



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTEGRADO EM ZOOTECNIA NOS
TRÓPICOS
CAMPUS PARAUAPEBAS**

DARYEL HENRIQUE ABREU DE QUELUZ

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E BROMATOLÓGICAS DO CAPIM ZURI
INOCULADO COM *Methylobacterium symbioticum* ASSOCIADO A
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

**Parauapebas - PA
2023**

DARYEL HENRIQUE ABREU DE QUELUZ

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E BROMATOLÓGICAS DO CAPIM ZURI
INOCULADO COM *Methylobacterium symbioticum* ASSOCIADO A
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Universidade Federal do Norte do Tocantins, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Integrado em Zootecnia nos Trópicos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia nos trópicos.

Linha de pesquisa: Interface solo-planta-animal.

Orientador: Profº Drº Raylon Pereira Maciel

DARYEL HENRIQUE ABREU DE QUELUZ

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E BROMATOLÓGICAS DO CAPIM ZURI
INOCULADO COM *Methylobacterium symbioticum* ASSOCIADO A
ADUBAÇÃO NITROGENADA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Universidade Federal do Norte do Tocantins, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Integrado em Zootecnia nos Trópicos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia nos trópicos.

Data de Aprovação: 16 de outubro de 2023

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 RAYLON PEREIRA MACIEL
Data: 21/01/2025 16:49:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Raylon Pereira Maciel
Orientador, UFRA

Documento assinado digitalmente
 ANA FLAVIA GOUVEIA DE FARIA
Data: 23/01/2025 10:25:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Ana Flávia Gouveia de Faria
Avaliadora externa, Unitins

Documento assinado digitalmente
 JOSE GERALDO DONIZETTI DOS SANTOS
Data: 22/01/2025 07:53:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Geraldo Donizetti dos Santos
Avaliadora interno, UFNT

Documento assinado digitalmente
 RICARDO SHIGUERU OKUMURA
Data: 28/01/2025 09:13:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ricardo Shigueru Okumura
Avaliadora interno, UFRA

Dedico primeiramente a Deus. Meus pais, Ibanez e Delcineusa. Minha esposa e filhas, Claudia, Luna Sophia e Aurora. A meu irmão, Dannyell

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guardar e proteger a vida. Por me proporcionar sabedoria e calma nos momentos de aflição.

Aos meus pais, Ibanez e Delcineusa, pelo apoio, ensinamentos educação e por sempre me proporcionarem o melhor.

A minha esposa Cláudia por estar sempre ao meu lado em momentos bons e principalmente nos momentos difíceis.

As minhas filhas Luna Sophia e Aurora que são a minha razão de todo esforço e dedicação.

Aos meus orientadores, Raylon Maciel e Antônio Clementino, por serem grandes exemplos na vida pessoal e na vida profissional.

Aos terceirizados, alunos e professores da UFNT, que participaram de forma direta e indireta do meu processo de aprendizagem dentro dessa instituição de ensino, em especial a todos do laboratório de solos.

Aos professores e todos os integrantes, amigos do grupo de pesquisa NEFAR, pela ajuda e troca de conhecimento que a mim foi proporcionada.

E tudo quanto fizerdes, fazei-o de todo o coração, como ao Senhor, e não aos homens.

RESUMO

Objetivou-se mensurar os efeitos da associação da adubação nitrogenada e aplicação foliar da *M. symbioticum* sobre os ganhos produtivos e composição bromatológica do capim *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri. Foi utilizado um delineamento em blocos casualizado compreendendo um arranjo fatorial $2 \times 2 + 2$ com quatro repetições. Foram avaliados os seguintes tratamentos fatoriais: doses de nitrogênio (N), 100 kg ha^{-1} e 200 kg ha^{-1} , inoculação ou não da bactéria *M. symbioticum* sp e dois tratamentos adicionais (duas repetições): controle negativo (sem adubação e sem inoculação) e com apenas inoculação do *M. symbioticum*. Não houve interação da inoculação da *M. symbioticum* com adubação para massa seca de forragem total (MSFT), de lâmina foliar (MSLF), de colmo e material morto, altura e clorofila. Não houve diferença para o índice de área foliar. A MSFT E MSLF foi maior nos tratamentos que receberam a inoculação. Verificou-se semelhança para MSFT e MSLF nos tratamentos com adubação nitrogenada e aquele que recebeu somente inoculação com *M. Symbioticum*. A dose de 200 N kg ha^{-1} com *M. symbioticum* promoveu maior densidade de perfilhos quando comparado as doses sem inoculação. A CLH foi influenciada apenas pelas doses de N, no entanto quando comparado tratamento que recebeu apenas inoculação e o tratamento negativo a inoculação aumentou a quantidade de clorofila na folha. A inoculação de *M. symbioticum* associada a adubação com 100 kg ha^{-1} de nitrogênio promove aumento na produção do capim Zuri e não altera a degradabilidade in vitro da matéria seca. Doses elevadas de nitrogênio quando inoculadas com a *M. symbioticum* ocasionam efeito negativo sobre as características bromatológicas.

Palavras-chave: bactérias promotoras de crescimento, clorofila, fixação biológica do nitrogênio, pastagem

ABSTRACT

the objective was to measure the effects of the association of nitrogen fertilization and foliar application of *M. symbioticum* on the productive gains of the grass *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri. A randomized block design was used, comprising a 2 x 2 + 2 factorial arrangement with four replications. The following factorial treatments were evaluated: doses of nitrogen (N), 100 kg ha⁻¹ and 200 kg ha⁻¹, inoculation or not of the bacteria *M. symbioticum* sp and two additional treatments (two replications): negative control (without fertilization and without inoculation) and with only *M. symbioticum* inoculation. There was no interaction between *M. symbioticum* inoculation and fertilization for total forage dry mass (TFDM), leaf blade (LBDM), stem and dead material, height and chlorophyll. There was no difference in the leaf area index. The TFDM and LBDM were higher in the treatments that received the inoculation. Similarity was found for TFDM and LBDM in the treatments with nitrogen fertilization and the one that received only inoculation with *M. Symbioticum*. The dose of 200 N kg ha⁻¹ with *M. symbioticum* promoted greater tiller density when compared to doses without inoculation. CLH was influenced only by N doses, however, when comparing the treatment that received only inoculation and the negative treatment, inoculation increased the amount of chlorophyll in the leaf. The inoculation of *M. symbioticum* associated with fertilization with 100 kg ha⁻¹ of nitrogen causes an increase in the production of Zuri grass and not alter the in vitro degradability of the dry matter. High doses of nitrogen when inoculated with *M. symbioticum* can cause a negative effect on the bromatological characteristics.

