conter bactérias vivas o produto não deve ser submetido a temperaturas acima de 28 °C por períodos prolongados), e logo após o processo foi realizada a semeadura.

As doses de N utilizadas em cobertura foram determinadas conforme recomendação do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC, baseado no resultado da análise química de solo da área do experimento. A dose recomendada foi de 150 kg N ha⁻¹. A adubação de cobertura foi realizada em 2 aplicações, conforme as doses correspondentes à cada uma das parcelas avaliadas,

sendo a primeira no estágio V3-V4, com aplicação de 50% da dose e, a segunda aplicação em V7-V8, com os 50% restantes, de forma manual, utilizando como fonte a uréia (45 % N).

Foram avaliadas as diferentes respostas na cultura do milho em relação à altura de inserção da espiga, altura das plantas, componentes do rendimento (número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, massa de mil grãos) e produtividade de grãos (Kg ha^{-1}).

A altura da inserção da espiga e das plantas, foi avaliada selecionando 4 plantas ao acaso em cada unidade experimental, sendo realizada a medida do nível do solo até a inserção da espiga e até a inserção da última folha. Para a determinação do comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga foram coletadas 4 espigas de cada parcela, para então realizar a medição do comprimento da mesma e fazer a contagem do número de fileiras e de grãos por fileira.

A produtividade de grãos foi determinada através da colheita de 3 linhas centrais de cada parcela, com 2 metros lineares, equivalente a 3 m^2 por unidade experimental. Foi realizada a colheita, debulha, limpeza, pesagem e medida a umidade dos grãos (sendo o peso ajustado para 13% de umidade dos grãos) e, extrapolado os resultados para hectare. Após a pesagem dos grãos colhidos em cada parcela, foi realizada a contagem de 4 amostras de 100 grãos, as quais foram pesadas, para posterior realização do cálculo para obtenção da massa de mil grãos (MMG).

A análise dos dados foi realizada através do software Sisvar versão 5.1, sendo submetidos à análise de variância (teste F) e, a análise complementar do fator qualitativo (fator A – inoculação) pelo teste de Tukey e do fator quantitativo (fator D – doses de adubação nitrogenada em cobertura) pela análise de regressão, ambos com 5% de probabilidade de erro.

Abaixo (Figuras 2, 3, 4 e 5) estão representadas algumas etapas do desenvolvimento da cultura do milho.

Figura 2. Semeadura da cultura do milho sobre palhada de trigo.



Fonte: Autor (2023).

Figura 3. Cultura do milho em estágio vegetativo.



Fonte: Autor (2023).

Figura 4. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho.



Fonte: Autor (2023).

Figura 5. Cultura do milho em estágio reprodutivo.



Fonte: Autor (2023).

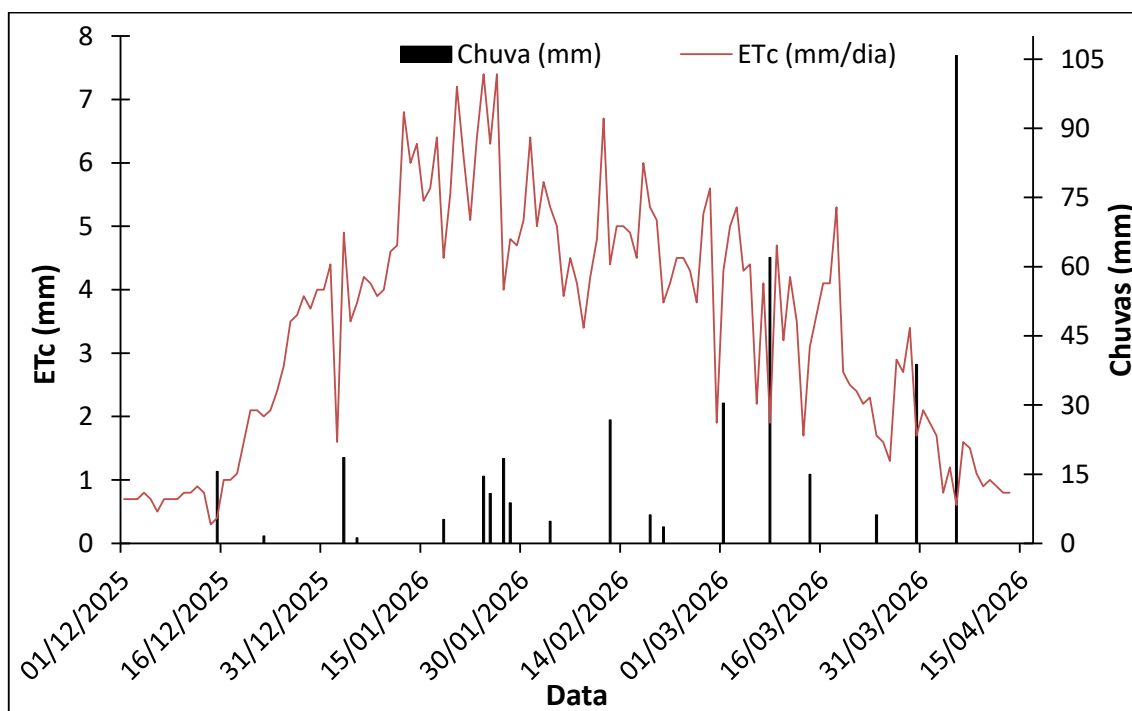
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento com a cultura do milho foi realizado em sistema de sequeiro, com o objetivo de avaliar as respostas da cultura milho à inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e a aplicação de diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. Na figura 6 constam alguns parâmetros do balanço hídrico da cultura do milho, onde podemos observar que ocorreu uma baixa distribuição de chuvas no período de realização do experimento. De novembro a fevereiro os volumes de chuva foram pequenos, compreendendo o período de estabelecimento da cultura até o florescimento, sendo necessário maiores quantidades de água às plantas para seu pleno desenvolvimento. De acordo com Biomatrix (2021), a estiagem na fase vegetativa reduz a velocidade de crescimento inicial, diminuindo número de folhas diferenciadas e aumenta o período crítico de competição com plantas daninhas.

