

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONÓPOLIS**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS AGRARIAS E TECNOLOGICAS**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**

**GIOVANNA PIMENTEL LIMA PELOI**

**BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM  
PLANTAS: ALTERNATIVA PARA REDUZIR AS DOSES DE  
FERTILIZANTE NITROGENADO EM *Panicum maximum***

**RONDONÓPOLIS**

**2022**

GIOVANNA PIMENTEL LIMA PELOI

**BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM  
PLANTAS: ALTERNATIVA PARA REDUZIR AS DOSES DE  
FERTILIZANTE NITROGENADO EM *Panicum maximum***

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de Zootecnia da Universidade Federal de Rondonópolis, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia

Área de Concentração: Forragicultura

Orientadora: Prof. Dra. Camila Fernandes Domingues Duarte

**RONDONÓPOLIS**

**2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte**

Ficha Catalográfica elaborada de forma automática com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

P381b Peloi, Giovanna Pimentel Lima.  
BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM PLANTAS:  
ALTERNATIVA PARA REDUZIR AS DOSES DE FERTILIZANTE  
NITROGENADO EM *Panicum maximum* [recurso eletrônico] / Giovanna  
Pimentel Lima Peloi. – Dados eletrônicos (1 arquivo : 23 f., pdf). – 2022.

Orientador(a): Camila Fernandes Domingues Duarte.  
Coorientador(a): Carlos Eduardo Avelino Cabral.  
TCC (graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Rondonópolis,  
Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2022.  
Inclui bibliografia.

1. Fitormônios. 2. Rizobactérias. I. Duarte, Camila Fernandes  
Domingues, *orientador*. II. Cabral, Carlos Eduardo Avelino,  
*coorientador*. III. Título.



GIOVANNA PIMENTEL LIMA PELOI

**BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM  
PLANTAS: ALTERNATIVA PARA REDUZIR AS DOSES DE  
FERTILIZANTE NITROGENADO EM *Panicum maximum***

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de  
Zootecnia da Universidade Federal de  
Rondonópolis, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Bacharel em Zootecnia

Área de Concentração: Forragicultura

Orientadora: Prof. Dra. Camila Fernandes  
Domingues Duarte

Aprovado em: 08 de Junho de 2022

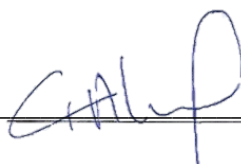
**Banca examinadora:**



Prof.(a) Camila Fernandes Domingues Duarte

Orientadora

UFR



Prof. Carlos Eduardo Avelino Cabral

Examinador(a)

UFR



Renata Batista da Silva

Examinador(a)

UFR

## DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais, Armando Eduardo Peli da Silva e Alexandra Pimentel Lima, que sempre depositaram sua confiança para que atingisse os meus objetivos.*

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Alexandra Pimentel Lima, por todo apoio e amor incondicional que me permitiu chegar até aqui.

Ao meu pai, Armando Eduardo Peloi da Silva, que me deu todo o suporte enquanto eu passava as noites estudando.

Aos meus irmãos, Gustavo e Gabriela, que nas dificuldades da trajetória trouxeram alegria e acalentaram meu coração;

Ao meu namorado, Marcus Vinicius, por todo os estudos para que atingíssemos nosso objetivo e trilhasse essa trajetória lado a lado.

A minha vó Maria Pimentel de Lima, por toda a inspiração de ingressar em uma Universidade Federal, mulher guerreira e batalhadora

A minha vó Sidneia Peloi, por toda ajuda, que mesmo de longe está sempre presente em minha vida.

Aos meus familiares e amigos, que me deram suporte para continuar me aplicando ao longo dos anos ao curso.

Aos amigos e colegas que a zootecnia me proporcionou, pois estiveram ao meu lado durante toda a trajetória da graduação, através de muitos estudos, críticas construtivas, trabalhos, provas e festas juntos.

À minha orientadora, Camila Fernandes Domingues Duarte, pela confiança e pela oportunidade de realizar trabalhos, além de me proporcionar muito aprendizado com paciência e muita competência.

Aos professores do curso de Zootecnia da UFR/CUR, que proporcionaram todo o aprendizado, críticas construtivas e orientações necessárias para meu crescimento profissional e pessoal.

A mestranda Renata Batista da Silva e ao prof. Dr. Carlos Eduardo Avelino Cabral que aceitaram o convite para participar da banca.

## RESUMO

A crescente demanda por proteína animal para sustentar o crescimento populacional exige a necessidade de novas abordagens e tecnologias que sejam empregadas para melhorar as pastagens existentes com sustentabilidade. As bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) é uma alternativa para a produção a pasto e, tem se destacado com uma opção para aumentar a eficiência dos fertilizantes químicos, minimizando a quantidade aplicada ou até mesmo substituindo em ambientes de produção agrícola. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas nas características produtivas e estruturais da espécie *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. O experimento foi desenvolvido no setor de ovinocultura da Universidade Federal de Rondonópolis, em delineamento em blocos casualizados, com dez tratamentos e três repetições, em esquema fatorial 5x2, com período experimental durante o verão de 2022. Os tratamentos consistiram em cinco doses de nitrogênio a cada ciclo de desfolha (0,40,80,120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) associadas as duas estratégias: presença e ausência de inoculante biológico (*Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*). As bactérias foram aplicadas através de pulverização na dosagem de 750 ml ha<sup>-1</sup>. Os cortes foram realizados por amostragem direta e a cada três cortes foi realizada uma nova pulverização de acordo com o tratamento. Os dados foram submetidos à análise de regressão linear e quadrática para a adubação e teste de Tukey para a inoculação, a 5% de probabilidade. As variáveis analisadas foram interceptação luminosa pré-pastejo (IL), altura pré-pastejo, matéria seca total (MST), taxa de acúmulo e densidade populacional de perfilhos (DPP). Não houve interação entre as BPCP e as doses de nitrogênio para as variáveis analisadas, no capim BRS Tamani. O uso de inoculante biológico durante a estação do verão não apresenta efeitos nas características produtivas e estruturais da planta forrageira.

**Palavras chaves:** fitôrmônios, inoculante para gramíneas, rizobactérias



## ABSTRACT

The growing demand for animal protein to sustain population growth necessitates the need for new approaches and technologies that are employed to improve existing pastures with sustainability. Plant growth-promoting bacteria (PGPB) is an alternative to pasture production and has emerged as an option to increase the efficiency of chemical fertilizers, minimizing the amount applied or even substituting in agricultural production environments. In this sense, the objective was to evaluate the effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria on the productive and structural characteristics of the species *Panicum maximum* BRS Tamani. The experiment was carried out in the sheep sector of the Federal University of Rondonópolis, in a randomized block design, with five treatments and seven replications with an experimental period during the summer of 2022. The treatments consisted of five nitrogen doses (0,40,80,120 and 160 kg ha<sup>-1</sup>) associated with two strategies: presence and absence of biological inoculant (*Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*). The treatments were evaluated in a 5x2 factorial scheme and the bacteria applied by spraying at a dose of 750 ml ha<sup>-1</sup>. The cuts were performed by direct sampling and every three cuts a new spraying was performed according to the treatment. Data were submitted to linear and quadratic regression analysis for fertilization and Tukey's test for inoculation at 5% probability. The variables analyzed were pre-grazing light interception (LI), pre-grazing height, total dry matter (TDM), tiller accumulation rate and population density (PD), there was no interaction between PGPB and nitrogen rates for the analyzed variables, in BRS Tamani grass. The use of biological inoculant during the summer season had no effect on the productive and structural characteristics of the forage plant.