Keywords: growth-promoting bacteria, chlorophyll, biological nitrogen fixation, pasture

RESUMO INTERPRETATIVO E RESUMO GRÁFICO

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E BROMATOLÓGICAS DO CAPIM ZURI INOCULADO COM *Methylobacterium symbioticum* ASSOCIADO A ADUBAÇÃO NITROGENADA

Elaborado por **Daryel Henrique Abreu De Queluz** e orientado por **Raylon Pereira Maciel**

A adubação nitrogenada é essencial para melhorias das produtividades de pastagens, uma vez que seu uso pode reduzir os danos de degradação e melhorar os índices produtos. Em contrapartida, seu uso além de ser oneroso ainda pode causar danos ambientais. As bactérias fixadoras de nitrogênio são ambientalmente inofensivas e podem fornecer nitrogênio com custo baixo. Nesse contexto temos a *Methylobacterium symbioticum* (*M. symbioticum*) que pode fixar nitrogênio e liberar fito hormônios para as plantas. Foram avaliadas duas doses de nitrogênio (N), 100 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ associadas a inoculação ou não da bactéria *M. symbioticum* e dois tratamentos adicionais: sem adubação e sem inoculação e com apenas inoculação do *M. symbioticum* sobre as características produtivas do capim Zuri. A massa seca de forragem total (MSFT) e lâmina foliar (MSLF) foi maior nos tratamentos que receberam a inoculação. Ainda, a MSFT e MSLF nos tratamentos com adubação nitrogenada e aquele que recebeu somente inoculação com *M. Symbioticum* apresentaram resultados semelhantes. Quando se utilizou a dose de 200 N kg ha⁻¹ mais a *M. symbioticum*, conseguiu-se maior densidade de perfilhos quando comparado as doses sem inoculação. A inoculação aumentou a quantidade de clorofila na folha. A inoculação de *M. symbioticum* associada a adubação com 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio promove aumento na produção do capim Zuri.

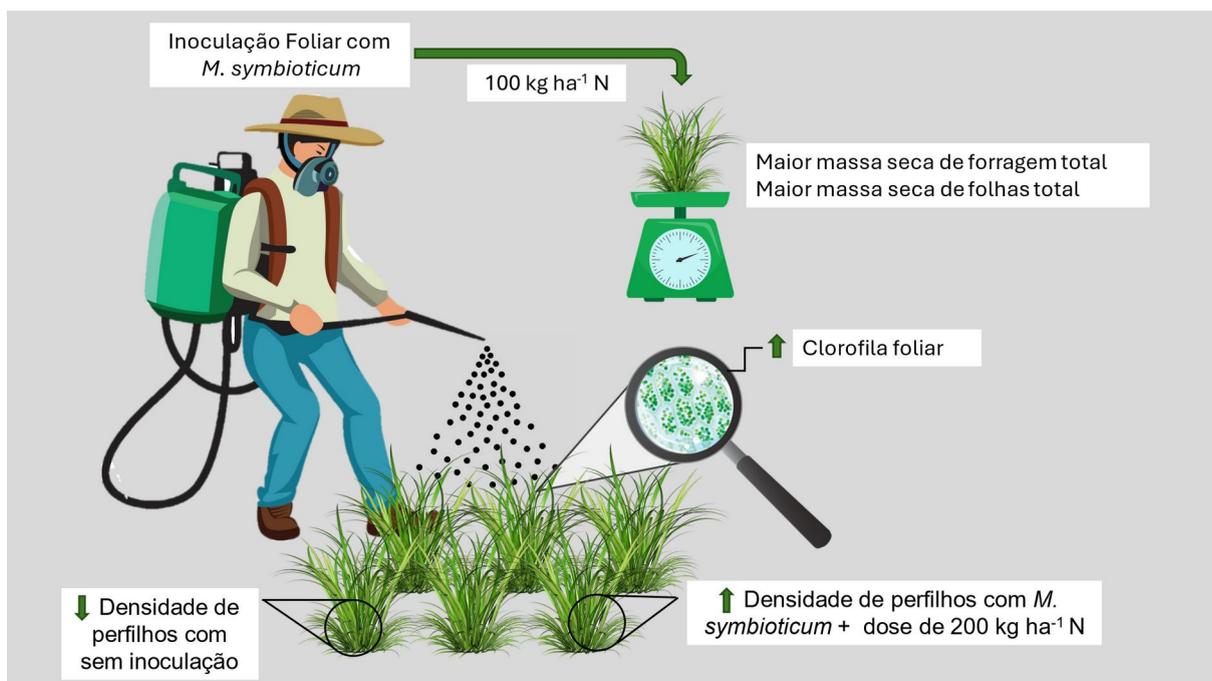


Figura 1. Associação da adubação nitrogenada com a bactéria *Methylobacterium symbioticum* sobre as características do capim Zuri.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades químicas do solo na profundidade de 0 a 20 cm

Tabela 2. Características agronômicas do capim *Megathyrsus maximus* cv. Zuri adubado com duas doses de nitrogênio 100 kg ha⁻¹ por ano e 200 kg ha⁻¹ por ano com e sem a inoculação de *M. symbioticum*.

Tabela 3. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) em percentual e digestibilidade *in vitro* da matéria seca do capim Zuri inoculado *Methylobacterium symbioticum* associado a adubação nitrogenada, em Araguaína, TO

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Dados meteorológicos coletados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), durante os 4 ciclos de cultivo avaliados do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri (INMET, 2023).
- Figura 2. (A) Produção de massa seca da forragem total (MSFT), (B) Produção de massa seca do limbo foliar (MSLF), da cultivar *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri com a inoculação de *M. symbioticum* e sem inoculação. Letras diferentes indicam significância estatística pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade
- Figura 3. Produção de massa seca da forragem total (MSFFT) dos tratamentos com capim *Megathyrsus maximus* cv. Zuri que receberam adubação nitrogenada em contraste com o tratamento que recebeu apenas a inoculação de *M. symbioticum*. Letras diferentes indicam significância estatística pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade
- Figura 4. Altura média do capim *Megathyrsus maximus* cv. Zuri com doses de N em contraste com a inoculação de *M. symbioticum*. Letras diferentes indicam significância estatística pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade
- Figura 5. Comparação entre as doses de N e as doses de N mais inoculação de *M. symbioticum* na densidade populacional de perfilhos do capim *Megathyrsus maximus* cv. Zuri. Letras minúsculas diferentes indicam significância estatística para presença ou ausência da inoculação dentro da adubação nitrogenada e letras maiúsculas diferentes indicam significância estatística para as doses de N dentro da inoculação pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade.
- Figura 6. Contrastes realizados entre o tratamento que recebeu somente inoculação com *M. symbioticum* versus tratamento negativo (branco) para clorofila ($\mu\text{g cm}^{-2}$) no capim *Megathyrsus maximus* cv. Zuri. Letras diferentes indicam significância estatística pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade
- Figura 7. Comparação entre as doses de N e as doses de N mais inoculação de *M. symbioticum* para proteína bruta (PB) em porcentagem do capim *Megathyrsus maximus* cv. Zuri. Letras minúsculas diferentes indicam significância estatística para presença ou ausência da inoculação dentro da adubação nitrogenada e letras

maiúsculas diferentes indicam significância estatística para as doses de N dentro da inoculação pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Principais Forrageiras utilizadas no Brasil para pastejo.....	12
2.1.1. Gênero <i>Megathyrus</i>	13
2.1.2. Nitrogênio no sistema solo-planta animal.....	13
2.1.3. Nitrogênio no solo.....	14
2.1.4. Nitrogênio na planta.....	15
2.1.5. Produção de bovinos e a adubação nitrogenada.....	16
2.2. Fixação biológica de nitrogênio.....	17
2.3. Bactérias promotoras de crescimento das plantas (BPCP).....	18
2.4. <i>Methylobacterium symbioticum</i>.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A falta de nitrogênio resultante principalmente da sua baixa ou nenhuma reposição nos solos sob pastagens leva a uma menor capacidade de suporte, redução na produção de forragem que acarretam a redução no rendimento dos animais em pastejo (CAMPOS et al., 2016). O nitrogênio afeta diretamente os processos fotossintéticos (influenciando a parte fotoquímica e bioquímica), síntese de enzimas responsáveis pela fixação de CO₂, estimula a atividade enzimática, e constituinte de ácidos nucleicos, participa da síntese de vitaminas e hormônios entre outros compostos que tem N na sua constituição (TAIZ, L; ZEIGER, 2013).

