

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
CURSO DE AGRONOMIA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO SORGO GRANÍFERO EM
FUNÇÃO DE INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E
DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA.**

LAIS ELIAS DE SOUZA

Goiânia
(2024)

LAIS ELIAS DE SOUZA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO SORGO GRANÍFERO EM
FUNÇÃO DE INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E
DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA.**

Artigo apresentado como requisito parcial
para composição de média final na
disciplina de Trabalho de Conclusão de
curso de graduação em Agronomia, da
Pontifícia Universidade Católica de Goiás,
PUC-Goiás.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Martha Nascimento Castro

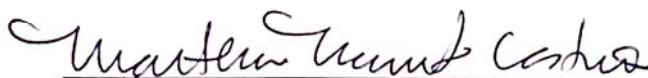
Goiânia

(2024)

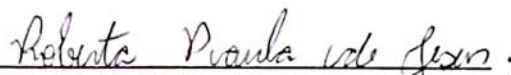
LAIS ELIAS DE SOUZA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO SORGO GRANÍFERO EM
FUNÇÃO DE INOCULAÇÃO COM *Azospirillumbrasilense* E
DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA.**

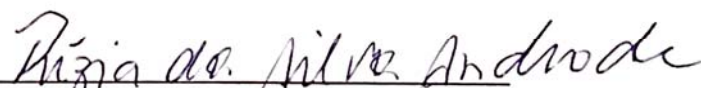
BANCA EXAMINADORA



Presidente (Dr^a. Martha Nascimento Castro- Doutora em Agronomia)
PUC Goiás



Membro I (Dr^a. Roberta Paula de Jesus - Doutora em Agronomia)
PUC Goiás



Membro II (Dr^a. Rízia da Silva Andrade - Doutora em Agronomia)
PUC Goiás

Aprovada em 21/06/2024

Sumário

RESUMO	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
4. MATERIAL E MÉTODOS	7
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
6. CONCLUSÃO	16
REFERÊNCIAS	17

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO SORGO GRANÍFERO EM FUNÇÃO DE INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA.

AGRONOMIC PERFORMANCE OF GRAIN SORGHUM UNDER INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense* AND TOPPING DOSES OF NITROGEN.

Laís Elias de Souza ¹

¹ Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola Politécnica e de Artes, Goiânia, GO, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de nitrogênio associados a presença e ausência de inoculação na semente de sorgo com *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido em vasos (20 cm x 24cm x 27cm), no Campus 2 da PUC Goiás. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com 5 tratamentos e 3 repetições: T0 (testemunha); T1 (89,00 kg ha⁻¹ de nitrogênio com inoculação de sementes); T2 (133,00 kg ha⁻¹ de nitrogênio com inoculação de sementes); T3 (178 kg ha⁻¹ de nitrogênio) e o T4 realizou-se apenas inoculação de sementes na semeadura. Foram avaliados os seguintes variáveis: altura de plantas (AP), tamanho de panícula (TP), Diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF), peso de panícula (PP) e peso de cem grãos (PCG), os dados foram submetidos à análise de variância associado ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR. Foi possível concluir que a inoculação das sementes do sorgo com a bactéria promotora de crescimento possibilitou um melhor desenvolvimento da planta, podendo substituir a adubação nitrogenada, diminuindo custos de produção e proporcionando uma safra com o uso de produtos biológicos visando reduzir o uso de adubos químicos na lavoura.

Palavras-chave: Rizobactérias; inoculante; adubação nitrogenada.

ABSTRACT

The objective of this paper was to evaluate the effect of applying different doses of nitrogen associated with the presence and absence of inoculation of sorghum seed with *Azospirillum brasilense*. The experiment was conducted in pots (20 cm x 24cm x 27cm), on Campus 2 of PUC Goiás. The design used was in randomized blocks (DBC), with 5 treatments and 3 replications: T0 (control); T1 (89.00 kg ha⁻¹ of nitrogen with seed inoculation); T2 (133.00 kg ha⁻¹ of nitrogen with seed inoculation); T3 (178 kg ha⁻¹ of nitrogen) and T4 only seed inoculation was carried out at sowing. The following variables were evaluated: plant height (AP), panicle size (TP), stem diameter (DC), number of leaves (NF), panicle weight (PP) and weight of one hundred grains (PCG), the data were subjected to analysis of variance associated with the Tukey test at 5% probability, using the SISVAR statistical program. It was possible to conclude that the inoculation of sorghum seeds with growth-promoting bacteria enabled better development of the plant, being able to replace nitrogen fertilization, reducing production costs and providing a harvest with the use of biological products aiming to reduce the use of chemical fertilizers on farm.

Keywords: Rhizobacteria; inoculant; nitrogen fertilizer.

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma cultura que tem origem na África, e em parte da Ásia e vem expandindo em área cultivada cada vez mais em várias regiões do mundo. No Brasil seu cultivo está se popularizando e tornando o país como um dos dez maiores produtores mundiais. Os sorgos são classificados em quatro grupos: granífero, vassoura, forrageiro para silagem e forrageiro para pastejo/corte/verde/fenação/cobertura morta. Sendo utilizado com grande utilidade em regiões muito quentes e muito secas, onde fica inviável a introdução de grãos ou gramíneas, obtendo produtividades satisfatórias (Ribas, 2003). Ele vem ganhando destaque no mercado agrícola brasileiro com cerca de 835,2 mil hectares plantados e aproximadamente 2,505 milhões de toneladas foram produzidas na safra 19/20, tendo um aumento de 14,1% em comparação a safra anterior (CONAB, 2020).

