



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

CIÊNCIAS AGRÁRIAS: ESTUDOS FUNDAMENTAIS

VOLUME VI

Frederico Celestino Barbosa

Ciências agrárias: estudos fundamentais

6ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

6ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238C Ciências agrárias: estudos fundamentais

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

115 f.: il

DOI: 10.37423/2023.edcl794

ISBN: 978-65-5367-401-1

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. agronomia 2. engenharia-florestal 3. engenharia-agrônoma 4. engenharia-de-pesca I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 630

<https://doi.org/10.37423/2023.edcl794>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	6
DIFERENTES MODELOS DE EDIFICAÇÕES EM USO NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE	
PAULO ARMANDO VICTÓRIA DE OLIVEIRA	
KARINE MALTAURO	
ARLEI COLDEBELLA	
DOI 10.37423/230908155	
 CAPÍTULO 2	 14
IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES ETIOLÓGICOS DETERMINANTES DA MASTITE BOVINA NO ALTO SERTÃO SERGIPANO	
Rafaela Lima Aragão Souza	
Erik da Silva Pereira	
Anita de Souza Silva	
Armando de Amorim Oliveira	
Paula Regina Barros de Lima	
Arthur Nascimento de Melo	
Ana Claudia Campos	
Roseane Nunes de Santana Campos	
DOI 10.37423/230908156	
 CAPÍTULO 3	 24
ELABORAÇÃO E DISCUSSÃO SOBRE PROPOSTAS CONCEITUAIS DE UMA COLHEDORA DE PALMA FORRAGEIRA	
Adilson Machado Enes	
ANDRÉ BATISTA SANTOS	
EDUARDO JOSE DOS SANTOS	
VALFRAN JOSÉ SANTOS ANDRADE	
DIEGO ANDRADE PEREIRA	
Wellington Gonzaga Do Vale	
MARIA FERNANDA DE MENEZES SANTOS	
Felipe Da Silva Andrade Souza	
DOI 10.37423/230908193	

CAPÍTULO 4 33

EFICIÊNCIA DE BACILLUS SUBTILIS COMO INOCULANTE PROMOTOR DE CRESCIMENTO VEGETAL EM SOJA EM CAMPO

Aloisio Freitas Chagas Junior
Alexandre Paulo Machado
Letícia Carolina Costa
Lillian França Borges Chagas
Rodrigo Robson Cavalcante
Dallila Moreira de Oliveira Moura
Letícia Bezerra de Almeida
Ana Licia Leão Ferreira
Kellem Ângela O. de Sousa
Gabriel Soares Nobrega

DOI 10.37423/230908196

CAPÍTULO 5 57

PERFIL BIOQUÍMICO SÉRICO, PANCREÁTICO E HEPÁTICO E BIOMETRIA INTESTINAL DE FRANGOS CRIADOS EM CAMA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Weslane Justina da Silva
Adriely Suzian Teixeira
Maria Cristina de Oliveira
Alison Batista Vieira Silva Gouveia
Júlia Marixara Sousa Silva
Nadielli Pereira Bonifácio
Alana Maria Barbosa Melo
Ana Maria Vilas Boas Moraes
Fabiana Ramos dos Santos
Cibele Silva Minafra

DOI 10.37423/230908200

CAPÍTULO 6 71

EFICIÊNCIA DE BACILLUS SUBTILIS COMO PROMOTOR DE CRESCIMENTO VEGETAL EM SOJA

Aloisio Freitas Chagas Junior
Alexandre Paulo Machado
Letícia Carolina Costa
Lillian França Borges Chagas
Rodrigo Robson Cavalcante
Vitoria Gomes Parente
Nathalia Santos Hoffmeister
Gabriel Soares Nobrega
Ana Licia Leão Ferreira
Dallila Moreira de Oliveira Moura

DOI 10.37423/230908236

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO NA PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO DA CEBOLA

Valfran José Santos Andrade

Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Rychardson Rocha de Araujo

Wellington Gonzaga do Vale

Adilson Machado Enes

Silvestre Rodrigues

Diego Andrade Pereira

Eduardo José dos Santos

Flávia de Jesus Lima

José Inácio Santos Cunha

DOI 10.37423/230908247

Capítulo 1



10.37423/230908155

DIFERENTES MODELOS DE EDIFICAÇÕES EM USO NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

PAULO ARMANDO VICTÓRIA DE OLIVEIRA

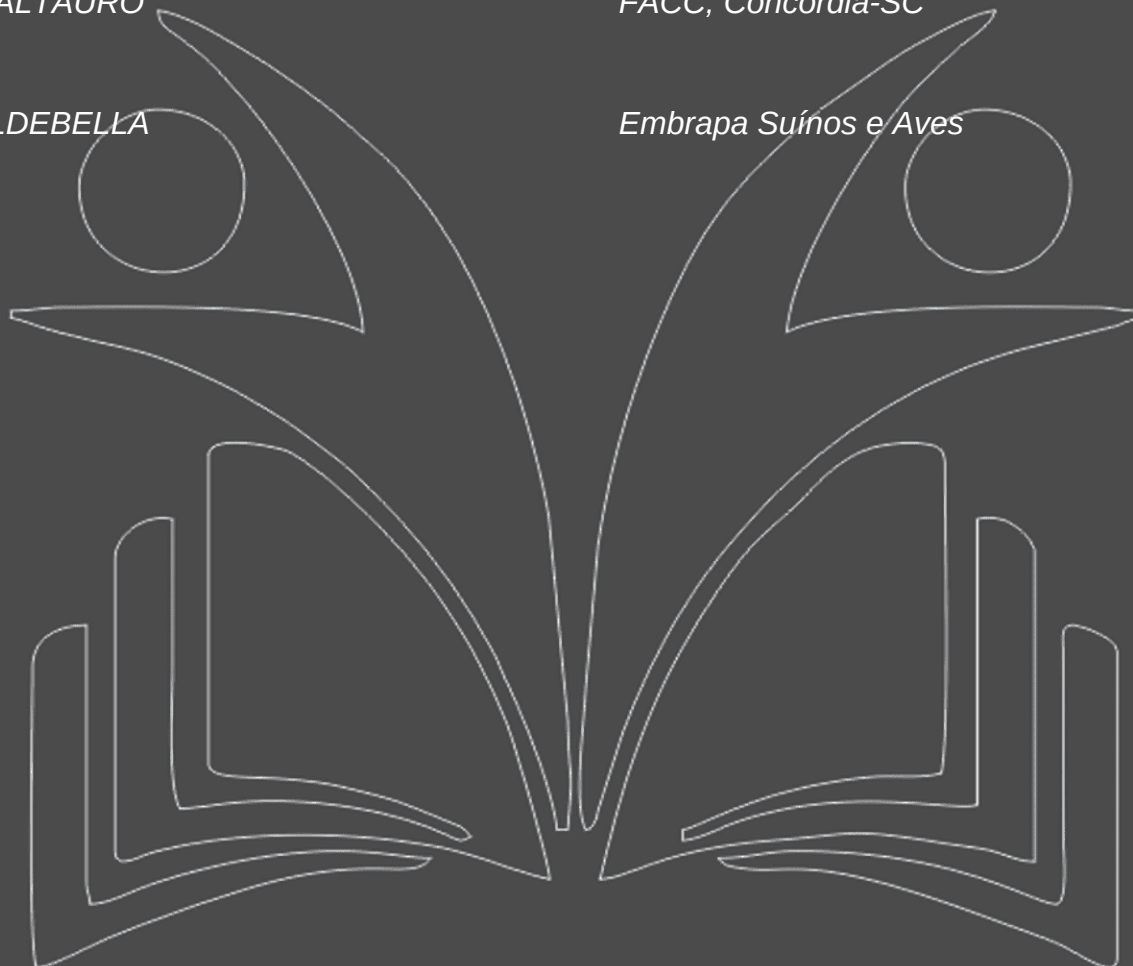
Embrapa Suínos e Aves

KARINE MALTAURO

FACC, Concórdia-SC

ARLEI COLDEBELLA

Embrapa Suínos e Aves



Resumo: O modelo de edificação é fator determinante para o desempenho da produção de frangos de corte. Na avicultura brasileira são utilizados, basicamente, três modelos de edificação, que se diferenciam quanto ao tipo de ventilação, controle de ambiência, e programas de iluminação: ventilação natural, ventilação forçada tipo túnel e Dark House. O presente estudo compara os desempenhos destes modelos, com mesma área produtiva. Foram analisados índices produtivos de 74 lotes produzidos em uma única granja em que os três modelos acima referidos foram utilizados ao longo do tempo. A mudança do modelo de ventilação natural para ventilação tipo túnel resultou em um aumento de 11.376 ± 165 ($11,85 \pm 0,18$ aves/m²) para 12.384 ± 135 ($12,9 \pm 0,15$ aves/m²) aves alojadas, implicando um acréscimo de 8,9%. O modelo Dark House, por sua vez, permitiu alojar 13.689 ± 96 aves ($14,26$ aves/m²), resultando num acréscimo de 10,5% em relação à ventilação tipo túnel e de 20,3% em relação à ventilação natural. O modelo Dark House, apresentou os menores índices de mortalidade (média de $5,38 \pm 0,32\%$), consumo de ração (médio $4,49 \pm 0,09$ kg/ave) e conversão alimentar (média $1,62 \pm 0,01$ /ave) e o maior índice de eficiência econômica ($401 \pm 5,4$).

Palavras-chave: sistema de ventilação, dark house, produção de aves.

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos nas áreas da genética, nutrição e sistemas de produção, na avicultura de corte industrial, possibilitaram grandes avanços produtivos e reduções significativas na excreção de nutrientes e na emissão de gases de efeito estufa (OLIVEIRA et al., 2012). Porém, para obter melhores resultados nos parâmetros acima citados, a escolha do modelo de ventilação e o modo de gestão da ambiência para a produção de frangos de corte tem uma importância fundamental. O modelo de ventilação escolhido, para a produção de frango de corte, exerce papel importante na definição do ambiente interno da edificação incluindo a ambiência, manejo e programa de iluminação (TINÔCO, 2001). A ambiência interna das edificações e o desempenho zootécnico na produção de aves tem sido estudada por diferentes pesquisadores, tanto na Europa como nos Estados Unidos, assim como diferentes metodologias de avaliação, destes ambientes, têm sido propostas (ROBIN et al, 2010). ROVARIS et al. (2014) e TINÔCO (2001) desenvolveram estudos avaliando o desempenho produtivo dos sistemas tipo Dark House e convencional, na produção de frangos de corte. O objetivo do trabalho foi comparar diferentes modelos de produção, implantados em propriedade para produção de frangos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso foi desenvolvido em uma granja comercial de produção de frangos de corte, localizada na cidade de Alto Bela Vista, no meio oeste catarinense. A edificação tem capacidade atual de alojamento em torno 13.689 aves (14,26 aves/m²), sendo a mão-de-obra totalmente familiar. A edificação possui largura de 12,0 m, comprimento de 80,0 m e pé-direito de 2,40 m, sendo coberta com telhas de fibrocimento de 6 mm. Foram utilizadas neste estudo linhagens COBB e ROSS. O estudo foi desenvolvido avaliando o histórico de 74 lotes de produção de frangos de corte, criados de ago/2004 a fev/2018, sendo distribuídos em 44 lotes de linhagem ROSS e 30 lotes de linhagem COBB. A edificação sofreu diferentes mudanças no decorrer do tempo, porém permanecendo com a mesma área produtiva. No ano de 2004 a edificação começou sua produção de frangos de corte com Sistema de Ventilação Natural (SVN), com cortinas laterais em PVC e possibilidade de abertura ou fechamento, determinadas pelas condições ambientais de temperatura e umidade exterior. Após 21 lotes de produção no sistema SVN, no ano de 2008, ela foi transformada para sistema de Ventilação Tipo Túnel (SVT), com cortinas laterais duplas em PVC, com possibilidade de abertura ou fechamento. No ano de 2012, após 24 lotes produzidos no SVT, a edificação foi modificada para implantação do Sistema Dark House (SDH), com forro em PVC plastificado de cor preta, fechamento laterais com painéis de maderit

naval (4 mm) interno e cortinas em PVC externa para evitar a exposição direta dos painéis de maderit ao sol e a chuva. No sistema SDH foram avaliados 29 lotes de produção de frangos de corte. No estudo destes modelos de produção foram avaliados os seguintes parâmetros: Número de aves alojadas; Densidade de aves por m²; Peso médio de alojamento (g); Número de dias de alojamento; Percentagem de aves eliminadas por lote (%); Percentagem de Mortalidade por lote (%); Peso médio final por ave (kg); Consumo médio de ração por ave (kg); Conversão Alimentar (CA) e Índice de Eficiência Econômica (IEE). Na Tabela 1, são apresentadas algumas características dos diferentes modelos de sistemas de ventilação, o número de lotes estudados em cada sistema, as linhagens utilizadas e a quantidade de frangos de corte alojados por lote.

O IEE, analisado neste estudo, foi calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$IEE = ((\text{Peso médio corporal (kg)} \times \text{Viabilidade (\%)}) / (\text{Conversão Alimentar} \times \text{Idade})) \times 100$$

TABELA 1. Descrição dos parâmetros de manejo, utilizados nos diferentes modelos de edificações para a produção de frangos de corte.

Parâmetros observados	Modelos de Sistemas de produção		
	SVN	SVT	SDH
Número de lotes	21	24	29
Número de lotes, Linhagem Ross	17	24	3
Número de lotes, Linhagem Cobb	4	0	26
Número de aves alojadas/lote	11.376±165	12.384±135	13.689±96

Obs: Sistema Ventilação Natural (SVN) e Ventilação Túnel (SVT); Sistema Dark House (SDH); Média ± erro padrão. Na comparação dos sistemas foram calculados as médias e os respectivos erros-padrão, sendo consideradas diferenças significativas sempre que os intervalos cobertos por dois erros-padrão±médios dos sistemas não se sobreponham.

Na Figura 1, pode-se observar as imagens interna e externa do aviário, tipo Dark House, usado na produção de frango de corte, assim como a unidade móvel utilizada nas medições de temperatura (°C) e concentração de gases (ppm).



FIGURA 1. Vista interna e externa do aviário e a unidade móvel de monitoramento usada para registros de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e concentração de gases (ppm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O número de aves alojadas nos três modelos de produção estudados (Tabela 1) demonstra que com a mudança no modelo produtivo, para a mesma área de construção, é possível aumentar de 11.376 aves no SVN, para 13.689 aves no SDH, com acréscimo de 20,3% no número de aves alojadas na edificação ($14,26 \text{ aves/m}^2$). O peso médio de alojamento, entre os diferentes lotes não sofreu diferenças significativas, assim como no número de dias de alojamento e a percentagem de frangos eliminados (Tabela 2). A mortalidade (%) do lote foi maior nos modelos SVN e SVT, quando comparada ao modelo Dark House (SDH), $5,38 \pm 0,32$; $5,68 \pm 0,36$ e $3,70 \pm 0,32$, respectivamente (Tabela 2). O peso médio final do lote (kg) foi similar para os modelos estudados (Tabela 2), com ligeiro acréscimo de 9 g para o SDH. O consumo médio de ração por ave, porém, foi menor no sistema Dark House ($4,49 \pm 0,09 \text{ kg/ave}$), principalmente quando comparado ao SNV ($5,02 \pm 0,24 \text{ kg/ave}$). Esse fato resultou na conversão alimentar média dos lotes estudados inferior no SDH ($1,62 \pm 0,01$) em comparação aos sistemas SVN ($1,86 \pm 0,03$) e SVT ($1,74 \pm 0,02$), o que corresponde a 0,24 e 0,12 kg de ração por kg de frango a mais quando comparamos o SDH aos modelos SVN e SDH, respectivamente. Se consideramos essa diferença (0,24 kg/kg de frango), considerando um peso médio por frango de 2,71 kg, teremos 0,650 kg a mais de ração por frango. Considerando um lote fictício médio de 12.362 frangos, teremos um acréscimo de 8.040 kg de ração para lote de frangos criados no SVN, quando comparado a um mesmo lote criados no SDH.

TABELA 2. Valores médios dos parâmetros avaliados nos diferentes modelos de edificações: Ventilação Natural (SVN), Ventilação Tipo Túnel (SVT) e Dark House (SDH).

Parâmetros Avaliados	Modelo de Edificação		
	SVN	SVT	SDH
Número de aves por m ²	11,85±0,18	12,9±0,15	14,26±0,11
Peso médio por ave alojada (gr)	43,9±0,60	43,6±0,85	49,9±1,19
Número médio de dias de alojamento	43,9±1,14	41,46±0,73	40,79±0,46
Média de Aves eliminadas do lote (%)	3,01±0,21	3,27±0,22	2,59±0,27
Mortalidade média do lote (%)	5,38±0,32	5,68±0,36	3,70±0,32
Peso médio final dos frangos (kg)	2,69±0,10	2,67±0,07	2,76±0,05
Consumo total médio de ração (kg)	5,02±0,24	4,64±0,15	4,49±0,09
CA Real do lote (média)	1,86±0,03	1,74±0,02	1,62±0,01
Média do IEE	312±5,9	352±5,8	401±5,4

Obs: Ventilação Natural (SVN); Ventilação Tipo Túnel (SVT); Sistema Dark House (SDH)

Valores: Médias ± erros padrão.

A maior diferença encontrada foi no Índice de Eficiência Econômica (IEE), ele foi maior no sistema Dark House (401±5,4), quando comparado aos outros dois sistemas estudados. O que significa que o modelo de edificação oferece melhor ambiente térmico interno, reduzindo a influência das condições ambientais externas a edificação. Na Tabela 2, pode-se observar que o sistema Dark House proporciona melhores índices de desempenho zootécnico dos frangos de corte, quando comparados aos modelos de ventilação natural e ventilação tipo túnel. Entretanto, deve-se considerar na comparação destes modelos de produção, nestes 74 lotes estudados, que podem existir alguns fatores a serem considerados como manejo, alimentação e melhoramento genético, que podem induzir a falsos ganhos comparativos. Porém, devemos considerar que a produção de frangos foi manejada pelo mesmo produtor, que a empresa integradora sempre foi a mesma, que não houve modificações estruturais na edificação e na área construída, e também que pode haver diferença de desempenho zootécnico devido a diferença genética entre as linhagens Coob e Ross. A Figura 2, apresenta a evolução do ganho de peso (kg) e da conversão alimentar nos modelos SVN, SVT e SDH ao longo de 74 lotes de produção de frangos de corte. Pode-se observar a diferença que ocorreu no comportamento da conversão alimentar, entre os modelos estudados variando em média entre 1,86±0,03 (SVN) para 1,62±0,01 (SDH).

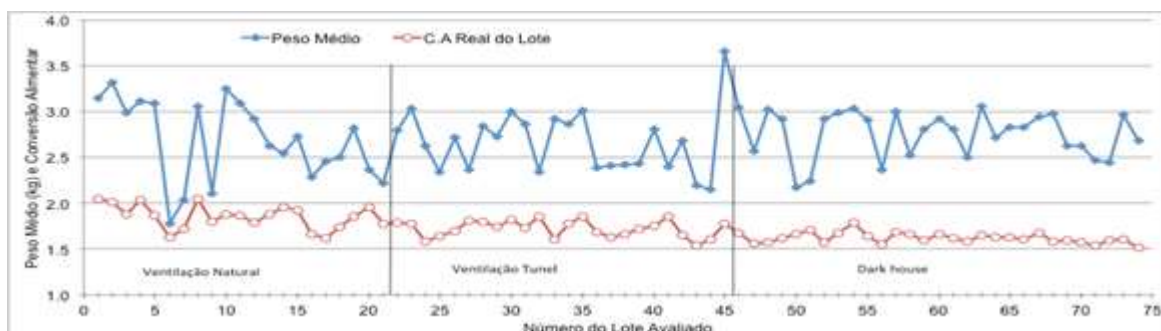


FIGURA 2. Evolução do peso médio e da conversão alimentar nos modelos de produção de frangos de corte avaliados.

CONCLUSÕES

O modelo Dark House oferece melhor controle do ambiente interno das edificações, para a produção de frangos de corte, o que resulta em melhores índices zootécnico e na redução no consumo total de ração, por lote produzido. O Índice de Eficiência Econômica (IEE) é maior no sistema Dark House, quando comparado aos sistemas convencionais de ventilação natural e de ventilação tipo túnel, usados na produção de frangos de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS:

OLIVEIRA, L.P. GAI, V.F. Desempenho de frango de corte em aviários convencionais e aviários dark house, Revista Cultivando o Saber, v9 nº, p93-101,2016.

OLIVEIRA, P.A.V. de, dos SANTOS Filho, J. I., BELLAVER, P., SCHEUERMANN, G. N. e CARON, L. Estimativa da emissão de gases de efeito estufa na produção de frangos de corte nos sistemas convencional e dark house. Comunicado Técnico 504. Concórdia, SC, Julho, 2012.

ROVARIS, E. et al. Desempenho de frangos de corte criados em aviários dark house versus convencional. PUBVET, Londrina, V. 8, N. 18, Ed. 267, Art. 1778, Setembro, 2014.

ROBIN, PAUL et al. Reference procedures for the measurement of gaseous emissions from livestock houses and storages of animal manure. Final Report, ADEME, FR, april, 2010. 260 p.

TINÔCO, I.F.F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas-SP, v.3, n.1, p. 1-25, 2001.

Capítulo 2



10.37423/230908156

IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES ETIOLÓGICOS DETERMINANTES DA MASTITE BOVINA NO ALTO SERTÃO SERGIPANO

Rafaela Lima Aragão Souza

Universidade Federal de Sergipe

Erik da Silva Pereira

Universidade Estadual de Campinas

Anita de Souza Silva

Universidade Federal de Sergipe

Armando de Amorim Oliveira

Universidade Federal de Sergipe

Paula Regina Barros de Lima

Universidade Federal de Sergipe

Arthur Nascimento de Melo

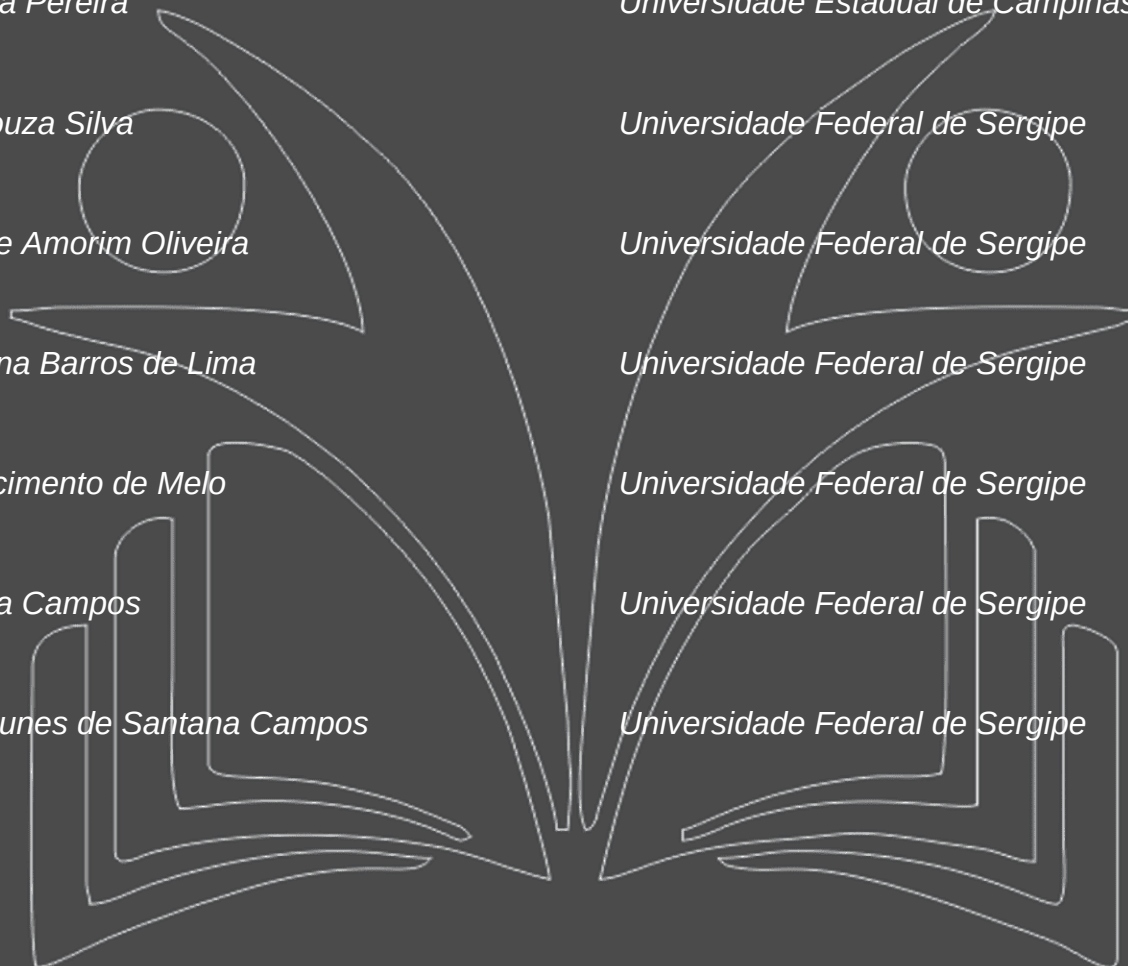
Universidade Federal de Sergipe

Ana Claudia Campos

Universidade Federal de Sergipe

Roseane Nunes de Santana Campos

Universidade Federal de Sergipe



Resumo

Objetivo: Diante da importância dessa doença para o setor alimentício e para a saúde pública e animal, esta pesquisa teve como objetivo identificar os agentes etiológicos da mastite bovina no Alto Sertão sergipano. **Métodos:** Foram estudadas 299 amostras de leite, em diferentes fases de lactação, oriundas de quatro propriedades rurais, produtoras de leite, sendo três localizadas em Nossa Senhora da Glória, SE e uma no Município de Poço Redondo, SE, no Alto Sertão sergipano. Avaliou-se a etiologia dos agentes causadores da mastite no Alto sertão sergipano através da tecnologia OnFarm®. Os dados foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel 2019 e expressos em porcentagem absoluta (n) e relativa (%) para estatística descritiva. **Resultados:** Das 299 amostras de leite coletadas, 21 estavam contaminadas. Em relação à caracterização dos agentes etiológicos, no sertão sergipano foi observado que 24.4% das mastites causadas por *Staphylococcus não-aureus*, 24.1% por *Streptococcus agalactiae/dysgalactiae* e 14.5% por *Staphylococcus aureus*. **Conclusão:** Portanto, foi encontrado um alto percentual de mastite nos animais, sendo preocupante para região, devido aos grandes prejuízos causados a pecuária leiteira.

Palavras-chave: leite, pecuária, saúde pública.

INTRODUÇÃO

A mastite é uma infecção mamária das fêmeas do rebanho bovino leiteiro, de grande importância e prevalência, multifatorial, causada por agentes de caráter infecciosos, químicos, mecânicos ou térmicos que agredem a glândula mamária gerando uma reação inflamatória. É responsável pelos altos custos de produção e comprometimento da sanidade e bem-estar animal, podendo se apresentar na forma clínica, onde há sinais de infecção sistêmica, sinais clínicos locais e alterações macroscópicas do leite, e de forma subclínica onde ocorrem alterações na composição do leite, principalmente na elevação da contagem de células somáticas e quantidade de leite produzido (NERES *et al.*, 2015).

O estado de Sergipe apresentou, no ano de 2019, um rebanho efetivo de 1.052.263 bovinos e uma produção de 347.642.000 de litros de leite de vaca (IBGE, 2019). Segundo dados da Secretaria de Agricultura do município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe (2021), os produtores recebem por litro de leite produzido a R\$1,80 e no município há uma produção diária de 800.000 litros de leite/dia.

Com esses números, fica evidente a importância ao analisar a saúde da glândula mamária dos bovinos leiteiros, para que se evite, assim, custos elevados com a doença mais cara do rebanho, a mastite bovina (PHILPOT e NICKERSON, 2002).

Estudos epidemiológicos sobre a etiologia da mastite bovina destacam que os microrganismos de origem contagiosa são os mais prevalentes e que o gênero *Staphylococcus* se sobressai por possuir maior frequência em casos clínicos e subclínicos da doença, sendo o *Staphylococcus aureus* a espécie de maior relevância para a indústria leiteira (MOTA *et al.*, 2012). Porém existem mais de 130 microrganismos diferentes que foram isolados de mastite bovina (SANTOS e FONSECA, 2019).

A mastite possui causas distintas, que pode ser ambiental ou contagiosa. Além disso, dessas inúmeras causas, o acometimento por microrganismos é o mais recorrente, principalmente por bactérias como *Staphylococcus spp.* e *Streptococcus spp.* (MEYER *et al.*, 2013; FONSECA *et al.*, 2021).

Diante dos fatos sobre esta enfermidade de grande importância para o setor alimentício e relacionado à saúde pública e animal, esta pesquisa teve como objetivo identificar os agentes etiológicos da mastite bovina no Alto Sertão sergipano.

MÉTODOS

Foram estudadas 299 amostras de leite, em diferentes fases de lactação, oriundas de quatro propriedades rurais, produtoras de leite, sendo três localizadas em Nossa Senhora da Glória, SE e uma

no Município de Poço Redondo, SE. Todas as propriedades fazem uso de ordenha mecânica duas e até três vezes ao dia. Todos os animais apresentavam sinais clínicos.

Avaliou-se a etiologia dos agentes causadores da mastite no Alto Sertão sergipano através da tecnologia OnFarm®. Com essa ferramenta, o produtor pode identificar os principais agentes causadores de mastite em 24 horas na própria fazenda (PINHEIRO, 2020).

A OnFarm® é um mini laboratório para realização das análises, que possui uma estufa microbiológica acoplada, placas com meio de cultura (cromogênico) que possibilita a identificação do agente pela cor da colônia em até 24h e possui acurácia acima de 90% para os principais agentes. Além disso, existe um teste para diferenciação do *S. agalactiae* e do *S. dysgalactiae*, a partir da colônia isolada na SmartColor, esse teste adicional pode ser realizado em cerca de 2 horas.

O processo de coleta consiste da forma que antes da ordenha, deve-se fazer a higienização de todos os tetos com alterações, assegurando que a amostra não será contaminada. Em seguida são desprezados três jatos de leite e logo após é coletado em tubos específicos e estéreis o leite que será analisado. Após a coleta, o leite pode ser refrigerado em até duas horas. Se a análise for realizada antes desse período, não há necessidade de refrigerar. Porém, se a amostra não for inoculada no dia coletado, ou seja, em 24 horas, esta deve ir para o congelador.

A inoculação da placa foi realizada por uma equipe devidamente treinada. Primeiramente foram identificadas as placas com o nome do animal e o quarto mamário afetado, em seguida os dados foram expressos no aplicativo da OnFarm® que é de fundamental importância para todo controle das amostras.

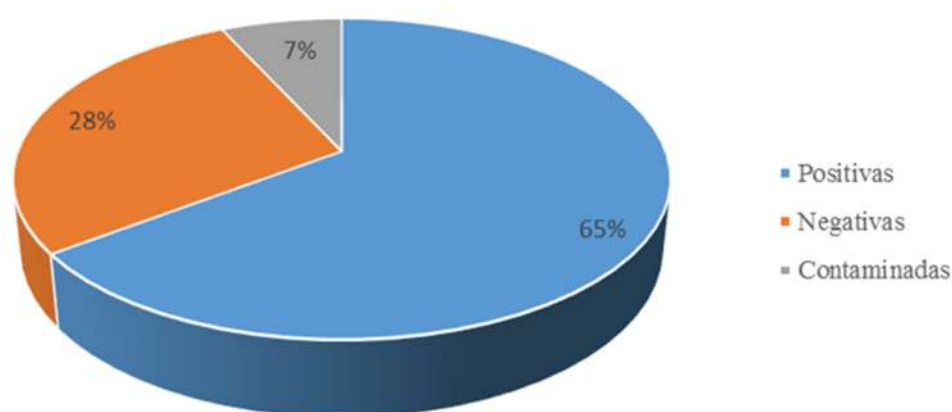
Depois de anotadas as informações, o leite foi semeado nos três meios de cultura da placa, sendo cada campo com meio de cultura, responsável pelo crescimento de espécies 41 específicas de microrganismos. Depois de 24 horas da inoculação foi realizada a leitura, através do auxílio do aplicativo. Por meio da cor da colônia que cresceu na placa foi identificado o agente etiológico causador da mastite.