Em função dos baixos volumes de chuvas ocorridos no período de estabelecimento pode haver interferência no estande de plantas (menor número de plantas por área) e no componente número de grãos por espiga, que é determinado no período de florescimento. Segundo Embrapa, 2002, todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir estão sendo formadas no estágio V3. Pode-se dizer, portanto, que o número máximo de grãos ou a produção potencial estão sendo definidos nesse estágio. Segundo Biomatrix (2021), a partir do estágio V6 (seis folhas expandidas) a VT (florescimento), o requerimento hídrico do milho fica maior, de 4,5 para 7mm por dia, conforme o aumento de sua área foliar, pois nesse período estará sendo definida a produção da cultura

O total de chuva durante todo ciclo de desenvolvimento da cultura do milho foi de 578,60 mm e a ETc total foi de 406,98 mm. Cabe destacar, que cerca de 20% deste volume de chuvas ocorreu em uma única chuva (105 mm) no final do ciclo e, se considerarmos o terço final do ciclo este concentrou em torno de 50% do volume das chuvas, porém, neste momento praticamente todos os componentes de rendimento da cultura já estão definidos.

Figura 6. Parâmetros do balanço hídrico do experimento com a cultura do milho.



Fonte: Autor (2023).

Os fatores ambientais, principalmente o estresse hídrico, tem influência negativa sobre as populações de microrganismos diazotróficos e sobre o processo de fixação biológica de nitrogênio (REIS JUNIOR et al., 2004), podendo assim, além de ser um fator limitante ao desenvolvimento da cultura, interferir nos resultados do uso de inoculação.

Na tabela 2, podemos verificar que os fatores analisados tiveram efeitos significativos apenas nas variáveis massa de mil grãos e na produtividade de grãos, indicando que os efeitos esperados foram comprometidos pela grande deficiência hídrica que ocorreu ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura do milho. Na tabela 2 também é possível destacar o baixo coeficiente de variação (CV), indicando qualidade e rigor na condução e coleta de dados do experimento.