Diferente dos outros nutrientes o N praticamente não é fornecido ao solo pelo seu material de origem. Em último caso a sua fonte para as plantas vem da atmosfera que possui em sua composição 78% de N₂ que não está disponível para plantas na sua forma elementar, necessitando ser transformado em sua forma orgânica e inorgânica para seu aproveitamento para as plantas (CANTARELLA, H. 2007). Sendo principalmente adicionado ao solo na sua forma mineral, porém parte nitrogênio aplicado ao solo transforma-se em óxido nitroso (N₂O), um dos gases mais poluentes do efeito estufa (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). No ano de 2021 os custos com a adubação nitrogenada no país superaram os custos do ano de 2008, onde os preços dos adubos estiveram em alta em decorrência da crise econômica. No entanto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) indicou que apenas com uso da fixação biológica de nitrogênio, pode-se ter uma economia no Brasil que ultrapassa a casa dos 14 bilhões de dólares apenas no Brasil (NUB, 2022).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) acontece através da conversão de nitrogênio atmosférico (N₂) em substâncias nitrogenadas, adicionando o N na planta a partir da biossíntese de proteínas e ácidos nucleicos, por meio de bactérias diazotróficas e de enzimas nitrogenases que auxiliam nas reações (SOUZA et al., 2015). A utilização de bactérias diazotróficas reduz o custo com fertilizantes nitrogenados à medida que aumenta o desenvolvimento das plantas (GOUDA et al., 2018).

As cepas de *Methylobacterium* vem sendo estudadas por suas diversas atividades promotoras de crescimento das plantas com resultados positivos em diversas espécies de plantas. Algumas bactérias desse gênero podem fixar nitrogênio atmosférico ou mobilizar outros nutrientes como fósforo. Na agricultura a *Methylobacterium* spp. vem se mostrando como uma nova aplicação biotecnológica, uma vez que plantas tratadas mostram melhorias no rendimento, possivelmente pela fixação de nitrogênio atmosférico, modulação de fotossíntese e retardação da senescência foliar (VADIVUKKARASI et al., 2020; PASCUAL, et al., 2020).

As cepas desse gênero se dividem em três grandes grupos. Um grupo teria a capacidade apenas de fixar nitrogênio para as plantas, o segundo apenas de promover o crescimento através da produção de fitohormônios sem a capacidade de fixar nitrogênio, e um terceiro grupo que seria a junção dos dois primeiros grupos (TOYAMA et al., 1998; CAMPOS et al., 2016). A *M. symbioticum* estaria nesse terceiro grupo com a capacidade de fixar nitrogênio e produzir fitohormônios.

Cervantes-Martínez (2004) identificaram que a bactéria tem capacidade de promover o crescimento vegetal. Pascual et al. (2020) caracterizaram uma nova cepa a SB0023/3 T, isolada de esporos do fungo micorrízico arbuscular *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, e verificaram que essa espécie tem aplicabilidade no campo da agricultura para reduzir o aporte de fertilizantes nitrogenados e promotora de crescimento. Em outro trabalho desenvolvido por Vadivukkarasi et al. (2020), investigou-se o potencial das bactérias promotoras do crescimento das plantas (BPCP) nativas para mitigar o estresse biótico e promover o crescimento da planta de gengibre, indicando que a *Methylobacterium* tem potencial bioestimulante isolado da filosfera do gengibre.

Dessa forma, a utilização da *Methylobacterium* spp. pode contribuir para o aporte de nitrogênio das plantas forrageiras e reduzir a necessidade de uso de fertilizantes nitrogenados em áreas de pastagem. Objetivou-se mensurar os efeitos da associação da adubação nitrogenada e aplicação foliar da *Methylobacterium symbioticum* sobre as características produtivas e composição bromatológica do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Principais Forrageiras utilizadas no Brasil para pastejo

Para as condições edafoclimáticas brasileiras existem inúmeras espécies de forrageiras usadas na alimentação de bovinos a pasto, sendo essas de origem principalmente africana. Sendo predominantes as cultivares do gênero *Brachiaria*, representado pelas cultivares Basilisk e Marandu (MACHADO et al., 2010; ANDRADE, 2001). No entanto nos últimos anos o gênero *Brachiaria* vem sendo substituído por cultivares do gênero *Megathyrsus*, representado principalmente pela cultivar Mombaça, por suas características de alto potencial produtivo e alto valor nutritivo (CARNEIRO et al., 2017). Além desses gêneros pode-se citar também o gênero *Andropogon* como presentes nas pastagens brasileiras.

2.1.1. Gênero *Megathyrsus*

Mundialmente conhecida por altas produtividades e por alto valor nutritivo se adaptaram bem em regiões tropicais e subtropicais e tem grande importância na engorda de bovinos a pasto no Brasil. Normalmente sendo recomendado para categorias de animais mais exigentes e requerendo solos de maior fertilidade, tem diferentes formas de fornecimento como pastejo direto, silagem e feno (HACKER, 1998).

No Brasil historicamente a primeira cultivar de *Megathyrsus* foi o colômbio, de origem africana, foi trazida ao Brasil junto com os escravos e se adaptou bem as condições de clima e solo brasileiros durante muito tempo foi responsável por grande parte da engorda de bovinos no Brasil (MACHADO *et al.*, 2010)

A cultivar desse gênero mais difundida nos tempos atuais é o Mombaça, que foi introduzida no Brasil em 1984, sendo seu lançamento comercial feito pela EMBRAPA Gado de Leite e Corte, IAPAR e parceiros em 1993 (EMBRAPA, 1993). Sendo um capim que consegue ter até 136% a mais de acúmulo de matéria seca nas folhas, 32% a mais de folhas, 71% a mais de qualidade de rebrote que a cultivar Colômbio a cultivar Mombaça vem se sobressaindo na pecuária nacional. Além de características produtivas maiores suportando uma maior capacidade de lotação e melhores índices de ganho de peso o Mombaça também possui uma mediana resistência a cigarrinha (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2007).

Uma das cultivares mais recentes se destaca o BRS Zuri, que sob a coordenação da Embrapa Gado de Corte, selecionando cultivares levado em consideração as características de produtividade, vigor, capacidade de suporte, desempenho animal, resistência a pragas (*Deois flavopicta*) e doenças (*Bipolaris maydis*), em 2013, foi registrada e protegida sob o número 2013.0258, junto ao Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), (EMBRAPA, 2014). Onde teve a se teve a primeira cultivar da Embrapa protegida no MAPA, seu lançamento ao mercado ocorreu no ano de 2014 (JANK *et al.*, 2017).