Os dados foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel 2019 e expressos em porcentagem absoluta (n) e relativa (%) para estatística descritiva.

RESULTADOS

Foram coletadas 299 amostras de leite, porém, destas, 21 foram contaminadas (Figura 1). A contaminação das amostras pode ocorrer no momento da coleta do material ou até mesmo por falhas na refrigeração da mesma até a realização do teste. A variável Fazenda 3 representa amostras coletadas de várias propriedades rurais do Alto Sertão sergipano. As análises foram realizadas na Casa do Fazendeiro devido ao fato de esses produtores não possuírem o laboratório em suas propriedades.

Figura 1. Percentuais dos resultados das análises realizadas das amostras de leite coletadas.



No total, 69.5% (194/278) das amostras analisadas tiveram resultado positivo para ocorrência de agentes etiológicos determinantes da mastite e 30,5% (85/278) tiveram resultado negativo. Este percentual de amostras negativas explica a importância da cultura microbiológica e com isso o tratamento de forma adequada. As quatro fazendas analisadas apresentaram alta frequência relativa, com mais de 50% das amostras positivas para algum agente etiológico, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Frequência da presença de agente etiológico nas amostras

Local	Frequência absoluta (n)	Frequência relativa (%)
Fazenda 1	20/30	66.6
Fazenda 2	29/37	78.3
Fazenda 3	74/125	59.2
Fazenda 4	71/108	65.7

A Tabela 2 traz informações acerca dos agentes etiológicos encontrados nas amostras de leite das fazendas estudadas e suas respectivas frequências.

Tabela 2. Frequências dos agentes isolados das amostras de leite.

Agente	Frequência absoluta (n)	Frequência relativa (%)
<i>E. coli</i>	26	7.8
<i>Enterococcus spp</i>	15	4.5
<i>Klebsiella/Enterobacter</i>	6	1.8
<i>Lactococcus spp</i>	7	2.1
<i>Outros Gram-neg</i>	17	5.1
<i>Outros Gram-pos</i>	15	4.5
<i>Prototheca/Levedura</i>	10	3.0
<i>Pseudomonas Spp</i>	1	0.3

Em relação à caracterização dos agentes etiológicos, no sertão sergipano foi observada uma frequência relativa de 24.4% de mastites causadas por *Staphylococcus não-aureus*, 24.1% por *Streptococcus agalactiae/dysgalactiae*, 14.5% por *Staphylococcus aureus*, 6.9% *Streptococcus uberis*,

7.8% *E. coli*, 5.1% Outros Gram-negativos, 4.5% Outros Gram-positivos, 3.0% *Prototheca/ Levedura*, 2.1% *Lactococcus spp*, 4.5% *Enterococcus spp*, 1.8% *Klebsiella/Enterobacter*, 0.9% *Serratia spp* e 0.3% *Pseudomonas spp*.

Dessa forma, percebe-se que houve uma maior porcentagem de agentes como *Staphylococcus aureus* e *não-aureus* e *Streptococcus agalactiae/dysgalactiae*.

A Tabela 3 descreve a frequência de cada variável na ocorrência de resultados positivos de mastite.

Tabela 3. Tipos de mastite, grau e quartos mamários em casos positivos de mastite.

Variável	Frequência absoluta (n)	Frequência relativa (%)
Tipo de mastite		
Subclínica	54	27.8
Clínica	140	72.1
Grau		
Sem	54	27.8
Leve	21	10.8
Moderado	119	61.3
Grave	-	-

Na análise, 72.1% dos casos analisados de mastite eram clínicas, ou seja, com alterações em um dos quartos mamários e alterações visíveis no leite.

DISCUSSÃO

Os prejuízos causados pela mastite bovina se estendem aos produtores, às indústrias que utilizam o leite como matéria-prima e a população consumidora do produto (BANDOCH et al., 2011).

Germano e Germano (2015), citam as bactérias *Streptococcus* e *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus não aureus* como importantes determinantes da mastite bovina e destaca ainda que a prevalência destas geralmente esteja associada a condições de higiene precárias na ordenha, seja ela manual ou mecânica.

De acordo com Zanette et al (2010), o *Staphylococcus aureus* é um dos principais agentes causadores de mastite bovina no mundo. De maneira análoga, Santos e Fonseca 2019, afirmam que o agente *Staphylococcus aureus* apresenta uma prevalência de 5 a 18% entre vacas e 30 a 85% na região extremo oeste de Santa Catarina.

Altamente contagioso, o *Staphylococcus aureus* é capaz de causar infecções por mais de 30 dias habitando feridas de tetos, mãos de ordenhadores e glândula mamária de vacas infectadas, acarretando enormes prejuízos à pecuária leiteira, desde o comprometimento direto com a qualidade do leite até a perda severa da produção de leite (ZAFALON et al., 2007).

O agente etiológico *Streptococcus agalactiae*, bactéria gram-positiva obrigatória do úbere em países e rebanhos com programas de controle da mastite contagiosa eficiente, apresenta uma prevalência baixa. Porém em países emergentes como o Brasil, a prevalência deste agente pode atingir de 60 a 70% de rebanhos positivos, corroborando com os dados apresentados neste trabalho.

Ainda de acordo com Santos e Fonseca (2019), os agentes causadores de mastite ambiental como *E. coli*, *Klebsiella spp/Enterobacter*, *Lactococcus*, são microrganismos oportunistas, com maior frequência de casos clínicos graves, sendo os principais causadores de mortes.

Em trabalhos científicos relacionados a esse tema a mastite subclínica mostra-se mais evidente. O estudo de Santos et al., (2020), corrobora este fato, confirmando a maior frequência de mastite subclínica.

Os quartos anteriores são mais acometidos porque os tetos posteriores possuem maior capacidade de armazenamento de leite, assim, ao realizar a ordenha de forma 46 mecânicas, ocorre a sobre-ordenha nos tetos anteriores, que ocorre quando a sucção contínua após o término do fluxo de leite. De acordo com Gonçalves et al. (2017), a sobre-ordenha pode resultar em aumento das CCS e da predisposição a lesões no teto, o que pode explicar a frequência superior de mastite em tetos anteriores.

A porcentagem referente às amostras compostas é observada em animais que iam para secagem ou no pós-parto e assim era investigada a presença de mastite subclínica para com este resultado direcionar um melhor protocolo para cada animal.

Com relação aos graus de mastite, encontrou-se uma maior prevalência em casos moderados da enfermidade, esse resultado é corroborado pela análise realizada por Risseti (2018), que encontra resultados similares, com uma alta incidência de casos leves e moderados.

CONCLUSÃO

Na região do Alto Sertão sergipano foi encontrado um alto percentual de mastite nos animais, sendo um dado preocupante para região, devido aos grandes prejuízos causados que afeta de maneira severa a pecuária leiteira. Os principais agentes etiológicos encontrados na causa da mastite no local estão relacionados às condições de higiene precárias na ordenha. Assim, são indispensáveis mais estudos de prevalência da mastite na região com maior quantidade de propriedades e importante a educação dos produtores da região com relação a prevenção e diagnóstico correto dessa doença.

REFERÊNCIAS

- BANDOCH, P.; MELO. Prevalência de mastite bovina por *Staphylococcus aureus*: uma revisão bibliográfica. *Ciências Biológicas e da Saúde* Ponta Grossa, v. 17, n. 1, p.47-51, 2011.
- GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos. 5ª Edição. Ed. Manole, 2015.
- GONÇALVES, J. L., et al.. Rotina de ordenha eficiente para produção de leite de alta qualidade. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, v. 15, n. Supl 2, p. 9-14, 2017.
- MEYER, N. S. et al. Micro-organismos isolados de quartos mamários com mastite sub-clínica em unidades de produção leiteira de Pelotas/RS. In: Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas, 22, 2013, Pelotas. Anais ... Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2013.
- MOTA. R. A. et al., Participação dos *staphylococcus spp* na etiologia das mastites em bovinos leiteiros no estado de Pernambuco (Brasil). *Ci. Anim. Bras.*, Goiânia, v.13, n.1, p. 124-130, 2012.
- NERES. W. S. et al., Suscetibilidade antimicrobiana de *Staphylococcus coagula* se positiva isolados de vacas com mastite em Sergipe. *Scientia plena*, São Cristóvão, v. 11, n. 4, 2015.
- PHILPOT, W. N.; NICKERSON, S. C. Vencendo a luta contra a mastite. Estados Unidos da America: Editora Milkbuzz, 191 p., 2002.
- PINHEIRO, E. A cultura na fazenda em tempos de crise: menos custos e mais lucratividade. Onfarm, 2020. Disponível em: <<http://onfarm.com.br/cultura-na-fazenda-em-tempos-de-crise/>>. Acesso em: 28 de maio de 2023.
- QUADROS, D. G. et al.. Maior nível tecnológico e escala de produção propiciam melhor qualidade do leite e menor ocorrência de mastite bovina. *Revista Acadêmica: Ciência Animal*, [S.l.], v. 17, p. 1 - 13, 2019.
- SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. Controle da mastite e qualidade do leite, desafios e soluções. Pirassununga: Edição dos autores, 301 p., 2019.
- ZAFALON, L. F. et al. Mastites com lesões sistêmicas por *staphylococcus aureus* subesp. *aureus* em coelhos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, Jaboticabal, v. 59, n. 3, p.577-585, 2007.
- ZANETTE, E. et al., Suscetibilidade antimicrobiana de *Staphylococcus aureus* isolados de amostras de leite de bovinos com suspeita de mastite. *Unoesc & Ciência – ACBS*, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 65-70, 2010.

Capítulo 3



10.37423/230908193

ELABORAÇÃO E DISCUSSÃO SOBRE PROPOSTAS CONCEITUAIS DE UMA COLHEDORA DE PALMA FORRAGEIRA

Adilson Machado Enes

Universidade Federal de Sergipe

ANDRÉ BATISTA SANTOS

Universidade Federal de Sergipe

EDUARDO JOSE DOS SANTOS

Universidade Federal de Sergipe

VALFRAN JOSÉ SANTOS ANDRADE

Universidade Federal de Sergipe

DIEGO ANDRADE PEREIRA

Universidade Federal de Sergipe

Wellington Gonzaga Do Vale

Universidade Federal de Sergipe

MARIA FERNANDA DE MENEZES SANTOS

Universidade Federal de Sergipe

Felipe Da Silva Andrade Souza

Universidade Federal de Sergipe



Resumo: A palma forrageira é uma planta rica em nutrientes, fundamental na alimentação de animais em regiões áridas e semiáridas. O texto apresenta um projeto conceitual de colhedora de palma forrageira de baixo custo para otimizar sua colheita. A mecanização agrícola é considerada para aumentar a eficiência. A metodologia inclui levantamento de requisitos, pesquisa de modelos existentes, definição de modelo conceitual com o uso do software Onshape, avaliação, documentação, análise de viabilidade e apresentação do projeto.

Duas propostas são discutidas: uma com um parafuso de Arquimedes como elemento de transporte e outra com um disco de corte. Cada abordagem tem vantagens como simplicidade e eficiência, mas também desvantagens, incluindo necessidade de manutenção e consumo de energia. A escolha depende das necessidades do projeto e das condições de colheita. Em resumo, o projeto visa melhorar a produção de palma forrageira em áreas áridas e semiáridas através da mecanização da colheita, proporcionando eficiência e sustentabilidade.

Palavras-chave: Mecanização Agrícola, silagem, projeto conceitual.

INTRODUÇÃO: A palma forrageira (*Opuntia sp.*), uma planta da família dos cactos (*Cactaceae*), desempenha um papel fundamental na alimentação de diversas espécies animais.

Sua riqueza em vitaminas, minerais e aminoácidos a torna um complemento alimentar de elevado valor nutritivo, tanto para animais quanto para seres humanos (NRC, 2007). Nos dias atuais, a palma forrageira se estabeleceu como um pilar alimentar essencial para rebanhos que habitam áreas de clima árido e semiárido. Suas notáveis características, como alta palatabilidade, produtividade de biomassa e resistência à seca, a transformam em um recurso alimentício valioso nesses ecossistemas (Zimmermann *et al.*, 2012).

ORIGEM E CULTIVO

Originária das regiões áridas da América Central, em especial do México, a palma forrageira foi introduzida no semiárido nordestino do Brasil no final do século XIX com o propósito inicial de produzir o corante carmim. Entretanto, após a devastadora seca de 1932, a palma emergiu como uma solução surpreendente para a alimentação do gado (Santos *et al.*, 2009).

Desde então, seu cultivo e estudo têm sido amplamente disseminados na região. A colheita da palma forrageira, até o momento, é predominantemente realizada de forma manual, com intervalos de corte que variam de 12 a 48 meses. O processo de colheita envolve o uso de facas, facões ou foices limpos, afiados e desinfetados (Santos *et al.*, 2009).

COLHEITA MECANIZADA: UMA SOLUÇÃO POTENCIAL

No entanto, surge a possibilidade de que a mecanização da colheita da palma forrageira possa trazer uma série de benefícios, incluindo o aumento da eficiência, padronização e pré-processamento da matéria-prima, ao mesmo tempo em que garante maior segurança no processo produtivo (Valente *et al.*, 2020).

OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é apresentar um projeto conceitual de uma colhedora de palma forrageira de baixo custo. Este projeto tem como finalidade a mecanização do processo de colheita, visando otimizar a produção e a utilização desse recurso valioso de forma economicamente acessível. Através da concepção e desenvolvimento de uma colhedora de palma forrageira, espera-se contribuir para a melhoria da eficiência na agricultura em regiões áridas e semiáridas, ao mesmo tempo em que promove o uso sustentável dessa planta altamente nutritiva.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A mecanização agrícola se refere à aplicação de implementos, máquinas e ferramentas mecânicas para automatizar os processos de plantio, adubação, semeadura e colheita. Sua principal vantagem reside na capacidade de acelerar significativamente a execução dessas etapas em propriedades rurais (Silva *et al.*, 2008). A construção de uma colhedora de palma forrageira se revela como uma estratégia eficaz para simplificar o processo de colheita, especialmente porque muitos produtores rurais realizam apenas uma colheita, geralmente no segundo ano ou posterior. Nesse momento, a palma forrageira atinge seu potencial máximo de produtividade, uma vez que o sistema radicular está completamente desenvolvido e adaptado ao solo (Silva *et al.*, 2009). O projeto de construção de uma colhedora de palma forrageira deve levar em consideração três parâmetros fundamentais. Primeiro, deve permitir que um trator adentre o palmal a uma altura média de 80 cm, sem causar danos à cultura. Segundo, a colheita da palma deve ser realizada por meio do corte de suas raquetes a uma altura pré-determinada. Terceiro, o transporte das raquetes cortadas deve ser efetuado em duas etapas, a primeira imediatamente após a colheita, seguida por uma segunda etapa utilizando um carroção de armazenamento durante o transporte dentro do palmal (Dantas, 1996). É de suma importância também considerar a fisiologia e as características específicas da palma forrageira, uma vez que diferentes cultivares são preferidas pelos agricultores, de acordo com as particularidades de cada região (Lima *et al.*, 2020).

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto conceitual da colhedora de palma envolveu as seguintes etapas:

LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Inicialmente, realizou-se um levantamento detalhado dos requisitos e especificações da colhedora de palma forrageira. Isso incluiu considerações sobre o tamanho da máquina, capacidade de colheita, tipo de corte das raquetes, capacidade de transporte e quaisquer requisitos específicos estabelecidos pelos agricultores.

PESQUISA DE MODELOS EXISTENTES

Foi realizada uma pesquisa de modelos de colhedoras de palma forrageira existentes no mercado e em projetos similares. Isso permitiu identificar boas práticas, tecnologias disponíveis e possíveis melhorias a serem incorporadas ao projeto conceitual.

Definição do Modelo Conceitual: Com base nos requisitos levantados e na pesquisa realizada, elaborou-se um modelo conceitual da colhedora de palma forrageira. O modelo conceitual foi uma representação esquemática da máquina, destacando os principais componentes, como o sistema de corte, sistema de transporte e estrutura de suporte.

Utilização do Software Onshape: O software Onshape foi utilizado para criar um modelo tridimensional do projeto conceitual da colhedora de palma. O Onshape ofereceu ferramentas poderosas para a criação de modelos 3D, facilitando a visualização e a análise do projeto.

Avaliação e Aperfeiçoamento: O modelo 3D foi submetido a uma avaliação crítica para verificar a viabilidade técnica e econômica do projeto conceitual. Possíveis melhorias foram identificadas e incorporadas ao modelo conforme necessário.

Elaboração da Documentação: Foi gerada documentação técnica que incluiu desenhos técnicos, lista de materiais, especificações dos componentes e outros detalhes necessários para a construção da colhedora de palma.

Análise de Viabilidade: Uma análise de viabilidade financeira foi conduzida para avaliar o custo estimado do projeto conceitual e sua viabilidade econômica. Isso ajudou a determinar se o projeto poderia ser implementado dentro dos limites orçamentários estabelecidos.

Apresentação do Projeto Conceitual: O projeto conceitual da colhedora de palma foi apresentado aos interessados, incluindo agricultores, engenheiros e possíveis financiadores, para obter feedback e aprovação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Proposta 1: parafuso de Arquimedes como elemento transportador:

A utilização de um parafuso de Arquimedes como elemento ativo de corte e transporte da palma forrageira apresenta tanto vantagens quanto possíveis desafios.

Vantagens:

1. Simplicidade de Design: Os parafusos de Arquimedes são dispositivos mecânicos simples, compostos por uma espiral em torno de um eixo central. Isso torna o design relativamente fácil de construir e manter, reduzindo os custos de produção e manutenção.
2. Baixa Manutenção: Comparado a algumas outras abordagens de corte e transporte, os parafusos de Arquimedes tendem a exigir menos manutenção. Eles têm menos peças móveis sujeitas ao desgaste, o que pode resultar em maior durabilidade.
3. Controle de Fluxo: O parafuso de Arquimedes permite um controle mais preciso do fluxo da palma forrageira. A taxa de transporte pode ser ajustada variando a velocidade de rotação do parafuso, o que é benéfico para diferentes condições de colheita.

Possíveis Problemas:

1. Eficiência de Corte: O principal desafio na utilização de um parafuso de Arquimedes como elemento de corte é garantir um corte limpo e eficiente das raquetes de palma. Uma lâmina de corte inadequada ou um espaçamento incorreto entre a lâmina e a superfície do parafuso pode resultar em danos à planta ou em um processo de corte ineficiente.
2. Limpeza e Manutenção: Embora a manutenção geral possa ser menor em comparação com outros sistemas, a limpeza do parafuso de Arquimedes pode ser um desafio, especialmente quando a palma forrageira contém espinhos ou resíduos vegetais que podem obstruir o parafuso.
3. Desgaste de Componentes: Embora os parafusos de Arquimedes sejam geralmente duráveis, o desgaste ao longo do tempo ainda é uma consideração. Os componentes, como a lâmina de corte, podem precisar ser substituídos periodicamente para manter a eficiência operacional.
4. Consumo de Energia: O uso de um motor para girar o parafuso de Arquimedes pode exigir um consumo considerável de energia, dependendo do tamanho e da capacidade da colhedora. Isso pode ser uma desvantagem em termos de custos operacionais e impacto ambiental.

Em resumo, a abordagem com um parafuso de Arquimedes oferece simplicidade, baixa manutenção e controle de fluxo, mas requer atenção cuidadosa ao design da lâmina de corte, à manutenção regular e ao consumo de energia. A escolha dessa abordagem dependerá das necessidades específicas do projeto e das condições de operação, bem como da eficiência e da qualidade desejada no processo de colheita da palma forrageira. Na figura 1, é possível observar o protótipo virtual gerado a partir da montagem das peças modeladas no Onshape.

Este resultado permitiu uma melhor determinação da dinâmica de funcionamento e dados para futuras simulações dinâmicas e estudos de interação máquina-solo-planta.

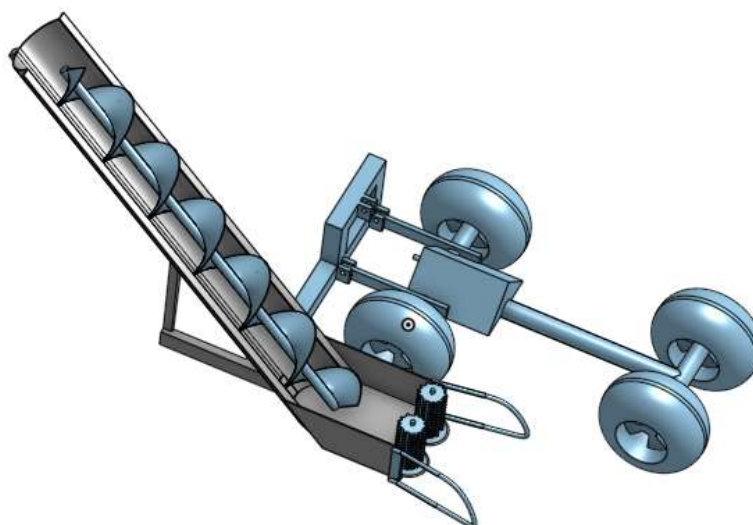


FIGURA 1. Resultado do protótipo virtual modelado e montado no Onshape.

Proposta 2: utilização de disco de corte:

O uso de um disco de corte como elemento ativo de corte na colhedora de palma forrageira também apresenta suas vantagens e desvantagens. Vamos analisar esses aspectos:

Vantagens:

1. Eficiência de Corte: Discos de corte bem projetados e afiados podem oferecer um corte rápido e eficiente das raquetes de palma forrageira. Isso ajuda a acelerar o processo de colheita.
2. Versatilidade: Discos de corte podem ser projetados em diferentes tamanhos e configurações para se adaptar a diferentes condições de colheita e tipos de cultivo de palma.
3. Controle de Altura: A altura do disco de corte pode ser ajustada para cortar as raquetes de palma na altura desejada, permitindo maior controle sobre o processo de colheita.
4. Limpeza Automática: Alguns sistemas de disco de corte incluem mecanismos de limpeza automática que ajudam a evitar o acúmulo de resíduos vegetais no disco, melhorando a eficiência.

Desvantagens:

1. Manutenção: Discos de corte exigem manutenção regular, incluindo afiação e substituição periódica. O desgaste dos discos pode ser significativo, especialmente em condições de colheita intensiva.
2. Obstruções e Danos: Discos de corte estão sujeitos a obstruções por objetos estranhos no campo, como pedras ou troncos, que podem causar danos ao disco e resultar em paradas não programadas.

3. Consumo de Energia: O uso de um motor para acionar o disco de corte pode ser energeticamente intensivo, contribuindo para custos operacionais mais altos e maior consumo de combustível, se a colhedora for movida a combustível fóssil.
4. Resíduos Vegetais: Em alguns casos, o uso de discos de corte pode gerar uma quantidade significativa de resíduos vegetais que precisam ser gerenciados ou descartados após a colheita.
5. Custo Inicial: A instalação de um sistema de disco de corte pode representar um investimento inicial mais alto em comparação com algumas outras abordagens de colheita.

Em resumo, o uso de discos de corte oferece eficiência, controle de altura e versatilidade, mas requer manutenção regular, está sujeito a obstruções e danos, consome energia e pode gerar resíduos vegetais. A escolha entre o uso de discos de corte ou outras abordagens dependerá das necessidades específicas do projeto, das condições de colheita e dos recursos disponíveis.

CONCLUSÕES

Em conclusão, o desenvolvimento e a discussão de propostas conceituais para uma colhedora de palma forrageira representam um passo significativo para aprimorar as práticas agrícolas em regiões áridas e semiáridas. A palma forrageira, sendo uma valiosa fonte de nutrição, merece métodos eficientes de colheita que não apenas melhorem a produtividade, mas também promovam a sustentabilidade.

Através da exploração de duas abordagens conceituais, uma envolvendo um parafuso de Arquimedes e a outra utilizando um disco de corte, destaca-se a importância de uma cuidadosa consideração ao escolher um método de colheita. Cada abordagem oferece vantagens e desafios únicos, ressaltando a necessidade de soluções adaptadas com base nos requisitos específicos do projeto e nas condições locais.

Além disso, a presente metodologia, que incluiu o levantamento de requisitos, pesquisa, modelagem conceitual, avaliação e análise de viabilidade, fornece um quadro estruturado para o desenvolvimento futuro e o aprimoramento de equipamentos de colheita de palma forrageira.

Em última análise, a busca por soluções de colheita de baixo custo, eficientes e sustentáveis para a palma forrageira é uma iniciativa louvável. Ela não apenas contribui para o bem-estar do gado e das comunidades em regiões áridas, mas também está alinhada com os objetivos mais amplos da agricultura moderna, onde a inovação e a otimização de recursos desempenham papéis fundamentais. À medida que avançam os estudos nesse campo, a pesquisa contínua e a colaboração são incentivadas para que se possa realizar todo o potencial da palma forrageira como um recurso agrícola vital.

REFERÊNCIAS

- DANTAS, J. C. G. Mecanização agrícola: sistemas de plantio. Embrapa Semiárido, 1996.
- SILVA, L. F. da et al. Parâmetros para a mecanização do cultivo da palma forrageira. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, n. 5, p. 434-440, 2008.
- SILVA, L. F. da et al. Modelo para máquina colhedora de palma forrageira. Engenharia Agrícola, v. 29, n. 3, p. 409-416, 2009.
- LIMA, M. P. et al. Proposta de um sistema de colheita da palma forrageira com ênfase na preservação do caule. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 20, n. 7, p. 656-661, 2016.
- LIMA, V. F. de et al. Desempenho de máquina colhedora de palma forrageira em diferentes densidades de plantio. Semina: Ciências Agrárias, v. 41, n. 3, p. 1179-1188, 2020.
- NRC (National Research Council). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academies Press, 2007.
- SANTOS, M. V. F. et al. Produção, manejo e utilização da palma forrageira. Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
- VALENTE, J. B. et al. Mechanized Harvesting of Forage Cactus (*Opuntia* spp.). Journal of Agricultural Science, v. 12, n. 2, p. 193-204, 2020.
- ZIMMERMANN, M. J. de O. et al. Nutritional composition of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill. cv. Giant) and suaedas (*Suaeda* sp.) in diets for lactating goats. Tropical and Subtropical Agroecosystems, v. 15, Suppl. 1, p. S51-S59, 2012.
- SILVA, T. O. et al. Economic viability of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera*) for use in animal feed in the Brazilian semiarid region. Journal of Arid Environments, v. 124, p. 76-82, 2016.

Capítulo 4



10.37423/230908196

EFICIÊNCIA DE BACILLUS SUBTILIS COMO INOCULANTE PROMOTOR DE CRESCIMENTO VEGETAL EM SOJA EM CAMPO

Aloisio Freitas Chagas Junior

Universidade federal do Tocantins

Alexandre Paulo Machado

Universidade do Estado de Mato Grosso

Letícia Carolina Costa

Geo Clean Indústria Comércio de Produtos Químicos

Lillian França Borges Chagas

Universidade Federal do Tocantins

Rodrigo Robson Cavalcante

Universidade Federal do Tocantins

Dallila Moreira de Oliveira Moura

Universidade Federal do Tocantins

Leticia Bezerra de Almeida

Universidade Federal do Tocantins

Ana Licia Leão Ferreira

Universidade Federal do Tocantins

Kellem Ângela O. de Sousa

Universidade Federal do Tocantins

Gabriel Soares Nobrega

Universidade Federal do Tocantins

Resumo: As bactérias do gênero *Bacillus* podem ser consideradas rizobactérias promotoras de crescimento em planta, pois apresentam habilidade de colonizar a rizosfera e promover o crescimento vegetal. Este trabalho teve como objetivo demonstrar a eficiência de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, em formulação líquida, como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja e produtividade em campo. Foram realizados quatro experimentos de campo distribuídos nos municípios de Gurupi (Tocantins), Campo Verde (Mato Grosso) e Alta Floresta (Mato Grosso), safras 2016/2017, com algumas características edafoclimáticas distintas. Em todos os experimentos, para os tratamentos com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, foi utilizado o produto na formulação líquida, selecionado com potencial como promotor do crescimento vegetal, com concentração mínima de 1×10^9 UFC mL⁻¹. A inoculação de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 influenciou positivamente o incremento da biomassa e da produtividade das diferentes cultivares de soja em condições de campo em Gurupi, Campo Verde e Alta Floresta, na safra 2016/2017. Considerando os diferentes experimentos de campo com as doses testadas, houve resultados positivos a partir da dose de 200 mL para 50 kg de semente. Desta forma, pode ser recomendada a dose de 200 a 300 mL do inoculante com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 na concentração de 1×10^9 UFC mL⁻¹. A estirpe de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 deve ser recomendada como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja, na dosagem de 200 a 300 mL, na concentração mínima de 1×10^9 UFC mL⁻¹, para 50 kg de semente.

Palavras-chave: Bioinoculante; Biomassa; Produtividade; *Glycine max* (L.) Merr.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) é a lavoura de maior expressividade em termos de produção, em relação à área cultivada e a produtividade mundial, sendo o Brasil é o segundo maior produtor do mundo (Souza e Bittencourt, 2020). O plantio de soja tem grande importância como fonte alimentar, porém existe ainda a necessidade de estudos e pesquisas para o aumento da produção, incluindo melhoramento genético da cultivar, manejo do solo e dos tratos culturais, qualidade das sementes e a maior utilização de microrganismos benéficos, com a possibilidade de aumentar a disponibilidade de nutrientes minerais, da produção de hormônios de crescimento como giberilinas e auxinas e da supressão de microrganismos deletérios, entre outros fatores que estão envolvidos no desenvolvimento da cultura.

O solo apresenta diversos tipos de organismos, que compõem a microbiota, onde também estão presentes as rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (RPCV). Os benefícios que esses microrganismos realizam sobre o desenvolvimento das plantas são diversos, como a fixação biológica do nitrogênio, efeitos benéficos na germinação, emergência e crescimento das plantas (Saravanakumar et al., 2016; Braga Junior et al., 2017; Diaz et al., 2019).

As bactérias do gênero *Bacillus* podem ser consideradas rizobactérias promotoras de crescimento em planta, pois apresentam habilidade de colonizar a rizosfera e promover o crescimento vegetal, além de poder beneficiar a planta durante períodos de estresses (Pii et al., 2015; Braga Junior et al., 2018; Diaz et al., 2019). Estudos realizados por Jain et al. (2016) mostraram que isolados de *Bacillus* podem incrementar, em soja, o peso fresco da parte aérea e da raiz, além de aumentar o número de raízes laterais.

Com o intuito de minimizar os custos com adubos e fertilizantes, alguns estudos vêm sendo desenvolvidos na busca por estratégias que substituam total ou parcialmente a aplicação dos mesmos. Neste contexto, a utilização de agentes biológicos como as RPCV tem apresentado bons resultados como promotoras de uma gama de benefícios às plantas, tais como a promoção do aumento de 53% na emissão de raízes de eucalipto com o uso de *Bacillus subtilis* (Raasch et al., 2013) e crescimento em soja, avaliados pelo número de nódulos, área foliar e peso seco da parte aérea das plantas e produtividade (Braga Junior et al., 2018; Braga Junior, 2019).