**Key Words:** phytohormones, inoculant for grasses, rhizobacteria

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
5. CONCLUSÕES .....	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, existem aproximadamente 200 milhões de hectares de pastagens nativas ou implantadas, em sua maioria forrageiras do gênero *Urochloa*, porém o *Panicum maximum* vem tomando espaço. Estima-se que 130 milhões estejam em estado de degradação e necessitando de alguma intervenção para reverter esse processo. A crescente demanda por proteína animal para sustentar o crescimento populacional, exige que mais áreas sejam desmatadas ameaçando a biodiversidade e ainda compromete a imagem da pecuária brasileira (Steffen et al. 2015). Assim, existe a necessidade de novas abordagens e tecnologias que sejam empregadas para melhorar a produtividade das pastagens existentes com sustentabilidade.

A utilização de fertilizantes químicos junto com manejo da cultura são estratégias que proporcionam um aumento significativo na produtividade (Galvao et al. 2014), porém a dependência dos fertilizantes químicos tem causado grande preocupação tendo em vista os riscos associados ao uso indiscriminado desses insumos como a eutrofização do solo e águas subterrâneas e a emissão de gases de efeito estufa (Chien et al. 2011; Dungait et al. 2012; Marks et al. 2013). Além de representar 30% do custo de produção pelo agronegócio no Brasil (CNA, 2021).

Por isso é de interesse global achar métodos alternativos para garantir e manter a produção e o valor nutritivo das pastagens, buscando a redução do capital investido e que proporcione maior lucro. As bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) é uma alternativa para a produção a pasto que tem demonstrado através de sucessivos estudos, resultados positivo com relação a várias etapas do desenvolvimento de forrageiras (Aguirre et al., 2018), épocas do ano com poucos recursos climáticos e do solo, além de aumentar as características produtivas das forrageiras (Duarte, 2020).

Também tem se destacado com uma opção para aumentar a eficiência dos fertilizantes químicos, minimizando a quantidade aplicada ou até mesmo substituindo em ambientes de produção agrícola. O uso das BPCP se dá através da inoculação na semeadura ou pulverização em cobertura. Estas bactérias quando associadas as plantas, contribui para o condicionamento geral das plantas, suprimindo diretamente a demanda de alguns nutrientes (P, K, Fe e N) melhorando o desenvolvimento radicular, absorção de água e nutrientes e aumentando a tolerância

a estresses abióticos e bióticos (Hungria et al. 2010). É comprovada a capacidade das BPCP estimular o crescimento radicular e aumentar a produtividade do milho (Puri et al., 2015) e do trigo (Piccinin et al., 2013). O mecanismo de ação das BPCP processa-se pela fixação biológica de nitrogênio (FBN) atmosférico, por processos diretos como a síntese de fitormônios e vitaminas e resistência a microrganismos patogênicos de modo indireto, além de disponibilizar nutrientes na rizosfera das plantas (Hungria et al., 2016; Dobbelaere et al., 2003).

As BPCP têm sido isoladas em grande número de espécies de cereais e gramíneas forrageiras, tendo vários gêneros descritos, entre eles o *Azospirillum* spp. E as *Pseudomonas* spp. Se destacam em números de estudos (Bashan et al. 2014). Segundo Pedraza (2008), há evidências de que o uso de inoculantes a base de BPCP pode substituir total ou parcialmente o uso de fertilizantes químicos nitrogenados em cana de açúcar, além de contribuir na FBN. No entanto, Gosal et al. (2012) relataram que o uso de inoculante permite maior acúmulo de biomassa apenas quando combinado com o uso de fertilizante químico. Pereira et al (2013) observaram que algumas bactérias quando inoculadas acumulavam mais matéria seca quando comparado ao uso de fertilizante químico.

A avaliação dos efeitos das BPCPs em forrageiras é fundamental para o entendimento da ação dessa tecnologia nas respostas biológicas da planta e do solo, e na obtenção de guias para as tomadas de decisões, neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas nas características produtivas e estruturais da espécie *Panicum maximum* cv. BRS Tamani visando tratar de uma área deficiente de estudos mais aprofundados, pois apesar de seus benefícios promovidos em culturas agrícolas, os efeitos em plantas forrageiras ainda são restritos. Nesse sentido, avaliar os efeitos das BPCP na manutenção e produção de pastagens é fundamental para a busca de uma exploração sustentável e econômica.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A maioria das forrageiras implantadas no Brasil é representada pelo gênero *Urochloa*, porém nos últimos anos com a necessidade de intensificação o gênero *Panicum* vem compondo proporções significativas das pastagens brasileiras, em função de seu elevado potencial produtivo e valor nutritivo (Carneiro et al., 2017). O *P. maximum* chegou ao Brasil através dos navios negreiros oriundos da África, e era utilizada como cama para os escravos, a primeira cultivar que se alastrou pelo Brasil foi o Colonião devido a sua boa adaptação as condições edafoclimáticas do país (Jank, 2003).

Há vários fatores que influenciam a qualidade e produtividade de uma forrageira, como disponibilidade de nutrientes do solo, a escolha adequada da cultivar de acordo com as características climáticas da região, conhecimento sobre mecanismos morfofisiológicos e sua interação com o ambiente (Marques, 2016). Assim, é inevitável o planejamento e análise das informações existentes de manejo para a forrageira escolhida para uma produção animal a pasto viável e sustentável.

O grande problema na pecuária a pasto é a baixa adoção de técnicas de manejo de pastagem, impedindo a planta de expressar todo o seu potencial de produção. Segundo Martuscello (2005), existe uma procura maior por forrageiras competitivas, com pouca exigência em fertilidade do solo, maior resistência a pragas e doenças. Porém, plantas do gênero *P. maximum* são mais exigentes quanto a nutrientes e manejo devido ao seu hábito de crescimento cespitoso, menor capacidade de proteção ao solo quando comparado às gramíneas do gênero *Urochloa* (Vieira & Kichel, 1995) e, em contrapartida, sua produção de massa de forragem é maior. É descrito na literatura a capacidade da espécie *P. maximum* em expressar seu potencial forrageiro em sistemas de produção intensivos, apresentando superioridade nos resultados quando implantada em sistemas com irrigação e adubação (Cecato et al., 2000).

A BRS Tamani é resultado entre uma parceria da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e a Unipasto (Associação para o fomento à pesquisa de melhoramento de forrageiras tropicais), sendo o primeiro híbrido de *Panicum maximum* da Embrapa. Este capim ganhou destaque por apresentar porte baixo, bom vigor e boa produção de folhas (Machado et al., 2017). É um capim de

fácil manejo, adequado para solos que possui alta a média fertilidade, excelente qualidade associada a resistência as cigarrinhas das pastagens (Embrapa, 2015)

O nitrogênio (N) é um nutriente de suma importância por um número expressivo de plantas, pois ele atua como integrante de várias moléculas e processos bioquímicos como aminoácidos, proteínas, enzimas e clorofilas, este último são os pigmentos verdes responsáveis por absorver a energia luminosa utilizada nos processos fotossintéticos da planta, sendo assim, indispensável para o crescimento das plantas e produção de forragem (Sales, 2017; Nelson e Cox, 2014).

Segundo Heinrichs & Soares Filho (2014), vários nutrientes restringem o desempenho de uma forrageira, porém o que tem maior relevância é o nitrogênio, visto que é o mais requerido pelas pastagens, atua no aumento das taxas de crescimento e produção de folhas novas, aumenta os processos fotossintéticos, perfilhamento, proporciona uma maior capacidade de suporte e, conseqüentemente uma taxa de lotação animal maior. Os solos do Brasil, inclusive os do cerrado possuem uma deficiência de nitrogênio, tornando a adubação imprescindível para elevar a produção de massa de forragem.