2.1.2. Nitrogênio no sistema solo-planta animal

O nitrogênio (N) apresenta um certo dinamismo no solo, referentes as suas entradas e saídas do sistema. Por ter grande mobilidade e por passar por diversas transformações, desde aquelas intermediadas por microrganismo, movimentação em profundidade na sua forma nítrica e sua transformação para formas gasosas resultando na saída do sistema por volatilização, e um nutriente que requer mais critérios para seu fornecimento uma vez que além de ser algumas vezes o nutriente mais exigido por diversas culturas também é um dos

nutrientes com a maior dificuldade em ser mantido no solo disponível para planta (BOURSCHEIDT, M. L. B. *et al.*, 2019; CANTARELLA, H, 2007).

2.1.3. Nitrogênio no solo

Diferente dos outros nutrientes o N praticamente não é fornecido ao solo pelo seu material de origem. Em último caso a sua fonte para as plantas vem da atmosfera que possui em sua composição 78% de N₂ que não está disponível para plantas na sua forma elementar, necessitando ser transformado em sua forma orgânica e inorgânica para seu aproveitamento para as plantas (CANTARELLA, H, 2007 e VIEIRA, 2017).

O gás N₂ recebe calor para sofrer o processo de oxidação através dos raios, se transformando em NO₂, que é carregado para o solo através das chuvas. No solo o N₂ é oxidado e transformado em nitrito, podendo assim adicionar ao solo de 1 a 50 kg ha⁻¹ de N, depende da localidade (CANTARELLA, H, 2007).

Através do processo de difusão o gás nitrogênio se apresenta equilibrado entre a atmosfera e o solo onde será fixado por fixação biológica, essa forma de disponibilização de nitrogênio no solo pode ser realizada na forma não simbiótica e simbiótica. No processo não simbiótico o nitrogênio é fixado através de microrganismos de vida livre principalmente bactérias e algas, tornando assim através do processo de mineralização do N orgânico fornece cerca de 10 a 50 kg ha⁻¹ de N por ano. No caso de simbiose os microrganismos crescem junto com a planta hospedeira. Principalmente o gênero *Rhizobium* com leguminosas pode fornecer até 75% do N requerido pela planta hospedeira (CANTARELLA, H, 2007 e VIEIRA, 2017).

O N₂ também pode ser colocado no solo através de processos industriais onde o N₂ reage com o H₂ aplicando altas temperaturas e pressão elevada formando o NH₃, por sua vez é a chave para a fabricação de fertilizantes nitrogenados. Portanto a adubação mineral pode fornecer ao solo amônio e nitrato vindos do N₂ (CANTARELLA, H, 2007 e VIEIRA, 2017).

Cerca de 98% do nitrogênio presente no solo está na forma orgânica (aminoácidos, proteínas, aminoaçúcares, ácidos nucleicos e associados a polímeros), que são fornecidos através da incorporação da matéria orgânica no solo (resíduos vegetais e animais) além da fixação biológica. No entanto o nitrogênio orgânico não está disponível para as plantas, sendo assim necessário à sua transformação para formas inorgânicas e ou minerais através do processo de mineralização (CANTARELLA, H, 2007; DIAS-FILHO, 2011 e VIEIRA, 2017).

2.1.4. Nitrogênio na planta

O nitrogênio afeta diretamente os processos fotossintéticos (influenciando a parte fotoquímica e bioquímica), síntese de enzimas responsáveis pela fixação de CO₂, estimula a atividade enzimática, e constituinte de ácidos nucleicos, participa da síntese de vitaminas e hormônios entre outros compostos que tem N na sua constituição (TAIZ, L; ZEIGER, 2013).

Estando disponível no solo e por consequência na célula da planta as respostas fisiológicas logo podem ser observadas de forma mais características, uma vez que o nitrogênio potencializa os efeitos fotossintéticos, demonstrando na planta alterações de coloração, tamanho, peso, taxa de aparecimento e estrutura de perfilho (ALENCAR *et al.*, 2010 e TAIZ, L; ZEIGER, 2013).

Bernardi *et al.* (2018) evidenciou em seu estudo um resposta linear ao fornecimento de nitrogênio em relação ao incremento de matéria seca e proteína bruta quando comparado com tratamentos que não receberam nitrogênio, no entanto a eficiência do uso do nitrogênio se mostrou inversamente proporcional a elevação das doses sendo assim, necessário uma otimização no uso para que se possa alcançar um bom custo-benefício em relação a valor de investimento e retorno. Resultados semelhantes foram evidenciados por Campos *et al.* (2016) que mostrou que para gramíneas tropicais doses de 400 a 600 kg ha⁻¹ de N entregaram respostas lineares a produção de forragem, evidenciando a mesma linha Inacio de Abreu (2020) estudando as *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri a doses de nitrogênio evidenciou melhorias de quantidades um aumento no número de folhas total dos perfilhos com doses de aproximadamente 500 kg ha⁻¹ de N, enquanto tamanho de folha por perfilho, densidade populacional de perfilhos e produção de matéria seca se mostraram melhores nas doses de 600 a 647 kg ha⁻¹ de N.

O uso da adubação nitrogenada proporciona uma redução no tempo de aparecimento de folhas, aumentando a formação de novas células e assim incrementando um número maior de folhas por planta, dessa forma as plantas conseguem se recuperar de forma mais rápida ficando disponível para um novo pastejo por reduzir o período de descanso (YASUOKA, *et al.*, 2018). Silva *et al.* (2013b) mostrou que a adubação nitrogenada afeta positivamente o aparecimento foliar no capim Marandu e que a dose ótima para o efeito máximo do nitrogênio nessa característica foi de 240 kg ha⁻¹ de N, em outro estudo o autor evidenciou estudando a recuperação de uma área moderadamente degradada de capim marandu com adubação nitrogenada (2013a), que a adubação com sulfato de amônia teve efeito positivo na

recuperação da pastagem e a dose de 300 kg ha⁻¹ de N ano respondeu melhor em relação à altura de plantas, densidade de perfilho e massa seca das lamina foliares. Oliveira *et al.* (2005) mostrou que uso de adubo nitrogenado isolado e com incremento de enxofre mostraram resultados positivos no manejo nutricional de forragens, porém nos tratamentos sem a presença de enxofre as forragens apresentaram sintomas de deficiência. Pereira *et al.* (2021) estudando um manejo de adubação nitrogenada para implantação do capim mavuno identificou que o ideal para expressar um crescimento máximo da forrageira seria de aplicar 42 a 46,7 kg ha⁻¹ de N após a semeadura, 27 a 32,5 kg ha⁻¹ de N após a primeira rebrota e durante os próximos dois ciclos de rebrota e no final da safra uma aplicação de 22,2 a 24,7 kg ha⁻¹ de N.

Faria *et al.* (2018) estudando possíveis melhorias em forrageiras adubadas com nitrogênio e submetidas a sombreamento, verificou que houve um aumento da massa seca e do perfilhamento, aumento do teor de proteína bruta e uma redução nos teores de fibra em detergente neutro e por mais que submetidas a sombreamento não houve uma redução na resposta da planta em relação a aplicação do nitrogênio.