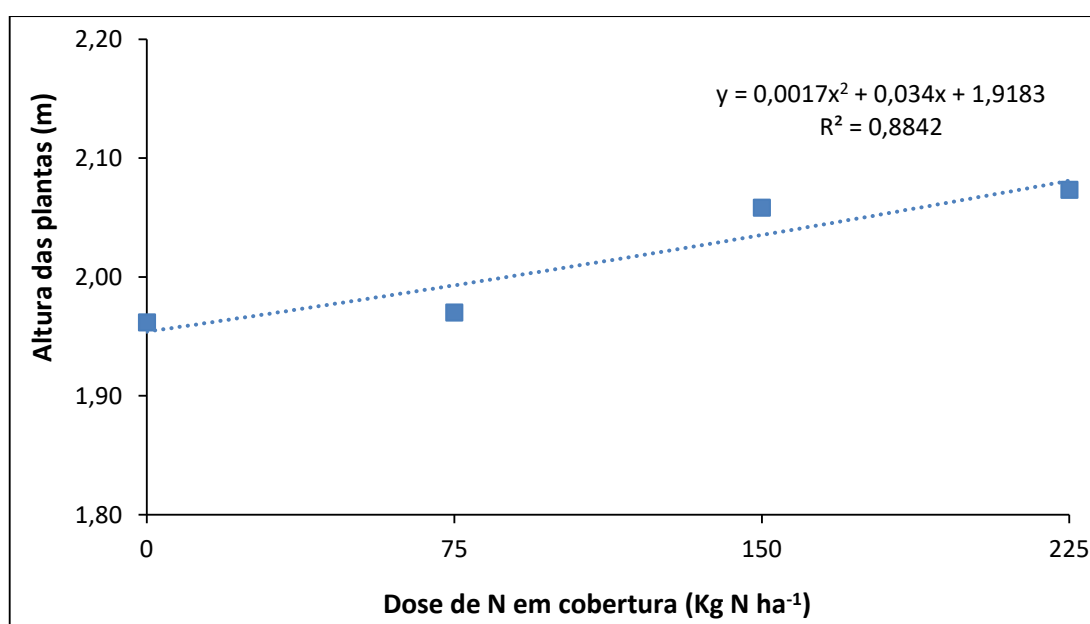
Tabela 2. Indicadores estatísticos para as variáveis respostas obtidas em função dos fatores avaliados.

Fatores	Variáveis analisadas						
	Alt.	AIE	CE	NFE	NGF	MMG	Prod.
A	0,84 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,00*	0,00*
D	0,06 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,00*	0,00*
A x D	0,58 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Rep.	0,33	0,85	0,69	0,60	0,44	0,42	0,25
CV (%)	4,04	5,85	15,12	9,16	13,20	4,74	6,09
DMS	0,14	0,14	4,21	2,66	7,10	31,71	604,23

Onde: A: Inoculações; D: Doses de adubação nitrogenada em cobertura; A x D: Análise da interação dos fatores sobre a variável resposta. *Efeito significativo, quando $Pr < 0,05$. ^{ns} Efeito não significativo, quando $Pr > 0,05$. Rep.: Repetição; CV: Coeficiente de Variação (%); DMS: Diferença Mínima Significativa. Alt.: alturas das plantas; AIE: Altura de inserção de espiga. CE: Comprimento de Espiga. NFE: Numero de Fileiras por Espiga. NGF: Numero de grãos por Fileira. MMG: massa de mil grãos e, Prod. produtividade de grãos. Fonte: Autor (2023).

Na figura 7, observamos que a altura das plantas não apresentou variação significativa entre inoculado e não inoculado na cultura do milho, confirmando resultados publicados por Embrapa (2021), em que a inoculação de *Azospirillum brasilense* no milho não alterou a morfofisiologia e o crescimento das plantas de milho, independentemente dos níveis de N, das condições hídricas e das estirpes testadas. Em relação às doses de N em cobertura, percebe-se um incremento, conforme aumento das doses utilizadas.

Figura 7. Média da altura das plantas inoculadas/não inoculadas em função das diferentes quantidades de N em cobertura na cultura do milho.