O sorgo, é muito utilizado na sucessão de culturas de verão, por ser uma planta que suporta altos níveis de estresse hídrico e pela sua versatilidade, sendo empregado na alimentação humana e animal, usado como matéria prima para produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas e tintas, a panícula é utilizada, para produção de vassoura, e também para extração de açúcar dos colmos. Com isso, a expansão dessas áreas cultivadas ocorreu por conta da versatilidade dessa cultura e também pela redução da janela de plantio, quando utilizada na safrinha (Menezes *et al.*, 2018). Com essa expansão de áreas ele se destaca sendo o cereal mais plantado no mundo, por possuir características adaptativas que possibilita seu cultivo em áreas com condições desfavoráveis (Mota, 2016).

O conhecimento dos estádios fenológicos do sorgo é essencial para orientar as práticas de manejo, desde o momento de plantio até as fases finais da cultura, a fim de maximizar a produtividade e a rentabilidade da colheita. O sorgo granífero, tem a maior expressão na atividade econômica estando entre os cinco cereais mais cultivados em todo o mundo (Ribas, 2003). No decorrer de ciclo de desenvolvimento, a cultura atravessa uma série de estádios que requerem diferentes necessidades nutricionais, de água e de temperatura.

Logo, mesmo sendo uma cultura pouco exigente em água, as exigências são maiores em absorção de nitrogênio para que possa se desenvolver e

completar seu ciclo de forma satisfatória. Porém, as aplicações de nitrogênio nas lavouras tornam o custo de produção alto, tornando inviável o suprimento da cultura com os níveis nutricionais adequados desse macronutriente. Com isso, baseado em estudos o uso da bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* que consegue captar o nitrogênio na atmosfera, tornando-o acessível para as plantas e consequentemente, promovendo ganhos para o produtor e também para o meio ambiente e solos (Oliveira, 2002)

A *Azospirillum brasilense* é uma bactéria com capacidade de absorção de nitrogênio atmosférico e consegue fixá-lo no solo, proporcionando maior disponibilidade de nitrogênio e conservação do meio ambiente (Repke, 2013). Contudo, a aplicação dessa bactéria e do uso do nitrogênio que essa bactéria absorve ao solo é possível garantir uma produtividade alta do sorgo, tendo em vista que o principal fator limitante de índices de produtividade é a absorção do nitrogênio (Tavian, 2014).

2. OBJETIVO

Avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de nitrogênio associado a presença e ausência de inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do sorgo granífero.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sorgo Granífero

O sorgo é uma planta originária da África, se adaptando a vários ambientes que estão em condições desfavoráveis de clima e temperatura, pois é uma planta resistente à seca suportando altos níveis de estresse hídrico alto (Magalhães, 2016). Esse cereal pode ser utilizado tanto na dieta alimentar humana por meio da obtenção das farinhas de grãos e também na alimentação animal, sendo o sorgo um dos principais cereais que compõem o mix de insumos energéticos da composição de rações para animais. É importante ressaltar que a fabricação de rações deve ser realizada com grãos de sorgo sem adição de

tanino, pois isso provoca danos na alimentação dos animais, perdendo a palatabilidade e assim os animais consomem menos volumoso (Barcellos, 2006).

O sorgo pertence à família Poaceae, uma planta com porte baixo, medindo até 1,70 m, e é rico em ferro, zinco, proteínas, fibras e vitaminas. Um dos principais produtores desse cereal é a África, e com isso o mercado vem aumentando e no Brasil ele foi introduzido em meados do Século XX, e o principal produtor era o Rio Grande do Sul. O sorgo é uma planta autógama, com baixa taxa de fecundação cruzada. É uma planta C4, seu crescimento é guiado por meio do fotoperiodismo curto e emite altas taxas fotossintéticas (Oliveira, 2016).

O sorgo comercial em sua grande maioria requer temperaturas superiores a 21° C para que tenha seu desenvolvimento pleno (Paul, 1990). Diferentemente de outros cereais que não suportam condições adversas, essa planta suporta déficit hídrico e excesso de umidade no solo sendo uma planta pouco exigente em questão de solos, se desenvolvendo e adaptando em variados tipos de solo (Dogget, 1970).

Essa planta tem seu desenvolvimento todo programado, desde o plantio até o seu pleno florescimento. É importante que nesse período a planta tenha condições ideais de crescimento, como: o controle de plantas daninhas na área, o plantio em profundidade adequada, a irrigação em quantidades adequadas e condições climáticas ideais. A importância do desenvolvimento inicial da cultura e sua produtividade, é importante que a planta tenha um sistema radicular seguro e a formação de folhas vigorosas proporcionando uma melhor taxa fotossintética e assim contribuindo para que essa cultura enfrente estresses ambientais durante o seu ciclo sem causar perdas na produtividade (Oliveira, 2024). Por ter características favoráveis, a cultura predomina o cultivo na “segunda safra” ou safrinha, com registros médios de 3.100 kg ha⁻¹, com 1,5 milhões de hectares de áreas plantadas no Brasil, e concentrando 35% de sua produção em Goiás, destacando-se a mesorregião sul goiano com 80% da produção do estado (CONAB, 2024).