Associada a diversidade de metabólitos produzidos por *Bacillus subtilis* e a inocuidade à animais e humanos, há a capacidade de formação de esporos, estruturas que viabilizam o preparo de

formulações com maior estabilidade, o que torna essas bactérias ainda mais interessantes para o desenvolvimento de produtos inoculantes para a agricultura (Lagerlöf et al., 2015).

Tendo por interesse o aumento de biomassa e consequentemente produtividade em soja, com maiores retornos econômicos, buscou-se, através da pesquisa aplicada avaliar e validar a prática de inoculação de semente de soja com o inoculante a base de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, visando a eficácia como promotor de crescimento vegetal. Assim, este trabalho teve como objetivo demonstrar a eficiência de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, em formulação líquida, como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja e produtividade em campo.

2. METODOLOGIA

Foram realizados quatro experimentos de campo distribuídos nos municípios de Gurupi (Tocantins), Campo Verde (Mato Grosso) e Alta Floresta (Mato Grosso), safras 2016/2017, com algumas características edafoclimáticas distintas.

Em todos os experimentos, para os tratamentos com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, foi utilizado o produto na formulação líquida, selecionado com potencial como promotor do crescimento vegetal, com concentração mínima de 1×10^9 UFC mL⁻¹, preparado no laboratório da GEOCLEAN.

Experimento 1

O experimento foi realizado na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi. O experimento foi realizado na safra 2016/2017, no período de dezembro de 2016 a abril de 2017. As coordenadas geográficas da estação experimental correspondem a 11°43'45" S e 49°04'07" W, com altitude média de 280 metros. A caracterização climática local é de clima tropical úmido com classificação do tipo pequena deficiência hídrica (B1wA'a') / vegetação de cerrado ou Savana Tropical segundo Köppen- Geiger (Peel et al., 2007). A temperatura média de 27,1 °C e 1659 mm a precipitação média, aproximadamente.

Foram coletadas amostras de solo da área do experimento, antes da implantação do experimento, e feita as análises químicas apresentando as seguintes características: Ca+Mg 2,08 cmol dm⁻³; Ca 1,90 cmol dm⁻³; Mg 0,70 cmol dm⁻³; Al 0,00 cmol dm⁻³; H+Al 1,40 cmol dm⁻³; K 0,25 cmol dm⁻³; CTC (T) 7,3 cmol dm⁻³; SB 2,76 cmol dm⁻³; P (Mel) 5,90 mg dm⁻³; V 30,2%; M 0,00%; Mat. Org. 2,60% e 26,0 g dm⁻³; pH CaCl₂ 5,30, H₂O 5,70, areia 55,4%, silte 9,0% e argila 35,6%. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura média (Embrapa, 2011).

Para a correção do solo foi feita a aplicação de calcário dolomítico filler com PRNT de 100%, 90 dias antes do plantio, na quantidade de $1,4 \text{ Ton ha}^{-1}$. Nesta área a adubação de semeadura (N-P-K+S+Ca+Micro) foi realizada com a aplicação de 400 kg ha^{-1} da formulação 5-25. A adubação com nitrogênio (uréia) e fósforo (superfosfato simples) foi feita manualmente nas linhas de plantio um dia antes do plantio. O potássio (KCl) foi aplicado em cobertura aos 30 dias após a germinação, na dose de 60 kg ha^{-1} . O preparo da área foi realizado pelo método convencional, com uma gradagem, duas operações de nivelamento com uso de grade niveladora e a sulcagem, em profundidade de sulco de 10 cm e espaçados 50 cm entre linhas.

Os tratamentos utilizados no experimento foram: quatro tratamentos com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 (100, 200, 300 e 400 mL para 50 kg de sementes), mais dois tratamentos, sendo um com produto comercial a base de *B. subtilis* (testemunha positiva) e uma testemunha sem inoculação (testemunha absoluta). O tratamento controle positivo utilizado no experimento foi um produto comercial a base de *Bacillus subtilis*, Serenade da Bayer, a base de *B. subtilis* linhagem QST 713, com composição mínima de $1 \times 10^9 \text{ UFC g}^{-1}$, na dose de 2 L ha^{-1} , conforme recomendação do fabricante.

Inicialmente as sementes foram tratadas um dia antes do plantio com produto a base de tiofanato metílico e fipronil, utilizando-se 100 g para cada 50 kg de sementes. Uma hora antes do plantio as sementes de soja foram inoculadas com rizóbio (*Bradyrhizobium japonicum*, estirpe SEMIA 5079 e SEMIA 5080), por ocasião da semeadura, com inoculante comercial recomendado para soja que utiliza como veículo a turfa, previamente inoculada com 10^9 cel. g^{-1} . A aplicação do inoculante foi realizada na proporção de 500 g do inoculante para cada 50 kg de semente. Em seguida, as diferentes doses do inoculante a base de *B. subtilis* UFMT-Pant001 foram aplicadas direto nas sementes e, posteriormente, foi iniciado o plantio.

A cultivar de soja utilizada foi a M 8349 IPRO. Foram utilizadas 15 sementes por metro linear, objetivando-se um estande final de nove plantas por metro linear. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições, em parcelas experimentais de 24 m^2 , sendo nove linhas com espaçamento de 0,5 metros por seis metros de comprimento.

Foram feitos os manejos fitotécnicos e fitossanitários nos experimentos, através do controle de plantas invasoras, aos 30 dias após o plantio, onde a soja estava no estágio V4, utilizando o herbicida Roundup na dose de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$. Também foi realizado o controle de lagartas que atacavam a soja no estágio inicial, utilizando os inseticidas a base de Gamacialotrina (150 g L^{-1}) e Diflubenzuron (240 g L^{-1}), nas doses de 50 mL ha^{-1} e 120 mL ha^{-1} , respectivamente. Para o controle de antracnose

(*Colletotrichum truncatum*) e ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) foi realizado em estágio R1 a aplicação do fungicida a base de Azoxistrobina e Ciproconazol, na dosagem de 500 mL ha⁻¹, conforme recomendações de Henning (2009).

As avaliações de biomassa foram feitas em duas épocas, aos 30 e 53 dias após o plantio (DAP), nas linhas anteriores a bordadura, com 10 plantas de cada parcela. A parte aérea foi separada das raízes com um corte feito na base do caule, e os nódulos foram retirados e contados. Posteriormente, a parte aérea, a raiz e os nódulos foram colocados em saco de papel e conduzidos para secagem em estufa a 65 °C até atingir o peso constante, para avaliação de biomassa através da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), assim como o número de nódulos (NN) e massa seca dos nódulos (MSN).

Determinou-se, também, a altura de planta, quantidade de entrenós, número de vagens e quantidade de grãos por vagem, em estágio R8, nas linhas próximas a área útil das parcelas experimentais, utilizando-se 10 plantas por parcela experimental, totalizando 40 plantas por tratamento. Foi determinada a produção de grãos na área útil de 6 m², sendo corrigida a umidade dos grãos para 14%. Após a colheita foi quantificada a produtividade por hectare em kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de média Duncan a 1 e 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta.

Experimento 2

O foi conduzido no município de Campo Verde, MT, na Fazenda Santa Luzia, coordenadas 15°43'20,5" S, 55°20'30,8" W e 730 m de altitude, na safra 2016/2017, no período de dezembro de 2016 a abril de 2017. A região está localizada sob o bioma Cerrado, cujo clima predominante, segundo classificação de Köppen, é o do tipo Aw. A precipitação durante o período do experimento foi de 1048 mm.

Foram coletadas amostras de solo da área do experimento, antes da implantação do experimento, e feita as análises químicas apresentando as seguintes características (profundidade de 0-20 cm): Ca+Mg 3,5 cmol dm⁻³; Ca 2,5 cmol dm⁻³; Mg 1,0 cmol dm⁻³; Al 0,00 cmol dm⁻³; H+Al 0,40 cmol dm⁻³; K 45 mg dm⁻³; SB 53,1 cmol dm⁻³; P (Mel) 15,6 mg dm⁻³; Mat. Org. 21,3 g dm⁻³; pH H₂O 6,0, areia 244, silte 66 e argila 690 g kg⁻¹, respectivamente. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa, 2011).

Foi feita a adubação de base com 200 kg da formulação 5-25-25 mais micronutrientes.

Os tratamentos utilizados no experimento foram: quatro tratamentos com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 (100, 200, 300 e 400 mL para 50 kg de sementes), mais dois tratamentos, sendo um com produto comercial a base de *B. subtilis* (testemunha positiva) e uma testemunha sem inoculação (testemunha absoluta). O tratamento controle positivo utilizado no experimento foi um produto comercial a base de *Bacillus subtilis*, Serenade da Bayer, a base de *B. subtilis* linhagem QST 713, com composição mínima de 1×10^9 UFC g⁻¹, na dose de 100 mL para 50 kg de semente, conforme recomendação do fabricante).

Inicialmente as sementes foram tratadas um dia antes do plantio com produto a base de tiofanato metílico e fipronil, conforme recomendações do fabricante. Uma hora antes do plantio as sementes de soja foram inoculadas com rizóbio (*Bradyrhizobium japonicum*, estirpe SEMIA 5079 e SEMIA 5080), por ocasião da semeadura, com inoculante comercial recomendado para soja que utiliza como veículo a turfa, previamente inoculada com 10^9 cel. g⁻¹. A aplicação do inoculante foi realizada na proporção de 500 g do inoculante para cada 50 kg de semente. Em seguida as diferentes doses do inoculante a base de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 foram aplicadas direto nas sementes e posteriormente foi iniciado o plantio.

Foram utilizadas duas variedades de soja, sendo elas a Nidera Intacta RR2 PRO e M7739 IPRO. Utilizou-se 15 sementes por metro linear, objetivando-se um estande final de nove plantas por metro linear. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições, em parcelas experimentais de 24 m², sendo nove linhas com espaçamento de 0,5 metros por seis metros de comprimento.

Foram feitos os manejos fitotécnicos e fitossanitários nos experimentos, através do controle de plantas invasoras, com herbicidas utilizados segundo recomendações do fabricante. Também foi realizado o controle de lagartas que atacavam a soja no estágio inicial, utilizando os inseticidas a base de Gamacialotrina (150 g L⁻¹) e Diflubenzuron (240 g L⁻¹), nas doses de 50 mL ha⁻¹ e 120 mL ha⁻¹, respectivamente. Para o controle de antracnose (*Colletotrichum truncatum*) e ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) foi realizado em estágio R1 a aplicação do fungicida a base de Azoxistrobina e Ciproconazol, na dosagem de 500 mL ha⁻¹, conforme recomendações de Henning (2009).

Entre os estádios V2 e V3 (30 - 35 dias após a emergência e coletou-se cinco plantas com as raízes intactas, da área central da segunda linha de cada parcela) avaliou-se número de nódulos na raiz principal (NRP), número de nódulos na raiz secundária (NRS), nódulos totais (NT): soma dos NRP e NRS, massa seca de NRP, massa seca de NRS e massa seca de NT.

Determinou-se ainda, estatura de plantas, número de nós, número de trifólios, comprimento da raiz principal, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz. Os teores de nitrogênio da parte aérea das plantas e dos grãos foram realizados na floração estágio R1, e nos grãos no momento da colheita (para determinar os teores de N na massa seca em mg kg^{-1} e nos grãos em kg ha^{-1}).

Em R8 coletou-se cinco plantas (da área central da segunda linha de cada parcela) e avaliou-se as variáveis componentes de rendimento: altura de inserção do primeiro conjunto de vagens, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, massa de 1000 grãos (corrigido para 13% de umidade) e rendimento de grãos (corrigido em 13% de umidade e expresso em kg ha^{-1}).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott (10% de probabilidade) com o auxílio do software estatístico R (R Development Team).

Experimento 3

O ensaio foi conduzido na safra 2016/17, no período de novembro de 2016 a março de 2017, em área experimental pertencente à Universidade Estadual de Mato Grosso – UNEMAT, no campus II, localizado no município de Alta Floresta, região Norte do estado de Mato Grosso. A região em que a cidade de Alta Floresta apresenta clima Am, com uma estação quente, com chuvas de verão, que se situa de setembro a maio, com a presença de chuvas regulares, e uma estação de seca que se estende de junho a agosto, conforme a classificação de Köppen (1948). Com temperaturas mínimas e máximas que variam de 21 a 34 °C, com média de 26 °C, e os índices pluviométricos chegam a 2700 mm anuais.

Para a instalação do experimento, foi realizada coleta de amostras de solo na camada de 0,0-0,20 m para determinação das características químicas e granulométricas, apresentando os seguintes resultados: Ca+Mg 3,96 cmol dm^{-3} ; Ca 3,16 cmol dm^{-3} ; Mg 0,8 cmol dm^{-3} ; Al 0,1 cmol dm^{-3} ; H+Al 3,98 cmol dm^{-3} ; K 0,36 cmol dm^{-3} ; SB 4,3 cmol dm^{-3} ; P (Mel) 37,7 mg dm^{-3} ; V 52%; areia 390, silte 61 e argila 550 g kg^{-1} , respectivamente. O solo da área experimental foi classificado com classe textural argilosa (Embrapa, 2011).

Para o preparo do solo, na primeira operação foi realizado duas gradagens, onde se revolveu o solo na camada de 0 - 20 cm, e na segunda operação, foi utilizado uma grade niveladora, onde a incorporação e nivelamento do terreno foi na camada de 0,0 a 0,10 cm. Para a adubação de semeadura foram aplicados 400 kg ha^{-1} do formulado 00-20-20, ou seja, 0 kg ha^{-1} de N; 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 ; 80 kg ha^{-1} de K_2O .

Os tratamentos utilizados no experimento foram: quatro tratamentos com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 (100, 200, 300 e 400 mL para 50 kg de sementes), mais dois tratamentos, sendo um com produto comercial a base de *B. subtilis* (testemunha positiva) e uma testemunha sem inoculação (testemunha absoluta). O tratamento controle positivo utilizado no experimento foi um produto comercial a base de *Bacillus subtilis*, Serenade da Bayer, a base de *B. subtilis* linhagem QST 713, com composição mínima de 1×10^9 UFC g⁻¹, na dose de 100 mL para 50 kg de semente, conforme recomendação do fabricante).

A aplicação dos produtos na inoculação das sementes consistiu no fornecimento de fungicida + inoculante + coinoculante. O fungicida utilizado foi o Vitavax®-Thiram 200 SC – Arysta, na dose de 200 mL de produto comercial, para cada 100 kg de sementes. O uso do fungicida visou a proteção das sementes e plântulas contra algumas doenças de solo como o Crestamento (*Cercospora kikuchii*), Podridão-do-colo (*Fusarium pallidoroseum*), Antracnose (*Colletotrichum truncatum*).

Após a aplicação do fungicida, as sementes foram inoculadas com Nitro Geo Soja Turfa, da Geoclean, que é um inoculante sólido turfoso para soja, que contém bactérias da espécie *Bradyrhizobium japonicum*. A dose utilizada foi de 80 gramas para 50 kg de semente, misturada a uma solução açucarada à 10% em 300 mL de água. Em seguida as diferentes doses do inoculante a base de *B. subtilis* UFMT-Pant001 foram aplicadas direto nas sementes e, posteriormente, foi iniciado o plantio.

Foi utilizada a cultivar CG 7765 RR. A semeadura foi realizada manualmente, sendo feita a devida adubação de semeadura, a qual foi incorporada na linha e posteriormente foi realizada a semeadura, de acordo com cada tratamento. Foram colocadas 15 sementes por metro linear de sulco, para apresentar a densidade populacional de aproximadamente 240 mil plantas por ha⁻¹. As parcelas experimentais foram de seis linhas de 8 m de comprimento, sendo cada parcela com uma área de 24,0 m². O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições.

Para o controle de plantas daninhas, foi utilizado o herbicida com o princípio ativo Glifosato. No controle de pragas, foram utilizados inseticidas sistêmicos e de contato, para o controle dos percevejos, vaquinhas, mosca branca e lagartas. No controle de doenças, os fungicidas utilizados foram sistêmicos e de contato, aplicados de forma preventiva e curativa. Os fungicidas aplicados na cultura foram: Ópera, Aproach® Prima, Carbendazim e Cercobin, nas doses recomendadas pelo fabricante.

A colheita foi realizada após dessecação, com aplicação de Paraquat na dose de $2,0 \text{ L ha}^{-1}$ do produto comercial, que ocorreu no estágio R8.2, onde as plantas apresentavam mais de 50% de desfolha. A colheita foi realizada manualmente, coletando-se duas linhas de 4 metros de comprimento por parcela. Após a coleta das plantas no campo, elas foram lavadas e separadas em parte aérea e raiz, sendo após as medições das massas verdes, levadas para serem secas em estufa de circulação forçada de ar $65 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingirem massa constante. As características morfológicas avaliadas foram: massa seca da parte aérea, raiz e total, nos estádios vegetativos e reprodutivos (V_3/V_5 e R_1) foram coletadas dez plantas de cada parcela, ao acaso, e determinada a massa seca da parte aérea, de raiz e total. Determinou-se ainda o comprimento de parte aérea e de raiz, número e massa seca de nódulos submetidos a secagem em estufa à $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingirem massa constante.

Foram determinados os teores de nitrogênio e de fósforo, através da massa seca da parte aérea moída em moinho tipo willer, acondicionadas em saco de papel e posteriormente levadas para laboratório onde foram determinados os teores de N e P (Malavolta et al., 1997). Posteriormente foram calculados porcentagem de N e P (em relação a testemunha negativa) e eficiência do uso de N e P (relação entre a massa seca com o teor de N e de P).

Os componentes de produção avaliados foram o número de vagem por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, através da debulha das vagens, sendo obtida através da pesagem dos grãos da área útil de cada parcela dada em g parcela^{-1} e convertida em kg ha^{-1} a 13% de água.

De acordo com os dados obtidos, os resultados foram analisados estatisticamente através de análise de variância simples, e comparada as estimativas pelo teste F. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Konott, ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do software Sisvar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Os resultados de biomassa aos 30 DAP mostraram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para a massa seca da parte aérea (MSPA), sendo superior para o tratamento com inoculação das doses de 200 e 300 mL de *B. subtilis*, seguido dos tratamentos com 100 e 400 mL, todos superiores aos tratamentos testemunha absoluta (Tabela 1). Para a avaliação aos 53 DAP, o tratamento com a dose de 400 mL foi superior aos demais, seguido dos tratamentos com as doses de 200 e 300 mL, também superiores aos tratamentos testemunha positiva e testemunha absoluta.

Quanto ao número de nódulos (NN) e massa seca dos nódulos (MSN), nas duas avaliações os tratamentos com as dosagens de 200, 300 e 400 mL foram superiores ($p < 0,05$), seguidos dos tratamentos com a dose de 100 mL e a testemunha positiva em relação a testemunha absoluta (Tabela 1).

Tabela 1. Massa seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN) e massa seca dos nódulos (MSN) em soja M 8349 IPRO inoculada com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001. Gurupi, TO. Safra 2016/2017.¹

Tratamentos	MSPA 30 DAP ²	MSPA 53 DAP	NN 30 DAP	NN 53 DAP	MSN 30 DAP	MSN 53 DAP
100 mL	1,20 c	24,7 c	14,0 ab	37,0 ab	60,0 b	145,0 b
200 mL	1,60 a	33,5 b	16,0 a	42,0 a	70,0 a	159,0 a
300 mL	1,69 a	36,0 b	18,0 a	45,0 a	71,0 a	165,0 a
400 mL	1,50 b	44,1 a	18,0 a	42,0 a	69,0 a	155,0 a
Test. positiva ³	1,35 b	26,4 c	12,0 b	35,0 a	61,0 b	144,0 b
Test. absoluta ⁴	0,93 d	24,0 c	8,0 c	25,0 c	52,0 c	137,0 c
CV (%) ⁵	9,9	8,0	9,5	9,8	9,8	9,5

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 1 e 5% de significância. ²DAP = Dias após o plantio. ³Testemunha positiva. ⁴Testemunha absoluta. ⁵CV = Coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Para as características de altura, em estágio V3, todos os tratamentos com as diferentes doses e o tratamento testemunha positiva foram superiores a testemunha absoluta, e entre estes a média foi superior ($p < 0,05$) para o tratamento com a dose de 300 mL (Tabela 2). Em estágio R1, a altura também foi superior para todos os tratamentos com doses de *B. subtilis* e a testemunha positiva, e entre estes, o tratamento com a dose de 300 mL foi superior ($p < 0,05$). Para a quantidade de entrenós e número de vagens, os tratamentos com as inoculações nas diferentes doses de *B. subtilis* e o tratamento testemunha positiva foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha absoluta, e entre estes tratamentos, as doses de 100, 200 e 400 mL foram superiores aos demais para a quantidade de entrenós e a dose de 400 mL e a testemunha positiva para o número de vagens. Para o número de grãos por planta os tratamentos com as inoculações das diferentes doses e a testemunha positiva foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha absoluta, e entre estes tratamentos a dose de 400 mL foi superior (Tabela 2).

Em relação à produtividade os tratamentos com as diferentes doses de *B. subtilis* e a testemunha positiva foram superiores ($p < 0,01$) em relação ao tratamento testemunha absoluta. Os tratamentos com as diferentes doses variaram de 3029,0 a 3319,0, representando um aumento entre 7,4 e 17,7% em relação a testemunha absoluta (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de planta, quantidade de entrenós, número de vagens, número de grãos por vagem e produtividade, em R8, de soja cv. M 8349 IPRO, inoculada com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, Gurupi, TO. Safra 2016/2017.¹

Tratamentos	Altura V3 ²	Altura R1	Entrenós	Nº vagens	Nº Grãos	Produt. (Kg ha ⁻¹)
100 mL	19,0 b	73,0 d	21,0 a	97,5 b	206,3 b	3093,5 a
200 mL	19,0 b	76,8 c	21,0 a	91,8 b	215,0 b	3217,0 a
300 mL	22,0 a	88,0 a	19,3 b	85,8 b	210,0 b	3029,0 ab
400 mL	19,5 b	82,0 b	20,3 a	111,3 a	267,3 a	3319,0 a
Test. positiva ³	18,0 b	70,5 d	18,8 b	114,8 a	209,5 b	3041,0 ab
Test. absoluta ⁴	15,0 c	61,3 e	16,3 c	72,8 c	158,3 c	2820,0 c
CV (%) ⁵	5,8	2,8	2,7	6,5	8,0	6,6

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ² Média de 10 plantas por parcela experimental. ³ Testemunha positiva: Produto comercial. ⁴ Testemunha absoluta, sem inoculação com *B. subtilis*. ⁵ Coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Experimento 2

Variedade Intacta RR2 PRO

Para a massa seca da parte aérea das plantas a utilização do *B. subtilis* nas diferentes doses proporcionou um aumento na variável analisada, sendo superior a testemunha positiva (Tabela 3). O número de nódulos foi maior para a maior dose de *B. subtilis* e maior que a testemunha positiva (Tabela 3).

Tabela 3. Massa seca parte aérea (MSPA), massa seca raiz (MSR), massa seca total (MST), massa seca nódulos (MS Nod), número de nódulos (Nº Nod) e comprimento de raiz (Comp. Raiz) em soja com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 inoculados em semente de soja Nidera Intacta RR2 PRO, Fazenda Santa Luzia, Campo Verde, MT. Safra 2016/17.¹

Tratamentos	MSPA	MSR* (g)	MST	MS Nod	Nº Nod	Comp. Raiz (cm)
100 mL ¹	17,6 ab	2,5	20,1	0,73	26,9 b	12,9
200 mL	22,7 a	3,1	25,8	0,74	31,7 ab	10,1
300 mL	17,8 ab	2,6	20,3	0,77	27,7 b	11,9
400 mL	22,3 ab	2,8	25,1	0,88	41,9 a	11,7
Test. positivo ²	12,7 b	2,5	18,6	1,00	26,8 b	10,2
Test. absoluta ³	22,5 a	3,2	25,	1,19	32,1 ab	11,2
CV (%)	25,0	27,3	29,1	34,4	19,1	15,6

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey; ² Testemunha positiva: Produto comercial Serenade, dose recomendada pelo fabricante: 50 kg de semente; ³ Testemunha absoluta: sem utilizar *Bacillus subtilis*. Fonte: Autores.

O número de vagens por planta, número de grão por planta e peso de mil grãos foram maiores ou iguais a testemunha positiva, o que indica que a utilização da bactéria proporciona melhoras nos rendimentos da cultura da soja (Tabela 4).

Para a eficiência relativa na utilização do P, acúmulo de N na parte aérea a bactéria proporcionou aumentos significativos, mas que foram semelhantes a testemunha absoluta (Tabela 5). A produção final de 5120,5 kg ha⁻¹ foi obtida utilizando a dose de 300 mL de *B. subtilis* na soja, a dose que proporcionou a maior produção, superior a testemunha positiva e testemunha absoluta.

Tabela 4. Altura de planta (AP); número de entrenós (NE); número de vagem por planta (NVP); número de grãos por planta (NGP); peso de mil grãos planta (PMG) em soja com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 inoculados em semente de soja Nidera Intacta RR2 PRO, Fazenda Santa Luzia, Campo Verde, MT. Safra 2016/17. ¹

Tratamentos	AP (cm)	NE	NVP	NGP	PMG (g)
100 mL ¹	26,4	7,5	61,8 a	145,53 a	122,7 a
200 mL	27,8	7,2	56,5 a	117,8 ab	117,0 ab
300 mL	30,5	7,5	50,1 ab	116,2 ab	111,8 ab
400 mL	31,4	7,3	39,2 bc	82,5 bc	115,1 ab
Test. positiva ²	25,8	6,6	25,7 cd	57,8 cd	116,0 ab
Test. negativa ³	29,02	6,5	19,8 d	38,2 d	106,5 b
CV (%)	10,5	12,6	19,9	22,7	6,93

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey; ²Testemunha positiva: Produto comercial Serenade, dose recomendada pelo fabricante: 50 kg de semente; ³Testemunha negativa: sem utilizar *Bacillus subtilis*. Fonte: Autores.

Tabela 5. Teor de fósforo na parte aérea (P-PA); porcentagem de fósforo (%P); eficiência de fósforo (Efic. P); teor de nitrogênio parte aérea; acúmulo de nitrogênio na parte aérea (Acúmulo N-PA) e produtividade de soja Nidera Intacta RR2 PRO em diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 inoculados na semente, Fazenda Santa Luzia, Campo Verde, MT. Safra 2016/17. ¹

Tratamentos	P-PA (%)	Efic. P	N-PA	Acúmulo N- PA	Produt. (Kg ha ⁻¹)
100 mL ¹	8,85	3,9 ab	26,4	467,9 ab	2503,0
200 mL	8,32	5,3 a	27,9	649,1 ab	2358,0
300 mL	8,75	4,1 ab	30,6	551,5 ab	5120,5
400 mL	8,72	5,1 a	31,4	704,2 a	3234,8
Test. positiva ²	8,95	2,8 b	25,8	337,6 b	3136,8
Test. absoluta ³	8,82	5,1 a	29,1	715,4 a	4283,0
CV (%)	5,14	24,6	10,53	23,5	

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey; ²testemunha positiva: Produto comercial Serenade, dose recomendada pelo fabricante: para 50 kg de semente; ³Testemunha negativa: sem utilizar *Bacillus subtilis*. Fonte: Autores.

Variedade M7739 IPRO

Para a variedade de soja M7739 IPRO, a massa seca total das plantas foi maior na dose de 200 mL de *B. subtilis*, semelhante a testemunha positiva e superior a testemunha absoluta (Tabela 6). O mesmo ocorreu com a variedade 1, onde a dose de 300 mL favoreceu a maior produtividade da cultura. Para as demais características de biomassa não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Massa seca parte aérea (MSPA); massa seca raiz (MSR); massa seca total (MST); eficiência relativa (ER); Massa seca nódulos (MSN); número de nódulos (NN) e comprimento de raiz (CR) em soja com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 inoculados em semente de soja variedade M7739 IPRO, Fazenda Santa Luzia, Campo Verde, MT. Safra 2016/17. ¹

Tratamentos	MSPA (g)	MSR* (g)	MST (g)	MSN (g)	NN	CR (cm)
100 mL ¹	16,8	2,1	15,4 b	0,86	38,33 ab	10,0
200 mL	21,5	3,2	27,1 a	0,89	38,9 ab	11,7
300 mL	16,1	2,7	18,6 b	0,86	25,9 b	11,7
400 mL	16,7	2,3	19,1 b	0,78	42,8 a	10,8
Test. positiva ²	18,8	2,5	21,3 ab	0,89	48,8 a	10,4
Test. absoluta ³	13,3	2,2	15,6 b	0,59	37,4 ab	10,5
CV (%)	28,2	25,6	18,6	20,5	36,3	20,5

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey; ²Testemunha positiva: Produto comercial Serenade, dose recomendada pelo fabricante: 50 kg de semente; ³Testemunha absoluta: sem utilizar *Bacillus subtilis*. Fonte: Autores.

Para as características de altura, número de entrenós e peso de mil grãos, também houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 7). Houve diferença significativa para o número de vagens e número de grãos, sendo superior ($p < 0,05$) para os tratamentos com as diferentes doses em relação a testemunha positiva e testemunha absoluta para o número de vagens e para as doses de 300 e 400 mL para o número de grãos (Tabela 7). Para o peso de mil grãos todos os tratamentos com inoculação de *B. subtilis* e o tratamento testemunha positiva foram superiores a testemunha absoluta (Tabela 7).

Não houve diferenças significativas para o teor e fósforo na parte aérea, mas para a eficiência de fósforo o tratamento com a dose de 200 mL foi superior a testemunha absoluta (Tabela 8). Quanto a produtividade o tratamento com a dose de 300 mL foi superior aos demais tratamentos, seguido dos tratamentos da dose com 400 mL e a testemunha positiva, também superiores aos demais tratamentos (Tabela 8).

Tabela 7. Altura de planta (AP); número de entrenós (NE); número de vagem por planta (NVP); número de grãos por planta (NGP); peso de mil grãos/planta (PMG) em soja com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 inoculados em semente de soja variedade M7739 IPRO, Fazenda Santa Luzia, Campo Verde, MT. Safra 2016/17.¹

Tratamentos	AL (cm)	NE	NVP	NGP	PMG (g)
100 mL ¹	27,5	8,9	30,5 a	70,8 ab	91,7 a
200 mL	28,9	8,8	31,4 b	73,9 ab	90,2 a
300 mL	33,2	8,9	34,3 ab	77,9 a	94,6 a
400 mL	32,7	9,1	34,6 ab	84,1 a	87,9 a
Test. positivo ²	30,2	8,4	37,7 c	73,7 ab	93,8 a
Test. negativo ³	27,4	8,7	21,9 c	52,4 b	86,5 b
CV (%)	9,6	36,3	7,2	9,8	17,6

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey; ²Testemunha positiva: Produto comercial Serenade, dose recomendada pelo fabricante: 50 kg de semente; ³Testemunha negativa: sem utilizar *Bacillus subtilis*. Fonte: Autores.

Tabela 8. Teor de fósforo na parte aérea (P-PA); porcentagem de fósforo (%P); eficiência de fósforo (Efic. P); teor de nitrogênio parte aérea (N-PA); acúmulo de nitrogênio na parte aérea (Acúmulo N-PA) e rendimento em soja variedade M7739 IPRO com diferentes doses de *B. subtilis* UFMT-Pant001. Fazenda Santa Luzia, Campo Verde, MT. Safra 2016/17.¹

Tratamentos	P-PA (%)	Efic. P	N-PA	Acúmulo N-PA	Rendimento (kg ha ⁻¹)
100 mL ¹	8,7	3,9 ab	118,8	2002,8	2525,5 c
200 mL	7,9	5,4 a	115,5	2491,0	2248,0 c
300 mL	8,9	3,6 ab	118,8	1911,7	5080,9 a
400 mL	8,7	3,8 ab	118,0	1976,9	3099,2 b
Test. positiva ²	8,9	4,2 ab	120,8	2250,0	3478,8 b
Test. negativa ³	9,0	2,9 b	120,8	1612,3	2500,0 c
CV (%)	7,4	25,9	2,2	29,0	15,1

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey; ²Testemunha positiva: Produto comercial Serenade, dose recomendada pelo fabricante para 50 kg de semente; ³Testemunha absoluta: sem utilizar *Bacillus subtilis*. Fonte: Autores.