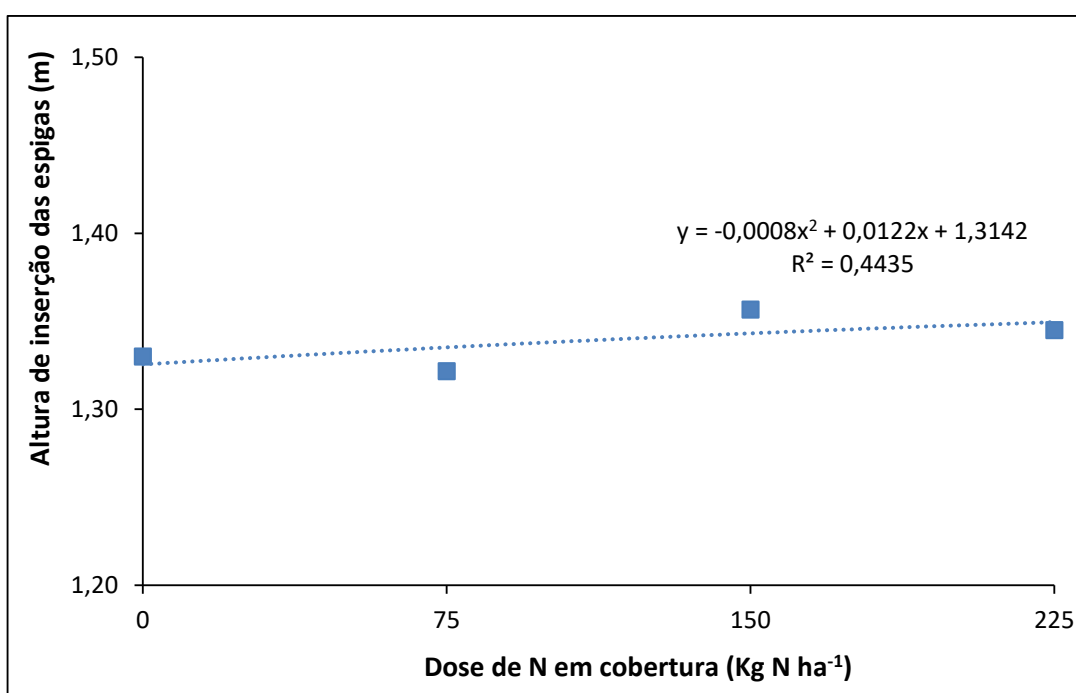


Fonte: Autor (2023).

Do mesmo modo, a média de altura de inserção de espiga (Figura 8), comprimento das espigas (Figura 9), número de fileiras por espiga (Figura 10) e número de grãos por fileira (Figura 11), não apresentaram diferença estatística entre o inoculado e não inoculado. Segundo Embrapa (2012), pode não haver efeito da inoculação nem da interação entre inoculação e doses de N para altura de plantas e altura de espiga principal, demonstrando que os efeitos podem não ser obtidos de maneira significativa em determinadas variáveis, sendo necessário aprofundar estudos na área visando melhorias na seleção de estirpes que possam trazer resultados mais eficientes no desenvolvimento das culturas.

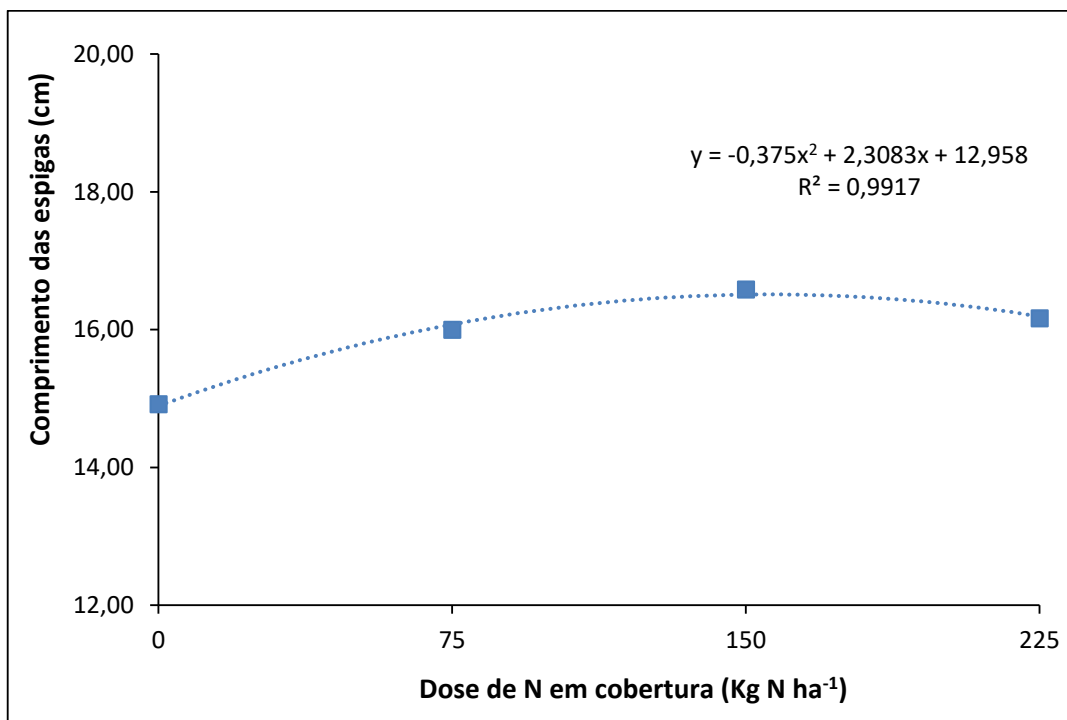
Pode-se observar que em relação as doses de N aplicadas, há um incremento no comprimento das espigas, número de fileiras por espiga e grãos por fileira até a dose de 150 Kg de N ha⁻¹, não havendo acréscimos na dose de 225 Kg ha⁻¹, demonstrando a importância do manejo correto e da realização de experimentos que tragam resultados acessíveis aos produtores para que estes, possam tornar a produção mais sustentável, proporcionando economia e conseqüentemente maior rentabilidade.