O sorgo granífero, tem vantagens por ser um material que consegue estabelecer seu sistema radicular e a formação de folhas, de forma mais rápida,

evitando assim danos causados por condições meteorológicas adversas. O crescimento desse cereal é composto por nove estádios diferentes. Em cada estádio, ocorre o crescimento de cada parte da planta, e assim ao final do estádio 9 a planta está em maturação fisiológica, e os grãos estão com 12 a 13% de umidade. A altura da planta pode variar desde 40 cm até 4 m, essa variação depende primeiramente do número e da distância dos entrenós depois do pedúnculo e da panícula, e a quantidade de nós vai ser determinada pelos genes da maturação, pelo fotoperíodo e pelas condições de temperatura (Magalhães, 2000).

O sorgo para deve ser manejado em condições de temperatura de 20 e 33°C para que alcance condições ótimas de desenvolvimento e assim tendo o maior potencial produtivo (Landau; Guimarães, 2015). Na área de cerrado, o sorgo é plantado na safrinha, por ser uma gramínea com menor necessidade hídrica comparando se a outras culturas, necessitando de um intervalo de 300 mm a 600 mm de água por ciclo. O período crucial de necessidade hídrica vai ser no estabelecimento da cultura e na fase reprodutiva. No caso do sorgo granífero, ele consegue se adaptar a regiões com déficit hídrico maior e assim ele é considerado uma cultura com mecanismos de tolerância à seca, pois em condições extremas de seca paralisa suas atividades metabólicas e reinicia esse processo novamente quando encontra água disponível no solo (Santos *et al.*, 2013).

3.2. Nitrogênio na Cultura do Sorgo

O sorgo é exigente em alguns nutrientes para seu desenvolvimento como nitrogênio, fósforo e potássio, pois esses nutrientes influenciam diretamente no crescimento de novos tecidos para a planta, o que é crucial para a fotossíntese ser realizada, além de auxiliar na respiração da planta, dessa forma os nutrientes são absorvidos e agem como ativadores, sendo incorporados em metabólitos, coenzimas e pigmentos minerais (Ubert, 2015).

O nitrogênio é o macronutriente mais exigido pela cultura do sorgo, para uma produção de 1000 kg de grãos, é retirado do solo por essa gramínea cerca de 54 kg de N em média (Rosolem & Malavolta, 1981). Esse nutriente é responsável pelo acúmulo de biomassa na planta, tornando-a mais resistente as

condições adversas e propiciando um melhor desenvolvimento (Zhao *et al.*, 2005). Os custos de rendimento por hectare no Brasil por ano, segundo o IBGE (2008), foram de 2.500 kg, sendo que a quantidade necessária de nitrogênio seria de 135 kg, mas essa quantidade pode variar perante as condições de manejo, a quantidade de matéria orgânica no solo, condições climáticas e a FBN, levando em consideração a recomendação de 60 kg de N ha⁻¹ e sendo aplicado de forma parcelada para que as perdas por volatilização e lixiviação diminua (Coelho *et al.*, 2002).

Como o custo com esses fertilizantes se torna elevado, surgiram microrganismos benéficos como as bactérias fixadoras de nitrogênio como uma forma de fazer a substituição desses adubos granulados e com um manejo que deve ser realizado várias vezes sobre a cultura, para a aplicação dessas bactérias com o intuito de promover a fixação de nitrogênio e também ajudar no desenvolvimento de raízes e de toda a planta.

Essas bactérias atuam na conversão do N₂ atmosférico em amônia, tornando o nitrogênio disponível no solo para a captação da planta, realizando a fixação biológica de nitrogênio (FBN). Essas bactérias são denominadas diazotróficas e tem um papel muito importante na ciclagem de nutrientes no solo, principalmente, o nitrogênio que mais de 110 toneladas por ano são fixadas no solo e encontrado em forma assimilável para as plantas (Eady, 1996).

3.3. Bactérias Diazotróficas na Cultura do Sorgo

A aplicação de microrganismos na agricultura brasileira está causando um impacto significativo no setor, pois cada vez mais os produtores enfrentam demandas por maior produtividade, e assim evitar a total dependência de insumos e defensivos convencionais. Estudos comprovam que o uso destes microrganismos regenera o solo, auxiliam na produção inicial das culturas, reduz o estresse hídrico e também estimulam o crescimento vegetal (Passos *et al.*, 2023)

Alguns microrganismos benéficos que estão presentes na natureza, são de total importância agrônômica e econômica para o produtor, eles agem como captadores de nitrogênio na atmosfera transformando em formas assimiláveis para que a planta possa captar e assim o uso da adubação nitrogenada se torna

secundária. Esses microrganismos podem ser fungos e bactérias que vem sendo utilizados como uma alternativa para minimizar impactos ambientais por conta do uso de produtos fitossanitários, reduzindo custos de produção para o produtor (Araujo, *et al.*, 1994).