Experimento 3

Na primeira avaliação não houve diferença significativa para comprimento de raiz (Tabela 9). Para massa seca da parte aérea, apenas os tratamentos 200 mL e 400 mL foram superiores a testemunha absoluta. Apenas o tratamento com a dose de 100 mL não diferiu da testemunha sem inoculação com relação a massa seca de raiz. Os tratamentos com as doses de 200, 300 e 400 mL apresentaram maior massa seca total em relação a testemunha absoluta sem inoculação (Tabela 9).

Tabela 9. Comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) e eficiência relativa (ER) de plantas de soja, cv. CG 7665 RR, em estágio V3-V5, em função da inoculação com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, Alta Floresta, MT, 2016/2017.¹

Tratamentos	CR (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
100 mL ¹	23,5 a	4,8 b	1,08 b	5,79 b
200 mL	26,2 a	5,9 a	1,31 a	7,26 a
300 mL	26,2 a	5,1 b	1,27 a	6,38 a
400 mL	25,5 a	5,8 a	1,45 a	7,26 a
Test. positiva ²	26,8 a	4,67 b	1,21 a	5,88 b
Test. negativa ³	22,5 a	3,52 b	0,86 b	4,38 b
CV (%)	12,50	17,64	15,56	15,94

¹As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si conforme o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ² Testemunha positiva: 100 mL Serenade®. ³ Testemunha absoluta, sem inoculação. * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% pelo teste F; NS - não significativo pelo teste F; C.V. - coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Na Tabela 10 estão apresentados os dados para a avaliação do comprimento de raiz, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de soja cv. CG 7665 RR realizados durante a segunda avaliação. Novamente somente para o comprimento de raiz não aconteceu diferença entre os tratamentos. Para massa seca da parte aérea, massa seca total e eficiência relativa, a testemunha absoluta sem inoculação foi inferior a todos os tratamentos. A maior massa seca de raiz foi verificada no tratamento com a dose de 200 mL o qual não diferiu apenas dos tratamentos testemunha positiva e a dose de 100 mL (Tabela 10).

Tabela 10. Comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) e eficiência relativa (ER) de plantas de soja cv. CG 7665 RR, em estágio R1, em função da inoculação com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, Alta Floresta, MT, 2016/2017.¹

Tratamentos	CR (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
100 mL ¹	29,7 a	28,08 b	3,55 a	31,63 b
200 mL	28,2 a	44,86 a	4,11 a	49,97 a
300 mL	30,8 a	26,95 b	2,98 b	29,93 b
400 mL	27,7 a	28,16 b	3,03 b	31,19 b
Test. positiva ²	25,9 a	24,38 b	3,63 a	28,00 b
Test. negativa ³	25,6 a	17,10 c	2,31 b	19,41 c
CV (%)	11,81	15,55	15,01	13,74

¹As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si conforme o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ² Testemunha positiva: 100 mL Serenade®. ³ Testemunha absoluta, sem inoculação. * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% pelo teste F; NS - não significativo pelo teste F; C.V. - coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Com relação as variáveis número de nódulos, massa seca de nódulos, teor de P, porcentagem de P e eficiência do uso de P, apenas para número de nódulos não ocorreu diferença entre os tratamentos (Tabela 11). A maior massa seca de nódulos foi verificada para as doses de 200, 300 e 400 mL, o qual

diferiu do tratamento testemunha absoluta. Para o teor de P e porcentagem de P os tratamentos com as doses de 200 e 300 mL foram superiores. A maior eficiência no uso de P foi verificada no tratamento com a dose de 100 mL, o qual foi superior aos demais (Tabela 11).

Tabela 11. Número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), teor de P (Teor P), porcentagem de P (%) e eficiência do uso de P (EF-P) de plantas de soja cv. CG 7665 RR, em função da inoculação com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, Alta Floresta, MT, 2016/2017.¹

Tratamentos	NN ¹	MSN (g)	Teor P (g kg ⁻¹)	P (%)	EF-P ¹
100 mL ¹	84,5 a	0,66 b	0,41 c	108 c	67,05 a
200 mL	146,5 a	1,16 a	1,13 a	292 a	44,11 b
300 mL	144,4 a	1,02 a	1,17 a	301 a	23,75 b
400 mL	126,3 a	1,01 a	0,68 b	176 b	41,02 b
Test. positiva ²	118,5 a	1,05 a	0,71 b	185 b	37,75 b
Test. negativa ³	85,2 a	0,50 b	0,39 c	100 c	46,61 b
CV (%)	35,57	22,64	29,93	29,69	32,84

¹As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si conforme o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ² dados transformados em $\sqrt{X} + 0,5$. ³Testemunha positiva: 100 mL Serenade®. ⁴ Testemunha absoluta, sem inoculação. * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% pelo teste F; NS - não significativo pelo teste F; C.V. – coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Conforme observa-se na Tabela 12, os tratamentos com as diferentes doses de *B. subtilis* foram superiores para o teor de nitrogênio. Para o ANPA, o tratamento com a dose de 200 mL foi superior, seguido da dose de 300 mL, superiores aos demais tratamentos (Tabela 12).

Tabela 12. Teor de N e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) de plantas de soja cv. CG 7665 RR, em função da inoculação com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, Alta Floresta, MT, 2016/2017.¹

Tratamentos	Teor de N (g Kg ⁻¹)	ANPA (g)
100 mL ¹	21,60 a	0,011c
200 mL	25,71 a	0,050 a
300 mL	27,66 a	0,031 b
400 mL	23,77 a	0,019 c
Test. positiva ²	19,11 b	0,017 c
Test. negativa ³	15,23 b	0,006 c
CV (%)	16,14	30,09

¹As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si conforme o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ² Produto comercial (100 mL Serenade® ha⁻¹). ³Testemunha sem inoculação com *Bacillus subtilis*. C.V. – coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Na terceira avaliação não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos, apenas para a altura de plantas e número de vagens por planta (Tabela 13). O maior número de entrenós foi observado no tratamento com 100 mL de *B. subtilis*, o qual foi superior aos demais. Os tratamentos com as doses de 100 e 300 mL de *B. subtilis* apresentaram maior número de grãos por planta. A maior

produtividade de grãos foi verificada no tratamento com 100 mL de *B. subtilis*, sendo que este não diferiu somente do com 400 mL de *B. subtilis* (Tabela 13).

Quanto aos dados de biomassa em plantas de soja nos diferentes experimentos de campo, observou-se que houve aumento com a inoculação de *B. subtilis* UFMT-Pant001, sugerindo um efeito positivo do *B. subtilis* sobre o crescimento da parte aérea e radicular. *B. subtilis* induz na planta a síntese de fitohormônios, como ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas e citocininas que favorecem o crescimento das raízes e o aumento no número dos pelos radiculares, que influenciam diretamente no acúmulo de biomassa das raízes e da parte aérea (Mohamed et al., 2018; Kalayu, 2019; Tavanti et al., 2020).

Tabela 13. Altura de plantas (AP), número de entrenós (NE), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e produtividade (Produt.) de plantas de soja cv. CG 7665 RR, em função da inoculação com produto comercial (p.c.) à base de *B. subtilis* UFMT-Pant001 e Serenade® (Controle Positivo), Alta Floresta, MT, 2016/2017.¹

Tratamentos	AP (cm)	NE	NVP ¹	NGP ¹	Produt. (kg ha ⁻¹)
100 mL ¹	70,51 a	19,60 a	63,22 a	69,97 a	2696 a
200 mL	69,49 a	18,37 b	58,20 a	51,85 c	2127 b
300 mL	61,14 a	17,88 b	61,65 a	66,84 a	2410 b
400 mL	52,11 a	17,57 b	63,37 a	60,02 b	2653 a
Test. positiva ²	65,49 a	17,80 b	65,22 a	61,57 b	2337 b
Test. negativa ³	70,81 a	17,77 b	58,75 a	62,87 b	2443 b
CV (%)	19,48	3,42	10,32	9,21	8,23

¹As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si conforme o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

² Testemunha positiva: 100 mL Serenade®. ³ Testemunha absoluta, sem inoculação. * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% pelo teste F; NS - não significativo pelo teste F; C.V. – coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Um fator pelo qual o isolado de *B. subtilis* em teste pode ter atuado para aumento no incremento da biomassa é na disponibilidade e solubilização de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio. Além disso, outros mecanismos que estimulam o crescimento das plantas estão também relacionados com o metabolismo microbiano no solo (Kalam et al., 2020).

Este aumento dos pelos radiculares pode propiciar mais sítios de infecção para o rizóbio e aumento da nodulação, o que foi observado, também nos experimentos realizados em campo. O processo de penetração de *B. japonicum* nas raízes e, conseqüente, formação de nódulos possivelmente é influenciado positivamente por enzimas secretas por *B. subtilis* tais como celulases, lipases, pectinases, amilases, lignases, entre outras. Embora possa haver variabilidade na capacidade de nodulação de acordo com o cultivar vegetal (Atieno et al., 2012), o que também verificamos neste trabalho, é nítido que o tratamento das sementes com inoculante e promotor de crescimento intensifica

expressivamente a formação de nódulos. *Bacillus subtilis* também possui uma maquinaria especializada para a transcrição de fatores indutores Hdos genes *nod* (Hirooka, 2014).

Os valores para a matéria seca da parte aérea, e o acúmulo de nitrogênio na soja foram maiores nos tratamentos com a inoculação de *B. subtilis* UFMT-Pant001. Maiores valores para a matéria seca da parte aérea e o acúmulo de nitrogênio na soja estão diretamente associados ao fornecimento de N pela fixação biológica do N₂ (inoculação). Nesse caso, observa-se que *B. subtilis* pode ter influenciado positivamente a fixação de N₂ por *Bradyrhizobium*, aumentando o crescimento das plantas e acúmulo de N na soja. Outros trabalhos mostraram o efeito positivo do crescimento das plantas pela coinoculação rizóbio e pelo *Bacillus* em soja (Braga Junior et al., 2018; Braga Junior, 2019; Chagas Junior et al., 2021a) e feijão-caupi, soja, milho e arroz (Chagas et al., 2017) Resultados semelhantes também foram reportados por Mohamed et al. (2018) e Kalam et al. (2020) para o tomate, Guimarães et al. (2021) para a cultura do milho, Santos et al. (2021) para a cultura da aveia branca e Rezende et al. (2021) para o feijão.

O crescimento de plantas pode ser melhorado diretamente pela microbiota, com a produção de compostos metabólicos com atividades fito-hormonal em concentrações micromolares e nanomolares. E, entre as bactérias, *Bacillus subtilis* é considerado rizobactéria promotora de crescimento vegetal pois apresentam a capacidade de sintetizar hormônio vegetais como auxinas, giberilinas e citocininas, e por aumentar a disponibilidade de nitrogênio, fósforo e ferro no solo. Essa promoção de crescimento vegetal, que é elicitada por bactérias, decorre principalmente da capacidade das mesmas de produzirem os fito-hormônio vegetais e de facilitarem a entrada de nutrientes, via fixação de nitrogênio atmosférico, solubilização de fósforo e síntese de sideróforos (Saeid et al., 2018; Ribeiro et al., 2018).

Subramanian et al. (2014) também observaram aumento significativo de ácido indolacético (auxina relacionada com a regulação de crescimento vegetal em plantas de soja inoculada com *Bacillus megaterium*. Além disso, foi observada a produção de celulase, sideróforos e solubilização de fosfato, mecanismos que podem explicar a contribuição da rizobactéria como promotora de crescimento, como observado no presente estudo. Resultados semelhantes, quanto a capacidade de solubilização de fosfato, síntese de AIA e aumento de biomassa vegetal também foram relatados por Chagas Junior et al. (2022) com a inoculação de *Bacillus subtilis* em soja.

Além disso, os compostos orgânicos voláteis (COVs) produzidos por rizobactérias promotoras de crescimento de plantas provaram ter o potencial de controlar os patógenos de plantas, estimulando o crescimento e induzindo a resistência sistêmica às doenças (Thair et al., 2017).

Segundo Chagas Junior et al. (2021b), a inoculação de sementes de soja com *Bacillus* sp. apresenta potencial para incrementar o crescimento das plantas, na altura da planta, número de entrenós, comprimento das raízes e a massa seca da parte aérea e radicular. Segundo os autores, o aumento da dose do inoculante não potenciou maior crescimento das plantas quando comparado à dose mínima utilizada. Tal fato sugeriu que a dose de 100 mL para 50 Kg de sementes fosse suficiente para garantir resultados satisfatórios na promoção de crescimento da soja. No presente trabalho sugerimos a dose a partir de 200 mL considerando os melhores resultados para as características avaliadas nos diferentes experimentos.

Por fim, em geral, se verificou maior número de entrenós e incremento da produtividade nas plantas tratadas com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001. As gemas (nós) vegetais são regiões meristemáticas onde ocorre a formação das flores. É provável que o aumento no número dessas regiões esteja diretamente ligado ao aumento de flores e, conseqüentemente, de vagens, aumentando a produtividade.

Assim, as bactérias do gênero *Bacillus* podem ser consideradas promotoras de crescimento vegetal, pois apresentam habilidade de colonizar a rizosfera e promover o crescimento vegetal (Kundan et al., 2015), sendo essenciais para a reciclagem de nutrientes, podendo proporcionar o desenvolvimento de um biofertilizantes para incremento de biomassa e, conseqüentemente, a produtividade, além de poder beneficiar a planta durante períodos de estresses (Kavamura et al., 2013; Braga Junior et al., 2018; Diaz et al., 2019).

Com a utilização de espécies de *Bacillus subtilis* como promotoras de crescimento e possível agente de controle biológico para diversas culturas agrícolas pode proporcionar um método atrativo, eficiente e ambientalmente seguro em relação aos defensivos e fertilizantes químicos, o que torna a prática da utilização deste microrganismo uma alternativa mais sustentável nos âmbitos econômicos e ambiental (Shafi et al., 2017).

O isolado de *B. subtilis* PANT001 mostrou-se eficiente nas variáveis analisadas. A eficiência do uso de *B. subtilis* PANT001 no crescimento de plantas está relacionado com as características biológicas deste microrganismo que expressa facilidades para a manutenção de sua viabilidade em bioformulados e com isso a potencialidade para promover o crescimento vegetal.

4. CONCLUSÃO

A inoculação de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 influenciou positivamente o incremento da biomassa e da produtividade das diferentes cultivares de soja em condições de campo em Gurupi-(Tocantins), Campo Verde e Alta Floresta (Mato Grosso), na safra 2016/2017.

Considerando os diferentes experimentos de campo com as doses testadas, houve resultados positivos a partir da dose de 200 mL para 50 kg de semente. Desta forma, pode ser recomendada a dose de 200 a 300 mL do inoculante com *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 na concentração de 1×10^9 UFC mL⁻¹.

A estirpe de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 deve ser recomendada como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja, na dosagem de 200 a 300 mL, na concentração mínima de 1×10^9 UFC mL⁻¹, para 50 kg de semente.

REFERÊNCIAS

- Atieno, M., Herrmann, L., Okalebo, R., & Lesueur, D. (2012). Efficiency of different formulations of *Bradyrhizobium japonicum* and effect of co-inoculation of *Bacillus subtilis* with two different strains of *Bradyrhizobium japonicum*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 2541-2550.
- Braga Junior, G. M., Colonia, B. S. O., Chagas, L. F. B., Scheidt, G. N., Miller, L. O., & Chagas Junior, A. F. (2017). Soybean growth promotion and phosphate solubilization by *Bacillus subtilis* strains in greenhouse. *International Journal of Current Research*, 9, 50914-50918.
- Braga Junior, G. M., Chagas, L. F. B., Amaral, L. R. O., Miller, L. O., & Chagas, A. F., Jr. (2018). Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and productivity. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13, e5571. doi: 10. 5039/agrarai.v13i4a5571.
- Braga Junior, G. M. (2019). Bioprospecção e eficiência de *Bacillus subtilis* como promotor de crescimento vegetal na cultura da soja. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, 2019l.
- Chagas, L. F. B., Martins, A. L. L. M., Carvalho Filho, M. R., Miller, L. O., Oliveira, J. C., & Chagas Junior, A. F. (2021). *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. *Revista Agri-Environmental Sciences*, 3, 10-18.
- Chagas Junior, A. F., Chagas, L. F. B., Martins, A. L. L., Colonia, B. S. O., Sousa, M. C., & Braga Junior, G. M. (2021a). Efficiency of *Bacillus subtilis* Bs10 as a plant growth promoting inoculant in soybean crop under field conditions. *Research, Society and Development*, 10, e441101422141.
- Chagas Junior, A. F., Borba, E., Martins, L. L. M., Souza, M. C., Gomes, F. L., Oliveira, R. S., & Chagas, L. F. B. (2021b). *Bacillus* sp. como promotor de crescimento em soja. *Revista de Ciências Agrárias*, 44, 170-179.
- Chagas Junior, A. F., Braga Junior, G. M., Lima C. A., Martins, A. L. L., Souza, M. C., & Chagas, L. F. B. (2022). *Bacillus subtilis* as a vegetable growth promoter inoculant in soybean. *Diversitas Journal*, 7, 1-16.
- Diaz, P. A. E., Baron, N. C., & Rigobelo, E. C. (2019). *Bacillus* spp. as plant growth-promoting bacteria in cotton under greenhouse conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 13, 2003-2014. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.19.13.12.p2003>.
- Embrapa. (2011). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS. 225p.
- Guimarães, V. F., Klein, J., Silva, A. S. L., & Klein, D. K. (2021). Eficiência de inoculante contendo *Bacillus megaterium* (B119) e *Bacillus subtilis* (B2084) para a cultura do milho, associado à fertilização fosfatada. *Research, Society and Development*, 10, e431101220920. <http://dx.doi.org/10.33448/rsdv10i12.20920>.
- Henning, A. A. (2009). Manejo de doenças da soja (*Glycine max* L. Merrill). Informativo ABRATES, v. 19, n. 3, p. 9-12.
- Hirooka, K. (2014). Transcriptional response machineries of *Bacillus subtilis* conducive to plant growth promotion. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 78, 1471-1484.

Jain, S., Kumari, S., Vaishnav, A., Choudhary, D. K., & Sharma, K. P. (2016). Isolation and characterization of plant growth promoting bacteria from soybean rhizosphere and their effect on soybean plant growth promotion. *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*, 5, 397-410.

Kalam, S., Basu, A., & Podile, A. R. (2020). Functional and molecular characterization of plant growth promoting *Bacillus* isolates from tomato rhizosphere. *Heliyon*, 6, e04734.

Kalayu, G. (2019). Phosphate solubilizing microorganisms: Promising approach as biofertilizers. *International Journal of Agronomy*, 7, 4917256. <https://doi.org/10.1155/2019/4917256>

Kavamura, V. N., Santos, S. N., Silva, J. L., Parma, M. M., Ávila, L. A., Visconti, A., Zucchi, T. D., Taketani, R. G., Andreote, F. D., & Melo, I. S. (2013). Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. *Microbiol. Res.*, 168, 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2012.12.002>.

Kundan, R., Pant, G., Jadon, N., & Agrawal, P. K. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria: mechanism and current prospective. *Journal of Fertilizers and Pesticides*, 6, p. 1-9. <http://dx.doi.org/10.4172/jbfbp.1000155>.

Lagerlöf, J., Ayuke, F., Bejai, S., Jorge, G., Lagerqvist, E., Meijer, J., Johnmuturi, J., & Söderlund, S. (2015). Potential side effects of biocontrol and plant-growth promoting *Bacillus amyloliquefaciens* bacteria on earthworms. *Applied Soil Ecology*, 96, 159-164.

Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós. 1997, 319p.

Mohamed, E. A. H., Farag, A. G., & Youssef, S. A. (2018). Phosphate solubilization by *Bacillus subtilis* and *Serratia marcescens* isolated from tomato plant rhizosphere. *Journal of Environmental Protection*, 9, 277-266. <https://doi.org/10.4236/jep.2018.93018>.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Update world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Science*, 11, 1633-1644.

Pii, Y., Mimmo, T., Tomasi, N., Cesco, S., & Crecchio, C. (2015). Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. a review. *Biology and Fertility of Soils*, 51, 403-415.

Raasch, L. D., Bonaldo, S. M., & Oliveira, A. A. F. (2013). *Bacillus subtilis*: Enraizamento e crescimento de miniestacas de eucalipto em Sinop, norte de Mato Grosso, Brasil. *Bioscience Journal*, 29, 1446-1457.

Rezende, C. C., Frasca, L. L. M., Silva, M. A., Pires, R. A. C., Lanna, A. A., Filippi, M. C. C., & Nascente, A. S. (2021). Physiological and agronomic characteristics of the common bean as affected by multifunctional microorganisms. *Semina: Ciências Agrárias*, 42, 599-618. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n2p599>.

Ribeiro, V. P., Marriel, I. E., Sousa, S. M., Lana, U. G. P., Mattos, B. B., Oliveira, C. A., & Gomes, E. A. (2018). Endophytic *Bacillus* strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.06.005>.

Saeid, A., Prochownik, E., & Dobrowolska-Iwanek, J. (2018). Phosphorus solubilization by *Bacillus* species. *Molecules*, 23, 2897. <https://doi.org/10.3390/molecules23112897>

Santos, A. F., Corrêa, B. O., Klein, J., Bono, J. A. M., Pereira, L. C., Guimarães, V. F., & Ferreira, M. B. (2021). Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. *Research, Society and Development*, 10, e53410515270. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15270>

Saravanakumar, K., Yu, C., Dou, K., Wang, M., Li, Y., & Chen, J. (2016). Synergistic effect of *Trichoderma*-derived antifungal metabolites and cell wall degrading enzymes on enhanced biocontrol of *Fusarium oxysporum* f. sp. Cucumerinum. *Biological Control*, 94, 37-46.

Shafi, J., Tian, H., & Ji, M. (2017). *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 1, 446-459. <http://dx.doi.org/10.1080/13102818.2017.1286950>.

Souza, K. A., & Bittencourt, G. M. (2020). Avaliação do crescimento das exportações brasileiras de soja em grão. *Revista de Política Agrícola*, 28, 48.

Subramanian, P., Kim, K., Krishnamoorthy, R., Sundaram, S., & Sa, T. (2014). Endophytic bacteria improve nodule function and plant nitrogen in soybean on co-inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* MN110. *Plant Growth Regulation*, 76, 327-332. <http://dx.doi.org/10.1007/s10725-014-9993-x>.

Tahir, H. A. S., Gu, Q., Wu, H., Raza, W., Hanif, A., Wu, L., & Gao, X. Plant growth promotion by volatile organic compounds produced by *Bacillus subtilis* SYST2. *Front. Microbiol.*, 8, 171, 2017.

Tavanti, T. R., Tavanti, R. F. R., Galindo, F. S., Simões, I., Dameto, L. S., & Sá, M. E. (2020). Yield and quality of soybean seeds inoculated with *Bacillus subtilis* strains. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24, 71-65. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n1p65-71>.

Capítulo 5



10.37423/230908200

PERFIL BIOQUÍMICO SÉRICO, PANCREÁTICO E HEPÁTICO E BIOMETRIA INTESTINAL DE FRANGOS CRIADOS EM CAMA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Weslane Justina da Silva

Instituto Federal Goiano Campus - Rio Verde

Adriely Suzian Teixeira

Instituto Federal Goiano Campus - Rio Verde

Maria Cristina de Oliveira

Universidade de Rio Verde

Alison Batista Vieira Silva Gouveia

Universidade Federal de Goiás

Júlia Marixara Sousa Silva

Universidade Federal de Goiás

Nadielli Pereira Bonifácio

Instituto Federal Goiano Campus - Rio Verde

Alana Maria Barbosa Melo

Instituto Federal Goiano Campus - Rio Verde

Ana Maria Vilas Boas Moraes

Instituto Federal Goiano Campus - Rio Verde

Fabiana Ramos dos Santos

Instituto Federal Goiano Campus - Rio Verde

Cibele Silva Minafra

Instituto Federal Goiano Campus - Rio Verde

Resumo: Objetivou-se avaliar o perfil bioquímico sérico, pancreático e hepático e a biometria dos órgãos digestórios e de frangos de corte criados em camas de frango a base de bagaço de cana-de-açúcar, desenvolveu-se um experimento com pintos de corte machos para o estudo dos níveis de substituição da maravalha por bagaço de cana em 0, 25, 50, 75 e 100%. Foram utilizados 400 pintos de corte em dois lotes de criação, de um a 42 dias de idade, Cobb®, e peso médio inicial de 48,0 g e 49,6 g. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, cinco tratamentos, quatro repetições, 20 aves por box. Forneceram-se dietas e água ad libitum. Em cada lote, foram pesadas duas aves por repetição aos 42 dias de criação para obtenção do peso corporal, posteriormente sacrificadas para medida e peso dos órgãos digestivos. O fígado e pâncreas foram removidos, acondicionados em recipientes devidamente identificados e rapidamente congelados, usando-se nitrogênio líquido e retirado o sangue para análises. Para as análises do soro, coletou-se o sangue por punção cardíaca. Não houve efeito significativo no comprimento do trato gastrointestinal, peso do proventrículo + moela, pâncreas, intestino delgado e fígado, quanto relativo dos dois lotes ou entre os tratamentos, para amilase pancreática e transaminases no fígado e para os parâmetros sanguíneos: cálcio, fósforo, proteína total, fosfatase alcalina, triglicerídeos, colesterol, glutamato-oxaloacetato transaminase e glutamato-piruvato transaminase dos dois lotes. Houve alteração do peso relativo do intestino grosso no primeiro lote, no nível 75% de substituição da maravalha por bagaço de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Cobb; Cama; Enzimas; Sangue

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira produziu 14,524 milhões de toneladas de carne de frango em 2022, mantendo-se na posição de maior exportador mundial e segundo maior produtor, do total produzido 66,8% foi destinado ao consumo interno e 33,2% para exportações. O estado de Goiás participou com 4,19% da carne de frango exportada, o consumo per capita do brasileiro foi de 45,2 kg (ABPA, 2023).

A produção de frangos de corte evoluiu com ganhos no melhoramento genético, manejo nutricional, alta tecnologia no sistema de criação, destacando-se na cadeia pecuária brasileira. No entanto, seu custo de produção ainda é alto, devido aos preços dos alimentos como a soja e o milho, sendo necessárias algumas alterações no sistema convencional de criação, como por exemplo, o uso de materiais mais baratos e ecos sustentáveis para a constituição da cama, tais como subprodutos agroindustriais, restos de culturas, fenos de gramíneas, sabugo de milho triturado, casca de arroz, bagaço de cana (SILVA *et al.*, 2018; GARCÊS *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2021).

Tradicionalmente a indústria avícola utiliza a maravalha como cama de frango, porém a pouca disponibilidade deste material, aumenta o custo de produção devido ao transporte de outras regiões, procura-se por este motivo utilizar substratos alternativos que permitam obter a mesma eficiência técnica que maravalha de madeira (DAVIS *et al.*, 2015; BRITO *et al.*, 2016). Dentre estas alternativas, encontramos o bagaço de cana-de-açúcar, que é considerado o maior resíduo da agroindústria canavieira brasileira (ROCHA *et al.*, 2019; SHIKIDA e BACHA, 2019).

A disponibilidade do bagaço de cana é alta em algumas regiões, já que, mesmo sendo utilizado como fonte de energia e produção de álcool nas usinas, ainda resta um excedente de 20% e seu custo é relativamente baixo quando comparado ao custo da maravalha. Entende-se como de bagaço de cana de açúcar (BC), o material composto pelo caule macerado, não incluindo a palhada e os ponteiros sendo este o resultado da extração do caldo após o esmagamento da cana de açúcar nas moendas (BONASSA *et al.*, 2015; TEIXEIRA *et al.*, 2007).

Conforme CONAB (2023) a produção brasileira da cana-de-açúcar na safra 22/23 cresceu 3,4% em relação à safra anterior, safra 21/22, graças ao incremento de produtividade, o que infere no aumento do rendimento das lavouras do país diante a redução de área do cultivo.

Diante uma produção média de 598,3 milhões de toneladas, CONAB (2022), e levando em consideração que uma tonelada de cana de açúcar rende cerca de 250 kg de bagaço úmido (CORTEZ

et al., 1992), é possível concluir que o setor pode produzir cerca de 2.394.000 toneladas de bagaço de cana de açúcar.

O excedente de bagaço de cana produzido em Goiás, que não é utilizado na caldeira, pode ser utilizado na confecção da cama de frango, conforme sua disponibilidade na região próxima à granja e dentro dos critérios sanitários adequados (CONAB, 2016; FRIEDRICHSEN *et al.*, 2022).

Quanto ao uso da cama, sabe-se que os frangos respondem ao tipo de material escolhido, dando oportunidade de avaliar experimentalmente as variáveis ambientais que afetam o metabolismo dos frangos de corte; sendo assim, os estudos das análises de sangue são uma ferramenta importante para auxiliar no monitoramento da saúde das aves, no diagnóstico de doenças e no tratamento e das condições de saúde do organismo, e também a biometria dos órgãos digestórios, por mostrarem as alterações fisiológicas dos frangos criados em camas de frango a base de bagaço de cana-de-açúcar (REZENDE *et al.*, 2019; SCHMIDT *et al.*, 2007; PAULA *et al.*, 2011).

De acordo com Barbosa *et al.* (2011), constituintes bioquímicos do sangue refletem as condições de saúde dos animais, assim como diversos fatores: tipo de nutrição, clima e manejo. Por essa razão a determinação dos parâmetros bioquímicos sanguíneos em aves devem ser traçados nas condições em que o animal foi submetido.

O aproveitamento dos nutrientes pela ave depende do desenvolvimento e funcionamento do trato gastrointestinal, suas medidas morfométricas são um indicativo de como está sendo aproveitada a dieta ingerida, fator importante no bom desempenho zootécnico dos frangos de corte durante a criação (LEITE *et al.*, 2016; FRANZO *et al.*, 2010).

Então na possibilidade de o bagaço de cana pode ser utilizado como cama de frango, objetivou-se avaliar os níveis de substituição da maravalha por bagaço de cana em 0, 25, 50, 75 e 100%, sobre a biometria gastrointestinal e perfil bioquímico sérico, pancreático e hepático de frangos de corte de um a 42 dias de idade, divididos em dois lotes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado após a aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade de Rio Verde, sob o número 0002/11.

O ensaio foi conduzido no aviário experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Os tratamentos consistiram de níveis de substituição da maravalha por bagaço de cana em 0, 25, 50, 75

e 100%. Foram 400 aves, pintos de corte de um dia da linhagem comercial Cobb[®], machos, foram separados em dois lotes, utilizando-se o peso médio dos animais. O lote um obteve o peso médio de 48,0g e o lote dois obteve peso médio de 49,6g.

Os pintinhos foram alojados em 20 boxes de 2m² cada um, sendo que cada um deles continha bebedouros tipo nipple, um comedouro tubular e uma fonte de aquecimento com lâmpadas de 100 watts, instalados em aviário convencional de alvenaria. Foi realizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo que as aves foram criadas em dois lotes consecutivos. Em todos os boxes, os materiais utilizados como cama foram dispostos na altura de 15 cm.

Os lotes foram criados em épocas com diferentes médias de temperatura, elevada e amena, o intervalo entre os lotes foi de 15 dias.

Em cada boxe tinha comedouro com capacidade para 25 kg e três bebedouros tipo nipple. As rações e a água foram fornecidas á vontade durante todo o período experimental. As taças do bebedouro foram limpas todos os dias, duas vezes ao dia de acordo com a necessidade com uma esponja e água sanitária.