Figura 8. Média da altura de inserção das espigas de plantas inoculadas/não inoculadas em função das diferentes quantidades de N em cobertura na cultura do milho.



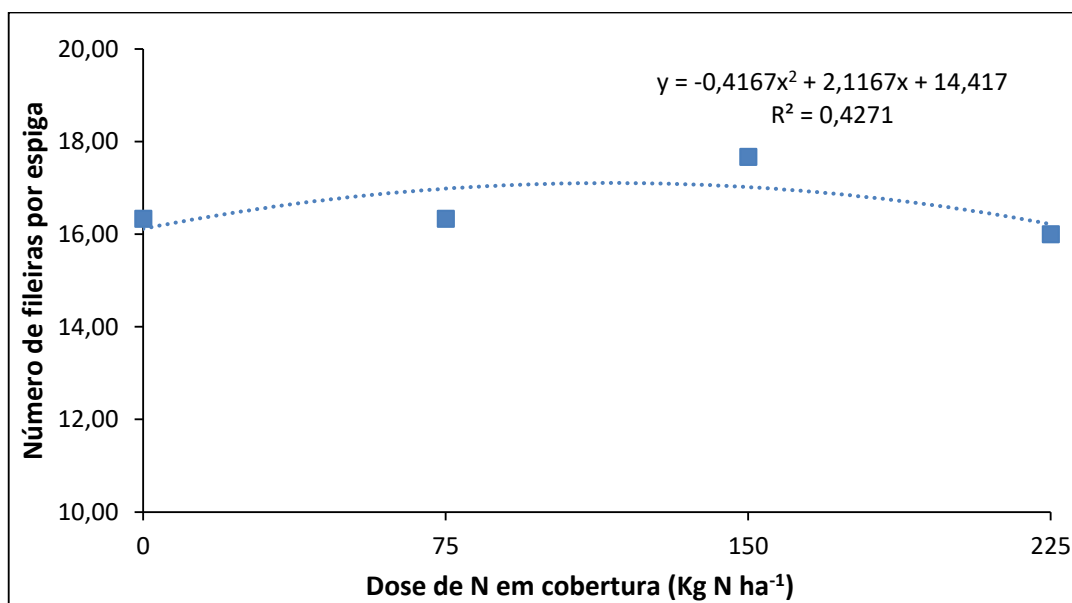
Fonte: Autor (2023).

Figura 9. Média do comprimento das espigas de plantas inoculadas/não inoculadas em função das diferentes quantidades de N em cobertura na cultura do milho.



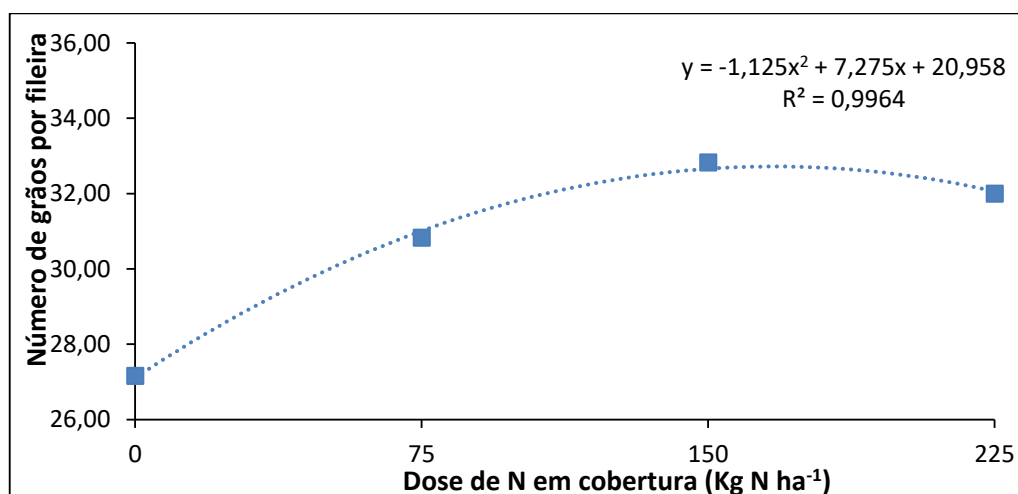
Fonte: Autor (2023).