As bactérias têm um papel crucial na agricultura, contribuindo para a qualidade do solo. Por exemplo, as bactérias diazotróficas são responsáveis pela fixação de nitrogênio atmosférico e convertê-lo em nitrogênio assimilável para as plantas, por possuírem a enzima nitrogenase, que permite a fixação, contribuindo com a fertilização natural do solo, reduzindo a dependência de fertilizantes nitrogenados (Machado, 2019).

Na agricultura é comumente associado à planta não leguminosa o grupo de bactérias denominado rizosférica, estabelecendo associações aos tecidos radiculares das plantas, além de serem bactérias capazes de sobreviver no solo. Composto ao grupo das bactérias rizosféricas está a do gênero *Azospirillum* (Baldani *et al.*, 2005), destacando-se a bactéria *Azospirillum brasilense*, com maior utilização em gramíneas como a cultura do milho e do sorgo.

A *Azospirillum brasilense* é uma bactéria promotora de crescimento das plantas (BPCP), que é um estimulante de crescimento para gramíneas por diversas maneiras como, a capacidade de fixação biológica de nitrogênio, aumentando a produção de hormônios como auxinas, citocinas, giberelinas, etileno e atuando como agente de controle biológico (Correa *et al.*, 2008).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vaso no Instituto Tropical Subúmido (ITS), localizado no Campus II da Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC GO, com as seguintes coordenadas: 16°44'15.00" de latitude ao Sul e 49°12'54.73" de longitude Oeste, predominando um clima tropical úmido com temperaturas médias de 23° C , com estações bem definidas podendo ter chuvas dos meses de outubro a abril com uma média de 1572 mm, e seca de maio a setembro. O solo utilizado no experimento é classificado como latossolo vermelho distroférrico e foi retirado da área de culturas anuais da Fazenda Escola da PUC-Goiás, Campus II, cujas características químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m.

P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
mg/dm ³	g/dm ³	CaCl ₂			mmol _c /dm ³				(%)
40,1	26	5,9	90,6	4,8	2,5	2,0	0,0	9,53	79,01

SB = Saturação de Bases; CTC = Capacidade de Troca Catiônica; V= Saturação por Bases;
MO = Matéria Orgânica.

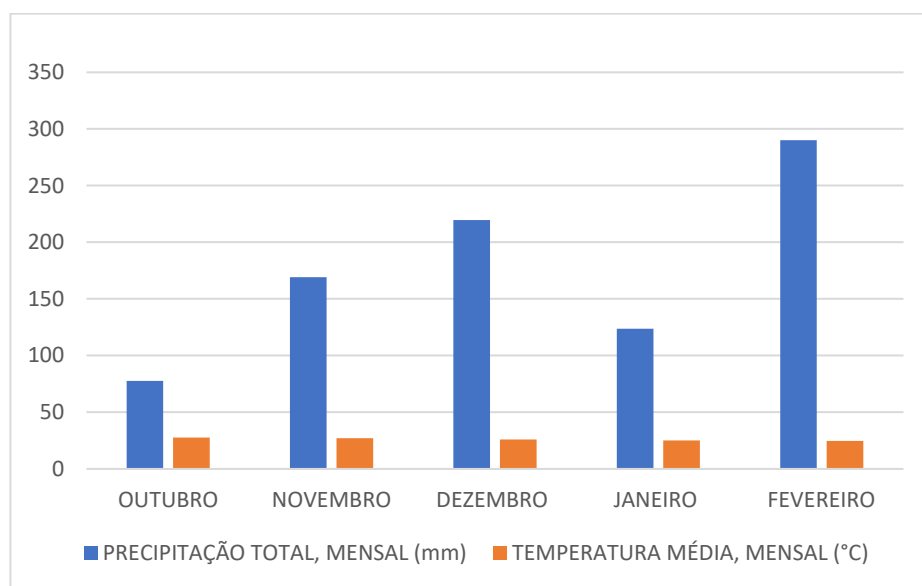
O experimento foi instalado em vasos, os quais foram preenchidos com solo coletado de 0 - 20 cm no perfil do solo, e acrescentando palha de arroz revolvendo com o solo, para poder promover uma maior aeração e reduzir os índices de compactação que possa prejudicar o desenvolvimento das raízes. A seguir os vasos foram levados para um local apropriado sobre um tablado de ferro. Para correção do pH do solo foi aplicada a quantidade de 20 gramas de calcário dolomítico por vaso (20 cm x 24 cm x 27 cm), em seguida o solo foi revolvido para uma melhor incorporação do calcário. No decorrer dos dias foram realizadas visitas ao experimento para o revolvimento do solo, retirada de plantas daninhas e nova adição de palha de arroz para conferir maior aeração.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), composto por 5 tratamentos com 3 repetições, assim compostos: T0 - testemunha (sem aplicação de nitrogênio e sem inoculação de sementes); T1 - (89,00 kg ha⁻¹ de nitrogênio e com sementes inoculadas); T2 - (133,00 kg ha⁻¹ de nitrogênio e sementes inoculadas); T3 - (178 kg ha⁻¹ de nitrogênio e sem inoculação de sementes); T4 - (sem aplicação de nitrogênio e com inoculação de sementes), segundo Santos *et al.*, (2010), o sorgo retira do solo em média 54 kg de N, portanto foi realizado o cálculo para adubação utilizando os diâmetros do vaso.