As rações comerciais utilizadas foram, a pré-inicial (1-9 dias), a inicial (10-18 dias), a de crescimento 1 (19-25 dias) e de crescimento 2 (26-34 dias) e a final (35-42 dias).

No final de cada lote foram abatidas duas aves de cada boxe, após jejum alimentar de 12 horas.

Na necropsia foram retiradas as vísceras que compõe o trato gastrointestinal (TGI), as quais foram medidas e pesadas seguindo a metodologia proposta por Stringhini *et al.* (2003), mensurou-se o comprimento do trato gastrointestinal (TGI) em centímetros (cm), medido desde a inserção do esôfago na orofaringe até a comunicação do intestino grosso com a cloaca; o peso em gramas (g) do esôfago mais papo; do proventrículo mais moela (g); do pâncreas (g); do intestino delgado (g); do intestino grosso (g), representado pelo peso dos cecos, cólon e reto; fígado sem a vesícula (g). Com essas medidas, determinou-se o peso relativo (%) dos órgãos digestivos, calculado em porcentagem do peso vivo. $\text{Peso relativo do órgão} = (\text{peso do órgão} / \text{peso vivo}) \times 100$.

O fígado e pâncreas foram removidos, acondicionados em recipientes devidamente identificados e rapidamente congelados, usando-se nitrogênio líquido, com o intuito de cessar a atividade enzimática, e posterior armazenamento sob congelamento. Este material foi homogeneizado (1g de tecido e 9 ml de água) e depois centrifugado a 8000rpm por 10 minutos. Coletou-se o sobrenadante para a

determinação, em triplicata, da amilase no pâncreas e atividade enzimática das enzimas transaminases no fígado por kits comerciais da DOLES.

Coletou-se o sangue, de uma ave por repetição de cada tratamento, aos 42 dias de idade por punção cardíaca em tubos identificados que foram centrifugados a 6.000 rpm por 10 minutos, para obtenção do soro, segundo metodologia de Minafra *et al.* (2010), no qual se procederam às análises dos minerais cálcio (mg/dl), fósforo (mmol/L), colesterol(mg /dl),triglicerídeos e das atividades das enzimas fosfatase alcalina (UI/L), glutamato-oxaloacetato transaminase (UI /L), glutamato-piruvato transaminase (UI /L) e de proteína (g/dl), através de kits comerciais DOLES.

Os resultados foram submetidos a análise de variância utilizando-se o programa computacional SAEG 9.5 (UFV 2007) e na ocorrência de efeitos significativos foi utilizado pelo teste de Tukey a 5% e por regressão polinomial quando necessário.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados na tabela 1 os resultados do peso relativo dos órgãos que compõem trato gastrintestinal, dos frangos de corte, do lote um e dois criados em cama de frango a base de percentuais de bagaço de cana, abatidos aos 42 dias.

Tabela 1 - Peso relativo dos órgãos, proventrículo + moela (P+M), pâncreas, intestino grosso (IG), intestino delgado (ID) e fígado, de frangos de corte abatidos aos 42 dias.

%Bagaço de cana	P+M (g)	Pâncreas (g)	ID (g)	IG (g)	Fígado (g)
Lote 1					
0	2,18	0,13	0,59	2,05A	1,64
25	2,34	0,16	0,55	2,01A	1,67
50	2,18	0,16	0,59	2,19A	1,71
75	2,18	0,13	0,61	1,79B	1,55
100	2,47	0,14	0,63	2,25A	1,55
Valor de P	0,39	0,06	>0,05	0,009	0,30
CV*	15,78	16,27	18,81	15,05	11,23
Lote 2					
0	2,41	0,11	2,02	0,67	1,63
25	2,54	0,12	2,12	0,72	1,59
50	2,51	0,12	2,17	0,72	1,76
75	2,47	0,11	1,86	0,69	1,68
100	2,49	0,13	2,03	0,78	1,80
Valor de P	>0,05	>0,05	0,25	>0,05	0,26
CV*	12,46	14,48	13,91	19,39	12,28

*CV: Coeficiente de variação.

Peso relativo do lote um não houve efeito significativo dos níveis de substituição da maravalha por bagaço de cana-de-açúcar em 0, 25, 50, 75 e 100% aos 42 dias, para peso do proventrículo/moela, peso do intestino delgado, peso do fígado e peso do pâncreas de frangos de corte. Houve influência do peso do intestino grosso com diferentes níveis de bagaço da cana-de-açúcar. Os níveis de substituição de 0, 25, 50 e 100% por bagaço de cana-de-açúcar apresentaram maior peso do intestino grosso, do que o nível de 75% de substituição da maravalha por bagaço de cana-de-açúcar.

No segundo lote, o peso relativo não apresentou influência dos níveis de substituição da maravalha por bagaço de cana-de-açúcar em 0, 25, 50, 75 e 100% aos 42 dias, para todos os parâmetros avaliados.

Observou-se neste ensaio que o peso dos órgãos digestórios é condizente com os encontrados na literatura, confirmando um bom desenvolvimento do trato gastrointestinal melhorando a absorção dos nutrientes pelo aumento das secreções enzimáticas ao avançar da idade, resultando no bom desempenho do animal (CAROLINO, 2012).

Santos (2012), ao comparar o peso de órgãos digestórios, entre aves de linhagens diferentes, Isa Label x Cobb, observou que nas aves de crescimento rápido (Cobb) o intestino grosso aos 42 dias apresentou maior peso absoluto.

Valores semelhantes aos resultados apresentados pela tabela 1 foram encontrados por Zavarize *et al.* (2007), em frangos de corte de 42 dias para proventrículo, moela, fígado, pâncreas, intestino delgado e não encontrou diferença no peso do intestino grosso.

São apresentados na tabela 2 os resultados dos níveis séricos, dos frangos de corte, do lote um e dois criados em cama de frango a base de percentuais de bagaço de cana, abatidos aos 42 dias.

Tabela 2- Níveis séricos de cálcio (Ca), fósforo (P), proteína total (PT), fosfatase alcalina (FA), triglicerídeos (Trig), colesterol (Col), glutamato-oxaloacetato transaminase (GOT) e glutamato-piruvato transaminase (GPT), de frangos de corte de 42 dias, criados em cama de frango a base de % de bagaço de cana-de-açúcar no 1 e 2 lote de criação.

% Bagaço	Ca (mg/dl)	P (mg/dl)	PT (g/dl)	FA (U/dl)	Trig (mg/dl)	Col (mg/dl)	GOT (UI/L)	GPT (UI/L)
Lote 1								
0	10,21	4,49	5,66	50,68	89,30	244,09	215,35	63,50
25	9,87	5,11	5,49	47,12	93,73	224,47	208,25	61,52
50	10,80	5,11	5,68	54,76	108,56	245,34	217,25	65,91
75	9,94	5,14	5,33	50,40	96,02	238,83	219,84	64,57
100	9,70	5,02	5,29	55,71	100,08	206,88	223,27	68,99
Valor P	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	0,39	>0,05	>0,05
CV*	13,43	11,29	9,92	16,11	17,29	11,34	6,47	7,64
Lote 2								
0	11,67	5,46	5,78	61,61	152,29	230,08	207,52	62,46

25	10,59	5,28	5,88	67,42	140,06	237,49	212,58	62,82
50	11,34	5,82	5,93	65,46	140,83	233,56	218,87	61,83
75	9,93	5,05	5,32	66,59	130,27	210,99	208,98	68,25
100	9,72	5,20	5,58	61,01	146,02	217,28	206,44	65,41
Valor P	>0,05	>0,05	0,26	0,43	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
CV*	19,99	10,98	6,25	7,71	12,92	15,08	3,87	9,53

*CV: Coeficiente de variação.

Não houve efeito significativo dos níveis de substituição da maravalha por bagaço de cana-de-açúcar em 0, 25, 50, 75 e 100% aos 42 dias, para os níveis séricos, dos lotes 1 e 2, para os parâmetros cálcio (Ca), fósforo (P), proteína total (PT), fosfatase alcalina (FA), triglicerídeos (Trig), colesterol (Col), glutamato-oxaloacetato transaminase (GOT) e glutamato-piruvato transaminase (GPT).

Nota-se neste estudo que os níveis séricos de cálcio, fósforo, colesterol e as enzimas transaminases estão de acordo com o mensurado por Santos *et al.* (2014), diferindo apenas para proteína total e fosfatase alcalina que se apresentaram maiores que os observados por estes autores.

Os resultados do fósforo sanguíneo deste trabalho foram semelhantes aos verificados por Santos *et al.* (2015) em estudo das aves Isa Label e Cobb, onde a linhagem Cobb apresentou 5,03 mg/dL de fósforo no sangue aos 42 dias de idade.

A relação entre Ca:P de 2:1 adequada é muito importante para a manutenção das funções normais nas aves, neste experimento esta relação foi alcançada e se comporta com maior estabilidade aos 42 dias de vida, o mesmo pode ser verificado por Santos *et al.* (2015) e Nahavandinejad *et al.* (2014) onde seus trabalhos apresentaram uma relação Ca:P igual a 1,98:1 e 1,81 respectivamente, valor muito próximo de 2:1.

Para proteína total os resultados estão de acordo com os registrados na literatura em que concentração normal sérica de proteínas totais no soro das aves varia de 3,0 a 6,0 g/dL (SANTOS *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2014; VIEITES *et al.*, 2011).

No caso dos triglicerídeos os percentuais encontrados foram menores que os verificados por Santos (2012), em frangos das linhagens, Isa Label x Cobb aos 42 dias de idade, e percebeu que não houve diferenças entre as linhagens estudadas para os níveis séricos de Ca e PT.

As concentrações de amilase (pâncreas), glutamato-oxaloacetato transaminase (GOT) e glutamato-piruvato transaminase (GPT), no fígado de frangos de corte de 42 dias lote um e dois, criados em cama de frango a base de % de bagaço de cana-de-açúcar, encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 – Concentrações de amilase no pâncreas, glutamato-oxaloacetato transaminase (GOT) e glutamato-piruvato transaminase (GPT), no fígado de frangos de corte de 42 dias criados em cama de frango a base de % de bagaço de cana-de-açúcar nos lotes um e dois.

% Bagaço	Ca (mg/dl)	P (mg/dl)	PT (g/dl)	FA (U/dl)	Trig (mg/dl)	Col (mg/dl)	GOT (UI/L)	GPT (UI/L)
Lote 1								
0	10,21	4,49	5,66	50,68	89,30	244,09	215,35	63,50
25	9,87	5,11	5,49	47,12	93,73	224,47	208,25	61,52
50	10,80	5,11	5,68	54,76	108,56	245,34	217,25	65,91
75	9,94	5,14	5,33	50,40	96,02	238,83	219,84	64,57
100	9,70	5,02	5,29	55,71	100,08	206,88	223,27	68,99
Valor P	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	0,39	>0,05	>0,05
CV*	13,43	11,29	9,92	16,11	17,29	11,34	6,47	7,64
Lote 2								
0	11,67	5,46	5,78	61,61	152,29	230,08	207,52	62,46
25	10,59	5,28	5,88	67,42	140,06	237,49	212,58	62,82
50	11,34	5,82	5,93	65,46	140,83	233,56	218,87	61,83
75	9,93	5,05	5,32	66,59	130,27	210,99	208,98	68,25
100	9,72	5,20	5,58	61,01	146,02	217,28	206,44	65,41
Valor P	>0,05	>0,05	0,26	0,43	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
CV*	19,99	10,98	6,25	7,71	12,92	15,08	3,87	9,53

*CV: Coeficiente de variação.

Não houve influência ($P>0,05$) dos níveis de substituição da maravalha por bagaço de cana-de-açúcar em 0, 25, 50, 75 e 100% aos 42 dias, para os níveis enzimáticos, amilase do pâncreas, GOT e GPT do fígado nos lotes um e dois.

Os valores para a enzima glutamato-oxalacetato transaminase (GOT) mensuradas neste ensaio foram semelhantes aos encontrados por Marques (2007) no fígado de frangos de corte na fase pré-inicial (21dias) alimentados com ração controle de origem vegetal, enquanto que a atividade da enzima glutamato-piruvato transaminase (GPT) foi superior.

Segundo Borsa et al. (2006), a avaliação das enzimas hepáticas auxilia no diagnóstico das enfermidades nos animais domésticos, a elevação dos níveis séricos aponta para existência de disfunção hepática, que pode ser decorrente da ruptura dos hepatócitos, necrose, ou de alterações na permeabilidade da membrana celular.

Os resultados apresentados na tabela dois foram maiores que os de Minafra (2010), que avaliou o perfil bioquímico do fígado de frangos de corte aos sete e 21 dias de idade alimentados com dieta contendo α -amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger* HM2003, e encontrou valores de 229,11 e 195,92(UI/L) para GOT, 70,67 e 59,22 (UI/L) para GPT, no tratamento controle, respectivamente nos dois lotes, não resultando em diferença estatística, e semelhantes aos valores médios apresentados

neste ensaio os valores de amilase no pâncreas de frangos de corte aos sete e 21 dias de idade alimentados com dieta controle, igual a 774,83 (UI/dl) na fase pré-inicial e 655,17 (UI/dl) na fase inicial. Em relação ao experimento conduzido por Zhigang et al. (2014) que avaliaram suplementação de probióticos e densidades de nutrientes diferentes, os resultados se mostraram maiores.

CONCLUSÃO

O perfil bioquímico sérico, pancreático e hepático não foi influenciado pelos níveis de bagaço de cana-de-açúcar. O intestino grosso foi influenciado no nível de 75% de bagaço de cana-de-açúcar na cama.

REFERÊNCIAS

- ABPA (2023). Relatório anual 2022. Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf> . Acesso e; 31 de maio de 2023.
- BARBOSA, T.S.; MORI, C.K.; POLÔNIO, L.B.; PONSANO, E.H.G.; CIARLINI, P.C. Perfil bioquímico sérico de galinhas poedeiras na região de Araçatuba, SP. Semina: Ciências Agrárias, v.32, n.4, p.1583-1588, 2011. Disponível em: <https://orcid.org/0000-0003-1480-5208>.
- BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T.; FRIGO, K.; FEIDEN, A.; TELEKEN, J. G.; e FRIGO, E.P. Subprodutos gerados na produção de bioetanol: bagaço, torta de filtro, água de lavagem e palhagem. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.4, n.3, p.144-166, 2015.
- BORSA, A.; KOHAYAGAWA A.; BORETTI, L.P.; SAITO, M.E.; KUIBIDA K. Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.58, n.4, p.675-677, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352006000400035>.
- BRITO, D. A. P.; BRITO, D. R. B.; GOMES, A. M. N.; CUNHA, A. S.; SILVA FILHO, U. A.; PINHEIRO, A. A. Desempenho produtivo e rendimento de carcaça de frangos criados em diferentes materiais de cama aviária. Cienc. Anim. Bras., Goiânia, v.17, n.2, p. 192-197 abr./ jun. 2016.
- CAROLINO, A.C.X.G. Morfologia do Trato Gastrointestinal e qualidade de carcaça de frangos de corte alimentados com sorgo grão inteiro. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós - Graduação em Ciências Veterinárias. 101f. 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13041/1/d.pdf>.
- CONAB- Companhia Nacional e Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. v. 3 - Safra 2016/17, n. 3 - Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-74, dezembro 2016. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_19_11_27_36_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_16-17.pdf.
- CONAB- Companhia Nacional e Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. safra. Boletim, 2022/2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em 01 de junho de 2023.
- CONAB- Companhia Nacional e Abastecimento. Produção de cana-de-açúcar cresce 4,4% e pode chegar a 598,3 milhões de toneladas na safra 2022/23. Últimas Notícias. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4874-producao-de-cana-de-acucar-cresce-4-4-e-pode-chegar-a-598-3-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23>. Acesso em: 1 de junho de 2023.
- CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPP, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. Revista Brasileira de Energia, v. 2, n. 2, p. 111-146, 1992. Disponível em: http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v02n02/v02n02a6.pdf.
- DAVIS, J.D., PURSWELL, J.L. AND KIESS, A.S. Evaluation of chopped switchgrass and chopped bermudagrass as litter materials over multiple heavy broiler flocks. J. Appl. Poult. Res. v. 24, n.3. p. 343-351.2015.

FRANZO, V.S.; PEREIRA JÚNIOR, R.A.; VULCANI, V.A.S.; TURMINA, J.O. Estudo comparativo morfométricos do papo do carcará (*Polyborus plancus*). *Nucleus Animalium*, v. 2, n. 1, p. 11 -16, 2010. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4026364>.

FRIEDRICHSEN, J. S.; BRUNI, A.R.S.; SILVA, G.A.R.; GOMES, E. S.; SILVA, J.F.; IENTZ, G.A.S.; BAETA, F.S.; PIACQUADIO, N.M.; BULLA, M.K.; SANTOS, O.O. Aproveitamento adequado de resíduos da agroindústria sucroalcooleira para o desenvolvimento de subprodutos: uma revisão. *Investigação, Sociedade e Desenvolvimento*, [S. l.] , v. 11, n. 13, pág. 597111336082, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i13.36082. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/36082>. Acesso em: 31 mai. 2023.

GARCÊS, A.P.J.T, AFONSO, S.M.S., CHILUNDO, A. AND JAIROCE, C.T.S. 2017. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. *Trop. Anim. Health Prod.* 49(2):369-374. Disponível em: <http://www.rbspa.ufba.br/index.php/rbspa/article/viewArticle/2988>

LEITE, S.C.B.; ALVES, E.H.A.; SOUSA, A.M.; GOULART, C.C.; SANTOS, J.P.M.; SILVA, J.D.B. Ácidos orgânicos e óleos essenciais sobre o desempenho, biometria de órgãos digestivos e reprodutivos de frangas de reposição. *Acta Veterinária Brasília*, v.10, n.3, p.201-207, 2016.<http://dx.doi.org/10.21708/avb.2016.10.3.5475>.

MARQUES, S.F.F.; Biotecnologia enzimática: produção de complexo multienzimático de *trichoderma harzianum* e sua aplicação na alimentação de frango de corte. Goiânia: dissertação de mestrado (ciência animal) 92p. Universidade Federal de Goiás, 2007.

https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/Dissertacao2007_Sonaide_Marques.pdf.

MINAFRA, C.S.; MARQUES, S.F.F.; STRINGHINI, J.H.; ULHOA, C.J.; REZENDE, C.S.M.; SANTOS, J.S.; MORAES, G.H.K. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com dieta suplementada com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger* HM2003. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.39, n.12, p.2691-2696, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001200020>.

NAHAVANDINEJAD, M.; SEIDAVI, A.; ASADPOR, L.; PAYAN-CARREIRA, R. Blood biochemical parameters of broilers fed differently thermal processed soybean meal. *Rev. MVZ Córdoba*, v. 19. n.3. p.4301-4315, 2014.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682014000300011.

PAULA, L.E.D.R.; TRUGILHO, P. F., NAPOLI, A., e BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. *Cerne*, 17, p.237-246. 2011.

REZENDE, M.S.; SILVA, P.L.; GUIMARÃES, E.C.; LELLIS, C.G.; MUNDIM, A.V.; Variações fisiológicas, influência da idade e sexo no perfil bioquímico sanguíneo de aves da linhagem pesada de frango de corte na fase de recria. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.71, n.5, p.1649-1658, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/V5JDyKRH93x3GVGQyVvmmsF/?format=pdf&lang=pt>.

ROCHA, R. L.; PANDOLFI, M. A. C. GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO SETOR SUCROALCOOLEIRO. *Revista Interface Tecnológica*, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 384–392, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/565>. Acesso em: 31 maio. 2023.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. Tabelas brasileiras para aves e suínos - Composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 111, 112p. Disponível em: <<http://www.aminogut.com.br/arquivos/Geral%20Portugu%C3%AAs.pdf>>.

SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.5: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SANTOS, F. R. Comparação da eficiência digestiva e metabolismo de nutrientes e de energia entre frangos de crescimento lento e rápido. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2012. 100p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) UFG, 2012.

https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/Tese2012_Fabiana_Santos.pdf.

SANTOS, F.R.; SANTANA, R.O.; CARVALHO, E. D. A.; COSTA, N. A.; MINAFRA, C. S.; OLIVEIRA, P. R. Desempenho e perfil sérico bioquímico de frangos de corte alimentados com rações contendo produtos homeopáticos. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.15, n.2, 2014.

SANTOS, F.R.; STRINGHINI, J.H.; FREITAS, N.F.; MINAFRA, C.S.; OLIVEIRA, P.R.; DUARTE, E.F.; GUIMARÃES, G.S. Aspectos morfológicos e morfométricos do aparelho digestório, perfil bioquímico sérico e atividade de enzimas pancreáticas de frangos de crescimento lento e rápido. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.10, n.2, p.322-327, 2015. Disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v10i2a4370&path%5B%5D=4780.

SCHMIDT, E.M.S.; LOCATELLI-DITTRICH, R.; SANTIN, E.; PAULILLO, A.C. Patologia clínica em aves de produção – Uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola – Revisão. Archives of Veterinary Science, v 12, n.3. p.9-20, 2007. https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/schmidt_hematobioq.pdf.

SHIKIDA, P. F.A., e BACHA, C. J. C. Aspectos econômicos da geração de tecnologia e a utilização dos principais produtos e subprodutos da agroindústria canavieira do Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.3. n.6. 2 ed. p. 9-30. 2019.

SILVA, D. L. G., BATISTI, D. L. S., FERREIRA, M. J. G., MERLINI, F. B., CAMARGO, R. B., & Barros, B. C. B. Cana-de-açúcar: Aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. Research, Society and Development, v.10. n.7 p.44410714163-e44410714163. 2021.

SILVA, V. B. M.; BRAINER, M. M. A.; MARTINS, J. S.; SOBRINHO, D. B.; ABREU, K. L. A.; LEITE, P. R. S. C.; GODOY, H. B. R. Avaliação de diferentes materiais de cama de aviário e densidades populacionais - desempenho de frangos de corte. Zootecnia Brasil. Goiânia -GO. 2018.

STRINGHINI, J. H.; RESENDE, A. D.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, N. S. M.; ANDRADE, M. A. Efeito do Peso Inicial dos Pintos e do Período da Dieta Pré-Inicial sobre o Desempenho de Frangos de Corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.2, p.353-360, 2003. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v32n2/16597.pdf>.

TEIXEIRA, F.A.; PIRES, A.V.; NASCIMENTO, P.V.N. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. Revista eletrônica de Veterinária, Vol. 7, n. 6, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/agricola/Semeagri/semeagri2008/alcool/baga%E7o%20alimenta%E7%E3o%20bovina.pdf>>.

VIEITES, F.M.; FRAGA, A.L.; MORAES, G.H.K.; VARGAS JÚNIOR, J.G.; NALON, R.P.; CORRÊA, G.S.S.; NUNES, R.V. Cálcio, fósforo e proteína total no sangue de frangos de corte em função de níveis de balanço eletrolítico da ração. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.63, n.4, p.887-894, 2011.

ZAVARIZE, K.C.; SARTORI, J.R.; PELÍCIA, V.C.; PEZZATO, A.C.; ARAUJO, P.C.; STRADIOTTI, A.C.; MADEIRA, L.A.; Glutamina e nucleotídeos na dieta de frangos de corte criados no sistema alternativo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1579-1589, 2007.<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352011000400014>.

Capítulo 6



10.37423/230908236

EFICIÊNCIA DE BACILLUS SUBTILIS COMO PROMOTOR DE CRESCIMENTO VEGETAL EM SOJA

Aloisio Freitas Chagas Junior

Universidade federal do Tocantins

Alexandre Paulo Machado

Universidade do Estado de Mato Grosso

Letícia Carolina Costa

Geo Clean Indústria Comércio de Produtos Químicos

Lillian França Borges Chagas

Universidade Federal do Tocantins

Rodrigo Robson Cavalcante

Universidade Federal do Tocantins

Vitoria Gomes Parente

Universidade Federal do Tocantins

Nathalia Santos Hoffmeister

Universidade Federal do Tocantins

Gabriel Soares Nobrega

Universidade Federal do Tocantins

Ana Licia Leão Ferreira

Universidade Federal do Tocantins

Dallila Moreira de Oliveira Moura

Universidade Federal do Tocantins

Resumo: A potencialidade para o incremento da produtividade em soja, bem como a redução de doenças, tem se tornado evidente para essa espécie de *Bacillus*. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência do inoculante a base de *Bacillus subtilis* estirpe UFMT-Pant001, como promotor de crescimento vegetal em plantas de soja em casa de vegetação. Foram desenvolvidos quatro experimentos independentes, conduzidos em casa de vegetação, sendo utilizado o inoculante líquido com o microrganismo *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 apresentando concentração mínima de 1×10^9 UFC mL⁻¹. Pelos resultados pode-se verificar um maior incremento de biomassa, nodulação, nutrientes na parte aérea, nas características de número de entrenós e comprimento radicular, de diferentes cultivares de soja, nos diferentes experimentos em casa de vegetação, quando inoculadas com *B. subtilis* UFMT-Pant001. Utilizando-se as diferentes doses de *B. subtilis* UFMT-Pant001, verificou-se efeito positivo para a biomassa de soja com a utilização das doses de 200 a 300 mL para 50 kg de sementes, na concentração de 1×10^9 UFT mL⁻¹, da mesma forma para as demais características avaliadas. O uso de *B. subtilis* UFMT-Pant0001, também, não interferiu na nodulação da soja, contribuindo, ainda, para o aumento do número e peso dos nódulos.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja tem grande importância para o mercado nacional e internacional, porém existe ainda a necessidade de estudos e pesquisas para o aumento da produção e/ou manutenção da produção com redução de custos, incluindo melhoramento genético da cultivar, manejo do solo e dos tratamentos culturais, qualidade das sementes, a maior utilização de microrganismos benéficos, visando disponibilidade de nutrientes minerais e produção de hormônios de crescimento, bem como no controle biológico de pragas e doenças, entre outros cuidados que estão envolvidos no desenvolvimento da cultura (Meyer et al., 2022).

Com o uso de práticas agrícolas convencionais muitas vezes são utilizadas grandes quantidades de fertilizantes sintéticos e inseticidas que podem promover intensos efeitos adversos em humanos, animais e ao meio ambiente. Buscando a redução destes efeitos, pesquisadores de todo o mundo estão empenhados em encontrar alternativas voltadas para a produção de culturas agrícolas menos dependentes do uso desses produtos. Uma alternativa é o uso de bactérias rizosféricas como componentes vitais da fertilidade do solo e promoção do crescimento vegetal por meio de seus efeitos dos processos diretos e indiretos na rizosfera (Aloo et al., 2019; Santos et al., 2020; Meyer et al., 2022).

Nos últimos anos, o interesse no emprego de microrganismos em práticas agrícolas aumentou significativamente, sendo utilizados como promotores de crescimento vegetal e no controle de pragas e doenças, tolerância ao estresse hídrico, bem como nematicidas (Saeid et al., 2018; Saxena et al., 2019; Kalam et al., 2020; Santos et al., 2020). Dentre estes microrganismos temos as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs), e entre elas destaque para a espécie *Bacillus subtilis* que apresenta vários mecanismos diretos e indiretos da promoção do crescimento vegetal, como a fixação de nitrogênio, solubilização e mineralização de fósforo e outros nutrientes, produção de fitohormônios, produção de sideróforos, compostos antimicrobianos e enzimas hidrolíticas, resistência sistêmica induzida (ISR) e tolerância a estresses abióticos (Gagné-Bourque et al., 2015; Saeid et al., 2018; Saxena et al., 2019; Kalam et al., 2020; Chagas Junior et al., 2022a,b)

Diversos autores têm demonstrado que diferentes isolados de *Bacillus subtilis* podem incrementar, em soja, a biomassa da parte aérea, radicular e produtividade, tal como Jain et al. (2016) que mostraram que isolados de *Bacillus* podem incrementar o peso fresco da parte aérea e da raiz, além de aumentar o número de raízes laterais, Chagas Junior et al. (2022a) com a inoculação de *B. subtilis* Bs10 que melhorou significativamente as características agrônômicas de cultivares de soja com aumento na biomassa da parte aérea e radicular, nodulação, teor de fósforo e acúmulo de nitrogênio na parte

aérea e Chagas Junior et al. (2022b) que demonstrou que a inoculação de *B. subtilis* não interferiu na nodulação da soja, contribuindo ainda para o aumento do número e peso dos nódulos.

A utilização de *B. subtilis* como promotoras de crescimento e agente de controle biológico para diversas culturas agrícolas pode proporcionar um método atrativo, eficiente e ambientalmente menos agressivo que defensivos e fertilizantes químicos, o que torna a prática da utilização de bioagentes uma alternativa mais sustentável nos âmbitos econômicos e ambiental (SHAFI et al., 2017; Meyer et al., 2022). Além disso, o sucesso de *B. subtilis* na promoção de crescimento de plantas está essencialmente relacionada com as características biológicas deste microrganismo, que apresenta facilidade para a manutenção de sua viabilidade em bioformulados. Assim, a potencialidade para o incremento da produtividade, bem como a redução de doenças, tem se tornado evidente para essa espécie de *Bacillus*.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência do inoculante a base de *Bacillus subtilis* estirpe UFMT-Pant001, como promotor de crescimento vegetal em plantas de soja em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Local dos experimentos

Foram desenvolvidos quatro experimentos conduzidos em casa de vegetação na Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi (UFT/PPGPV). As coordenadas geográficas são 11°43'45" S e 49°04'07" W com altitude média de 280 metros e um clima tropical úmido classificado como pequena deficiência hídrica (B1wA'a') com vegetação de savana ou savana tropical, de acordo com Köppen-Geiger (Peel et al., 2007).

Bacillus subtilis UFMT-Pant001 – Identificação e formulação

Foi utilizado a estirpe de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 da coleção do Laboratório de Microbiologia da UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso. A estirpe foi mantida em crescimento e repicados em meio LB (*Luria-Bertani*). Foi realizada uma identificação preliminar, levando-se em consideração as características morfológicas, com base em bibliografia especializada (Slepecky & Hemphill, 2006; Rabinovitch & Oliveira, 2015).

Em seguida foi realizada a caracterização genética, e as sequências foram depositadas no GenBank (NCBI) sob os seguintes números de acesso (AN): FJ025759 (*rpoB*), FJ025758 (*gyrA*) e FJ025757 (16S rRNA). A determinação de gênero e espécie bacteriana foi através da comparação da sequência

consenso obtida contra a base de dados NCBI (2017), utilizando a ferramenta BLAST (Morgulis et al., 2008).

Foi utilizado o inoculante líquido com o microrganismo *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 apresentando concentração mínima de 1×10^9 UFC mL⁻¹, proveniente da empresa Geoclean Nutrição e Proteção de Plantas. O inoculante foi mantido em temperatura ambiente no Laboratório de Microbiologia da UFT.

Experimentos 1 e 2

Para os experimentos 1 e 2 foram utilizados vasos plásticos preto com volume de 3,7 L, preenchidos com solo coletado em área de cultivo na Estação Experimental da UFT a uma profundidade de 0-20 cm, com as seguintes características: Ca+Mg 2,55 cmol dm⁻³; Ca 1,80 cmol dm⁻³; Mg 0,75 cmol dm⁻³; Al 0,00 cmol dm⁻³; H+Al 5,54 cmol dm⁻³; K 0,21 cmol dm⁻³; CTC (T) 8,31 cmol dm⁻³; SB 2,76 cmol dm⁻³; K 83,54 mg dm⁻³ (ppm); P (Mel) 5,85 mg dm⁻³ (PP); V 33,27%; M 0,00%; Mat. Org. 2,56 25,59 g dm⁻³; pH CaCl₂ 4,80, H₂O 5,38 (Embrapa, 2011), classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Nos dois experimentos foi realizada adubação essencial (N-P-K + micronutrientes) no solo antes do plantio, correspondendo a 250 kg ha⁻¹ da formulação 05-25-15, baseada na análise de solo e na necessidade da cultura.