Figura 10. Média do número de fileiras por espiga de plantas inoculadas/não inoculadas em função das diferentes quantidades de N em cobertura na cultura do milho.



Fonte: Autor (2023).

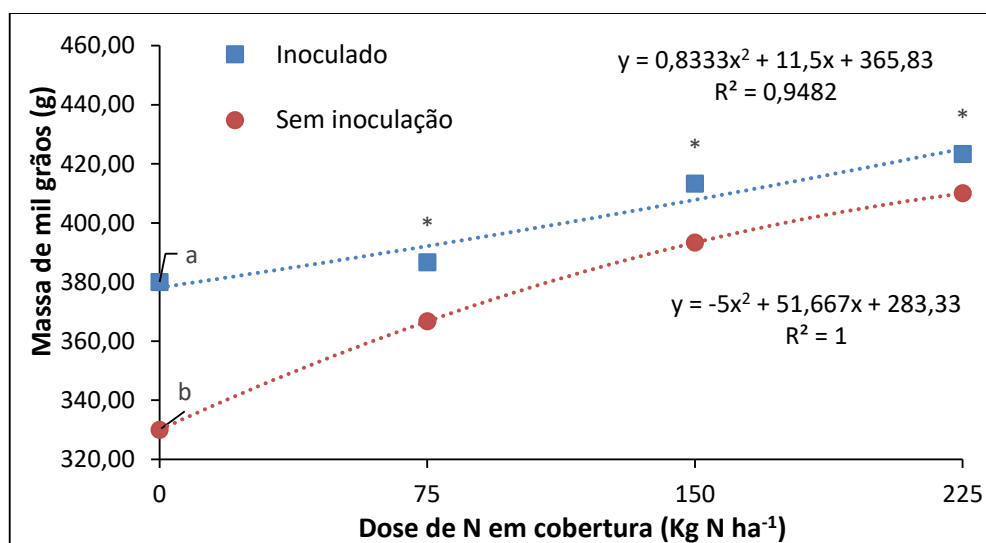
Figura 11. Média do número de grãos por fileira de plantas inoculadas/não inoculadas em função das diferentes quantidades de N em cobertura na cultura do milho.



Fonte: Autor (2023).

A massa de mil grãos (MMG, (Figura 12) e a produtividade de grãos (Figura 13) apresentaram diferença estatística em relação a utilização da inoculação das sementes, porém apenas quando na dose de 0 Kg N ha⁻¹. Segundo Reis et al. (2022), a inoculação das sementes de milho com rizobactérias promotoras de crescimento de plantas é capaz de influenciar positivamente o crescimento das plantas e aumentar a produção da cultura.

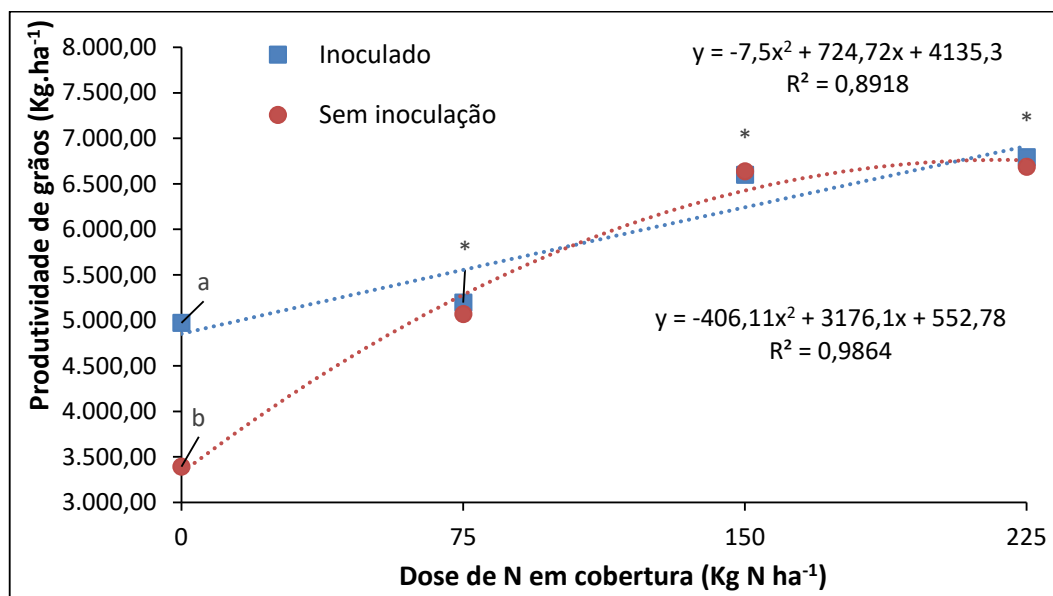
Figura 12. Massa de mil grãos em função da utilização da inoculação e da aplicação de diferentes quantidades de N em cobertura na cultura do milho.



Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro. * Não diferem estatisticamente, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autor (2023).

Figura 13. Média de produtividade em função das diferentes quantidades de N em cobertura na cultura do milho.



Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro. * Não diferem estatisticamente, em nível de 5 % de significância. Fonte: Autor (2023).

Na figura 12 pode-se observar que a utilização da inoculação aumentou 50g a MMG apenas quando na dose de 0 Kg N ha⁻¹ em cobertura, ou seja, quando houve a aplicação de N em cobertura esta supriu a demanda da cultura neste nutriente, minimizando a contribuição da inoculação. Em relação às doses de adubação nitrogenada em cobertura, observa-se um incremento linear na MMG, destacando a importância da adubação nitrogenada nesta variável.

Em relação à produtividade de grãos (figura 13), pode-se observar que a inoculação das sementes aumentou em aproximadamente 1.500 Kg ha⁻¹ a produtividade de grãos apenas quando acompanhada da dose de 0 Kg N ha⁻¹ em cobertura, ou seja, semelhante ao observado na MMG, quando houve a aplicação de N em cobertura está supriu a demanda da cultura neste nutriente, minimizando a contribuição da inoculação, sobretudo em uma situação de estresse das plantas por deficiência hídrica, como observado neste experimento. Em relação às doses de adubação nitrogenada em cobertura, observa-se um incremento linear na produtividade de grãos até a dose de 150 Kg N ha⁻¹, com pouca contribuição com o acréscimo para 225 Kg N ha⁻¹. Assim, indicando que a adubação nitrogenada deve ser manejada com cautela na cultura do milho, para evitar desperdícios na aplicação,

o que pode trazer prejuízos econômicos e ambientais ao produtor, sobretudo em safras de escassez hídrica do cultivo.

Segundo Embrapa (2015), resultados de experimentos conduzidos no Brasil, sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram resposta generalizada da cultura à adubação nitrogenada. Entretanto, a resposta da produtividade à adubação nitrogenada em cobertura depende de vários fatores; dentre eles, destacam-se umidade do solo, genética da planta e dose utilizada (GOES, 2012). Percebe-se assim a importância de um manejo adequado na utilização de nitrogênio em cobertura na cultura do milho, visto que podem ocorrer variações em relação as dose de N, conforme classe textural de solo, sistemas de plantio, teor de matéria orgânica, entre outros, cabendo ao profissional avaliar e recomendar conforme a necessidade de cada caso.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variáveis altura das plantas, altura de inserção da espiga, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira não apresentaram diferenças estatísticas em relação à utilização da inoculação.

A massa de mil grãos apresentou incremento de 50g , apenas quando a utilização da inoculação foi acompanhada da dose 0 Kg N ha⁻¹, nas demais não houve efeito significativo. Já a produtividade de grãos apresentou incremento de aproximadamente 1.500 Kg ha⁻¹ quando utilizou-se inoculação acompanhada da dose de 0 Kg N ha⁻¹ comprovando assim a eficiência da utilização da inoculação do *Azospirillum brasiliense* na cultura do milho.

Em relação as doses de adubação nitrogenada em cobertura, houve incremento em praticamente todas as variáveis analisadas até a dose de 150 Kg de N ha⁻¹, não havendo acréscimos na dose de 225 Kg ha⁻¹. Assim, destaca-se a importância de realizar a inoculação e a adubação nitrogenada em cobertura de forma racional, sobretudo em safras de escassez hídrica do cultivo (caso deste experimento), de forma a contribuir para a sustentabilidade econômica e ambiental do cultivo do milho.