Antes da semeadura foi realizada a inoculação das sementes com a bactéria *Azospirillum brasilense*, na dose de 200 ml do produto comercial em 50 litros de água, respeitando a recomendação da bula do fabricante. O preparo do inoculante e a inoculação ocorreu no laboratório de Biologia Vegetal do Campus II da PUC GOIÁS. No 10º dia do mês de novembro foram semeadas 5 sementes por vaso, da cultivar de sorgo granífero AS4650, de ciclo precoce com finalidade para produção de grãos. A adubação de semeadura foi realizada com a formulação comercial 4-30-10 (N-P-K) em dose de 1,80 gramas por vaso.

O controle de umidade foi feito com acompanhamento do ciclo hídrico natural das chuvas conforme a Figura 1, e do sistema de irrigação por aspersão convencional com os aspersores AGROPOLO NY – 25° com espaçamento de 6x6 m, com a vazão de 0,668 m³/h e com intensidade de aplicação de 18,5 mm/h, porém ficando ligados por 40 min/dia aplicando uma lâmina d'água de 12,3 mm/h, tendo esse volume aplicado diariamente ao decorrer de todo o experimento, obtendo 1242,3 mm irrigado.

Figura 1 – Dados meteorológicos mensais (outubro/23 a fevereiro/24). Goiânia, GO



Fonte: INMET (2023/24)

Segundo Santos *et al.*, (2017) as necessidades hídricas do sorgo variam de 300 a 600 mm durante o ciclo. Portanto, as condições de chuva no local do experimento e a irrigação por aspersão instalada, foi possível suprir à quantidade de água exigida pelo sorgo alcançando 2122,3 mm de água, durante os meses de outubro/23 a fevereiro/24.

Aos 18 dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste de plantas deixando duas plantas por vaso. A adubação de cobertura, tendo fonte de nitrogênio a ureia contendo 44% de N, foi realizada aos 14 DAE, e a recomendação referente a cada tratamento está descrita na Tabela 2.

Tabela 2 – Tratamentos empregados. Goiânia, GO – 2024

TRATAMENTOS	DOSE DE NITROGÊNIO (Kg/ha)	DOSE DE INOCULANTE / VASO (ml)
T0 (testemunha)	0,00	0,00
T1 (89 kg.ha ⁻¹ de N + Azosp.)	89,00	12,00
T2 (133 kg.ha ⁻¹ de N + Azosp.)	133,00	12,00
T3 (178 kg.ha ⁻¹ de N.)	178,00	0,00
T4 (Azosp.)	0,00	12,00

Ao longo do ciclo da cultura foi constatado a presença de Ferrugem do sorgo (*Puccinia purpurea*), Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), então foi feita uma aplicação de defensivos biológicos aos 25 DAE, a mistura continha adjuvante Tween 0,25 microlitros, 7,5 ml de bt (*Bacillus thuringiensis*), 7,5 ml de metarrizio e 7,5 ml beuveri e uma aplicação do inseticida Lannate BR, dose 3 ml para um volume de calda de 1,5 litros. Aos 9 dias após a aplicação desses produtos biológicos, foi repetida a aplicação do inseticida Lannate BR, dose 3 ml para um volume de calda de 1,5 L, em decorrência da incidência de pulgões (*Rhopalosiphum maidis*).

Aos 101 DAE, por ocasião do pleno florescimento foi realizado o corte das plantas para a condução das análises laboratoriais. A colheita foi realizada manualmente, separando as plantas pelos respectivos tratamentos. Foram realizadas as análises das seguintes variáveis:

- Altura de planta:** determinada com auxílio de uma fita métrica para comparação com as outras plantas.
- Tamanho de panícula:** determinada com uma régua graduada de 30 cm.
- Diâmetro do colmo:** determinado por um paquímetro convencional.
- Número de folhas:** foram contadas e pesadas em uma balança.
- Peso de panícula:** determinado retirando a panícula da planta e pesando.
- Peso de 100 grãos:** determinado retirando os grãos da panícula e pesando.

Para análise estatística, os dados coletados foram tabulados e submetidos à análise de variância e médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% conforme as Tabelas 3 e 4, utilizando-se o Software Sisvar, desenvolvido

pela DAS-UFLA. Os resultados parciais foram satisfatórios com o planejamento do experimento, que consistiu na obtenção de dados estatísticos com a cultura do sorgo granífero com e sem inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, os resultados apresentados foram obtidos nos tratamentos aplicados, para as características agrônômicas dos componentes da planta (panícula e grãos), apresentando médias das avaliações do comprimento de panícula (cm), massa da panícula (g) e massa de 100 grãos (g) em sorgo granífero sem inoculação e inoculado com *Azospirillum brasilense*, bem como os resultados do teste F que irão dizer se existe uma diferença significativa entre as avaliações feitas na tabela e os respectivos coeficientes de variação obtidos da análise de variância.

Tabela 3 - Comprimento de panícula (cm), massa de panícula (g) e massa de 100 grãos (g) em sorgo granífero sem inoculação e inoculado com *Azospirillum brasilense*. Goiânia - GO, 2023/24.