Utilizando uma adubação convencional, Castagnara et al. (2011) concluíram que a aplicação de nitrogênio promove aumento na produção de matéria seca (MS) e verde, bem como maior taxa de acúmulo da MS, número de perfilhos e altura do dossel do capim-mombaça (*Panicum maximum*).

A maioria das plantas conseguem absorver nutrientes minerais ou substâncias aplicadas em suas folhas através da pulverização. Estudos sobre esse modo de aplicação iniciaram na França e Alemanha (Halliday, 1961), já no Brasil os primeiros estudos surgiram nas décadas de 1950 e 1960, na Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz e no Instituto Agrônomo de Campinas (Malavolta, 1980).

Assim, a necessidade de intensificação sem renunciar a sustentabilidade, os bioinsumos estão se destacando no setor agropecuário. Para as plantas forrageiras uma alternativa desse tipo de produto é a utilização de inoculantes de baixo custo, contendo bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP), que garante produção vegetal com menores riscos ambientais (Coelho, 2007). Neste contexto, Bergamashi (2006) observou a capacidade das BPCP em substituir parcialmente ou

integralmente a adubação nitrogenada advinda de combustíveis fósseis não renováveis, reduzindo a dependência desse tipo de adubo.

As BPCP afetam de várias formas o crescimento da planta, seja na produção ou realizando alterações na concentração de fitormônios na fixação do nitrogênio atmosférico, solubilização de nutrientes do solo (Marinao; Kloepper, 2000) e permite maior tolerância a salinidade e toxicidade de metais e o estresse hídrico no período seco (Figueiredo, et al., 2010)

O gênero *Azospirillum* spp. foi identificado pela Dr<sup>a</sup> Johana Dobereiner e ganhou destaque nos anos de 1970, pela sua capacidade de fixar biologicamente o N atmosférico. É um gênero que tem uma vasta distribuição geográfica, e é encontrado em regiões de clima temperado e tropical (Tarrand et al., 1978; PATRIQUIN et al., 1983). Como descrito por Dobbelaere et al. (2002), são bactérias gram-negativas, com formato de bastonete, movimento ativo, 0,8 a 2 µm (micrometro) de diâmetro e 2 a 4 µm de comprimento.

Existem 17 espécies de *Azospirillum*, sendo a *A. brasilense* a que apresenta distribuição ampla nos solos tropicais. Ensaio demonstraram o crescimento vegetal e aumento de produtividade promovido pelo *A. brasilense* (Hartmann & Baldam, 2006) e segundo Dobereiner (1977) algumas estirpes exibiram resultados satisfatório quando inoculadas a família de plantas *Poaceae*.

O *Azospirillum* spp. possui diferentes mecanismo de promoção de crescimento, sendo um deles o menor gasto energético das plantas para reduzir o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) a amônia ocorrendo redução de  $\text{NO}_3^-$  nas raízes promovendo o crescimento vegetal, ficando energia disponível para outros processos vitais. Outro mecanismo é a produção de reguladores vegetais (fitormônios), sendo este o principal, pois altera o crescimento da planta, modifica morfológicamente as raízes e maximiza a exploração do solo, elevando o processo da redução assimilatória de nitrato disponível no solo e da fixação biológica do nitrogênio (Bashan; Holguin, 1977; Boddey et al., 1986).

As *Pseudomonas* são caracterizadas como bacilos gram-negativos, não esporulados, com flagelos, possui dez espécies conhecidas, entre as BPCP este gênero reúne maior volume de dados devido a sua ocorrência natural em diferentes regiões. Este gênero possui habilidade de colonizar ambientes diferentes devido a

sua diversidade de metabolitos produzidos como antibióticos, sideroforos, hormônios de crescimento vegetal e a sua versatilidade nutricional (Sottero, 2003).

A espécie mais relevante é a *Pseudomonas fluorescens*, devido sua eficiência no desenvolvimento e produtividade de plantas, compreende uma forma de bastonete e necessita de oxigênio para sobreviver, possui flagelos os quais permite sua locomoção no solo, atuam como inibidores de patógenos nas plantas, além de auxiliar na solubilização dos fosfatos e na produção de fitormônios de crescimento (Coelho et al., 2007). Segundo Duijff et al. (1997) esta bactéria pode ser inoculada ou pulverizada para elevar o fósforo disponível para plantas, através da secreção de ácidos orgânicos que influenciam diretamente na solubilização de fosfato e promoção de crescimento.

Em estudos com a BRS Tamani, observou que a inoculação com *Azospirillum brasilense* promoveu melhorias no aproveitamento dos adubos fosfato natural reativo e superfosfato triplo, associados a adubação nitrogenada, também influenciou na morfogênese da planta, proporcionando aumento na taxa de alongamento de folhas e redução na taxa de senescência dos perfilhos (Andrade et al., 2019).

Leite et al. (2019) observaram que houve aumento no acúmulo de forragem de 11% na BRS Marandu inoculada com *A. brasilense*., Aguirre et al. (2018) observaram que a inoculação com *A. brasilense* no capim Coastcross (*Cynodon dactylon*) proporcionou melhoria no estabelecimento e na produção de forragem, especialmente quando não associadas às doses N-fertilizantes.

Segundo Sá et al. (2019) a associação a *Pseudomonas* com a adubação nitrogenada promoveu aumento na produtividade de massa seca da parte aérea, massa seca de perfilho e absorção total de N no capim Mavuno (*Brachiaria* híbrida). Brennecke et al. (2016) estudaram a inoculação de *P. fluorescens* em *U. decumbens* onde houve um aumento da taxa de alongamento de colmo e número de folhas por perfilhos, este fator pode contribuir para aumentar a razão folha colmo, uma característica desejável na alimentação animal, que disponibilizará massa de forragem com maior valor nutritivo.



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de ovinocultura da Universidade Federal de Rondonópolis em parcelas de 16m<sup>2</sup> implantadas no ano de 2018 com a forrageira *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. Foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizados com dez tratamentos e três repetições, em esquema fatorial 5X2. O período experimental ocorreu durante o verão de 2022. Os tratamentos consistiram em cinco doses de nitrogênio (0,40,80,120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) associadas as duas estratégias: presença e ausência de inoculante biológico (*Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*). Os tratamentos foram avaliados em esquema fatorial 5x2 e, as bactérias aplicadas através de pulverização na dosagem de 750 ml ha<sup>-1</sup>.

Na área onde estão as parcelas foram realizadas amostragem de solo para análise química e física para determinar a necessidade de correção e fertilização com potássio e fósforo. O corte de uniformização e a pulverização das bactérias promotoras de crescimento foram realizados quinze dias após a adubação, nos seus respectivos tratamentos. Quando as plantas atingiram interceptação luminosa (IL-medido com equipamento Accupar) de 95% foi realizado o corte das plantas com altura indicada para a forrageira avaliada a 45 cm (Tesk et al., 2020). Os cortes foram realizados por amostragem direta, utilizando um quadrado com 1,0m<sup>2</sup> (0,5 x 0,5m). A densidade populacional de perfilhos foi realizada na última coleta de forragem do período chuvoso, por meio de contagem de perfilhos em quadros de 0,25m<sup>2</sup>. Os cortes foram realizados com resíduo 20-25cm homogeneizados e divididos em duas amostras. A primeira sub amostra foi separada em lâmina foliar verde, pseudocolmo e material morto. As amostras de forragem foram secadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas e, posteriormente, pesadas. A segunda subamostra também passou pela secagem descrita acima e os valores de massa de forragem foram convertidos para kg de MS ha<sup>-1</sup>.

A cada três cortes foi realizada uma nova pulverização com as bactérias de acordo com o tratamento. O monitoramento da interceptação de luz incidente foi feito utilizando o aparelho analisador de dossel, Accupar Linear PAR/LAI ceptometer, com o qual foram realizadas leituras de 6 pontos aleatórios por parcela a cada 7 dias. Em cada ponto foi realizada uma leitura acima do dossel forrageiro e

outra no nível do solo, tomando o cuidado do sensor do aparelho ficar encoberto pela forragem.