REFERÊNCIAS

- ABIMILHO. **Estatísticas**. Disponível em: <https://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- BALAN M.G.; ABI-SAAB J.G.; SILVA C.G.; RIO A. **Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, abr./jun. 2008.
- BERGAMASCHI, HOMERO. **O milho e o clima** / Homero Bergamaschi e Ronaldo Matzenauer. - Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.
- BIOMA. Produtos. Disponível em: <https://bioma.ind.br/produtos/bioma-mais-milho/>. Acesso em 15 de dezembro de 2023.
- BULLA, DIEGO. Jr., A. A B. **Inoculação-de-sementes-de-milho-com-Azospirillum-brasiliense-em-diferentes-doses-de-nitrogenio**. Revista Agropecuária Catarinense, v 24, n 2, Julho, 2012.
- REIS, CAROLINE de OLIVEIRA, et al. **Resposta do milho à inoculação com rizobactérias sob diferentes níveis de estresse hídrico**. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. PDF (31 p.): il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 240).
- COELHO, ANTÔNIO MARCOS. **Circular técnica 78**. Nutrição e Adubação do Milho. 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19622/1/Circ_78.pdf
- CONAB. 2021. **Boletim da safra de grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 14 de dezembro de 2023.
- CONAB. **Custos de Produção**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/821-milho>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- CRUZ, José Carlos. EMBRAPA. **Cultivos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sistema de Produção**. 1 ISSN 1679-012X 1 Versão Eletrônica 9ª edição | Nov/2015.
- EMBRAPA MILHO E SORGO. **Fisiologia do Milho**. Circular Técnica, 22. Dez/2002.
- EMBRAPA. **Inoculante reduz uso de nitrogênio em milho e aumenta produtividade em mais de 100%**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45031761/inoculante-reduz-uso-de-nitrogenio-em-milho-e-aumenta-produtividade-em-mais-de-100>. Acesso em 29 de outubro de 2023.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.: il. color; 16 cm x 23 cm.
- FORSEED. **Portfólio Produtos**. Disponível em:

<https://www.forseedsementes.com.br/portfolio/produtos/fs400pw/>. Acesso em 12 de outubro de 2023.

GOES, RENATO JAQUETO; et al. NITROGÊNIO EM COBERTURA PARA O MILHO (*Zea mays* L.) EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA SAFRINHA. **REVISTA BRASILEIRA DE MILHO E SORGO**, v.11, n.2, p. 169-177, 2012 Versão impressa ISSN 1676-689X / Versão on line ISSN 1980-6477 - <http://www.abms.org.br>

HADASSA FORTUNA JALES ... [et al.]. **Morfofisiologia do milho inoculado com *Azospirillum brasilense* submetido à restrição hídrica e adubação nitrogenada**— Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 43 p.: il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 227)

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). (ISSN 1516- 781X; N 283).

HUNGRIA, MARIÂNGELA. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo / Mariangela Hungria. – Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.325)

KOPP, LM; PEITER, MX; BEN, LHB; NOGUEIRA, HMCDM; PADRON, RAR; ROBAINA, AD; BUSKE, TC. SIMULAÇÃO DA NECESSIDADE HÍDRICA E ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE PARA CULTURA DO MILHO EM MUNICÍPIOS DO RS. **REVISTA BRASILEIRA DE MILHO E SORGO**, [S. l.], v. 2, pág. 235–246, 2016. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p235-246. Disponível em: <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/536>. Acesso em: 29 outubro de 2023.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MAPA. PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO: Brasil 2021/22 a 2031/32. **Projeções de Longo Prazo**. 13ª edição. Brasília: MAPA, 2022

R. Farinelli & L. B. Lemos. **Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados**. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, jan./mar. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/mqNL3dMR5Sqjzbz9JCzg9fVr/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 31 de outubro de 2023.

REIS JUNIOR, F.B et al. Identificação de isolados de *Azospirillum amazonense* associado a *Brachiaria* sp. em diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.103-113, 2004

RODRIGUES, F. J.; BARCAROL, M. A.; ADAMS, C. R.; KLEIN, C.; BERWANGER, A. L. **Eficiência Agronômica da Cultura do Milho Sob Diferentes Fontes de Nitrogênio em Cobertura**. *UNICIÊNCIAS*, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 66–70, 2018. DOI: 10.17921/1415-5141.2018v22n2p66-70. Disponível em: <https://uniciencias.pgsscogna.com.br/uniciencias/article/view/6284>. Acesso em: 31 out. 2023.

SEMENTES BIOMATRIX. **Estresse hídrico na cultura do milho: como minimizar os efeitos negativos**. 2021. Disponível em:

<https://sementesbiomatrix.com.br/blog/produktividade/estresse-hidrico/>. Acesso em 18 de novembro de 2023

SHIMADA, B. S.; SIMON, M. V.; SILVA, V. B. D.; CANDIDO, G.. USO DE DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 20, 2021. DOI: 10.51189/rema/1606. Disponível em: <https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/1606>. Acesso em: 31 out. 2023.

SILVA, FERNANDO TEIXEIRA. EMBRAPA. 2021. **Milho. Cultivos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pos-producao/agroindustria-do-milho/alimentacao>.