Tratamentos	Comprimento de panícula (cm)	Massa de panícula (g)	Massa de 100 grãos (g)
T0 (testemunha)	13,71c	2,55c	1,01c
T1 (89 kg.ha ⁻¹ de N + Azusp.)	21,33b	17,10b	3,21a
T2 (133 kg.ha ⁻¹ de N + Azosp.)	21,26b	23,51b	2,77b
T3 (178 kg.ha ⁻¹ de N.)	26,25a	43,80a	3,16a
T4 (Azosp.)	25,78a	43,39a	3,41a
F	22,26**	44,52**	41,96 **
DMS	4,96	12,35	0,70
CV	8,53	17,63	9,66

ns – não significativo pelo teste F. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. - coeficiente de variação em porcentagem.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

De acordo com os resultados do teste F, houve efeito significativo ao nível de 1% dos tratamentos avaliados para todos os parâmetros apresentados na Tabela 3. Analisando os tratamentos T3 e T4 mesmo com diferentes valores numéricos, se destacaram e apresentaram melhores resultados para as avaliações do comprimento da panícula e de massa de panícula, e se diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, com uma média 18% superior em relação aos demais tratamentos para os dois parâmetros. Analisando os demais tratamentos para avaliação do comprimento de panícula, o tratamento testemunha (T0) alcançou a menor média de comprimento de panícula (13,71 cm). Os tratamentos T1 e T2 não diferem entre si estatisticamente e as panículas alcançaram comprimento de 21,33 e 21,26 cm, respectivamente. Segundo Magalhães (2003), o comprimento da panícula vai variar de 4 a 25 cm, realizando a inoculação das sementes com a bactéria promotora de crescimento de raízes foi possível obter uma panícula com um tamanho correspondente a média e o valor encontrado de 21,66 cm.

Com relação às médias de massa de panícula, a dose 2,13 g de ureia no tratamento T3 apresentou resultados significativos pelo teste F e o tratamento T4 numericamente teve uma média menor, mas sua produtividade pode ser considerada relevante para avaliação, e comparando com o valor de T0 (2,55 g), de produção de massa da panícula, apresentou diferenças estatísticas entre si conforme revelou o teste de Tukey. Os tratamentos T1 e T2 com as médias (17,10 g e 23,51 g), foram estatisticamente iguais, mas numericamente tiveram diferença de peso provavelmente pela aplicação da bactéria promotora de crescimento, segundo Da Silva *et al.* (2011), a média da massa de panícula é de 18,34 g, sendo assim, comparando o valor encontrado com a maior média obtida de 26,07 g, foi possível observar que a massa de panícula com a aplicação de *Azospirillum brasilense* obteve resultados acima da média encontrada por outros autores.

Para massa de 100 grãos os resultados demonstram efeito significativo entre os tratamentos. As maiores médias foram para as plantas submetidas aos tratamentos T1, T3 e T4, alcançando 3,21, 3,16 e 3,41 g respectivamente, de massa de 100 grãos, o que representa um acréscimo de 70% em massa em relação ao tratamento testemunha. A menor média foi da testemunha (T0), pois

não foi realizado inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio, tendo assim baixo desenvolvimento de grãos. O tratamento T2 diferiu dos tratamentos T1, T3 e T4, representando 15% a menos da massa de 100 grãos, e apresentando um acréscimo de 63% do tratamento T0. Segundo Ohland *et al.* (2005), esse parâmetro é influenciado principalmente pela expressão do genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e condições climáticas durante o estágio de enchimento de grãos, a média da massa de 100 grãos, de acordo com Magalhães *et al.* (2003), pode alcançar uma média de até 6 g de massa.

Na Tabela 4 estão apresentadas as médias dos parâmetros altura de planta(cm), diâmetro do colmo (cm) e número de folhas (un), bem como os resultados do teste F com efeito significativo ao nível de 1%, a diferença mínima significativa e os coeficientes de variação obtidos através da análise de variância.

Tabela 4 - Altura de planta(cm), Diâmetro do colmo (cm) e número de folhas (un) em sorgo granífero sem inoculação e inoculado com *Azospirillum brasilense*. Goiânia - GO, 2023/24.

Tratamentos	Altura de Planta (cm)	Diâmetro do colmo (cm)	Número de folhas (un)
T0 (testemunha)	72,66c	0,75c	8,50b
T1 (89 kg.ha ⁻¹ de N + Azusp.)	91,00b	1,07a	8,50b
T2 (133 kg.ha ⁻¹ de N + Azosp.)	94,66b	1,08a	8,66b
T3 (178 kg.ha ⁻¹ de N.)	108,50a	1,11a	7,83c
T4 (Azosp.)	110,40a	1,15a	10,16a
F	20,98**	6,02**	0,58**
DMS	15,07	0,30	5,24
CV	5,90	11,05	22,32

**, * e ns – significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. - coeficiente de variação em porcentagem.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