Os resultados foram submetidos à análise de regressão linear e quadrática para a adubação e teste de Tukey para a inoculação a 5% de probabilidade. O software utilizado foi o SISVAR 5.6.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre a inoculação com as BPCP e as doses de N-fertilizantes para as variáveis analisadas.

Foi constatado diferenças no parâmetro IL para as doses de N-fertilizantes, observou-se que a ausência de N-fertilizante prejudica o desenvolvimento do capim, uma vez que as plantas não atingiram a interceptação de 95%. Constatou-se ainda que para a IL as doses de N-fertilizantes estudadas promoveram um efeito linear, com resposta linear até 80 kg N e decrescendo nas maiores doses (Figura 1).

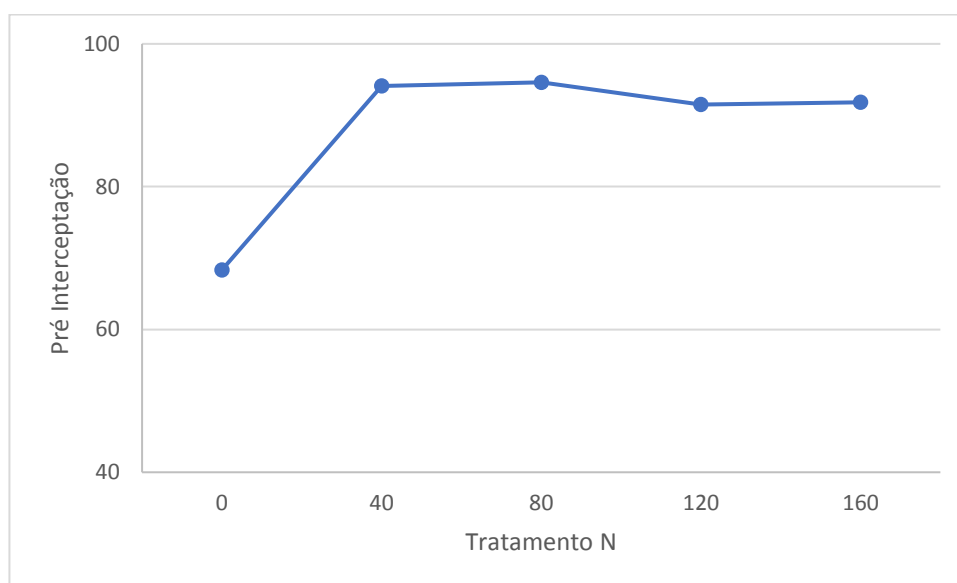


Figura 1 - Interceptação luminosa do capim BRS Tamani adubado com diferentes doses de N-fertilizantes.

É fato amplamente conhecido que quando a forrageira intercepta 95% da luz incidente atinge um índice de área foliar ótimo, no qual a altura da planta estaria próxima do valor máximo, a partir de 95% as folhas passam a ser totalmente sombreadas e a ausência de luz numa folha induz a diminuição em sua atividade fotossintética. O nitrogênio aumenta a divisão celular e o fluxo dos tecidos nos perfilhos de forrageiras tropicais, aumentando o aparecimento e o alongamento foliar. Uma dose alta de nitrogênio pode causar crescimento vegetativo excessivo, o que resulta em maior IAF ultrapassando o nível considerado ótimo e como consequência há aumento do sombreamento das folhas localizadas no terço inferior da planta, reduzindo a IL da forrageira (Gomide, 1986). Houve um incremento de 38,44% de interceptação luminosa para a dose 80kg/ha de N-fertilizante comparado ao controle.

Houve diferença na IL com e sem o uso de BPCP. A inoculação com as bactérias auxiliou as plantas a atingir os 95% de IL (Figura 2).

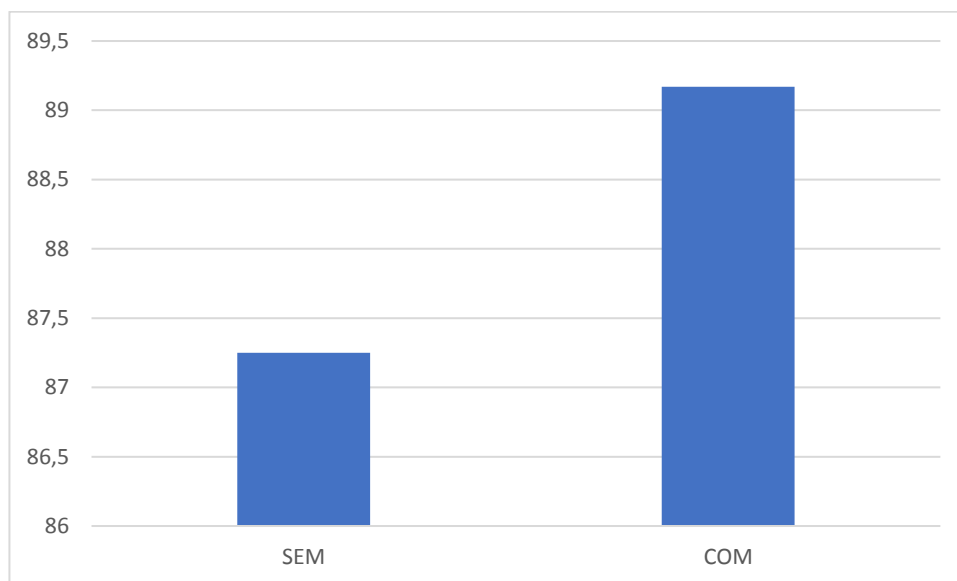


Figura 2 - Interceptação luminosa do capim BRS Tamani submetidos a pulverização ou não de bactérias promotoras de crescimento de plantas

Diante aos diversos mecanismos de ação das BPCP, ainda é incerto afirmar qual atua no estímulo no crescimento da planta. Contudo, é comprovado que as BPCP produzem fitormônios como as auxinas e giberilinas que são hormônios promotores de crescimento. Segundo Kavamura (2013) a síntese de fitormônios é um dos principais benefícios das BPCP nas gramíneas e entre esses compostos, a auxina talvez seja a que apresenta a maior função no crescimento e desenvolvimento das plantas, atuando desde a germinação até a senescência. Portanto, infere-se que síntese de fitormônios na rizosfera das plantas auxiliou o dossel atingir 95% de IL.

Houve efeito das doses de N-fertilizantes na altura pré-pastejo do capim BRS Tamani (Figura 3).

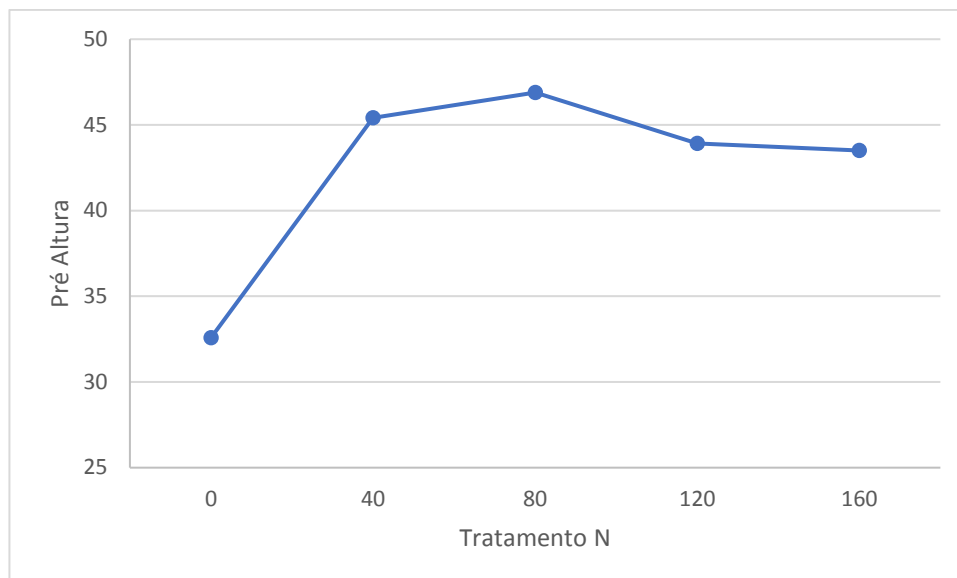


Figura 3 - Altura de pré-pastejo do capim BRS Tamani sob diferentes doses de N-fertilizante.