2.1.5. Produção de bovinos e a adubação nitrogenada

A melhoria em processos tecnológicos como suplementação estratégica, semiconfinamentos e melhoria na qualidade genética dos rebanhos vem influenciando grandemente na maior produção de carne e maior desenvolvimento da criação de bovinos com ciclos mais curtos. Por nossa bovinocultura ser quase na sua totalidade a desenvolvida a pasto torna a mesma mais competitiva a nível mundial. Com intuito de otimizar a produção de forragem e melhorar os índices produtivos o manejo das pastagens com a adubação nitrogenada influencia diretamente no dossel da forrageira e com isso inferindo no desempenho animal (Laureano *et al.*, 2011).

Moreira *et al.* (2011) buscando medir o potencial produtivo animal em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk adubadas com a nitrogênio avaliou que a adubação em si não influenciou no ganho de peso médio diário dos animais, no entanto quando foi colocado 300 kg ha⁻¹ de N as pastagens apresentaram um aumento de 32 % e 28% no primeiro e no segundo ano de adubação respectivamente. Com resultados semelhantes Lupatini *et al.* (2013) avaliou o desempenho animal em pastagens de aveia preta e azevém submetidas a adubação nitrogenada, mostrando que as doses de 0 a 300 kg ha⁻¹ de N, tiveram um efeito linear em relação a taxa de lotação e ganho de peso diário dos animais, tendo a dose de 150 kg ha⁻¹ de N

a dose que obteve melhor eficiência de ganho de peso por unidade de nitrogênio aplicada indicando a dose como a de melhor custo-benefício.

2.2. Fixação biológica de nitrogênio

A Fixação Biológica do Nitrogênio acontece através da conversão de nitrogênio atmosférico (N₂) em substâncias nitrogenadas, adicionando o N na planta a partir da biossíntese de proteínas e ácidos nucleicos, por meio de bactérias diazotróficas e de enzimas nitrogenases que auxiliam nas reações (Nunes *et al.*, 2003). A utilização de bactérias diazotróficas reduz o custo com fertilizantes nitrogenados à medida que aumenta o desenvolvimento das plantas.

Com objetivo de melhorar o avanço econômico e sustentável na produção de bovinos a pasto o uso de biotecnologias são indispensáveis. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) em gramíneas onde se encontra o microrganismo dentro dos tecidos da planta ou próximo da sua rizosfera podem fixar parte do N no entanto não sendo suficiente, necessitando assim de uma dose de nitrogênio proveniente de fontes industriais (CARVALHO *et al.*, 2020).

A FBN por si so já consegue fornecer 180 milhões de toneladas de nitrogênio por ano no mundo, 80 % proveniente da associação simbiótica de plantas e bactérias e 20 % sendo fornecido pelos organismos de vida livre (SIVASAKTHI, S. *et al.*, 2014). A redução no uso de nitrogênio de fontes não renováveis reduz o dano ambiental da produção, no Brasil as BPCP podem reduzir o uso de 50 kg ha⁻¹ de N mineral por ano nas pastagens (FANCELLI, 2010).

Guimarães (2011), em um estudo sobre produção de capim-Marandu inoculado com *Azospirillum spp* e uma testemunha com adubação nitrogenada, comprovou que o teor de N foliar é maior nas plantas que continham adubação nitrogenada, seguido dos tratamentos com inoculação de *Azospirillum*, demonstrando a eficiência de absorção de nitrogênio do tratamento. Quando comparados os tratamentos com inoculação à testemunha absoluta, três tratamentos de inoculação isolados obtiveram aumentos de até 7% no número de perfilhos. A massa seca radicular também foi acrescida através da FBN realizada por esses microrganismos.

Estudos avaliando as doses de nitrogênio associados ao efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho (*Zea mays L.*), demonstraram o aumento de rendimento de grãos com a aplicação de crescentes doses de N associado à inoculação da bactéria *A. brasilense*, principalmente através dos aumentos de altura de planta e IAF. No

tratamento controle de N (0 kg ha⁻¹) e controle de *A. brasilense*, foi obtido o maior índice na apuração do número de folhas senescentes no florescimento, indicando maior perda de área foliar pela senescência e, conseqüentemente, afetando os componentes de rendimento relacionados às alterações da atividade fisiológica das plantas. Já que a senescência foliar diminui a produção final de biomassa que ocorre na planta (Müller, 2013).

Nesse sentido, a utilização do potencial de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN) associado a doses de nitrogênio, torna-se essencial para aumentar a produtividade e qualidade das gramíneas.

2.3. Bactérias promotoras de crescimento das plantas (BPCP)

As bactérias estão presentes no interior ou no exterior das plantas, algumas promovem o crescimento, outras são neutras e outras causam danos. As bactérias que promovem o crescimento das plantas podem estar habitando a rizosfera ou a filosfera das plantas, no entanto diferente das fitopagênicas às BPCP aceleram e melhoram o desempenho delas (Pérez-García *et al.*, 2023)

As bactérias promotoras de crescimento das plantas (BPCP) atuam de forma direta e indireta nas plantas. Diretamente agem na produção de alguns ácidos, fito hormônios, fixação de nitrogênio, mineralização de nutrientes, solubilização de fosfatos produção de enzimas e entre outras. Indiretamente elas atuam como agentes de controle biológico, produzindo bacteriocinas, antibióticos, competição por espaço e indução de resistência (LAZAROVITZ, G. & NOWAK, J. 1997).

Controle biológico inicia-se no Brasil na década de 40, no entanto o biocontrole com bactérias e mais recente, sendo bem estimulado pela palestra em 1995 no XXVIII Congresso Brasileiro de Fitopatologia do professor J. W. Kloepper (MARIANO *et al.*, 2004).

2.4. *Methylobacterium symbioticum*

As cepas de *Methylobacterium* vem sendo estudadas por suas diversas atividades promotoras de crescimento das plantas com resultados positivos em diversas espécies de plantas (MADHAIYAN *et al.*, 2007). Algumas bactérias desse gênero podem fixar nitrogênio atmosférico ou mobilizar outros nutrientes como fosforo (AGAFONOVA *et al.*, 2013). Na agricultura a *Methylobacterium spp.* vem se mostrando como uma nova aplicação biotecnológica, uma vez que plantas tratadas mostram melhorias no rendimento,

possivelmente pela fixação de nitrogênio atmosférico, modulação de fotossíntese e retardação da senescência foliar (MADHAIYAN *et al.*, 2007; RODRÍGUEZ *et al.*, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido conduzido a campo, no Setor de Agrostologia do Centro de Ciências Agrárias da Fundação Universidade Federal do Tocantins (UFNT), campus de Araguaína – TO, Brasil (7°06'19''S e 48°12'02''W; 228 m de altitude).

Conforme classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Aw, clima tropical com estação seca de inverno e chuvas no verão, quente e úmido, com chuvas de outubro a abril (ALVARES *et al.* 2013). Os dados precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e insolação dos 4 ciclos avaliados estão apresentados na figura 1.