Os experimentos foram conduzidos de forma independentes. No experimento 1 foi utilizada a cultivar de soja M 9056 e no experimento 2 a cultivar P98y70.

Os tratamentos utilizados nos experimentos foram três doses do inoculante a base de *B. subtilis* UFMT-Pant001, sendo 150, 250 e 350 mL para 50 kg de sementes, mais uma testemunha sem inoculação.

O produto foi inoculado aplicando diretamente nas sementes no momento do plantio. Foram semeadas seis sementes por vaso para ambas cultivares, sendo inicialmente inoculadas com inoculante líquido para soja, contendo a espécie *Bradyrhizobium japonicum* (estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080), visando o fornecimento de nitrogênio necessário para as plantas. A inoculação das sementes foi feita uma hora antes do plantio na concentração de 100 mL para 50 kg⁻¹ de sementes.

A irrigação foi feita manualmente, fornecendo água para as plantas até a capacidade de campo do solo. Sete dias após o plantio foi feito desbaste deixando duas plantas por vaso.

As avaliações foram aos 40 dias após a semeadura (DAS), separando-se o sistema radicular da parte aérea das plantas, e as raízes foram lavadas em água corrente para remoção do solo aderido. Os nódulos foram retirados das raízes e contados. Em seguida, o material foi colocado para secagem em estufa com aeração forçada a 75 °C até obtenção de massa constante. Em seguida o material foi

pesado para obter a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) e massa seca dos nódulos (MSN).

A MSPA foi moída em moinho de facas onde foi retirado amostra para avaliação do estado nutricional das plantas, determinando-se os teores de N na parte aérea pelo método de Kjeldahl. O N acumulado (ANPA) na matéria seca da parte aérea (MSPA) foi calculado, multiplicando o peso pelo teor de N. Determinou-se, ainda, a eficiência nodular através da fórmula: $N \text{ (mg)} / \text{mg de nódulos secos}$.

Os experimentos foram em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao agrupamento de médias pelo teste Duncan a 1 ou 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Assistat.

Experimento 3 e 4

Nestes experimentos também foram utilizados vasos plásticos preto com volume de 3,7 L, preenchidos com solo coletado em área de cultivo em várzea em Formoso do Araguaia, Tocantins, (11°47'45" S e 49°31'43" W, 240 metros de altitude), na profundidade de 0-20 cm, com as seguintes características: Ca+Mg 12,7 cmol dm⁻³; Ca 7,1 cmol dm⁻³; Mg 5,6 cmol dm⁻³; Al 0,00 cmol dm⁻³; H+Al 1,2 cmol dm⁻³; K 30 cmol dm⁻³; SB 12,7 cmol dm⁻³; P (Mel) 18,8 mg dm⁻³ (PP); V 91%; Mat. Org. 10,9%; H₂O 5,5 (Embrapa, 2011), classificado como plintossolo háplico. Nestes experimentos não foi realizada a adubação mineral, sendo a fertilidade considerada adequada para o bom desenvolvimento das plantas de soja.

Os experimentos foram conduzidos de forma independentes. No experimento 3 foi utilizada a cultivar de soja CD 2857 e no experimento 4 a cultivar 99R03.

Os tratamentos utilizados nestes experimentos foram quatro doses do inoculante a base de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, sendo 100, 200, 300 e 400 mL para 50 kg de sementes, mais uma testemunha positiva e uma testemunha absoluta (sem inoculação). O tratamento testemunha positiva utilizado nos dois experimentos foi um produto comercial a base de *Bacillus subtilis*, porém sendo recomendado como nematicida.

O produto foi inoculado aplicando diretamente nas sementes no momento do plantio. Foram semeadas seis sementes por vaso para ambas cultivares, sendo inicialmente inoculadas com inoculante líquido para soja, contendo a espécie *Bradyrhizobium japonicum* (estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080). A inoculação das sementes foi feita uma hora antes do plantio na concentração de 100 mL para 50 kg⁻¹ de sementes.

A irrigação foi feita manualmente, fornecendo água para as plantas até a capacidade de campo do solo. Sete dias após o plantio foi feito desbaste deixando duas plantas por vaso.

As avaliações foram aos 55 e 79 DAS no experimento 3 e aos 45 e 83 DAS no experimento 4, separando-se o sistema radicular da parte aérea das plantas, e as raízes foram lavadas em água corrente para remoção do solo aderido. Os nódulos foram retirados das raízes e contados. Em seguida, o material foi colocado para secagem em estufa com aeração forçada a 75 °C até obtenção de massa constante. Em seguida o material foi pesado para obter a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), massa seca dos nódulos (MSN), número de nódulos (NN), massa seca dos nódulos (MSN), altura de plantas (Alt), quantidade de entrenós (Entrenós) e Comprimento de raiz.

Os experimentos foram em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao agrupamento de médias pelo teste Duncan a 1 ou 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Assistat.

RESULTADOS

Experimento 1: Cultivar M 9056

Para a cultivar M 9056, as características avaliadas de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) foram superiores ($p < 0,01$) para os tratamentos com a inoculação das doses de 150 e 250 mL de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001 (Tabela 1). Em relação ao teor de N parte aérea das plantas da cultivar M 9056, houve diferença entre os tratamentos, sendo que os resultados superiores ($p < 0,05$) foram obtidos pelos tratamentos com inoculação de *B. subtilis* nas doses de 250 e 350 mL (Tabela 1). Em relação ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), todos os tratamentos com inoculação de *B. subtilis* foram superiores a testemunha, e entre estes, o tratamento com a inoculação de *B. subtilis* na dose de 250 mL foi superior ($p < 0,01$).

Tabela 1: Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), teor de nitrogênio (Teor N) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) de soja cultivar M 9056 inoculada com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001.¹

Tratamentos	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	Teor N (g kg ⁻¹ /vaso)	ANPA (g/vaso)
150 mL	7,83 a	5,04 a	12,87 a	9,88 b	77,4 b
250 mL	7,35 a	4,62 a	11,97 a	12,60 a	92,6 a
350 mL	5,84 b	3,21 b	9,05 b	12,40 a	72,4 b
Testemunha	5,63 b	3,31 b	8,94 b	10,40 ab	58,6 c
CV (%)	12,7	9,9	10,3	9,2	13,2

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. CV, Coeficiente de variação.

Quanto ao número de nódulos (NN), massa seca dos nódulos e eficiência nodular (EFN), os tratamentos com a inoculação de *B. subtilis* nas doses de 250 e 350 mL foram superiores ($p < 0,01$) (Tabela 2).

Tabela 2: Número de nódulos (NN), massa seca dos nódulos (MSN) e eficiência nodular (EFN) de soja cultivar M 9056, inoculada com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001.¹

Tratamentos	NN	MSN (mg)	EFN (N mg/MSN)
150 mL	23,8 ab	85,3 b	0,12 b
250 mL	26,8 a	213,3 a	0,06 a
350 mL	30,5 a	212,8 a	0,06 a
Testemunha	13,0 b	63,3 b	0,16 c
CV (%)	30,8	38,7	12,1

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. CV, Coeficiente de variação.

Experimento 2: Cultivar P98y70

Para a cultivar P98y70, não houve diferenças significativas para as características avaliadas de MSPA, MSR e MST entre os tratamentos (Tabela 3). Em relação ao teor de N e ANPA das plantas desta cultivar, houve diferença entre os tratamentos, sendo que os resultados superiores ($p < 0,05$) foram obtidos pelos tratamentos com inoculação de *B. subtilis* na dose de 350 mL (Tabela 3).

Tabela 3: Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), teor de nitrogênio (Teor N) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) de soja cultivar P98y70, inoculada com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001.¹

Tratamentos	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	Teor N (g kg ⁻¹ /vaso)	ANPA (g/vaso)
150 mL	7,37 a	4,42 a	11,79 a	8,40 b	61,9 b
250 mL	6,69 a	4,78 a	11,47 a	9,80 ab	65,6 b
350 mL	7,76 a	4,67 a	12,43 a	10,9 a	84,6 a
Testemunha	7,10 a	3,63b	10,73 a	9,1 ab	64,6 b
CV (%)	13,4	12,4	9,4	8,3	8,1

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. CV, Coeficiente de variação.

Quanto ao NN e EFN, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Para a MSN, o tratamento com a inoculação de *B. subtilis* na dose de 150 foi superior ($p < 0,01$) em relação aos outros tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4: Número de nódulos (NN), massa seca dos nódulos (MSN) e eficiência nodular (EFN) de soja cultivar P98y70, inoculada com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001.¹

Tratamentos	NN	MSN (mg)	EFN (N mg/MSN)
150 mL	40,8 a	378,8 a	0,02 a
250 mL	36,3 a	277,5 b	0,04 a
350 mL	27,5 a	225,3 b	0,05 a
Testemunha	34,0 a	228,3 b	0,04 a
CV (%)	30,4	33,6	14,5

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. CV, Coeficiente de variação.

Experimento 3: Cultivar 99R03

Neste experimento, aos 55 DAS todos os tratamentos com diferentes doses de *B. subtilis* foram significativamente superior ($p < 0,05$) em relação a testemunha positiva e testemunha absoluta, e dentre estes tratamentos as dosagens de 200, 300 e 400 mL foram superiores (Tabela 5).

Tabela 5: Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN) e altura (Alt) de soja cultivar 99R03 inoculada com diferentes doses de *Bacillus subtilis*UFMT-Pant001.¹

Tratamentos	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	Alt (cm)
55 DAS				
100 mL	0,83 b	1,23 bc	2,06 b	19,0 b
200 mL	1,01 a	1,57 a	2,58 a	21,3 ab
300 mL	0,86 ab	1,40 ab	2,26 ab	22,5 a
400 mL	0,96 ab	1,02 c	1,98 b	23,8 a
Test. positiva²	0,55 c	0,49 d	1,04 c	22,8 a
Test. absoluta³	0,61 c	0,65 d	1,26 c	18,8 b
CV (%)⁴	13,1	19,9	15,3	8,7
79 DAS				
100 mL	1,73 b	0,80 a	2,53 c	37,0 bc
200 mL	2,20 a	0,78 a	2,98 b	39,5 ab
300 mL	2,38 a	0,93 a	3,31 a	42,0 a
400 mL	2,15 a	0,90 a	3,05 ab	41,0 a
Test. positiva	1,55 b	0,50 b	2,05 d	34,8 c
Test. absoluta	0,93 c	0,38 b	1,31 e	30,8 d
CV (%)	10,2	14,3	6,9	5,3

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. ² Produto comercial a base de *B. subtilis* (2×10^9 UFC mL⁻¹, dosagem de 1 L ha⁻¹). ³ Testemunha absoluta (sem inoculação de *B. subtilis*). ⁴ CV: Coeficiente de Variação.

Aos 79 DAS, todos os tratamentos com diferentes doses de *B. subtilis* e a testemunha positiva foram significativamente superior ($p < 0,05$) em relação a testemunha absoluta, e dentre estes tratamentos as dosagens de 200, 300 e 400 mL foram superior ($p < 0,05$) (Tabela 5). Para a MSR, todos os tratamentos com dosas foram superiores aos tratamentos testemunha positiva e testemunha absoluta, com destaque para as dosagens de 200 e 300 mL, aos 55 DAP. Aos 79 DAS, novamente todos os tratamentos com as diferentes doses foram superiores ($p < 0,050$) em relação a testemunha positiva e testemunha absoluta (Tabela 5). Para a MST, nas duas avaliações, os tratamentos com as diferentes doses foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha positiva e testemunha absoluta, e dentre as doses destaque para as doses de 200 e 300 mL aos 55 DAP e 300 e 400 mL aos 79 DAP (Tabela 5). Quanto à altura das plantas, houve diferenças significativas entre os tratamentos nas duas avaliações, sendo superior para as doses de 300 e 400 mL aos 55 DAP e 200 e 300 mL aos 79 DAS (Tabela 5).

Em relação ao número de entrenós, somente houve diferenças significativas aos 79 DAS, sendo superior para os tratamentos com as diferentes doses em relação a testemunha absoluta (Tabela 6). Para o comprimento de raiz, aos 55 DAS a dose com 300 mL foi significativamente superior em relação a testemunha absoluta. Aos 79 DAS, as médias superiores ($p < 0,05$) foram para os tratamentos com as doses de 100, 300 e 400 mL e a testemunha positiva (Tabela 6).

Tabela 2. Quantidade de entrenós e comprimento de raiz de soja cv. 99R03, inoculada com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001.¹

Tratamentos	Entrenós ²	Comp. raiz	Entrenós ²	Comp. raiz
	55 DAS		79 DAS	
100 mL	4,8 a	34,3 ab	8,0 ab	34,0 a
200 mL	5,5 a	33,5 ab	8,8 a	30,0 ab
300 mL	5,5 a	34,8 a	8,3 ab	35,0 a
400 mL	5,8 a	33,3 ab	8,5 ab	36,0 a
Test. positiva³	4,8 a	27,5 c	7,5 bc	31,3 a
Test. absoluta⁴	4,8 a	30,5 bc	6,8 c	25,3 b
CV (%)⁵	13,7	7,7	8,5	11,6

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ² Média de 10 plantas por parcela experimental. ³ Produto comercial a base de *B. subtilis* (2×10^9 UFC mL⁻¹, dosagem de 1 L ha⁻¹). ⁴ Testemunha absoluta sem inoculação de *B. subtilis*. ⁵ Coeficiente de Variação.

Experimento 4: Cultivar CD 2857

Para a avaliação da MSPA, aos 45 DAS todos os tratamentos com diferentes doses de *B. subtilis* e a testemunha positiva foram significativamente superior ($p < 0,05$) em relação a testemunha absoluta, e dentre estes tratamentos a dose de 200 mL foi superior (Tabela 7). Aos 83 DAS, também todos os tratamentos com diferentes doses de *B. subtilis* e a testemunha positiva foram significativamente superior ($p < 0,05$) em relação a testemunha absoluta (Tabela 7). Para a MSR, destaque para a dose de 200 mL, sendo superiores ($p < 0,05$) aos demais tratamentos aos 45 DAS. Aos 83 DAS somente o tratamento com a dose de 100 mL foi superior a testemunha absoluta (Tabela 7). Para a MST, aos 45 DAS todos os tratamentos com as diferentes doses e a testemunha foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha absoluta, e dentre estes o tratamento com a dose de 200 mL foi superior. Aos 83 DAS novamente todos os tratamentos com as diferentes doses e a testemunha foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha absoluta (Tabela 7).

Tabela 7: Massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), Total (MST), número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN) e altura (Alt) de soja cv. CD 2857 inoculada com diferentes doses de *Bacillus subtilis*UFMT-Pant001.¹

Tratamentos	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	Alt (cm)
45 DAS				
100 mL	1,20 bc	1,40 bc	2,60 c	22,8 b
200 mL	2,15 a	2,06 a	4,21 a	27,5 a
300 mL	1,41 bc	1,40 bc	2,81 bc	23,8 b
400 mL	1,51 b	1,66 b	3,17 b	23,8 b
Test. positiva ²	1,38 bc	1,34 cd	2,72 c	22,8 b
Test. absoluta ³	1,03 d	1,08 d	2,11 d	19,0 c
CV (%) ⁴	13,0	12,5	7,6	4,1
83 DAS				
100 mL	9,2 a	5,2 a	14,4 a	44,0 c
200 mL	11,1 a	4,9 ab	16,0 a	46,3 b
300 mL	11,1 a	4,5 ab	15,6 a	47,0 ab
400 mL	10,8 a	4,4 ab	15,2 a	48,5 a
Test. positiva	10,1 a	4,8 ab	14,9 a	43,3 c
Test. absoluta	6,9 b	3,7 b	10,6 b	40,3 d
CV (%)	10,5	14,6	7,7	3,1

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. ² Produto comercial a base de *B. subtilis* (2×10^9 UFC mL⁻¹, dosagem de 1 L ha⁻¹). ³ Testemunha absoluta (sem inoculação de *B. subtilis*). ⁴ CV: Coeficiente de Variação.

Quanto à altura, houve diferenças significativas aos 45 DAS, sendo superior para os tratamentos com as doses e a testemunha positiva, e dentre estes tratamentos a dose com 200 mL apresentou média superior. Aos 83 DAS, novamente todos os tratamentos com as diferentes dosagens foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha absoluta (Tabela 8), e dentre estes as doses de 300 e 400 mL apresentaram médias superiores. Quanto à MSN, houve diferenças somente aos 64 DAS, sendo superior ($p < 0,05$) para os tratamentos com as diferentes dosagens e a testemunha positiva em relação a testemunha absoluta (Tabela 8).

Para a quantidade de entrenós, aos 55 DAP houve diferenças significativas entre os tratamentos, sendo superior para os tratamentos com as diferentes doses e a testemunha positiva, superiores a testemunha absoluta, com destaque para o tratamento com a dose de 200 mL. Aos 83 DAS, os tratamentos com as doses de 200, 300 e 400 e a testemunha positiva foram superiores, com a dose de 300 mL apresentando média superior em relação aos demais tratamentos (Tabela 8). Para o

número de vagens e número de grãos, os tratamentos com as diferentes dosagens foram superiores ($p<0,05$) em relação aos tratamentos testemunha positiva e testemunha absoluta (Tabela 8).

Tabela 8. Quantidade de entrenós e comprimento de raiz de soja cv. CD 2857, inoculada com diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001.¹

Tratamentos	Entrenós ²	Comp. raiz	Entrenós ²	Comp. raiz
	45 DAS		83 DAS	
100 mL	7,5 b	27,8 ab	11,3 bc	40,3 bc
200 mL	8,8 a	31,0 ab	12,0 ab	46,8 a
300 mL	7,5 b	27,0 b	13,3 a	46,8 a
400 mL	7,0 b	30,5 ab	13,0 ab	44,8 ab
Test. positiva ³	6,5 b	27,0 b	11,8 ab	40,0 bc
Test. absoluta ⁴	5,3 c	23,3 c	10,5 c	35,5 c
CV (%) ⁵	9,7	8,9	9,5	8,3

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ²Média de 10 plantas por parcela experimental. ³ Produto comercial a base de *B. subtilis* (2×10^9 UFC mL⁻¹, dosagem de 1 L ha⁻¹).⁴ Testemunha absoluta sem inoculação de *B. subtilis*.⁵ Coeficiente de Variação.

DISCUSSÃO

Pelos resultados pode-se verificar um maior incremento de biomassa (MSPA, MSR e MST), nodulação (NN, MSN e EFN), nutrientes na parte aérea (Teor de N e ANPA), nas características de número de entrenós e comprimento radicular, de diferentes cultivares de soja, nos diferentes experimentos em casa de vegetação, quando inoculadas com *B. subtilis* UFMT-Pant001. Esses incrementos podem estar ligados aos vários mecanismos pelos qual essa bactéria atua, como a produção fitohormônios (Kalam et al., 2020; Chagas Junior et al., 2022b), enzimas (Villarreal-Delgado et al., 2018; Saxena et al., 2019), na disponibilização de nutrientes através da solubilização (Braga Junior et al., 2017; Saeid et al., 2018; Chagas Junior et al., 2022b), produção de compostos voláteis (Tahir et al., 2017), atuando no controle biológico de fitopatógenos (Mardanov et al., 2017; Villarreal-Delgado et al., 2018), entre outros.

O incremento proporcionado pode ter relação pela capacidade das rizobactérias em produzir reguladores de crescimento de plantas, que são substâncias orgânicas que influenciam os processos fisiológicos de plantas em baixas concentrações (Saxena et al., 2019), como já relatado para as rizobactérias do gênero *Bacillus* que são capazes de produzir auxinas (Kalam et al., 2020; Chagas Junior et al., 2022b).

Cerqueira et al. (2015) em seu trabalho utilizando quatro isolados de *Bacillus* spp. realizou testes *in vitro* onde confirmou a produção de ácido indolacético (AIA) e 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) deaminase por esses isolados. Kalam et al. (2020) verificaram o potencial de isolados de *Bacillus* com características promotoras do crescimento vegetal *in vitro*, como solubilização de fosfato e zinco, e também produziu AIA, fitase, sideróforo, cianeto de hidrogênio (HCN) e ACC-deaminase, além de ser antagonico a outros micróbios e formar biofilme. Verificaram, também, um aumento significativo na colonização radicular observado ao longo de 15 dias com diferentes isolados de *Bacillus* em experimentos em estufa e observaram um aumento geral no crescimento das plantas de tomate, ao longo de 60 dias, com destaque para os isolados TRS-7 e TRS-8.

Chagas Junior et al. (2022b) também demonstraram a eficiência de *Bacillus subtilis* como inoculante promotor de crescimento vegetal em plantas de soja, estudando sete isolados de *B. subtilis*, evidenciando inicialmente a capacidade de solubilização de fosfato e síntese de AIA, *in vitro*, e na produção de biomassa de plantas de soja em casa de vegetação, e o uso destes isolados de *B. subtilis* não interferiu na nodulação da soja, contribuindo ainda para o aumento do número e peso dos nódulos, da mesma forma como no presente experimento. Araújo et al. (2012) reportaram em seu trabalho utilizando o feijão caupi cultivar BRS Guariba, que a simples inoculação de *B. subtilis* (PRBS-1) proporcionou o maior aumento no crescimento da planta, maior fixação de N e não afetou a nodulação, aos 40 e 55 dias após a semeadura.

Outro fator pelo qual o produto a base de *B. subtilis* UFMT-Pant001 testado, inoculado nas diferentes cultivares de soja, pode ter atuado no incremento da biomassa, pode estar relacionado com o metabolismo microbiano no solo, tais como a produção de enzimas líticas (Saxena et al. 2019), pois devido a diversidade metabólica de *Bacillus*, estes são conhecidos pela produção de diversas enzimas, entre elas destaque para as quitinases, b-1,3-glucanases, b-glucosidase, lipases e proteases com especial importância por atuarem na degradação de componentes celulares fúngicos atuando no biocontrole (Slimene et al., 2015; Huang et al., 2017; Mardanov et al., 2017; Villarreal-Delgado et al., 2018). Assim, o uso destes microrganismos na agricultura pode ajudar a proteger as culturas contra fitopatógenos. Sabe-se que microrganismos associados a plantas podem promover seu crescimento e desenvolvimento, por exemplo, devido à inibição do crescimento de microrganismos fitopatogênicos (Fira et al., 2018; Saxena et al. 2019).

Dentre outros possíveis efeitos de *B. subtilis* UFMT-Pant001 como promotor de crescimento vegetal de soja tem-se os compostos voláteis, que já são relatados na literatura tendo um papel significativo na

promoção do crescimento das plantas, regulando a síntese ou metabolismo de fitohormônios, como relatado por Tahir et al. (2017), em experimentos *in vitro* e em câmara de crescimento conduzidos para investigar o efeito de compostos orgânicos voláteis produzido pela estirpe SYST2 da rizobactéria promotora do crescimento vegetal *B. subtilis* sobre regulação hormonal e promoção do crescimento em plantas de tomate. Os autores observamos um aumento significativo da biomassa vegetal em ambas as condições experimentais, aumento na fotossíntese e nos conteúdos endógenos de giberelina, auxina, e citocinina, sugerindo que os compostos voláteis derivados de SYST2 promovem o crescimento das plantas, evidenciando novo mecanismo de promoção do crescimento vegetal por compostos voláteis bacterianos.

Em relação a nodulação para algumas cultivares de soja, nos experimentos 1 e 2, os tratamentos com *B. subtilis* UFMT-Pant001 proporcionaram resultados positivos em relação ao tratamento testemunha absoluta. Araújo et al. (2010) em experimento com feijão caupi avaliando a co-inoculação de *B. subtilis* e *Bradyrhizobium* mostrou que nos tratamentos inoculados, houve um aumento na nodulação do feijão-caupi com a co-inoculação, sugerindo uma influência do *B. subtilis* na promoção de nodulação pelo *Bradyrhizobium* inoculado. Outros estudos evidenciam que a inoculação de *B. subtilis* não interferem na nodulação de plantas de soja, e que provavelmente os metabólitos do *Bacillus* não são tóxicos ao rizóbio, e que a coinoculação de ambos pode até influenciar o aumento da nodulação (Braga Junior et al., 2017, 2018; Chagas Junior et al., 2021, 2022a). Essa influência pode se dar pela contribuição no aumento de competitividade da bactéria inoculada, pelo aumento dos sítios de infecção e pela ação inibitória do crescimento de fungos patogênicos nas raízes.

Chagas Junior et al. (2022a) confirmaram que a inoculação de *Bacillus subtilis* Bs10 proporcionou aumentos na biomassa, nodulação, teor de nitrogênio, nitrogênio acúmulo na parte aérea, e nas características agrônômicas avaliadas em soja. As doses de *Bacillus subtilis* Bs10 entre 200 e 350 mL por 50 kg de sementes mostrou a máxima eficiência e aumento para as variáveis de biomassa e teores de P e N. Resultados semelhantes também foram reportados por Mohamed et al. (2018) e Kalam et al. (2020) para o tomate, Guimarães et al. (2021) para a cultura do milho, Santos et al. (2021) para a cultura da aveia branca, Rezende et al. (2021) para o feijão, Diaz et al. (2019) em algodoeiro e Braga Junior et al. (2017, 2018) e Chagas Junior et al. (2021) em soja.

Assim, o produto a base de *B. subtilis*UFMT-Pant001 testados nesse trabalho demonstrou potencialidade para promoção de crescimento de plantas de soja em casa de vegetação. Estudos futuros devem ser feitos para verificar a real eficácia destes isolados em condições de campo.

CONCLUSÕES

Utilizando-se as diferentes doses de *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, verificou-se efeito positivo para a biomassa de soja com a utilização das doses de 200 a 300 mL para 50 kg de sementes, na concentração de 1×10^9 UFT mL⁻¹, da mesma forma para as demais características avaliadas.

O uso *Bacillus subtilis* UFMT-Pant0001, também, não interferiu na nodulação da soja, contribuindo, ainda, para o aumento do número e peso dos nódulos.

Considerando os resultados em casa de vegetação, a estirpe *Bacillus subtilis* UFMT-Pant001, inoculante em formulação líquida, deve ser recomendada como inoculante promotor do crescimento vegetal em soja, com a recomendação da dose de 200 a 300 mL para 50 kg de sementes, na concentração de 1×10^9 UFT mL⁻¹.

REFERÊNCIAS

- Aloo B, Makumba B, Mbega E (2019) The potential of bacilli rhizobacteria for sustainable crop production and environmental sustainability. *Microbiol Res.* 219:26-39.
- Beneduzi, A., Ambrosini, A. and Passaglia, L.M. (2012) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): The Potential as Antagonists and Biocontrol Agents. *Genetics and Molecular Biology*, 35, 1044-1051. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572012000600020>
- Braga Junior, G. M.; Colonia, B. S. O.; Chagas, L. F. B.; Scheidt, G. N.; Miller, L. O.; Chagas Junior, A. F. Soybean growth Promotion and Phosphate Solubilization by *Bacillus subtilis* strains in Greenhouse. *International Journal of Current Research*, 9, (05), 50914-50918.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; BRAGA JUNIOR, G. M.; LIMA, C. A.; MARTINS, A. L. L.; SOUZA, M. C.; CHAGAS, L. F. B. *Bacillus subtilis* as a vegetable growth promoter inoculant in soybean. *Diversitas Journal*, 7, 1, 1-16, 2022a.
- Chagas Junior, A. F.; Braga Junior, G. M.; Martins, A. L. L.; Chagas, L. F. B.; Miller, L. O.; Bezerra, A. C. C. *Bacillus subtilis* Bs10 as an efficient inoculant for growth promotion in soybean plants. *Semina: Ciênc. Agrár.* v. 43, n. 4, p. 1769-1786, jul./ago. 2022b. DOI: 10.5433/1679-0359.2022v43n4p1769
- Choudhary, D.K. and Johri, B.N. (2009) Interactions of *Bacillus* spp. and plants with special reference to induced systemic resistance (ISR). *Microbiological Research*, 164, 493-513. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2008.08.007>
- Diaz, P. A. E., Baron, N. C., & Rigobelo, E. C. (2019). *Bacillus* spp. as plant growth-promoting bacteria in cotton under greenhouse conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 13(12), 2003-2014. doi: 10.21475/ajcs.19.13.12.p2003
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2011). Manual de métodos de análise de solo. 230p, 2011 Rio de Janeiro, RJ: Embrapa-CNPQ.
- Fira, D., Dimkic, I., Beric, T., Lozo, J. and Stankovic, S. (2018) Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. *J Biotechnol* 285, 44–55.
- Gagné-Bourque, F., Mayer, B. F., Charron, J., Vali, H., Bertrand, A., & Jabaji, S. (2015). Accelerated growth rate and increased drought stress resilience of the model grass *Brachypodium distachyon* colonized by *Bacillus subtilis* B26. *Plos One*, 10(6), e0130456. doi: 10.1371/ journal.pone.0130456
- JAIN, S.; KUMARI, S.; VAISHNAV, A.; CHOUDHARY, D. K.; SHARMA, K. P. Isolation and characterization of plant growth promoting bacteria from soybean rhizosphere and their effect on soybean plant growth promotion. *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*, v. 5, p. 397-410, 2016.
- Kalam, S.; Basu, A.; Podile, A. R. Functional and molecular characterization of plant growth promoting *Bacillus* isolates from tomato rhizosphere. *Heliyon* ,6, e04734, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04734>
- Meyer, M. C.; Bueno, A. F.; Mazaro, S. M.; Silva, J. C. Bioinsumos na cultura da soja. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 550p.

Morgulis, A., Coulouris, G., Raytselis, Y., Madden, T. L., Agarwala, R., & Schäffer, A. A. (2008). Database indexing for production MegaBLAST searches. PubMed, 24(16), 1757-64. doi: 10.1093/bioinformática/btn322

Peel, M. C., Finlayson, B. L. E., & McMahon, T. A. (2007). Mapa mundial atualizado da classificação climática de Köppen-Geiger, Hydrol. Sistema Terra. Sci., 11, 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>.

RABINOVITCH, L.; OLIVEIRA, E. J. Coletânea de procedimentos técnicos e metodologias empregadas para o estudo de *Bacillus* e gêneros esporulados aeróbios correlatos. Rio de Janeiro: Montenegro Comunicação, 160 p. 2015.

Saeid, A.; Prochownik, E.; Dobrowolska-Iwanek, J. Phosphorus solubilization by *Bacillus* species. Molecules, 23, 2897, 2010. doi:10.3390/molecules23112897

Santos, B. M. S.; Silva, M. S. R. A.; Chávez, D. W. H.; Rigobelo, E. C. Genetic and nutritional diversity of *Bacillus subtilis* isolates demonstrating different aspects related to plant growth promotion. Australian Journal of Crop Science, 14(5), 880-888, 2020.

Saxena, A. K.; Kumar, M.; Chakdar, H.; Anuroopa, N.; Bagyaraj, D. J. *Bacillus* species in soil as a natural resource for plant health and nutrition. Journal of Applied Microbiology, 128, 1583-1594, 2019.

SHAFI, J.; TIAN, H.; JI, M. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. Biotechnology & Biotechnological Equipment, Abingdon, v. 1, n. 1, p. 446-459, Apr. 2017.

SLEPECKY, Ralph A. et al. The genus *Bacillus* – nonmedical. In: Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer K. (eds): The Prokaryotes. A Handbook of the Biology of Bacteria. Springer Science + Business Media, New York: p. 530–555, 2006.