Verificou-se efeito linear das doses de N-fertilizantes para altura pré-pastejo. A dose 80kg/ha N-fertilizante promoveu maior altura das plantas, com incremento de 43,9% quando comparado com a dose zero, isto demonstra que houve maior eficiência na absorção de nitrogênio da solução solo, refletindo no crescimento das gramíneas. Esse resultado está relacionado com a função que o nitrogênio desempenha nas plantas, como componente estrutural de macromoléculas e enzimas, envolvidas no processo de desenvolvimento vegetativo (Malavolta, 2006). A deficiência de nitrogênio reduz o crescimento da planta, pois como dito antes, o N compõe a estrutura do vegetal, sendo constituinte de proteína, RNA, DNA, ATP, clorofila e outras moléculas.

Não houve diferença na altura do dossel quando houve ou não a inoculação com as BPCP (Figura 4).

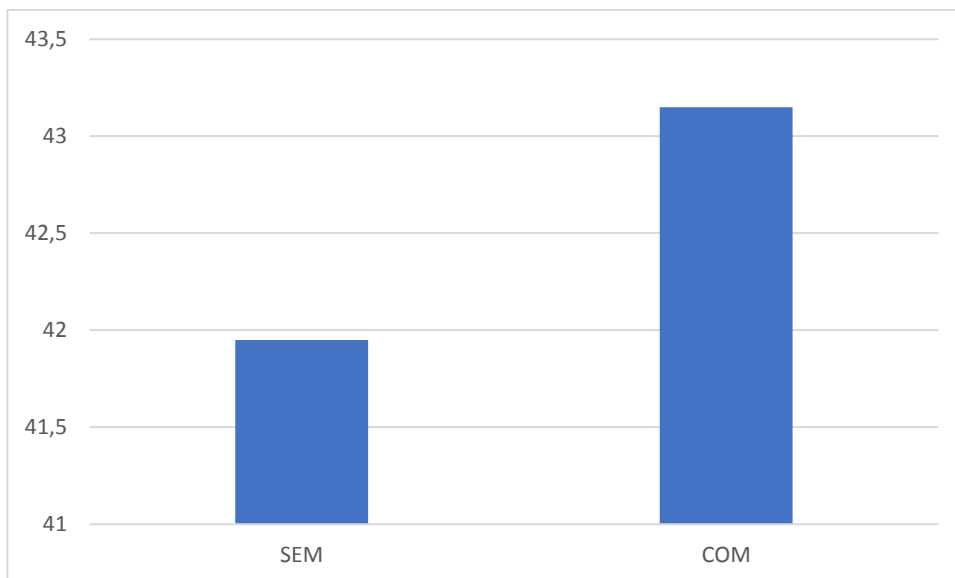


Figura 4 - Altura de pré pastejo do capim BRS Tamani submetido a pulverização ou não de BPCP.

Conforme a Figura 5, verificou-se efeito na produção de matéria seca total até a dose de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ , formando um efeito platô posteriormente.

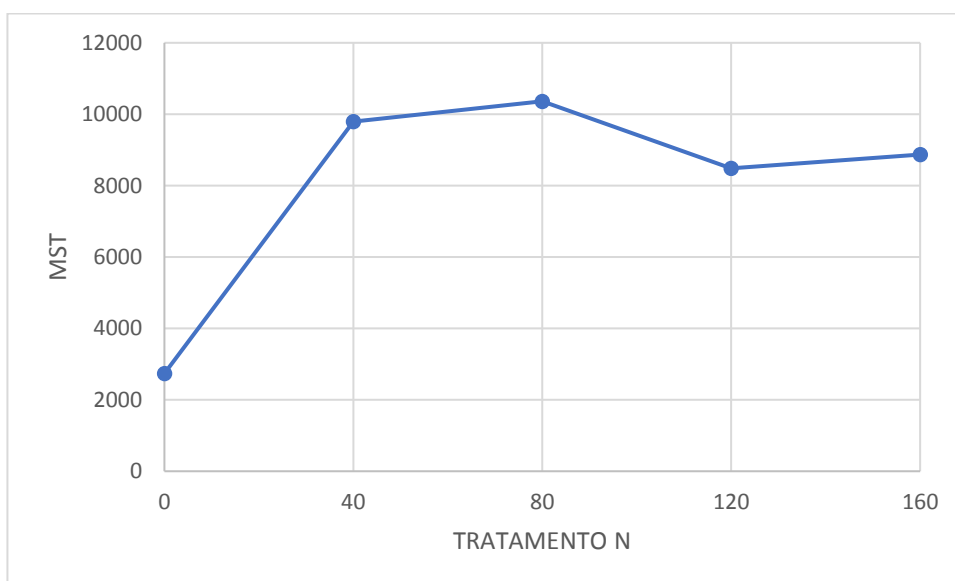


Figura 5 - Produção de Matéria Seca Total do capim BRS Tamani, sob diferentes doses de N-fertilizante.

Este resultado demonstra que os níveis de adubação nitrogenada utilizados permitiram à pastagem expressar seu potencial produtivo, atingindo o ponto de máxima produção ( $10 \text{ t/ha}$  de MS) com  $80 \text{ kg/ha}$  de N. Verifica-se que a produção de MST decresce à medida que aumenta a dose desse nutriente. Além disso, a

adubação nitrogenada utilizada em doses altas faz com que a planta vegete muito e armazene menos carboidratos, pode acumular nitrato, que é tóxico (PACIULLO et al, 2011). Segundo Salvador, Moreira e Muraoka (1999), a toxidez por excesso de N favorece a não absorção de outros nutrientes disponíveis para a planta, pois o excesso de um pode induzir na deficiência de outro. Por estar diretamente relacionado à síntese de proteínas e ao crescimento, as plantas apresentam crescimento anormal, com acúmulo de massa verde e provável estiolamento. Os resultados obtidos concordam com a literatura, caracterizando-o como aumento das gramíneas diante de doses crescentes de nitrogênio, ou seja, aumenta a produção de matéria seca, porém esse aumento é percentualmente menor em relação à dose anterior (Prine e Burton, 1956).

Estatisticamente, não se constatou diferença na MST quando inoculou as bactérias promotoras de crescimento vegetal (Figura 6).