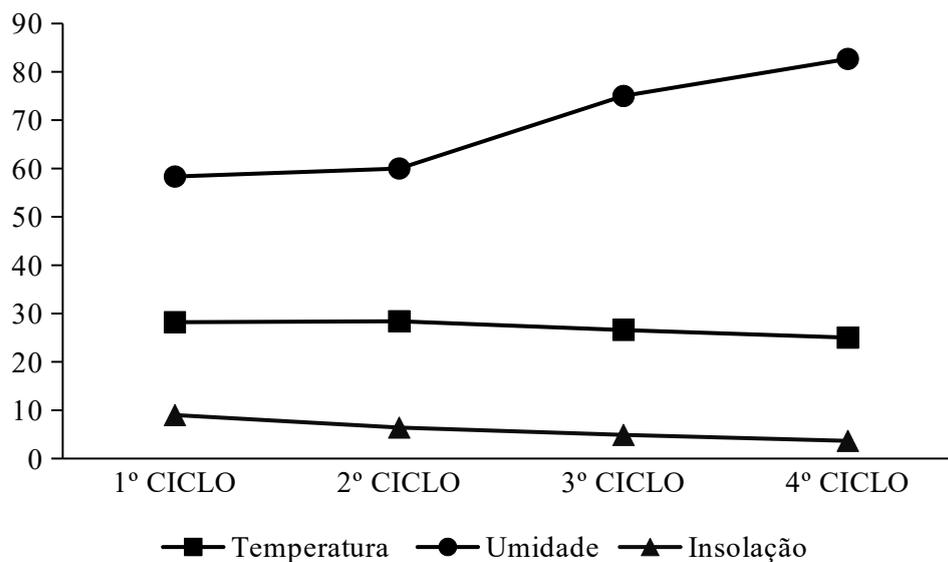


Figura 1. Dados meteorológicos coletados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), durante os 4 ciclos de cultivo avaliados do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri (INMET, 2023).

Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados compreendendo um arranjo fatorial $2 \times 2 + 2$ com quatro repetições. Foram avaliados os seguintes tratamentos fatoriais: doses de nitrogênio (N), 100 kg ha^{-1} e 200 kg ha^{-1} , inoculação ou não da bactéria *Methylobacterium symbioticum* sp (*M. symbioticum*) e dois tratamentos adicionais (duas repetições): controle negativo (sem adubação e sem inoculação) e com apenas inoculação do

M. symbioticum. A área experimental de 540 m² foi dividida em 20 parcelas de 12 m² (3m x 4m) formada com capim *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri.

A área experimental contou com irrigação localizada via gotejamento subsuperficial, com tubos gotejadores autocompensantes Netafim® Dripnet PCTM AS 16150, com diâmetro 16,2 mm nominal, espessura de parede 0,38 mm, diâmetro interno de 15,0 mm, pressão máxima de trabalho de 2,2 bar (220 kPa), pressão máxima de lavagem de 2,5 bar (250 kPa), com emissores a cada 0,45 m, e foram espaçados nas entre linhas com 0,80 m, enterrados na profundidade de 0,30 m, projetado para trabalhar com pressão de serviço de 2,0 bar (200 kPa), permite emissão 1,0 L.h⁻¹, que proporciona aplicação de 2,78 mm ou 27.777 L.h⁻¹.ha⁻¹ de solução, suprida pelo conjunto motobomba (KSB® Hydrobloc C1000N; Weg®; 1,0 CV; 220 V; 60 Hz; mínimo 4,70 A; máximo 6,10 A).

Antes do período experimental foi feita coleta de solo na camada de 0 a 20 centímetros, para análise física e química. O solo da área experimental foi caracterizado como arenoso com 87,6 % de areia, 3% de silte e 9,4 % de argila. a parte química está descrita na tabela 1. O período experimental foi dividido em quatro coletas com tempo fixo de 21 dias. O período experimental teve início a partir do corte de uniformização da forrageira, em 17 de setembro de 2022, realizado a 0,30 m de altura, com auxílio de uma roçadeira costal motorizada modelo Stihl FS 380 (COSTA et al., 2019; GOMIDE et al., 2019). A aplicação da *M. symbioticum* na dose de 1,00 x 10¹⁰ UFC (unidades formadoras de colônias) por hectare, foi realizada no quinto dia após cada corte, quando a forragem apresentava folhas expandidas, com auxílio de pulverizador agrícola a CO₂ com barra de três metros com 6 bicos tipo leque XR 010 03 com uma vazão de 200 l/ha.

Tabela 1. Propriedades químicas do solo na profundidade de 0 a 20 cm.

Perfil	pH (H ₂ O)	P(meh)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	M.O.	SB	CTC	V
0-20		Mg.dm ⁻³	-----Cmol _c .dm ⁻³ -----				g.dm ⁻³	Mg.dm ⁻³		%	
cm	5,79	16,44	0,06	1,41	0,67	0	1,1	17,4	2,14	3,24	66,05

M.O: Matéria Orgânica; H+Al: Acidez potencial; CTC: Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; SB: Soma das bases

Semanalmente adicionou-se ao sistema, através de fertirrigação, que por sua vez viabiliza o uso racional dos fertilizantes. Uma vez que aumenta sua eficiência, reduzindo custos com mão de obra e maquinário, facilitando o parcelamento das adubações e melhorando a eficiência, pois os nutrientes já se encontram em forma de solução conseguindo chegar à raiz de forma mais fácil por já ser incorporada a solução do solo. (COELHO, et al.

2010). O total do adubo de cada parcela era diluído em um taque de água até que a mistura estivesse homogênea e logo após liberada no sistema. Liberação essa realizada apenas depois de 30 minutos de irrigação na área. Foram aplicados 8,3 kg de N nos tratamentos que receberam 100 kg ha⁻¹ de N e 16,6 kg de N nos tratamentos que receberam 200 kg de kg ha⁻¹. Junto as adubações de N foram realizadas adubações padrões afim de repor nutrientes, realizadas em todas as parcelas com 11,25 de P₂O₅ kg ha⁻¹ e 15 kg ha⁻¹ de K₂O (FONTES, et al., 1999).

Ao final de cada ciclo experimental, foram realizadas as medidas da altura do pasto (5 aferições por parcela) com auxílio de uma régua graduada. Foram coletadas amostras representativas da condição média do dossel forrageiro utilizando moldura retangular com área de 0,6 m² (1,0 x 0,6 m), e feito o corte da forragem ao nível de 30 cm do solo, não realizando a mensuração de resíduo. As amostras foram usadas na sua integralidade, não utilizando sub amostras. No laboratório as amostras foram processadas manualmente com separação da lâmina foliar, colmo + bainha e material morto. As frações foram pesadas, pré-secas em estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas, após a retirada do material da estufa foi realizada a pesagem com auxílio de uma balança de precisão analítica para determinar a massa seca de forragem total (MSFT), massa seca da lâmina foliar (MSLF), massa seca do colmo (colmo + bainha) (MSC) e massa seca de material morto (MSMM). Logo depois o material foi moído em moinho tipo Wiley com peneira de 1mm e a composição bromatológica. Após cada coleta as parcelas eram cortadas com ajuda de uma roçadeira costal motorizada modelo Stihl FS 380 a altura de 30 cm, após o corte de uniformização a palhada foi e retirada das parcelas.

A avaliação da degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DEGMS) foi realizada em duplicata e utilizou-se do método proposto por Tilley e Terry (1963), adaptado por Camacho et al. (2023). Foram realizadas análises de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) pelo método de kjeldahl, fibra em detergente neutro (FDN) amostras foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT 100 g/m²) e levadas ao aparelho ANKOM 2000, segundo metodologias descritas por Detmann et al. (2012).