De acordo com os resultados do teste F, houve efeito significativo ao nível de 1% dos tratamentos avaliados para todos os parâmetros apresentados na Tabela 4. Para altura de plantas os tratamentos T3 (108,50 cm) e T4 (110,40 cm) tiveram resultados significativos em relação a atuação da bactéria *Azospirillum brasilense*, no tratamento T4 esse aumento deveu-se, segundo Oliveira (2016), em razão da maior captação de nitrogênio atmosférico associado as alterações morfológicas e fisiológicas que acontecem nas raízes das plantas aumentando a absorção de água e nutrientes pela planta quando esse nitrogênio se torna assimilável para as raízes, suprimindo a quantidade de ureia que foi utilizada no tratamento T3. Portanto estatisticamente os valores de T3 e T4 são iguais no parâmetro de altura de plantas, de acordo com Nakao, *et al.* (2014), ao observar o cultivo do sorgo é possível obter altas produtividades apenas com o uso de bactérias do grupo diazotrófica inoculada na semente. Os tratamentos T1 (91,00 cm) e T2 (94,66 cm), mesmo sendo diferentes numericamente obtiveram médias estatisticamente iguais, o que colaborou para isso ocorrer foi as doses aplicadas de 89,00 kg ha⁻¹ e 133,00 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicados juntamente com a bactéria com uma dose de 12 ml por vaso, é possível que esses valores ficaram com diferenças mínimas pela quantidade aplicada de produtos, e comparando com a testemunha (T0), que teve a menor média dentre todos os tratamentos pois não foi realizado aplicação de nenhum produto.

No componente diâmetro do colmo, os tratamentos T3 (1,11 cm) e T4 (1,15 cm) mesmo sendo diferentes numericamente, obtiveram maiores médias tornando estatisticamente iguais entre si, e possivelmente essas médias foram significativas por ocasião da aplicação do adubo nitrogenado e também o uso da bactéria fixadora de nitrogênio. O tratamento T0 (0,75 cm), obteve a menor média perante os demais tratamentos pois foi tido como testemunha para o experimento, sendo realizada sua condução sem nenhum produto e assim ser possível ver nos demais tratamentos o desenvolvimento da bactéria juntamente com as doses de nitrogênio. E os tratamentos T1 (1,07 cm) e T2 (1,08 cm), foram iguais estatisticamente pois a quantidade de produto aplicada para o desenvolvimento do diâmetro do colmo foi adequada. Segundo Nakao *et al.* (2014), esse desenvolvimento é importante para preservar as condições físicas da planta evitando o acamamento ou a quebra do colmo por conta de condições

adversas do clima e com maior diâmetro também é possível armazenar maior quantidade de nutrientes que serão direcionados para a produção de grãos que será alavancada com essa reserva de nutrientes na planta.

Na avaliação do parâmetro de número de folhas, o tratamento T4 (10,16 un) apresentou maior desenvolvimento de folhas pois foi realizada apenas a aplicação de *Azospirillum brasilense*, obtendo melhores resultados se comparado com o tratamento T3 (7,83 un) que obteve a menor média de número de folhas, em razão da não inoculação de sementes com a bactéria na semeadura, portanto o tratamento T3 comparado ao T4 obteve uma diferença estatística de 2,5%. Os tratamentos T0 (8,50 un), T1 (8,50 un) e T2 (8,66 un), obtiveram valores numericamente diferentes, mas apresentaram valores significativos pelo teste F. Isso porque, de acordo com Magalhães *et al.* (2011), em uma planta de sorgo o número total de folhas varia de acordo com genótipos adaptados para sorgo granífero variando de 7 a 14 folhas por planta, sendo possível observar que a inoculação da bactéria proporciona para a planta condições ideais de desenvolvimento, possibilitando maior desenvolvimento de folhas comparando-se ao uso da ureia na cultura do sorgo.

6. CONCLUSÃO

Pode se concluir que os tratamentos que incluíram a inoculação com *Azospirillum brasilense* resultaram em efeitos estatísticos significativos para alguns componentes agronômicos do sorgo, que consequentemente resultou em maiores produtividades.

A influência dos efeitos da inoculação pôde ser medida nos componentes agronômicos para as seguintes características: comprimento de panícula, massa de panícula e massa de 100 grãos. Verificou-se também que os tratamentos T3 (somente adubação) e T4 (somente inoculação), proporcionaram maiores médias nos componentes de produção quando comparados à testemunha T0.

Além disso observou-se que a inoculação das sementes com a bactéria proporcionou 84,6%, de aumento na massa de 100 grãos, evidenciando seu potencial como promotor de crescimento.

A altura de planta, diâmetro do colmo e número de folhas foram influenciados pelos tratamentos, sendo que T3 e T4 apresentaram maiores médias desses parâmetros.

Além disso o tratamento T4 (somente inoculação com *Azospirillum brasilense*) mostrou um aumento significativo no número de folhas.