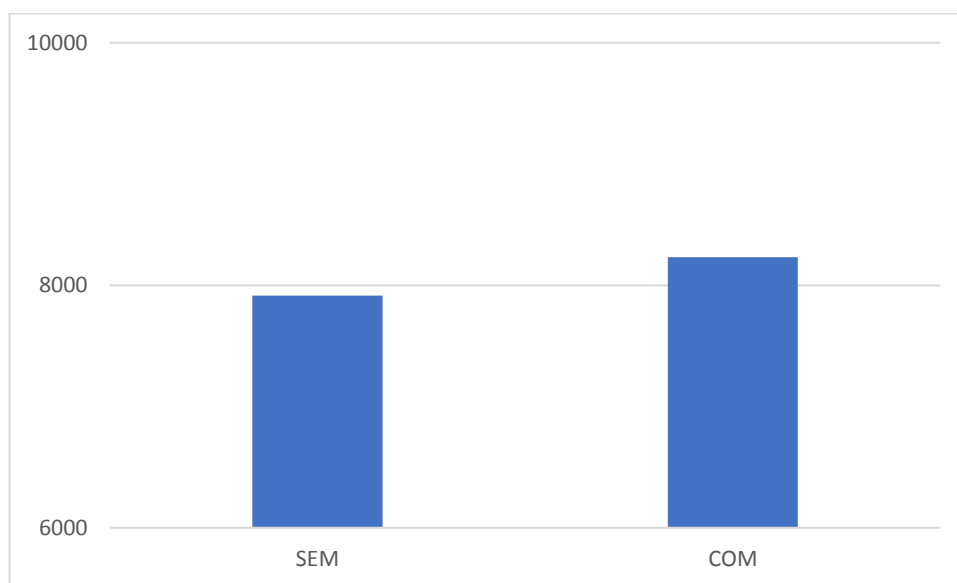


Figura 6 - Produção de MST do capim BRS Tamani sob pulverização ou não com BPCP.

Novamente, observou-se efeito das doses de N-fertilizante na taxa de acúmulo de matéria seca (Figura 7).

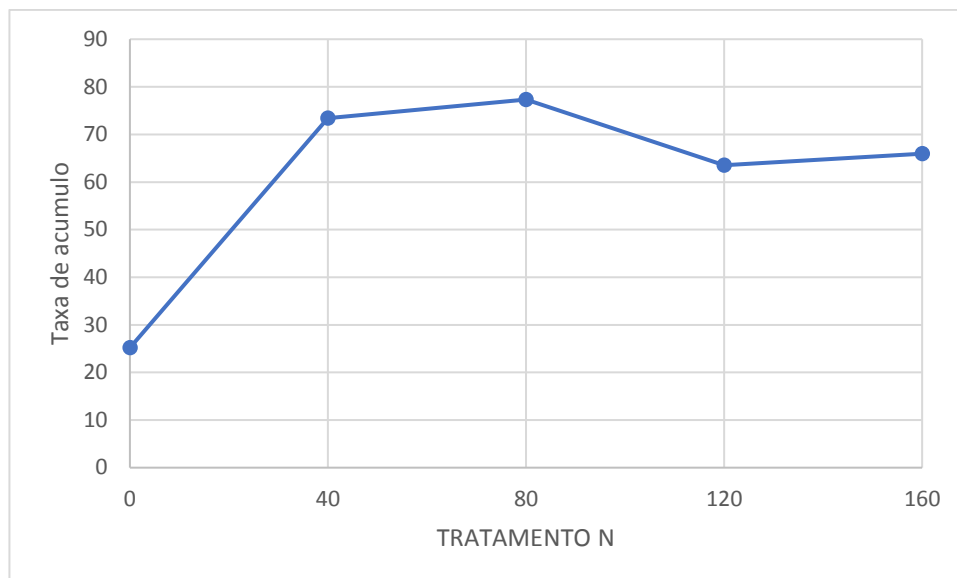


Figura 7 Taxa de acúmulo do capim BRS Tamani sob diferentes doses de N-fertilizantes

A dose 80kg/ha de N-fertilizante promoveu incremento de 57,42% na taxa de acúmulo quando comparado ao tratamento controle (dose zero de N-fertilizante). Hodgson (1990) caracterizou o processo de acúmulo de forragem como sendo o saldo do balanço entre o crescimento e a senescência. Pastos submetidos a regimes de desfolha intensos apresentam pequeno crescimento, mas em contrapartida, baixa senescência. Os fatores que explicam as maiores taxas de acúmulo de forragem em pastos que recebem N-fertilizantes estão relacionadas com o aumento do índice de área foliar, maior taxa fotossintética por unidade de área foliar e ao aumento da densidade populacional de perfilhos, todos esses fatores interagem e atuam conjuntamente (Hoeschl et al., 2007).

Não houve diferença na taxa de acúmulo nas plantas inoculadas com *Azospirillum* e *Pseudomonas* (Figura 8).



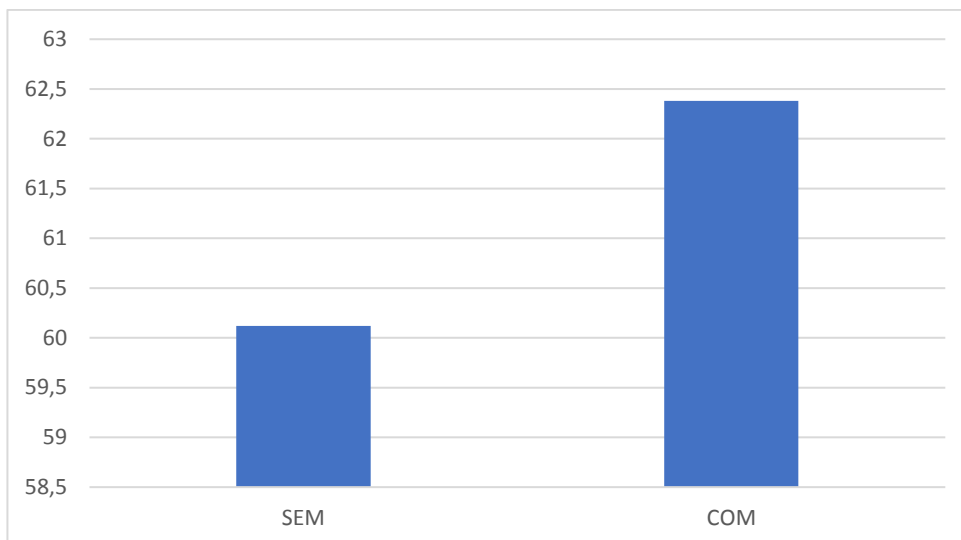


Figura 8 - Taxa de acumulo do capim BRS Tamani sob pulverização de BCPC

O nitrogênio afeta diretamente os processos fotossintéticos, estimula a atividade enzimática e a síntese das enzimas responsáveis pela fixação de  $\text{CO}_2$ , fosfoenolpiruvato carboxilase nas plantas  $\text{C}_4$ , o que acarreta maior eficiência de captação de  $\text{CO}_2$  atmosférico, exerce influência direta nas fases fotoquímica e bioquímica. Estes processos fisiológicos são facilmente observados de forma macro nas características da planta forrageira. Com a disponibilidade de nitrogênio no solo, e por consequência na célula, todos os processos fotossintéticos são potencializados, diante disso também observou-se alterações na densidade populacional de perfilhos (DPP) quando adubado com N-fertilizantes (Figura 9).