Realizou-se, a cada ciclo, no pré-corte contagem de perfilhos para determinação da densidade populacional de perfilhos em uma área de 0,15 m² com um quadrado de 0,15 m x 1 m em um local que represente a condição média do dossel. A determinação da clorofila ($\mu\text{g cm}^{-1}$) foi feita a cada ciclo, sempre no mesmo horário (9:00 às 10:00 horas da manhã). As leituras foram realizadas em três pontos da primeira folha completamente expandida, em cinco plantas em cada parcela utilizando-se um clorofilômetro modelo ATLEAF CHL

PLUS®. O índice de área foliar foi utilizado (IAF) o Ceptômetro ACCUPAR LP-80, sempre entre os horários das 10 às 12 horas da manhã, evitando dias nublados, foram aferidos dois pontos por parcela, com uma leitura na parte superior e uma na parte inferior.

As amostras de raízes foram coletadas nas camadas de 0 à 0,1; 0,1 à 0,2; 0,2 à 0,4; 0,4 à 0,5; 0,5 à 0,6; 0,6 à 0,7; 0,7 à 0,8 metros de profundidade, com auxílio de um trado tipo caneco ($\varnothing 100$ mm, com $1,5708$ dm³). As amostras foram identificadas e armazenadas em caixa térmica, em seguida lavadas em água corrente sobre peneira com malha de 2 mm (10 Mesh). Após retirada do excesso de água, foram pesadas, encaminhadas à estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas, e novamente, pesadas para aferição da massa seca de raiz (SARMENTO et al., 2008).

Os resultados foram submetidos aos testes de homocedasticidade e normalidade, sendo que em todas as variáveis apresentaram fluxo contínuo e distribuição normal, assim procedeu-se análise de variância com uso do programa estatístico Statistical Analysis System - SAS® (SAS, 2012), considerando-se como fontes de variação as doses de nitrogênio, sem ou com *M. symbioticum* e a interação entre estes dois fatores, conforme modelo abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_k + E_l + D_j + (E.D)_{lj} + E_{ijk}$$

onde: Y_{ijk} = Valor observado da k-ésima unidade experimental que recebeu tratamento i; μ = média geral; b_k = efeito do bloco; E_j = efeito do j-ésimo adubação nitrogenada sobre a variável resposta; D_l = efeito do l-ésimo com ou sem *M. symbioticum* sobre a variável resposta; $(B.D)_{ij}$ = efeito da interação entre os fatores; e_{ijk} = efeito do erro aleatório residual.

Quando verificados efeitos significativos, conduziu-se o desdobramento das interações. Para avaliação dos tratamentos adicionais, controle negativo (sem adubação e sem inoculação) e apenas inoculação do *M. symbioticum* foram realizados os seguintes contrastes: a) apenas inoculado *versus* tratamento inoculado com adubação (100 e 200 N kg ha⁻¹ + *M. symbioticum*); b) apenas inoculado *versus* tratamento com adubação (100 e 200 N kg ha⁻¹); c) controle negativo *versus* apenas inoculado. Para comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey com nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre a inoculação foliar da *M. symbioticum* e as doses de N ($P > 0,05$) para massa seca de forragem total (MSFT), massa seca da lâmina foliar (MSLF),

massa seca de colmos + bainhas (MSC) e massa seca de material morto (MSMM), altura de plantas e clorofila (CLH) (Tabela 2).

Verificou-se maior MSFT e MSLF para os tratamentos com inoculação foliar com *M. symbioticum* (Tabela 2). A produção MSFT e MSLF apresentaram aumento de 211,12 kg ha⁻¹ (Figura 2A) e 193,4 kg ha⁻¹ (Figura 2B), respectivamente. A liberação de fitohormônios e a fixação de nitrogênio pela *M. symbioticum* influenciou no ligeiro aumento na produção de MSFT e MSLF uma vez que a adubação nitrogenada não influenciou ($P > 0,05$) para MSFT e MSLF (Tabela 2). O nitrogênio altera o crescimento das plantas, sendo fundamental nas altas produtividades de pastagens, sendo mais observados em espécies que respondem bem a sua aplicação, como é o caso dos *Megathyrus maximus* (MARTUSCELLO *et al.*, 2019). O aporte de nitrogênio na planta proveniente da FBN favoreceu o perfilhamento e conseqüentemente o acúmulo de massa (MARTUSCELLO *et al.*, 2015). Tendo em vista que *M. symbioticum* pode disponibilizar hormônios como auxinas, giberelina e citocinina na planta e ainda fixar nitrogênio os resultados de acúmulo de massa corroboram com resultados encontrados e por Duarte *et al.* (2020) em um estudo realizado em estufa testou 5 cepas de bactérias BPCP, três níveis de 0, 50 e 100 kg ha⁻¹ de N e 6 cortes, no capim *Urochloa ruziziensis*, onde ficou evidente um aumento no quinto corte no nível 0 de adubação nitrogenada, os tratamentos inoculados com *P. fluorescens* e AMG521 aumentaram a produção de massa de folhas em 35 %. Não se observou ($P > 0,05$) diferença para os contrastes realizados entre os tratamentos que receberam somente adubação e aquele que recebeu somente a inoculação foliar com *M. symbioticum* (Figura 3), deixando claro o efeito da inoculação sobre a MSFT e MSLF (Figura 3).

Tabela 2. Características agrônômicas do capim *Megathyrus maximus* cv. Zuri adubado com duas doses de nitrogênio 100 kg ha⁻¹ por ano e 200 kg ha⁻¹ por ano com e sem a inoculação de *M. symbioticum*, em Araguaína, TO

Variáveis	TRATAMENTOS				EPM	<i>P-Valor</i>		
	100N	200N	100NM	200NM		N	MB	N X MB
MSFT	1394,92 ^b	1365,64 ^b	1588,38 ^a	1594,39 ^a	103,83	0,889	0,025	0,833
MSLF	1350,93 ^b	1325,15 ^b	1520,63 ^a	1542,25 ^a	116,05	0,977	0,023	0,752
MSC	22,6	25,0	45,9	76,3	18,3	0,668	0,265	0,547
MSMM	21,4	15,5	21,9	20,0	10,9	0,627	0,751	0,801
Altura	83,18 ^b	89,81 ^a	80,31 ^b	84,81 ^a	3,35	0,038	0,125	0,663
Nº perfilhos	120,4	110,0	109,4	137,0	7,0	0,109	0,134	0,002
CLH	21,32 ^b	24,98 ^a	20,74 ^b	24,55 ^a	1,62	0,007	0,668	0,950
IAF	1,28	1,30	1,11	1,53	0,34	0,3802	0,8916	0,4233
Massa raiz	4,84	5,64	4,69	5,88	0,99	0,1858	0,9544	0,7835

Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença estatística com teste tukey ($P < 0,05$). MSFT (kg ha⁻¹) - matéria seca de forragem total; MSF (kg ha⁻¹) - matéria seca de lâmina foliar; MSC (kg ha⁻¹) - matéria seca de colmo (colmo + bainha);