Capítulo 7



10.37423/230908247

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO NA PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO DA CEBOLA

Valfran José Santos Andrade

Universidade Federal de Sergipe

Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Universidade Federal de Sergipe

Rychardson Rocha de Araujo

Universidade Federal de Sergipe

Wellington Gonzaga do Vale

Universidade Federal de Sergipe

Adilson Machado Enes

Universidade Federal de Sergipe

Silvestre Rodrigues

Federal de São João del-Rei

Diego Andrade Pereira

Universidade Federal de Sergipe

Eduardo José dos Santos

Universidade Federal de Sergipe

Flávia de Jesus Lima

Universidade Federal de Sergipe

José Inácio Santos Cunha

Universidade Federal de Sergipe

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação das lâminas de irrigação e doses de potássio na produção e eficiência do uso da água no cultivo da cebola na bacia do rio Poxim, São Cristóvão – SE. Nessa região o solo é classificado como sendo Argissolo Vermelho-Amarelo, distrófico típico e clima tropical chuvoso com médias anuais que chegam a 1.200 mm por ano. Para preparação do solo foram realizadas operações de aração e gradagem, posteriormente elaborados os canteiros que receberam as sementes e mudas. O experimento foi disposto em faixas e subdivididos num esquema fatorial 5 x 4 com quatro repetições, sendo 5 lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura) e 4 doses de adubação potássica (80, 160, 240 e 320 kg ha⁻¹). Após a colheita foram determinadas as produtividades total e comercial dos bulbos, bem como a massa média comercial, matéria seca de bulbos comerciais e a eficiência no uso da água. As máximas produtividades total e comercial de bulbos de cebola foram encontradas com lâminas de irrigação estimadas em 722,5 e 715,91 mm, correspondendo a 24,39 e 17,92 t ha⁻¹ de bulbos de cebolas, respectivamente. Não houve efeito significativo da fertilização potássica nas produtividades total e comercial de bulbos. A eficiência do uso da água para produtividade total foi estimada em 42,37 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na dose de 80 kg de fertilização potássica e lâmina de 603,20 mm. A eficiência do uso da água para produtividade comercial foi estimada em 34,04 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na dose de 80 kg de fertilização potássica e lâmina de irrigação de 603,20 mm.

Palavras-chave: *Allium cepa*, déficit hídrico, evapotranspiração da cultura, gotejamento, texas early grano 502.

1 INTRODUÇÃO

O alimento faz parte de uma das necessidades de todos os seres humanos, precisando ser seguro e ter uma boa qualidade nutricional. A cebola (*Allium cepa* L.) é uma hortaliça que faz parte da alimentação de muitos brasileiros. É cultivada por pequenos e grandes agricultores em várias regiões do Brasil, proporcionando renda para todos aqueles envolvidos na atividade. Ela tem uma grande importância socioeconômica, sendo a terceira hortaliça mais difundida no Brasil e no mundo, ficando atrás apenas do tomate e da batata (FIGUEIREDO et al., 2014).

A área total cultivada no mundo em 2018 foi de 5,04 milhões de hectares, produzindo 96,77 milhões de toneladas de cebolas, com um rendimento médio de $19,2 \text{ t ha}^{-1}$. A China é o principal produtor de cebola do mundo, responsável por 25,6% da produção em 2018, seguido da Índia (22,8%) e Estados Unidos (3,4%). O Brasil foi o décimo segundo maior produtor mundial com 1,6% da produção (FAO, 2018).

Em 2019 no Brasil, a produção foi de 1,56 milhões de toneladas de bulbos de cebola, em 48,7 mil hectares de área plantada, proporcionando uma produtividade média nacional de $32,3 \text{ t ha}^{-1}$. Sendo a região Sul a principal produtora de cebola do país com uma produção de 683,6 mil toneladas, em 28,2 mil hectares de área plantada, com média de $24,4 \text{ t ha}^{-1}$, seguida das regiões Sudeste e Nordeste. As regiões Sudeste e Nordeste com uma produção de 373,4 e 315,1 mil toneladas, em 8,1 e 9,5 mil hectares, com média de $46,1$ e $34,4 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. No Nordeste, Bahia e Pernambuco são os dois estados que se destacam como os maiores produtores de cebola da região com uma produção de 242,8 e 53,0 mil toneladas, em 6,2 e 1,8 mil hectares de área plantada, com média de $40,9$ e $29,6 \text{ t ha}^{-1}$ (IBGE, 2019).

A cultura da cebola necessita, frequentemente, de irrigações, pois é sensível ao déficit hídrico. Esta apresenta raízes superficiais, demandando boa disponibilidade de água no solo. Desta maneira, o controle da irrigação é imprescindível, estando diretamente correlacionado com as necessidades hídricas da cultura. Devido a grande preocupação com a questão da conservação da água, procura-se atualmente aplicar o método de irrigação localizada, irrigação por gotejamento, sendo um método bastante eficiente (BISPO et al., 2017).

Atualmente há uma preocupação muito grande dos pequenos e grandes agricultores em modernizar os sistemas de irrigação a fim de conservar a água, aplicando-a de maneira mais uniforme. Em que o avanço na engenharia de irrigação trouxe métodos mais eficazes, como a irrigação por gotejamento,

permitindo aplicar a água de acordo com as necessidades da cultura. Junto com as inovações tecnológicas no campo vieram resultados positivos como melhorias na uniformidade de aplicação e horários de irrigação adequados, buscando uma maior eficiência da irrigação (MATEOS, ARAUS, 2016).

A água é um componente indispensável para todos os seres vivos que habitam o planeta Terra. A alternância entre intervalos secos e úmidos no meio ambiente torna a água um recurso ainda mais valioso. A falta desta em algumas áreas geram impactos econômicos, sociais e ambientais negativos. Sendo assim, a escassez de água pode ser entendida como a intensificação da exploração de recursos hídricos, acima do que é disponível na natureza. E sua importância na agricultura não é diferente, devendo atender as necessidades da cultura (PEDRO-MONZONÍS et al., 2015).

A cebola, como qualquer outra hortalixa, responde muito bem aos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) presentes no solo. Os nutrientes proporcionam grandes produtividades de bulbos com um grau de qualidade muito satisfatório para a comercialização. Mas, o solo nem sempre oferece os nutrientes adequados às determinadas culturas, precisando ser repostos por meio de adubações orgânicas e/ou minerais.

O fertilizante é usado na produção agrícola para diminuir as necessidades do solo com relação a alguns nutrientes. Sendo que, qualquer falta de nutrientes no solo pode comprometer toda ou parte da produção da cultura. O potássio (K) é um destes nutrientes, indispensável na cultura da cebola. Este exerce uma função essencial nos processos metabólicos das plantas, como síntese, transporte e armazenamento de fotoassimilados (MARROCOS et. al., 2018). Mas a fertilização potássica na cultura da cebola nem sempre tem respostas significativas, mesmo sendo o nutriente presente em maior quantidade nos bulbos. A quantidade de adubo potássico necessário na cultura da cebola varia em função da situação do solo e do clima da região.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de lâminas de irrigação e doses de potássio na produção e eficiência do uso da água no cultivo da cebola na bacia do rio Poxim, São Cristóvão – SE, estimando as produtividades total e comercial de bulbos de cebola e determinando a eficiência do uso da água e doses de potássio que proporcionem maiores produtividades de bulbos de cebola.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe, localizado nas coordenadas 10°55'S e 37°11'O no município de São Cristóvão– Sergipe (Figura 1). A altitude do local

em relação ao nível médio dos mares é de 18 metros. Segundo a classificação Köppen, a região apresenta clima As', tropical chuvoso com verão seco e pluviometria em torno de 1.200 mm anuais, com chuvas concentradas entre os meses de abril a setembro (ALVARES et. al., 2013). Esta região possui um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, distrófico típico (PEDROTTI, 2019).

Figura 1: Localização do Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Fonte: Autor (2021)

Foram coletadas 20 amostras simples de solo no local do experimento na profundidade de 0 - 20 cm e enviadas 1 amostra composta para análise química e física no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS. Os parâmetros químicos do solo podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Análise química do solo utilizado no experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Parâmetros	Valor	Unidade
pH em água	6,09	-
Cálcio + Magnésio	1,76	cmolc dm ⁻³
Cálcio	1,18	cmolc dm ⁻³
Alumínio	<0,08	cmolc dm ⁻³
Matéria Orgânica	11,6	g dm ⁻³
Magnésio	0,58	cmolc dm ⁻³
Fósforo	32,10	mg dm ⁻³
Sódio	6,00	mg dm ⁻³
Potássio	30,20	mg dm ⁻³
Hidrogênio + Alumínio	0,857	cmolc dm ⁻³
Soma de Bases Trocáveis (SB)	1,87	cmolc dm ⁻³
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	2,73	cmolc dm ⁻³
Porcentagem de Sódio Trocável (PST)	0,95	%
Índice de Saturação de Bases (V)	68,5	%

Fonte: Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, Aracaju, 2019.

A partir dos resultados da análise química do solo, foi feita a calagem para a cultura da cebola, a recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe (SOBRAL *et al.*, 2007), a necessidade de calcário foi determinada pelo método de saturação por bases.

O solo analisado é composto por mais de 70% de areia, sendo classificado como um solo franco arenoso, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Granulometria, classificação textural e especificação do solo - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Granulometria (%)			Classe textural	Especificação
Areia	Silte	Argila		Tipo de solo
71,85	12,05	16,10	Franco arenoso	2

Fonte: Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, Aracaju, 2019.

O fertilizante utilizado no fornecimento de doses diferenciadas de potássio foi o cloreto de potássio (KCl). Foram aplicadas ainda, em atendimento as exigências nutricionais da cultura, 120 kg ha⁻¹ de P2 O5 (Superfosfato simples, 666,67 kg ha⁻¹) e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio na composição de sulfato de amônia (400 kg ha⁻¹). A aplicação do superfosfato simples foi realizada em dose única para todos os canteiros antes do transplantio. Já o sulfato de amônia e o cloreto de potássio foram divididos em duas doses iguais, correspondente a 50% do total da recomendação e variando conforme o tratamento. Estes fertilizantes foram distribuídos a lanço nos canteiros com 10 dias e 45 dias depois do transplantio das mudas.

A cultivar da cebola utilizada foi a Texas Early Grano 502 que é uma das principais cultivares recomendadas para o Nordeste Brasileiro, adaptando-se muito bem a região. Esta cultivar, com sementes importadas do Texas, EUA e Chile, é cultivada no Vale do São Francisco desde 1979. Possui um sabor suave, bulbo com aparência de um pão, bastante uniforme e coloração amarelo claro. O ciclo da cultura é de 100 a 120 dias. A cultivar é bastante vulnerável a algumas doenças como a mancha púrpura, o mal-de- sete-voltas e a raiz rosada (COSTA; RESENDE, 2007).

No preparo de solo da sementeira, inicialmente foi realizada a aração, invertendo assim as camadas de solo. Logo depois foi realizada a gradagem para nivelar a área. Após a aração e gradagem foram adicionados ao solo o calcário dolomítico e o esterco de gado (adubo orgânico). A adubação orgânica foi realizada na medida de 20 t ha⁻¹. E o calcário 314 kg ha⁻¹, adicionado para elevar a saturação por bases a 80%. Posteriormente foram preparados os canteiros com encanteirador mecânico (enxada rotativa), na altura de 20 cm e largura de 120 cm.

As sementes de cebola Texas Early Grano 502 foram distribuídas nas sementeiras em sulcos. A profundidade dos sulcos foi de 0,5 cm e espaçados 15 cm. Cada sulco tinha 120 cm de comprimento. Foram distribuídas igualmente 100 sementes por sulco.

Logo depois da semeadura, os sulcos foram cobertos com solo peneirado e revestidos com palha de coqueiro. As palhas de coqueiro foram removidas da sementeira depois de transcorridos 7 dias. Nesta fase foi realizada a irrigação por microaspersão, 2 vezes ao dia com duração de 20 minutos para manter a umidade do solo.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio da capina manual, semanalmente.

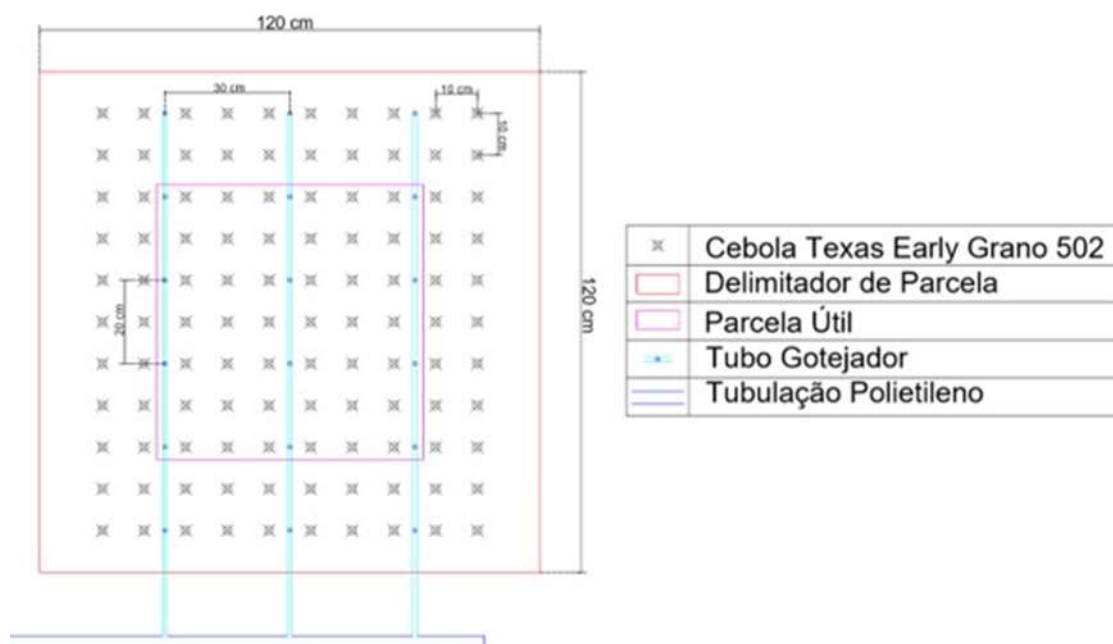
Na área definitiva de implantação do experimento foi realizado também o preparo de solo com aração e gradagem. Foram adicionados ao solo o calcário e o esterco (adubo orgânico). Os canteiros definitivos foram preparados e posteriormente, foi montado o sistema de irrigação por gotejamento.

O delineamento do experimento utilizado foi em blocos casualizados no esquema fatorial 5 x 4 com 4 repetições. Sendo o primeiro fator cinco lâminas de irrigação ($W1 = 50\%$, $W2 = 75\%$, $W3 = 100\%$, $W4 = 125\%$, $W5 = 150\%$ em relação a ET_c), e o segundo fator quatro doses de potássio ($K1 = 80$, $K2 = 160$, $K3 = 240$, $K4 = 320$ kg de K_2O ha⁻¹).

De acordo com o manual de adubação para o Estado de Sergipe e análise de solo a exigência da cultura para a adubação potássica é de 160 kg de K_2O /ha se fornecido na forma de cloreto de potássio corresponde a 266,66 kg/ha. A definição das doses da adubação potássio foi de acordo com as percentagens de $k1 = 50\%$, $K2 = 100\%$, $K3 = 150\%$ e $K4 = 200\%$ da exigência da recomendada para cultura da cebola.

As parcelas tiveram dimensões de 120 cm de largura por 120 cm de comprimento cada uma. A parte considerada útil na parcela foi de 60 cm x 60 cm, ou seja, a parte central da parcela, contendo ao todo 42 plantas (Figura 2).

Figura 2: Parcela experimental com detalhes da área útil e o sistema de irrigação por gotejamento implantado (Layout da parcela) - São Cristóvão - SE, UFS, 2021a



Fonte: Autor (2021)

O sistema de irrigação nos canteiros definitivos era composto de tubos gotejadores de 16,1 mm, com vazão dos emissores de 2,1 L h⁻¹ espaçados entre si em 20 cm. Em cada canteiro foram montadas três linhas gotejadoras com espaçamento entre elas de 30 cm. As linhas de tubos gotejadores foram conectadas a uma tubulação de derivação de polietileno de 25 mm e no início de cada uma delas foi instalado um registro de linha de mesmo diâmetro. De acordo com as orientações do fabricante dos tubos gotejadores e a faixa de pressão sugerida por Marouelli, Braga e Andrade Junior (2012), a pressão de serviço de operação foi mantida em 100 KPa. Já o fornecimento d'água à linha de derivação era feito através de um cavalete que continha um manômetro analógico para aferir a pressão de serviço, um filtro de disco 32 mm para evitar entupimento dos emissores e um registro de gaveta para regular a pressão.

As lâminas de irrigação para cada um dos tratamentos foram determinadas através de diferentes tempos de funcionamento das linhas de tubos gotejadores. Esse tempo foi determinado através da Equação 1:

$$T = \frac{Li \times Eg \times EL}{q} \quad (1)$$

Onde T é o tempo (h) de irrigação para cada tratamento; L_i é a lâmina de irrigação para cada tratamento (mm); E_g é o espaçamento entre gotejadores; E_L é o espaçamento entre linhas; e q é a vazão média dos gotejadores ($L\ h^{-1}$).

Para as lâminas de irrigação foram utilizados dados meteorológicos da estação meteorológica E5000 da Irriplus, situada a 27 metros do local. Os parâmetros meteorológicos utilizados para estimar a evapotranspiração de referência diária foram: umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade do vento, radiação solar e precipitação. Foi utilizado um software livre chamado de ET0 Calculator, disponibilizado pela FAO. Este software baseia-se no método de Penman-Monteith-FAO para determinar a Evapotranspiração de Referência diária.

A partir da evapotranspiração de referência foi possível encontrar a lâmina líquida, multiplicando-a pelo coeficiente da cultura da cebola (K_c), que foram proposto pelos autores Marouelli, Costa e Silva (2005), usando irrigação por gotejamento na região do semiárido. Os valores do K_c para a cultura da cebola utilizados foram 0,60, 0,80, 0,95 e 0,65.

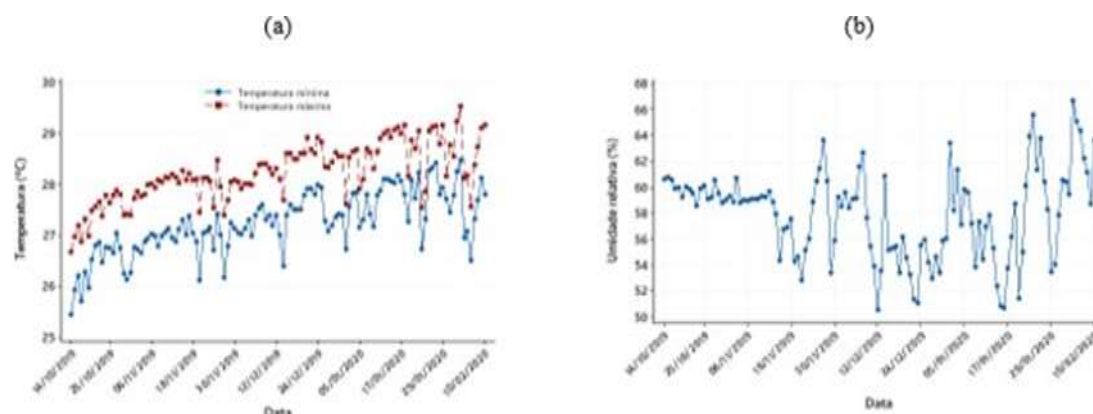
O transplântio das mudas ocorreu depois de decorridos 36 dias da semeadura. Foram utilizados dois gabaritos de madeira e parafusos para uniformizar o espaçamento de 10 cm. Estes foram pressionados ao solo (canteiro) dando origem a pequenos furos, garantindo assim o espaçamento correto. Depois de marcados os espaçamentos corretamente foram realizados o transplântio manualmente das mudas de cebolas Texas Early Grano 502.

As cebolas Texas Early Grano 502 foram colhidas quando mais de 70% das plantas estavam em fase de estalo (tombamento). Logo após a colheita, as cebolas ficaram em processo de cura por 15 dias, 3 dias ao sol e 12 dias à sombra, em local ventilado (RESENDE, COSTA, YURI, 2018). Em seguida foi efetuado o corte das raízes e da parte aérea.

O experimento iniciou com a semeadura no dia 14/10/2019, sendo usadas sementes da cultivar Texas Early Grano 502. Já o transplântio, aconteceu no dia 19/11/2019. E a colheita foi realizada no dia 10/02/2020. O ciclo da cultura total, da semeadura até a colheita, foi de 120 dias.

A temperatura média diária durante todo o experimento foi de 27,84 °C, as mínimas permaneceram entre 25,45 e 28,47 °C e as máximas entre 26,68 e 29,53 °C. As temperaturas diárias mínimas e máximas ocorridas durante o experimento podem ser observadas na Figura 3a. As umidades relativas diárias médias durante todo o experimento ficaram entre 50,54 e 66,67 %, com valor médio de 57,94, como pode ser observado na Figura 3b.

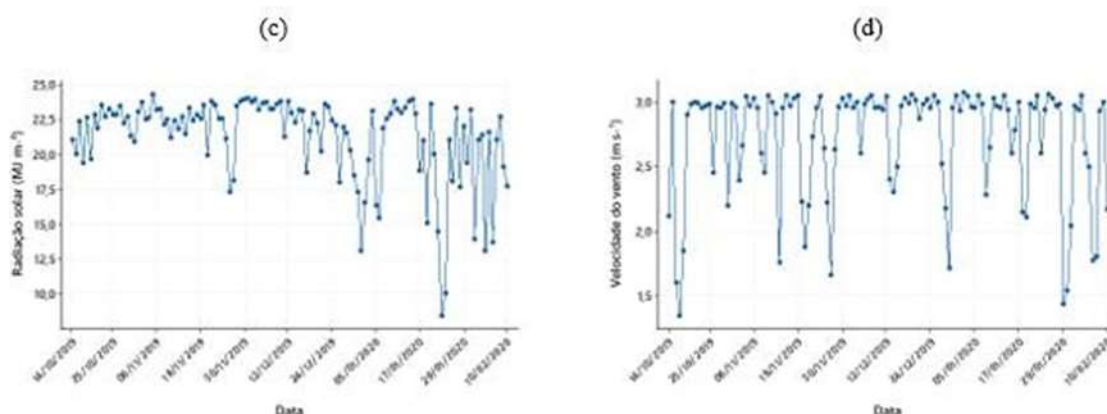
Figura 3: Temperaturas diárias mínimas e máximas, e umidades relativas médias diárias ocorridas durante o experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Na Figura 4c foram representadas as médias diárias da radiação solar ocorridas durante o experimento. Foi possível observar que as médias diárias da radiação solar ficaram entre 8,51 e 24,3 MJ m⁻², com valor médio de 21,29 MJ m⁻².

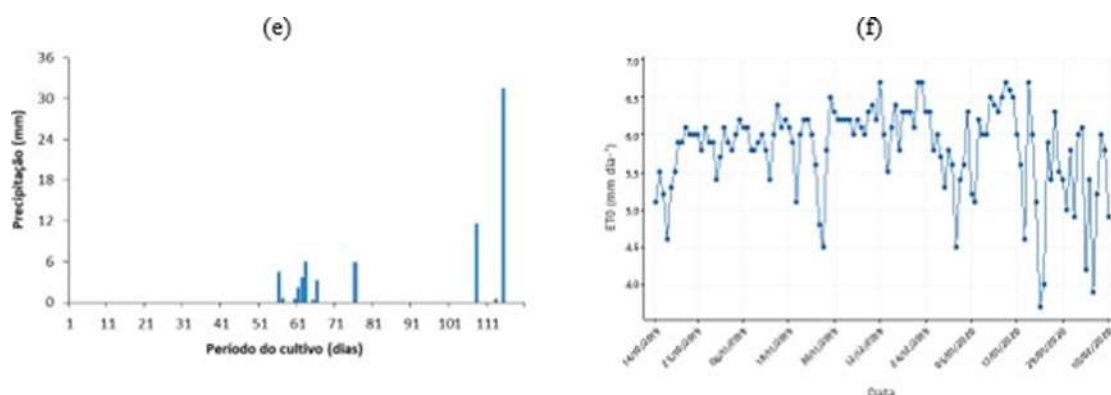
As médias diárias da velocidade do vento ocorridas durante o experimento ficaram entre 1,35 e 3,07 m s⁻¹, com valor médio de 2,73 m s⁻¹, como podem ser visto na Figura 4d.

Figura 4: Médias diárias da radiação solar e velocidade do vento durante o experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Os valores diários de precipitação coletados em campo durante o experimento podem ser observados na Figura 5e. Observou-se que a maior precipitação (31,4 mm) aconteceu quando a cultura da cebola estava na fase final do processo, fase de maturação. A média da Evapotranspiração de Referência (ET_o) durante todo o período do experimento foi de 5,8 mm, como pode ser observado na Figura 5f. O valor mínimo de evapotranspiração diária de 3,7 mm foi percebido aos 102 dias e o valor máximo de 6,7 mm aos 60, 70, 71, 93 e 99 dias após semeadura.

Figura 5: Precipitações ocorridas durante o experimento e Evapotranspiração de Referência (ET_o) estimada diariamente a partir do software ET_o Calculator da FAO, método Penman-Monteith - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Na fase de sementeira ou inicial a reposição da água do solo era feita de acordo com a fração de evapotranspiração da cultura. Essa reposição era feita diariamente, levando em consideração a evapotranspiração de referência (ET_o) do dia anterior e o coeficiente da cultura (K_c). A lâmina total aplicada nesta fase foi de 167,7 mm. Somente após o transplantio, foram aplicados os tratamentos de diferenciação para o fator lâmina, através de um sistema de gotejamento que durou até 10 dias antes da colheita, como pode ser observado na Tabela 3. A precipitação total ocorrida em todo o ciclo da cultura foi igual a 70,1 mm.

Tabela 3: Fração da evapotranspiração da cultura de cada tratamento, lâminas de irrigação inicial, precipitação e lâminas de irrigação distintas (gotejamento) após transplantio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fração da evapotranspiração da cultura (ET _c) %	—	Lâmina (mm)		
		Inicial	Precipitação	Gotejamento
L1 = 50		167,7	70,1	179,2
L2 = 75		167,7	70,1	271,4
L3 = 100		167,7	70,1	365,4
L4 = 125		167,7	70,1	461,6
L5 = 150		167,7	70,1	559,4
				Total
				417,0
				509,2
				603,2
				699,4
				797,2

As informações coletadas foram submetidas ao teste de normalidade e seguidamente a análise de variância. As variáveis foram analisadas pelo teste de Tukey e regressão aos níveis de 1e 5% de probabilidade. Foi utilizado o software estatístico R (R Core Team, 2019) para as variáveis analisadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a análise de variância (Tabela 5) para produtividade total de bulbos foi possível observar efeito significativo ao nível de 1 % de probabilidade sobre o fator lâminas de irrigação, enquanto para o fator dose de potássio e interação não foram observadas diferenças significativas.

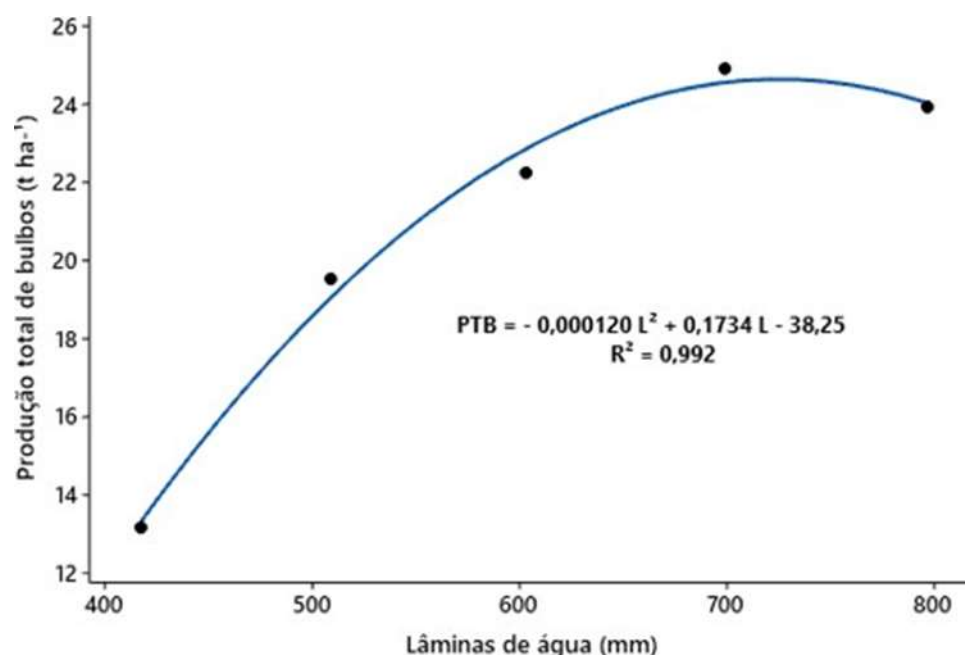
Tabela 5: Análise de variância para produtividade total de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	81,86	27,287	1,71	0,176 ^{NS}
Lâmina	4	1426,69	356,671	22,30	0,001**
Dose	3	29,77	9,924	0,62	0,605 ^{NS}
Lâmina x Dose	12	316,67	26,390	1,65	0,104 ^{NS}
Erro	57	911,84	15,997		
Total	79	2766,83			
CV (%)	19,28				
Média geral	20,7				

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Notou-se na Figura 6, que a máxima produtividade foi encontrada na lâmina de 722,50 mm, com 24,39 t ha⁻¹. Bispo et al. (2017), estudando o desempenho de cinco cultivares de cebola irrigada por gotejamento submetidas a diferentes tensões de água no solo, no município de Juazeiro – BA, obtiveram valores na produtividade para as cultivares Atacama (29,17 t ha⁻¹), 1206 (29,44 t ha⁻¹) e predileta (31,26 t ha⁻¹), semelhantes ao encontrado nesse trabalho. Barreto (2015), avaliando a produtividade e qualidade de bulbos de cebola em função de lâminas de irrigação e doses de potássio utilizando o sistema de irrigação por gotejamento, no município de Lavras – MG encontrou valor de produtividade superior a conseguida nesse trabalho. Os resultados encontrados ficaram abaixo da média nacional 32,30 t ha⁻¹ e também abaixo da média da região nordeste com 34,40 t ha⁻¹ (IBGE, 2019). Observou-se nesse trabalho uma resposta polinomial quadrática para produtividade total de bulbos em função das diferentes lâminas de água, comportamento condizente com Vilas Boas (2014). As lâminas de irrigação que ficaram abaixo ou acima do ponto de inflexão proporcionaram queda na produtividade total de bulbos.

Figura 6: Produtividade total de bulbos de cebola em função da lâmina de água - São Cristóvão - SE, UFS, 2021.



De acordo com Costa e Resende (2007), no Nordeste brasileiro a produtividade pode variar de 15 a 40 t ha⁻¹, dependendo dos tratamentos culturais e da localidade. Segundo Pinto et al. (2016), as cebolas quando semeadas no segundo semestre, na região nordeste do Brasil, apresentam queda de 40% na produtividade, dependendo das condições climáticas. As citações destes autores corroboram com o baixo rendimento encontrado na produtividade da cebola do presente trabalho de pesquisa.

A partir dos dados obtidos nesta pesquisa, foi possível verificar um aumento linear da produtividade de bulbos com o acréscimo na lâmina de água de 50, 75 e 100% da ET_c, percebendo-se valores de 13,13, 19,51 e 22,23 t ha⁻¹. Comportamento condizente aos obtidos por Bispo et al. (2017), quando os mesmos relatam que a redução da disponibilidade de água no solo provoca diminuição na produtividade da cebola.