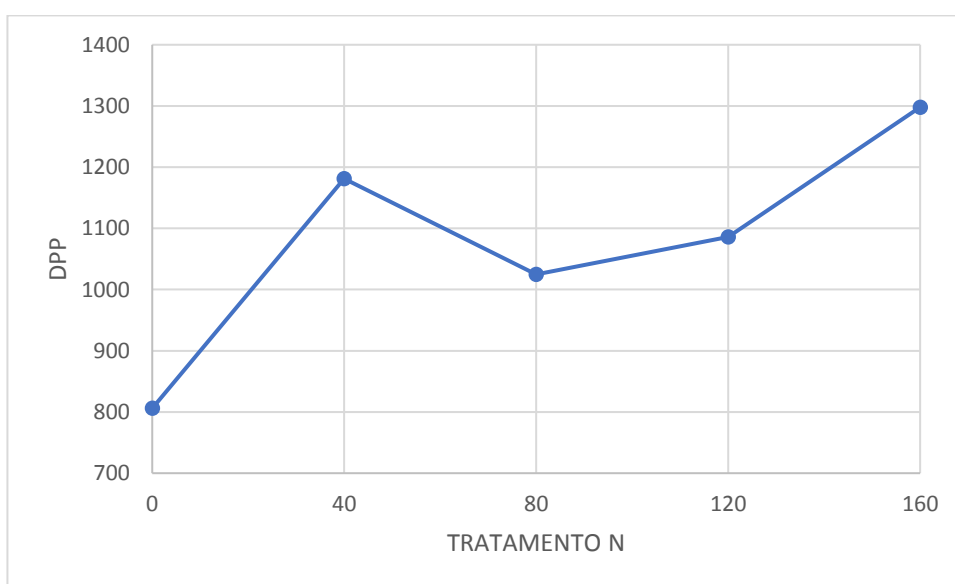


Figura 9 - Densidade populacional de perfilhos do capim BRS Tamani para diferentes doses de N-fertilizantes

O nitrogênio aplicado acelera o surgimento de perfilhos na pastagem, via alocação de carbono nos meristemas (Nabinger, 1997).

Para a variável DPP, não houve efeito da pulverização com bactérias promotoras do crescimento vegetal (Figura 10).

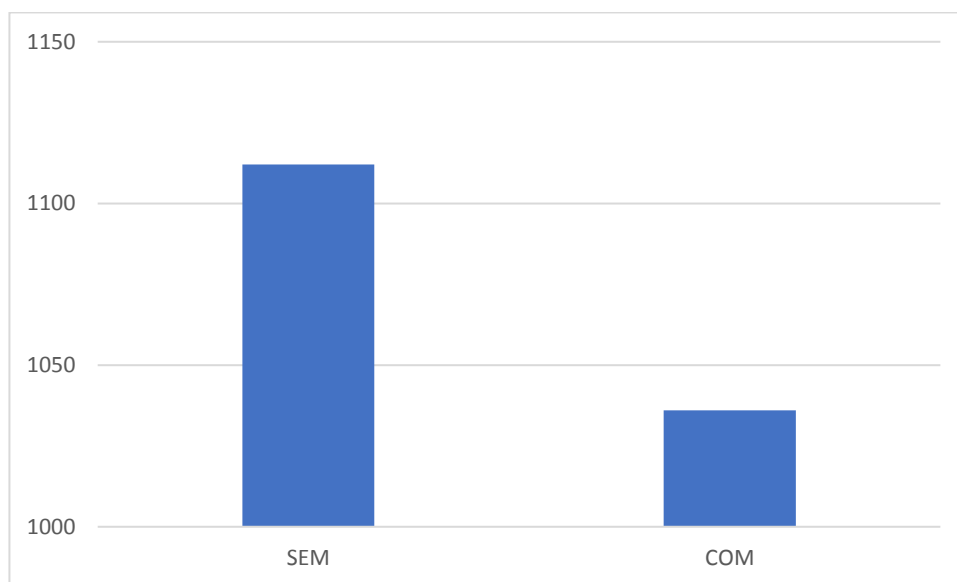


Figura 10 - Densidade populacional de perfilhos do capim BRS Tamani quando submetidos a pulverização de BPCP

Apesar de não apresentar diferença estatística, Ferreira (2017) observou que a inoculação via foliar promove o acúmulo de nitrogênio na parte aérea, em contrapartida, provoca decréscimo na produção e número de perfilhos por planta. Segundo Brito (2022) quando opta-se por inoculação foliar, além de influência ambiental como temperatura e umidade, a colonização das bactérias é dependente das vias de entrada existentes na folha, devido a isso, as bactérias são sensíveis as condições ambientais como o *Azospirillum* podem ter causado esse efeito observado no gráfico.

## 5. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada promove aumento considerável nas variáveis produtivas e estruturais do capim-tamani. No entanto, estes resultados devem estar associados a informações ambientais e econômicas para recomendar o melhor nível de adubação nitrogenada em pastagens tropicais, neste trabalho observou que a dose 40 kg/ha teria melhor resposta produtiva e economicamente.

No capim BRS Tamani, o uso de inoculante biológico durante a estação do verão não apresentou efeitos nas características produtivas e estruturais da planta forrageira. Contudo, recomenda-se a continuação dos estudos para validar ou não essa tecnologia para espécies forrageiras mais exigentes como do gênero *Panicum maximum*.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, P. F., Olivo, C. J., Rodrigues, P. F., Falk, D. R., Adams, C. B., Schiafino, H. P. Forage yield of Coastcross-1 pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 2018.
- Andrade, R. A.; Porto, M. O.; Cavali, J.; Ferreira, E.; Bergamin, A. C.; Souza, F. R. D.; Aguiar, I. S. D. *Azospirillum brasilense* e fosfato natural reativo no estabelecimento de forrageira tropical. *Revista de Ciências Agrárias*, 2019.
- Bashan, Y.; Holguin, G.; Bashan, L. E. *Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003)*. Canadian Journal of Microbiology, Ottawa, 2004.
- Bergamaschi, C. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- Boddey, R.M.; Baldani, V.L.D.; Baldani, J.I.; Döbereiner, J. Effect of inoculation of *Azospirillum* spp. on nitrogen accumulation by field grown wheat. *Plant and Soil*, v.95, p.109-121, 1986.
- Brennecke, K., Bertipaglia, L. M. A., Antoniazzi, A., & Souza, E. F. Inoculação da bactéria *Pseudomonas fluorescens* no índice de crescimento da *Brachiaria decumbens* spp. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 2016
- Brito, Tauane Santos. Importância do uso de bactérias para promoção do crescimento do trigo: Uso de *Azospirillum* e *Pseudomonas*, associadas a outros mecanismos de promoção, refletem em um incremento em produção e produtividade. **3tentos**, [s. l.], 2 maio 2022. Disponível em: <https://www.3tentos.com.br/triblog/post/98>. Acesso em: 25 maio 2022.
- Carneiro, J.S.S.; Silva, P.S.S.; Santos, A.C.M.; Freitas, G.A.; Silva, R.R. Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. *Journal of Bioenergy Food Science*, 2017.
- Castagnara, D.D.; Zoz, T.; Krutzmann, A.; Uhlein, A.; Mesquita, E.E.; Neres, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. *Semina: Ciências Agrárias*, 2011.
- CECATO et al. Avaliação da Produção e de Algumas Características da Rebrotas de Cultivares e Acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas Alturas de Corte. *Rev. bras. zootec.*, 29(3):660-668, 2000.
- Chien, S. H., Prochnow, L. I., Tu, S. e Snyder, C. S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2011.
- CNA., CUSTOS de Produção. [S. l.], 7 dez. 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/servicos/custos-producao>. Acesso em: 10 maio 2022.

Coelho, L. F.; Freitas, S. S.; Melo, A. M. T.; Ambrosano, G. M. B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, 2007.

Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., & Okon, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Plant sciences, 2003.

Döbereiner J. N<sub>2</sub>-fixation associated with non-leguminous plants. In: HOLLAENDER A (Ed), Genetic engineering for nitrogen fixation. New York: Plenum, 1977.

Duarte, C. F. D., Cecato, U., Hungria, M., Fernandes, H. J., Biserra, T. T., Mamédio, D., ... & Nogueira, M. A. Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa Ruziziensis*. Research, Society and Development, 2020

Duijff B. J., Gianinazzi-pearson V., Lemanceau P. Involvement of the outer membrane lipo polysaccharides in the endophytic colonization of tomato roots by biocontrol *Pseudomonas fluorescens* strain WCS417r. New Phytol, 1997.