Plantas submetidas ao T3 (aplicação de 178 kg ha⁻¹ de nitrogênio) apresentaram 47,21% de acréscimo na produção dos componentes, e o desempenho alcançado pelas plantas submetidas ao tratamento T4 que dispensou o uso de adubação nitrogenada foi (49,43% de acréscimo na produção dos componentes avaliados). Sendo assim destaca-se a inoculação com bactéria para os parâmetros de massa de 100 grãos e número de folhas, que evidenciou seu potencial como promotora de crescimento.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.
- BALDANI, J. I.; B. V. L. D. **História da pesquisa sobre fixação biológica de nitrogênio em gramíneas: ênfase especial na experiência brasileira**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 549-579, 2005.
- BARCELLOS, L. C. G. et al. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de alto ou de baixo conteúdo de tanino para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 104-112, 2006.
- CASSÁN, F.D.; G. DE S. I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008.
- COELHO, A. M. et al. **Seja o doutor do seu sorgo**. Informações Agronômicas, v. 14, n. 100, p. 1-12, 2002.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de grãos. Disponível em: <www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 14 de maio 2024.
- CORREA, O. S.; R, A.M.; S. M.A.; DE E. M. *Azospirillum brasilense* plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities, 2008.
- DOGGETT, H. **Physiology and agronomy** . In: DOGGETT, H. *Sorghum*. London: Longmans, 1970. p.180-211.
- EADY, R. R. **Relações estrutura-função de nitrogenases alternativas**. Revisões químicas, v. 96, n. 7, pág. 3013-3030, 1996.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso em: 20 de abril 2024.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. 2023. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 20 de abril 2024.
- LANDAU, E. C. et al. Variação espaço-temporal da área plantada com sorgo granífero no Brasil nas últimas décadas. 2015.
- MACHADO, P. C. Diversidade e potencial biotecnológico da comunidade bacteriana associada ao pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). 2019.
- MAGALHAES, J. V. et al. A influência de características fenológicas na avaliação da tolerância à seca em sorgo. 2011.

MAGALHAES, P. C. et al. Respostas anatômicas, fisiológicas e enzimáticas em linhagens de sorgo contrastantes a seca sob estresse hídrico. 2016.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. 2000.

MAGALHAES, P. C; DURAES, F OM. Ecofisiologia da produção de sorgo. 2003. MENEZES, C. B. De et al. "É possível aumentar a produtividade de sorgo granífero no Brasil?." In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras.

MORTATE, R. K. et al. **Resposta de Sorgo Inoculado com *Azospirillum brasilense* a Doses de Nitrogênio em Cobertura**. Revista Ciência Agrícola, v. 18, n. 1, p. 65-72, 2020.

MOTA, J. H., et al. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha em Jataí-GO, 2016.

NAKAO, A., Souza, M. F., dickmann, L., Centeno, D., & Rodrigues, R. A. (2014). RESPOSTA DO SORGO GRANÍFERO À APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES E ÉPOCAS DE INOCULANTE (*Azospirillum brasilense*) VIA FOLIAR.

OH LAND, R.A.A.; SOUZA, L.C.F.; MACHETTI, M.E.; GONÇALVES, M.C. **Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto**. Ciência e Agrotecnologia, v.29, n.3, p.538-544, 2005.

OLIVEIRA et al. **The effect of inoculating endophytic N₂-fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants**. PI Soil. v. 242, p. 205–215, 2002.

OLIVEIRA, A. A. de. **Métodos de seleção genômica aplicados a sorgo biomassa para produção de etanol de segunda geração**. 2016.

OLIVEIRA, E. et al. Avaliação Agronômica de Híbridos de Sorgo Granífero em Rio Verde-GO. 2024.

OLIVEIRA, R. P. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Inoculação de *azospirillum brasilense* e manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho. 2016.

PASSOS, H. N. B. De et al. Influência de três bioprodutos em parâmetros agrônômicos de cultivar de milho para silagem. 2023.

PAUL, C.L. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del sorgo. In: PAUL, C.L. Agronomia del sorgo Patancheru: ICRISAT, 1990.

REPKE, R.A. Eficiência da *Azospirillum brasiliense* na fixação de nitrogênio em milho. SÃO PAULO. 2013.

RIBAS, P. M. Sorgo: introdução e importância econômica. 2003.

ROSOLEM, C. A. & MALAVOLTA, E. Exigências nutricionais do sorgo sacarino. Au. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 38:257-68, 1981.

SANTOS, C. L. R. dos. "Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas em sorgo granífero, forrageiro e sacarino." Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em ciência do solo, Bibliografia: f.43-52, (2010).

SANTOS, C. V. Dos. DE MENEZES, C B. Índices de seca para seleção de genótipos de sorgo granífero tolerantes ao déficit hídrico. 2017.

SANTOS, C. V. Dos. et al. "Seleção de híbridos de sorgo granífero submetidos a condições de estresse hídrico." In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia.

SILVA, R. N. N. O. De et al. **Comportamento agrônomo de cultivares de sorgo granífero avaliados em safrinha**. Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas, v. 4, n. 3, 2011.

SISVAR – software de análise estatística e planejamento de experimentos. 2015. Disponível em: <<https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>>. Acesso em: 20 de abril 2024.

TARDIN, F. D. et al. Avaliação agrônomo de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 12, n. 2, p. 102-117, 2013.

TAVIAN, A. F., et al. Adubação Nitrogenada no desenvolvimento de Sorgo Forrageiro. SÃO PAULO. 2014.

UBERT, I.; S., S.. Associação de Azospirillum brasilense a doses de nitrogênio na cultura do sorgo silageiro. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, v. 11, n. 21, 2015.

ZHAO, D. et al. Efeitos da deficiência de nitrogênio no crescimento das plantas, na fotossíntese das folhas e nas propriedades de refletância hiperespectral do sorgo. Revista Europeia de Agronomia, v. 4, pág. 391-403, 2005.