Baptistini et al. (2018), em experimento realizado na Universidade Federal de Viçosa, pesquisando a produtividade da cebola em relação às lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, verificaram que a lâmina de água que proporcionou maior produtividade total de bulbos de cebola foi aquela correspondente a 150% da evapotranspiração da cultura (450 mm), obtendo uma produtividade total de 59,40 t ha⁻¹, no sistema de irrigação por gotejamento da cultivar híbrido Aquarius. Estes resultados foram superiores aos obtidos no presente estudo em que a maior produtividade total de bulbo de cebola (24,39 t ha⁻¹) foi obtida para uma lâmina de irrigação de 722,50 mm.

Bispo et al. (2018), analisando a produtividade da cebola sob diferentes manejos de irrigação por gotejamento, em Juazeiro – BA, obtiveram o valor máximo para a produtividade total de bulbos 36,7 t ha⁻¹ na lâmina total de irrigação de 521,3 mm. O baixo rendimento encontrado na produtividade em São Cristóvão – SE, tem como possível fator responsável, o clima, segundo o autor.

Bispo et. al. (2017), cultivando cinco cultivares de cebola, irrigadas por gotejamento, em Juazeiro – BA, observaram que as cultivares avaliadas tiveram melhores desempenho agrônômico na maior lâmina de água de 417,42 mm, com a produtividade total afetada significativamente pelos tratamentos impostos, destacando que não atingiu o ponto de inflexão da curva para o fator lâmina de água, divergindo do presente estudo, onde o máximo da produtividade foi obtida com o emprego da lâmina de 722,50 mm da evapotranspiração da cultura.

Em concordância com a análise de variância (Tabela 6) para produtividade comercial de bulbos foi possível observar efeito significativo ao nível de 1 % de probabilidade sobre o fator lâminas de irrigação, enquanto para o fator dose e interação não foram observadas diferenças significativas.

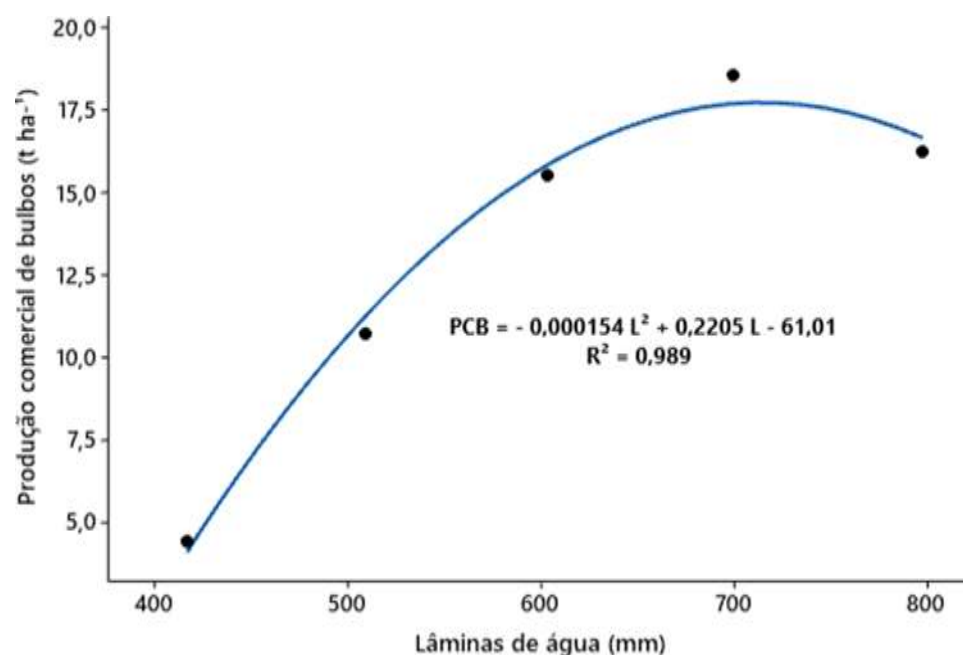
Tabela 6: Análise de variância para produtividade comercial de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	147,4	49,14	1,35	0,268 ^{NS}
Lâmina	4	2032,5	508,13	13,93	0,001 ^{**}
Dose	3	199,6	66,52	1,82	0,153 ^{NS}
Lâmina x Dose	12	642,0	53,50	1,47	0,164 ^{NS}
Erro	57	2079,4	36,48		
Total	79	5100,9			
CV (%)	46,1				
Média geral	13,1				

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Observou-se na Figura 7, que a máxima produtividade comercial de bulbos foi encontrada na lâmina de 715,91 mm, com 17,92 t ha⁻¹. Esses resultados corroboram com os obtidos por Ferreira et al. (2017), ao testarem variações de 60 a 120% da ETc nas lâminas, evidenciaram aumento do diâmetro do bulbo e produtividade comercial, com o aumento da lâmina.

Figura 7: Produtividade comercial de bulbos de cebola em função das lâminas de água - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Carvalho, Ribeiro e Gomes (2018), avaliando o efeito de diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura morta sobre a produtividade e qualidade comercializáveis de bulbos de cebola, no município de Seropédica – RJ, em um Argissolo Vermelho Amarelo, observaram que a produtividade comercial de bulbos de cebola foi influenciada pelas lâminas de irrigação (0, 22, 45, 75 e 100% da ETc), independentemente da cobertura do solo, obtendo um efeito linear positivo. O incremento das diferentes lâminas proporcionou produtividades comerciais de 7,60, 17,10, 26,30, 30,40 e 32,00 t ha⁻¹, na ausência de cobertura morta. No presente trabalho o aumento da produtividade comercial também foi linear de 50 a 100% da ETc, na ausência de cobertura morta, num Argissolo Vermelho Amarelo, mas com produtividades (4,41, 10,73 e 15,52 t ha⁻¹) inferiores as encontradas pelos autores.

Segundo Bispo et. al. (2017), a produtividade comercial das cultivares Atacama, 1206, Predileta, Serena e Vale Ouro IPA-11 apresentaram valores de produtividade acima de 29 t ha⁻¹ na tensão limite de água no solo de 20 KPa. No entanto, com a elevação da tensão limite de água no solo para 40 e 50 KPa as cultivares apresentaram valores abaixo de 26 t ha⁻¹. Ainda, de acordo com Bispo et. al. (2017), a elevação da tensão limite pode afetar negativamente a qualidade comercial dos bulbos de cebola.

Vilas Boas et al. (2016), analisando o efeito de tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 KPa) sobre a produtividade de cebola, submetidas a irrigação por gotejamento, em Lavras – MG, visando à obtenção de plantas de cebolas mais produtivas e bulbos maiores, encontraram maiores valores de produtividade de bulbos comerciais para as cultivares Optima F1 (42,78 t ha⁻¹) e Alfa Tropical (33,48 t

ha⁻¹), na tensão de 15 KPa, correspondendo a uma lâmina total de água de 615,2 mm. O presente trabalho obteve uma produtividade de 16,27 t ha⁻¹ para a mesma lâmina de irrigação (615,2 mm), valor inferior 61,97 e 51,40% em relação as cultivares Optima F1 e Alfa tropical, respectivamente.

A análise de variância não identificou diferença significativa em relação ao fator doses de potássio, para as características produtividade total e comercial de bulbos, mas várias pesquisas mostram que a produtividade total e comercial de bulbos de cebola é fortemente dependente da aplicação apropriada de potássio. Marrocos et al. (2018), estudando adubação potássica para otimização da produção de cebola, em Mossoró – RN, perceberam que a adubação potássica que promoveu aumento na produtividade total e comercial foi na dose de 180 kg ha⁻¹. Já Resende (2018), avaliando os efeitos de doses de potássio sobre a produtividade e armazenamento pós-colheita de bulbos, em Petrolina- PE, obteve como resultado a dose de potássio de 144 kg ha⁻¹, promovendo maior produtividade de bulbos de cebola.

Na análise de variância para massa média de bulbos comerciais, Tabela 7, verificou-se uma diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para o fator lâmina e interação em nível de 5% de probabilidade. Não foram observadas diferenças significativas para o fator dose de potássio a 1% de probabilidade.

Tabela 7: Análise de variância para massa média de bulbos comerciais de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	16,56	5,521	0,30	0,824 ^{NS}
Lâmina	4	1237,98	309,496	16,94	0,001**
Dose	3	32,66	10,888	0,60	0,620 ^{NS}
Lâmina x Dose	12	484,74	40,395	2,21	0,023*
Erro	57	1041,26	18,268		
Total	79	2813,20			
CV (%)	11,47				
Média geral	37,25				

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Para a massa média de bulbos de cebola apresentados na Tabela 8, foi possível observar que a elevação da lâmina de irrigação afetou positivamente a massa média dos bulbos. As maiores massas médias foram observadas na lâmina de 797,2 mm (150% da ETc), para as doses de 80, 160, 240 e 320 kg ha⁻¹, equivalente a 50%, 100%, 150% e 200% da dose recomendada para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe, com uma massa média de 46.49, 43.26, 39.84 e 41.61 g bulbo⁻¹.

Bispo et. al. (2018), avaliando a produtividade da cebola sob diferentes manejos de irrigação encontraram valores superiores para massa média de bulbos, 70,8 g bulbo⁻¹ para a irrigação efetuada com base na Evapotranspiração da cultura obtidas pelo método Penman-Monteith.

Tabela 8: Massa média de bulbos comerciais de cebola em função das diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021 Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais na linha, não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Lâmina (mm)	Massa média de bulbos comerciais (g bulbo ⁻¹)			
	Doses de potássio (kg ha ⁻¹)			
	80	160	240	320
417	30,88 Ab	28,00 Ab	29,80 Ab	34,90 Aab
509,2	35,38 ABb	40,66 Aa	37,25 ABab	30,99 Bb
603,2	39,30 Aab	35,86 Aab	33,46 Aab	39,65 Aa
699,4	38,21 Aab	39,73 Aa	41,09 Aa	38,73 Aab
797,2	46,49 Aa	43,26 Aa	39,84 Aa	41,61 Aa

A massa média de bulbos comerciais variou significativamente, conforme a interação das lâminas e doses (Tabela 8), ratificando a grande importância de fazer uma adequada irrigação e nutrição da planta, dentre tantos outros fatores de produção. A maior massa média de bulbos foi observada na lâmina de 797,2 mm (150%), sendo que tal característica apresentou diferença entre as doses apenas para a lâmina de 509,2 mm. Kumar et al. (2007), analisando a resposta da cebola a diferentes níveis de água de irrigação, no município de Abohar - Punjab, na Índia, evidenciaram em seus estudos que a massa média de bulbos comerciais é influenciada positivamente pela elevação da lâmina de água aplicada, sendo que no ano de 2004 e 2005 as médias foram de 29,09 a 51,05 g bulbo⁻¹ e 30,69 a 52,12 g bulbo⁻¹. De acordo com os autores a alta porcentagem de bulbos de tamanho pequeno, de menor peso, foi devido à redução de água aplicada, fato condizente com o presente estudo.

Analisando a interação dos fatores lâminas de água e doses de potássio (Tabela 8), foi possível observar o crescimento da massa média comercial de bulbos nas menores adubações e maiores lâminas. Barreto (2015) encontrou diferença significativa em nível de 1% apenas em relação ao fator lâminas de água, mostrando comportamento linear, com aumento na massa média comercial de bulbos influenciada pelo acréscimo das lâminas de água. O autor não encontrou efeito significativo para o fator doses de potássio, nem para a interação (lâmina x dose) sobre a massa média comercial de bulbos.

Foi observado na interação lâmina de irrigação x dose de potássio (Tabela 8) um aumento na massa média comercial de bulbos nas doses de potássio de 80, 160, 240 e 320 kg ha⁻¹, originada pelo

acréscimo das lâminas de irrigação. Vilas Boa et al. (2016), avaliando o efeito de tensões da água no solo sobre a produção, classificação, teor de matéria seca e massa média de bulbos comerciais de duas cultivares de cebola, híbrida Optima F1 e não híbrida Alfa Tropical, irrigadas por gotejamento, observaram que a redução da massa média comercial de bulbos foi provocada pelo aumento da tensão de água no solo, ou seja, na tensão de 15 KPa (umidade do solo próximo da capacidade de campo), 25, 35, 45, 60 e 75 kPa, a massa média foi de 126,4, 118,4, 110,4, 102,4, 90,4 e 78,4 g bulbo⁻¹, respectivamente. Os autores relataram comportamentos semelhantes ao encontrado no presente estudo, referente à redução da massa média comercial de bulbos em função do decréscimo das lâminas de água.

A menor massa média de bulbos comerciais (28,00 g bulbo⁻¹) foi alcançada quando aplicada uma adubação potássica de 160 kg ha⁻¹ com uma lâmina de irrigação de 417 mm (50%). Além disso, mesmo com o fornecimento de 160 kg ha⁻¹ de potássio, mas com aplicação de uma lâmina de irrigação de 797,2 mm (150%), foi possível alcançar a segunda maior massa média do experimento (43,26 kg ha⁻¹). Bispo et. al. (2017), avaliando o desenvolvimento de cultivares de cebola irrigada por gotejamento, submetidas a tensões de água no solo, em Juazeiro – BA, observaram que a massa média dos bulbos foi afetada negativamente pela elevação da tensão de água no solo, a cultivar Predileta apresentou a maior média geral sob 20 KPa e a menor média ao 50 KPa, mostrando sua sensibilidade ao estresse hídrico, corroborando com o presente estudo.

Na análise de variância para o teor de matéria seca de bulbos, Tabela 9, observou-se uma diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade com relação para os fatores lâmina e dose. Não foram observadas diferenças significativas para a interação entre fatores até 5% probabilidade.

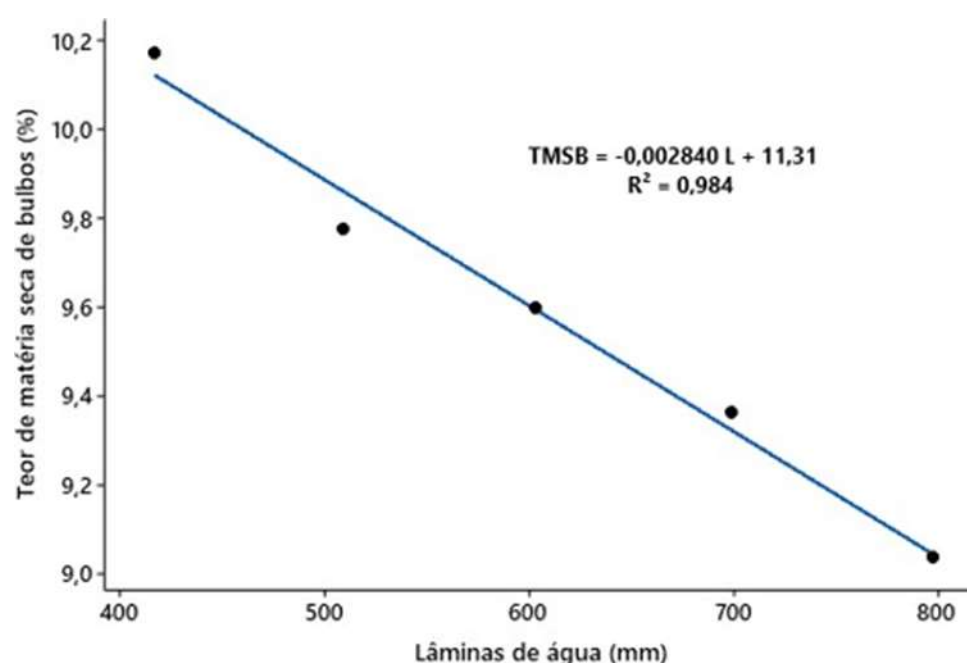
Tabela 9: Análise de variância para teor de matéria seca de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,591	0,5303	0,80	0,500 ^{NS}
Lâmina	4	11,868	2,9670	4,47	0,003**
Dose	3	17,001	5,6670	8,54	0,001**
Lâmina x Dose	12	1,783	0,1486	0,22	0,997 ^{NS}
Erro	57	37,831	0,6637		
Total	79	70,074			
CV (%)	8,49				
Média geral	9,59				

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

As médias dos teores de matéria seca de bulbos se adequaram ao modelo de regressão linear, apresentando um comportamento decrescente com o aumento das lâminas de água no solo, TMSB em função das lâminas de água, com valor máximo considerado de 10,13% na lâmina 417,0 mm, com teores de matéria seca variando de 9,03 a 10,18%, como observado na Figura 8. Segundo Shock, Feibert e Saunders (2000), a produção de matéria seca de bulbos de cebola é fortemente dependente da aplicação adequada de água. Já Bispo et al. (2018) observaram que para o teor de matéria seca não houve diferença estatística entre os tratamentos T1 (402,4 mm), T2 (509,3 mm) e T3 (521,3 mm), apresentando 9,7, 10,8 e 10,3%.

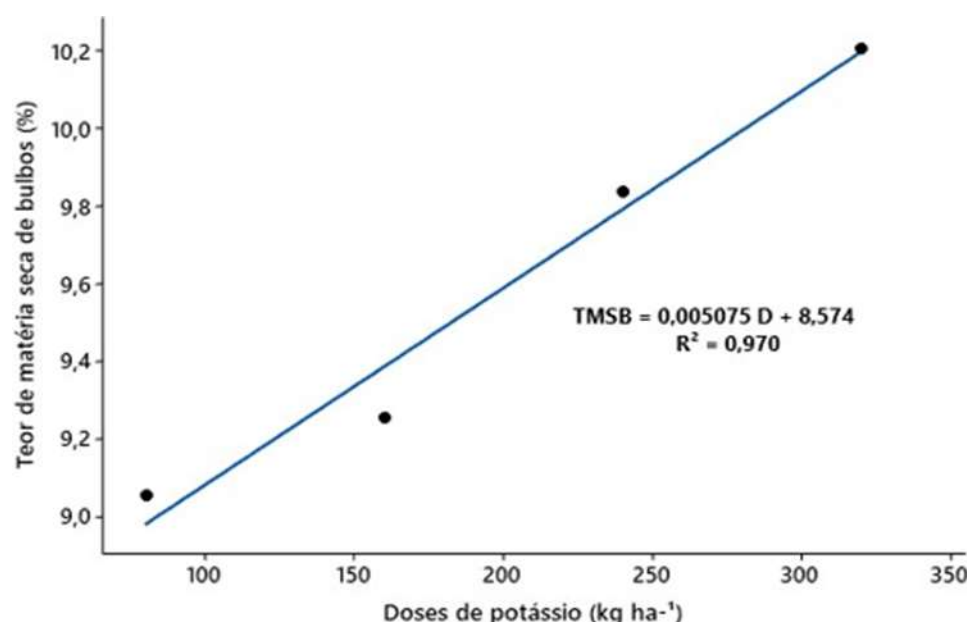
Figura 8: Teor de matéria seca de bulbos de cebola em função das lâminas de água - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Bispo et. al. (2017), pesquisando teor de matéria seca em diferentes cultivares de cebola irrigada por gotejamento, verificaram diferença significativa para interação entre os fatores em nível de 5% de probabilidade, as maiores médias foram da cultivar Vale Ouro IPA-11, que variaram de 10,4 a 13,3%, comparado as outras cultivares, mostrando que o fator genético de cada cultivar é o principal responsável pelas diferenças encontradas. De acordo com Vilas Boas et al. (2016), o teor de matéria seca em bulbos de cebola varia de acordo com o fator genético de cada cultivar. Os autores encontraram valores de matéria seca, Optima F1 (12,3%) e Alfa Tropical (14,3%), superiores ao encontrado no presente estudo, Texas Grano 502 (10,13%).

As variações ocorridas nos teores de matéria seca de bulbos em função das doses de potássio foram explicadas pela regressão linear, apresentando um comportamento crescente com o aumento das doses de potássio no solo, como pode ser observado na Figura 9. O valor máximo estimado de teor de matéria seca foi de 10,20% na dose 320 kg. Cecílio Filho et al. (2009), avaliando o crescimento de duas cultivares de cebola, mediante a quantificação do acúmulo de matéria seca da parte aérea e do bulbo, em função da densidade populacional (60, 76, 92 e 108 plantas m⁻²), doses de potássio (0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹ de K₂O) e de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N), no município de São José do Rio Pardo – SP, observaram que a aplicação de potássio (K) proporcionou maior acúmulo de matéria seca de bulbos (MSB) do que plantas não fertilizadas em K, corroborando com o presente estudo.

Figura 9: Teor de matéria seca de bulbos de cebola em função das doses de K₂O - São Cristóvão - SE, UFS, 2021



Vidigal, Moreira e Pereira (2010) e Kurtz et al. (2016), em estudos semelhantes, observaram que o acúmulo de nutrientes, principalmente o potássio, pela planta de cebola ocorre de maneira semelhante ao acúmulo de massa seca, corroborando com o presente estudo.

De acordo com a análise de variância para eficiência na produtividade total de bulbos, Tabela 10, nota-se uma diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para o fator lâmina e interação. Não foram observadas diferenças significativas para o fator dose de potássio a 1% de probabilidade.

Tabela 10: Análise de variância da eficiência do uso da água na produtividade total de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de K₂O - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	201,65	67,22	1,77	0,164 ^{NS}
Lâmina	4	806,77	201,69	5,30	0,001**
Dose	3	49,80	16,60	0,44	0,728 ^{NS}
Lâmina x Dose	12	1150,58	95,88	2,52	0,010**
Erro	57	2169,51	38,06		
Total	79	4378,31			
CV (%)	17,91				
Média geral	34,46				

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Observou-se na Tabela 11, que houve uma interação entre os fatores doses de potássio e lâminas de irrigação para a característica eficiência do uso da água na produtividade total de bulbos. A dose de 80 kg ha⁻¹ proporcionou um valor máximo de eficiência da produtividade total de 42,37 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na lâmina de 603,2 mm (100%). Vilas Boas et al. (2014), avaliando os efeitos de lâminas de irrigação e nitrogênio no rendimento e na eficiência do uso da água na cultura da cebola, utilizando a fertirrigação por gotejamento, em Lavras – MG, notaram um comportamento linear decrescente na eficiência do uso da água na produtividade total de bulbos de cebola na medida em que os valores das lâminas foram aumentando, com valor máximo para EUA de 208,3 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na menor lâmina de água 305,5 mm. O comportamento linear decrescente da EUA em função do aumento das lâminas de água, apresentado pelos autores, foi semelhante ao encontrado no presente estudo, mas com valor da EUA muito abaixo.

Tabela 11: Valores médios de eficiência do uso da água para a produtividade total de bulbos de cebola em função das diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Lâmina (mm)	Eficiência do uso da água produtividade total (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)			
	Doses de potássio (kg ha ⁻¹)			
	80	160	240	320
417	22,67 Bb	31,08 ABa	38,24 Aab	33,96 ABa
509,2	35,64 Aa	41,05 Aa	40,32 Aa	36,26 Aa
603,2	42,37 Aa	36,07 ABa	28,07 Bab	40,87 Aa
699,4	37,34 Aa	33,93 Aa	33,70 Aab	37,44 Aa
797,2	32,18 Aab	30,27 Aa	27,63 Ab	30,02 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais na linha, não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Oliveira (2020), estudando o efeito das diferentes lâminas de irrigação por gotejamento e densidade de plantio na produção de cebola, no município de São Cristóvão– SE, observou decréscimo da eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos em nível de 1% de probabilidade, com o aumento das lâminas de irrigação para cultivar Vale Ouro IPA 11. Os valores de eficiência variaram de 99.09, 87.85 e 61.11 kg mm⁻¹ ha⁻¹, com as seguintes lâminas de água 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura. Fato condizente com o presente estudo que com o aumento das lâminas de água (100, 125 e 150%), diminuiu a eficiência no uso da água para produtividade total (Tabela 11).

Bispo et al. (2017), avaliando o desenvolvimento de cinco cultivares de cebola irrigada por gotejamento, submetidas a tensões limite de água no solo, no município de Juazeiro – BA, observaram que a eficiência do uso da água apresentou um comportamento decrescente com o aumento das tensões de água no solo (diminuição da lâminas de irrigação), divergindo do presente estudo. Entretanto, Bispo et al. (2018) verificaram que o tratamento com maior lâmina total aplicada (T3) apresentou valor da eficiência do uso da água inferior aos demais tratamentos (T2 e T1). Bandeira et al. (2013) afirmam que a elevação e a determinação dos níveis da eficiência do uso da água são complexos e requerem conhecimento e considerações interdisciplinares, porém, o manejo adequado da irrigação permite elevar esses valores. Desta forma, a partir da análise conjunta da eficiência do uso da água e qualidade do produto conseguido é possível escolher um método de manejo adequado.

Na Tabela 12 observou-se a análise de variância para eficiência na produtividade comercial de bulbos, observou-se uma diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para o fator lâmina e interação ao nível de 5% de probabilidade. Não foram observadas diferenças significativas para o fator dose de potássio a 1% de probabilidade.

Tabela 12: Análise de variância para eficiência do uso da água na produtividade comercial de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021

Fonte	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	363,0	121,01	1,36	0,265NS
Lâmina	4	2596,3	649,09	7,28	0,001**
Dose	3	379,9	126,65	1,42	0,246NS
Lâmina*Dose	12	2064,1	172,01	1,93	0,049*
Erro	57	5079,1	89,11		
Total	79	10482,5			
CV (%)	45,24				
Média geral	20,87				

NS: Não Significativo. *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Ao avaliar o efeito de cinco lâminas de irrigação dentro de quatro doses de potássio na determinação da eficiência do uso da água da produtividade comercial (EPC), pôde-se observar uma interação significativa apenas para três destas (Tabela 13). Desta forma, a dose de 80 kg ha⁻¹ proporcionou um valor máximo de eficiência da produtividade comercial de 34,04 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na lâmina de irrigação de 603,2 mm (100%), sendo a mais eficiente.

Tabela 13: Valores médios de eficiência do uso da água para a produtividade comercial de bulbos de cebola em função das diferentes lâminas de água e doses de potássio - São Cristóvão - SE, UFS, 2021 Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais na linha, não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Lâmina (mm)	Eficiência do uso da água produtividade comercial (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)			
	Doses de potássio (kg ha ⁻¹)			
	80	160	240	320
417	7,07 Ab	3,58 Ab	19,06 Aa	12,60 Ab
509,2	16,71 Aab	26,47 Aa	19,90 Aa	21,21 Aab
603,2	34,04 Aa	26,35 ABa	11,16 Ba	31,37 Aab
699,4	29,55 Aa	21,24 Aab	23,64 Aa	31,84 Aa
797,2	24,09 Aab	21,37 Aab	15,65 Aa	20,48 Aab

Massaranduba (2020), avaliando a produtividade e qualidade de bulbos de cebola submetidos a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento e doses de nitrogênio, no município de São Cristóvão–SE, notou um comportamento quadrático a 1% de probabilidade para o fator lâmina em função da eficiência do uso da água para produtividade comercial de bulbos, com valor máximo de eficiência de 87,56 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na lâmina de 86,25% da Evapotranspiração da Cultura. O autor encontrou valores de eficiência do uso da água superiores e lâminas inferiores ao presente estudo.

Tosta et al. (2014), pesquisando sobre a tolerância ao déficit hídrico e eficiência do uso da água em genótipos de cebola, no Distrito Federal, com oito cultivares diferentes de cebola e cinco lâminas de irrigação (20, 40, 60, 80 e 100% da ETc), notaram que a cultivar Grano TX 08 foi a que teve a maior eficiência do uso da água (EUA) para as lâminas de 100, 80 e 60% da ETc, com valores de 33.6, 34.1 e 33.9 kg ha⁻¹ mm⁻¹, superando todas as outras cultivares. Os valores de eficiência encontrados pelos autores corroboram com o do presente estudo, 34.04 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para a lâmina de 603,2 mm (100%).

Vilas Boas et al. (2011), pesquisando sobre produtividade e qualidade de bulbos de cebola em função de diferentes níveis de irrigação por gotejamento e doses de potássio, em Lavras – MG, observaram que a eficiência do uso da água tinha comportamento linear crescente quando submetidos a tensões de água no solo cada vez maiores (15, 25, 35, 45, 60 e 75 KPa), obtendo um valor máximo para eficiência do uso da água de 105,1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ na tensão de 75 KPa (menor lâmina de água aplicada

277mm), divergindo dos resultados encontrados no presente trabalho, onde a maior eficiência não foi conseguida com a menor lâmina.

4 CONCLUSÃO

Para as condições experimentais, a lâmina de irrigação estimada em 720 mm (131,96% da ETc) originou as maiores produtividades totais e comerciais de bulbos, mas ficando abaixo da média nacional; As doses de potássio não afetaram significativamente as produtividades totais e comerciais de bulbos de cebola; A menor dose de adubação potássica favoreceu o aumento da massa média de bulbos e a eficiência do uso da água das produtividades totais e comerciais de bulbos de cebolas.

Desta forma, aconselha-se que, antes de fazer a implantação da cultura da cebola observar as condições climáticas e a análise de solo das respectivas regiões, a fim de obter a lâmina de irrigação e dose de potássio ótima.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Rome: ESA Working papers, 2012.
- AL-JAMAL, M. S.; BALL, S.; SAMMIS, T. W. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. *Agricultural water management*, v. 46, n. 3, p. 253-266, 2001.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
- Agência Nacional de Águas. Água no mundo. Brasília – DF: ANA, 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo#>. Acesso em: 15 mai. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe anual. Brasília – DF: ANA, 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil.2. Ed. Brasília–DF:ANA, 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-2019>. Acesso em: 21 dez.2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos. Brasília: ANA, 2013, 252 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/MANUALDEProcedimentosTecnicoeAdministrativosdeOUTORGadeDireitodeUsodeRecursosHidricosdaANA.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2020.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. Washington: AOAC, p.1114, 1992.
- AYARS, J. E.; FULTON, A.; TAYLOR, B. Subsurface drip irrigation in California— Here to stay?. *Agricultural Water Management*, v. 157, p. 39-47, Jul. 2015.
- BACKES, C.; BÔAS, R. L. V.; GODOY, L. J. G.; VARGAS, P. F.; SANTOS, A. J. M. Determination of growth and nutrient accumulation in Bella Vista onion. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 1, p. 246-254, jan./mar., 2018.
- BANDEIRA, G. R. L.; QUEIROZ, S. O. P.; ARAGÃO, C. A.; COSTA N. D, SANTOS, C. A. F. Desempenho agrônomo de cultivares de cebola sob diferentes manejos de irrigação no submédio São Francisco. *Irriga, Botucatu*, v. 18, n. 1, p. 73-84, jan./mar. 2013.

BAPTESTINI, J. C. M.; OLIVEIRA, R. A.; VIDIGAL, S. M.; PUIATTI, M.; CECON, P. R. Onion productivity in relation to irrigation water depths and nitrogen doses. *Horticultura Brasileira*, v. 36, n. 1, p. 73-76, jan/mar 2018.

BARBIERI, R. L. Cebola: ciência, arte e história. 2. ed. Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 150 p.

BARRETO, H. B. F. Produtividade e qualidade da cebola sob níveis de irrigação por gotejamento e doses de potássio. Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2015.

BISPO, R. C.; QUEIROZ, S. O. P. de; OLIVEIRA, G. M. de; CARVALHO, A. R. P. de; FLORES, D. S. Desempenho agrônomo de cultivares de cebola sob diferentes tensões de água no solo. *Irriga*, v. 22, n. 3, p. 485-496, julho-setembro, 2017.

BISPO, R. C.; OLIVEIRA, G. M.; QUEIROZ, S. O. P.; SANTOS, I. M. S.; PESSOA, E. S. Produtividade da cebola sob diferentes manejos de irrigação. *Irriga*, v. 23, n. 2, p. 262- 272, abr.-jun, 2018.

BOAS, R. C. V.; PEREIRA, G. M.; JUNIOR, J. A. L.; NETO, C. F. O.; SILVA, A. L. P. Produção e pós-colheita de duas cultivares de cebola em função da água no solo. *Irriga*, v. 21, n. 4, p. 697-710, out/dez, 2016.



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)

CIÊNCIAS AGRÁRIAS: ESTUDOS FUNDAMENTAIS

VOLUME VI