Dungait, J. A., Cardenas, L. M., Blackwell, M. S. A., Wu, L., Withers, P. J. A., Chadwick, D. R., Bol, R., Murray, P. J., Macdonald, A. J., Whitmore, A. P. e Goulding, K. W. T. Advances in the understanding of nutrient dynamics and management in UK agriculture. Science of the Total Environment, 2012.

EMBRAPA GADO DE CORTE. BRS Tamani, forrageira híbrida de *Panicum maximum*. Campo Grande, MS, 2015. Folder  
EMBRAPA GADO DE CORTE. BRS Tamani, forrageira híbrida de *Panicum maximum*. Campo Grande, MS, 2015. Folder

Ferreira, J. P. et al. *Azospirillum brasilense* via foliar e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo na região de Itapeva-SP. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, 2017.

Figueiredo, M. V. B.; Seldin, L.; Araujo, F. F.; Mariano, L. R. L. Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications. In: MAHESHWARI, D.K. (Ed.) Plant growth and health promoting bacteria. 1.ed. Berlin: Springer-Verlag, 2010

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. *Revista Ceres*, Viçosa, 2014.

Gomide, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, MOURA, J.C.de; FARIA, V.P.de(eds.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba:FEALQ, 1986.

Gosal, S.K.; Kalia, A.; Uppal, S.K.; Kumar, R.; Walia, S.S.; Singh, K.; Singh, H. Assessing the benefits of *Azotobacter* bacterization in sugarcane: a field appraisal. Sugar Tech, 2012.

Halliday, D. J. Foliar application of major nutrients to fruit and plantation crops. Outlook on Agriculture, 1961.

Hartmann, A; Baldam, J.I. The genus *Azospirillum*. In: DWORKIN, M. et al. (eds.) The Prokaryotes. New York: Springer, 2006.

Heinrichs, R.; Soares filho, C. V. Adubação e Manejo de Pastagens: II Simpósio de Adubação e Manejo de Pastagens. 1. ed. Birigui-SP: Boreal, 2014.

Hodgson, J.G. **Grazing management:** science into practice. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1990.

Hoeschl, A.R.; Canto, M.W.; Bona filho, A. et al. Produção de forragem e perfilhamento em pastos de capim tanzânia-1 adubados com doses de nitrogênio. Scientia Agraria, 2007

Hungria, M.; Campo. R.J.; Souza, E.M.; Pedrosa, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. Plant and Soil, 2010.

Hungria, M., Nogueira, M. A., & Araujo, R. S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environmentfriendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2016

Jank, L.; Resende, R. M. S.; Valle, C. B. do; Bonato, A. L. V. Utilização de índices de seleção no melhoramento de *Panicum maximum* Jacq. In: II CONGRESSO 38 BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2003.

Kavamura, V. N. et al. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. Microbiological Research, 2013.

Leite, R. D. C., Santos, A. C. D., Santos, J. G. D. D., Leite, R. D. C., Oliveira, L. B. T. D., & Hungria, M. (2019). Mitigation of mombasa grass (*Megathyrus maximus*) dependence on nitrogen fertilization as a function of inoculation with *Azospirillum brasilense*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 43.

Machado, L. A. Z.; Cecato, U.; Comunello, E.; Cocenço, G.; Ceccon, G. Estabelecimento de forrageiras perenes em consórcio com soja, para sistemas integrados de produção agropecuária. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2017.

Malavolta, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980.

Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 2006.

Mariano, R.L.R.; Kloepper, J.W. Método alternativo de biocontrole: resistência sistêmica induzida por rizobactérias. Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, 2000.

Marks, B. B., Megías, M., Nogueira, M. A. e Hungria, M. Biotechnological potential of rhizobial metabolites to enhance the performance of Bradyrhizobium spp. and Azospirillum brasilense inoculants with soybean and maize, 2013.

Marques, M.F.; Romualdo, L.M.; Martinez, J.F.; Lima, C.G.; Lunardi, L.J.; Luz, P.H.C.; Herling, V.R. Momento de aplicação do nitrogênio e algumas variáveis estruturais e Bromatológicas do capim-massai. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 2016.

Martuscello, J.A.; Fonseca, D.M.; Júnior, D.N.; Santos, P.M.; Junior, J.I.R.; CUNHA, D.N.F.V.; MOREIRA, L.M. Características Morfogênicas e Estruturais do Capim-Xaraés Submetido à Adubação Nitrogenada e Desfolhação. Revista Brasileira de Zootecnia., 2005.

Nabinger, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997.

Nelson, D. L.; Cox, M.M. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

Paciullo, D.S.C.; Fernandes, P.B.; Gomide, C.A.M.; Castro, C.R.T.; Souza Sobrinho, F.; Carvalho, C.A.B. The growth dynamics in Brachiaria species according to nitrogen doses and shade. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, 2011

Pedraza, R. Recent advances in nitrogen-fixing acetic acid bacteria. International Journal of Food Microbiology, 2008.

Pereira, W.; Leite, J.M.; Hipólito, G. de S.; Santos, C.L.R. dos; Reis, V.M. Acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas. Revista Ciência Agronômica, 2013.

Piccinin, G. G., Braccini, A. L., Dan, L. G., Scapim, C. A., Ricci, T. T., & Bazo, G. L. Efficiency of seed inoculation with Azospirillum brasilense on agronomic characteristics and yield of wheat. Industrial Crops and Products, 2013.

Puri, A., Padda, K. P., & Chanway, C. P. Can a diazotrophic endophyte originally isolated from lodgepole pine colonize an agricultural crop (corn) and promote its growth?. Soil Biology and Biochemistry, 2015.

Prine, G. M. e Burton, G. W. The effect of nitrogen rate and clipping frequency upon the yield, protein content and certain morphological characteristics of coastal bermuda grasses. Agronomy journal, Madison, 1956.

Sá, G., Hungria, M., Carvalho, C. L. M., Moreira, A., Nogueira, M., Heinrichs, R., & Soares Filho, C. V. Nutrients Uptake in Shoots and Biomass Yields and Roots and Nutritive Value of Zuri Guinea Grass Inoculated with Plant Growth-promoting Bacteria. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2019.

Sales, K.C. Características produtivas e composição bromatológica do capim marandu adubado com nitrogênio. 2017. 33 f. Dissertação (Agricultura Tropical) -

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2017.

Salvador, J.O.; Moreira, A.; Muraoka, T. Sintomas visuais de deficiências de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeiras. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 1999.

Sottero, A, N. Colonização radicular e promoção de crescimento vegetal por rizobactérias. Campinas. viii, 47 p. Dissertação (mestrado em agricultura tropical e subtropical) - Instituto Agrônomo, 2003

Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S. E.; Fetzer, I.; Bennett, E. M.; Biggs, R.; Carpenter, S. R.; De vries, W.; De wit, C. A.; Folke, C.; Gerten, D.; Heinke, J.; Mace, G. M.; Persson, L. M.; Ramanathan, V.; Reyes, B.; Sörlin, S. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science, 2015.

Ferreira, Tamires Esther *et al.* SILÍCIO NA EFICIÊNCIA DE *Azospirillum* brasilense EM TRIGO. **Cultura Agronomica** , Ilha solteira, 2017.

Tarrand, J.J.; Krieg, N R.; Döbereiner, J. A taxonomic study of the *Spirillum* lipoferum group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum* lipoferum (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum* brasilense sp. nov. Canadian Journal of Microbiology, 1978.

Tesk, C. R. M., Cavalli, J., Pina, D. S.; Pereira, D. H., Pedreira, C. G. S., Jank, L., Sollenberger, L. E., Pedreira, B. C. (2020). Herbage responses of Tamani and Quênia guineagrasses to grazing intensity. Agronomy Journal, Accepted article. <https://doi.org/10.1002/agj2.20189>

Vieira, J. M.; Kichel, A. N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Panicum maximum*. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, 1995, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fealq, 1995.