MSMM (kg ha^{-1}) - matéria seca do material morto; CLH ($\mu\text{g cm}^{-2}$) – clorofila; N° Perfilhos - número de perfilhos; IAF- Índice de área foliar %; Massa de raiz - g dm^{-3} 100N: 100 kg ha^{-1} de N; 200N: 200 kg ha^{-1} de N; 100NM: 100 kg ha^{-1} de N + *Methylobacterium*; 200NM: 200 kg ha^{-1} de N + *Methylobacterium*; EPM: erro padrão da média; N: Nitrogênio; MB: *Methylobacterium symbioticum*

Não foram verificados ($P>0,05$) efeitos das doses de nitrogênio e da inoculação foliar com *M. symbioticum* sobre a MSC e MSMM (Tabela 2). Os contrastes realizados para MSC e MSMM também não foram significativos. Característica que indica uma maior produção de folha (Tabela 2), uma vez que a forrageira não apresentou um aumento no volume de colmo. Acréscimo na massa de colmo e de material morto pode interferir no valor nutritivo da forragem, prejudicando a digestibilidade e com isso a aceitação da forragem pelo animal (PACIULLO, 2002). Resultados obtidos nesse trabalho, onde não se teve diferença estatística para o crescimento do colmo (Tabela 2) discordam do trabalho realizado por Duarte *et al.* (2020) que em um estudo realizado em estufa onde testou 5 cepas de bactérias BPCP, três níveis de 0, 50 e 100 kg ha^{-1} de N e 6 cortes, no capim *Urochloa ruziziensis*, que observaram aumento na massa de colmos quando inoculou a forrageira com BCPC.

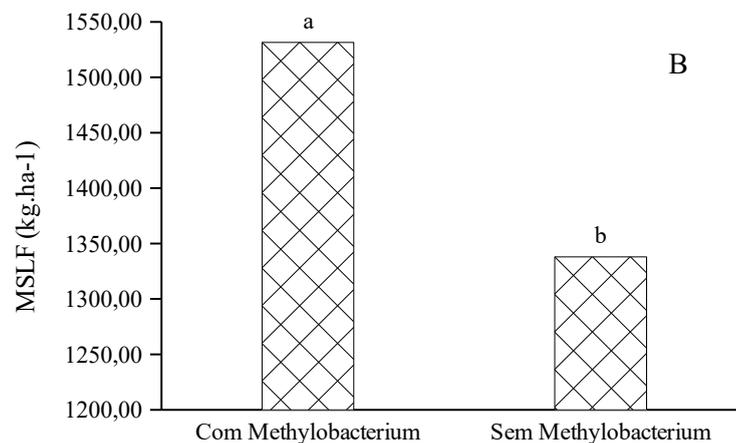
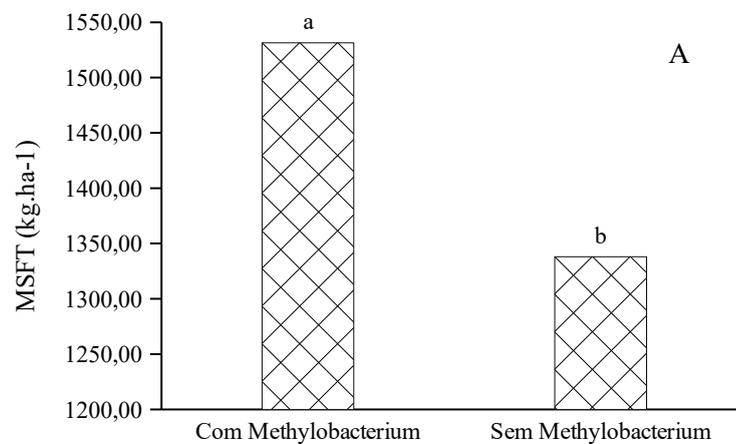


Figura 2. (A) Produção de massa seca da forragem total (MSFT), (B) Produção de massa seca do limbo foliar (MSLF), da cultivar *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri com a inoculação de *M. symbioticum* e sem inoculação. Letras diferentes indicam significância estatística pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade

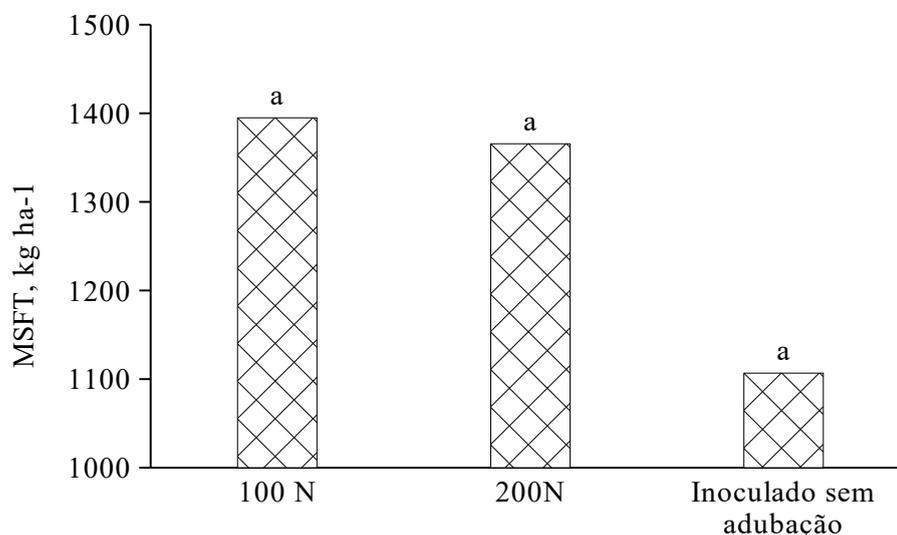


Figura 3. Produção de massa seca da forragem total (MSFFT) dos tratamentos com capim *Megathyrsus maximus* cv. Zuri que receberam adubação nitrogenada em contraste com o tratamento que recebeu apenas a inoculação de *M. symbioticum*. Letras diferentes indicam significância estatística pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade

Para a altura da forragem, verificou-se efeito ($P < 0,05$) somente para as doses de N (Tabela 2). A dose de 200 N kg ha⁻¹ promoveu maior altura ao longo do ciclo de 21 dias de crescimento. Observou-se efeito ($P < 0,05$) para a altura entre os tratamentos com adubação nitrogenada *versus* aquele que receberam somente a inoculação foliar com *M. symbioticum* (Figura 4). Com a adubação nitrogenada com 200 N kg ha⁻¹, o capim apresentou um ganho em altura de 8 % quando comparado ao tratamento com 100 N kg ha⁻¹ porém sem diferença estatística ($P > 0,05$) e quando comparado com o que recebeu apenas inoculação foliar com *M. symbioticum* foi observada diferença ($P < 0,05$) e o ganho foi de 20%. Resultados semelhantes foram encontrados por De Souza *et al.* (2016), que em um estudo a campo com o capim *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk mostrou um aumento de 50 % na altura das plantas quando comparou a dose de 0 com 100 kg ha⁻¹ de N. O nitrogênio além de interferir diretamente na produtividade das forrageiras sendo fator limitante para o desenvolvimento, perfilhamento, ganho de massa e altura das plantas, está presente na composição de diversas moléculas desde um aminoácido até o DNA sendo assim fator determinante para a vida (IRVING, 2015; SCHARF, 2015). A maior dose de N proporcionou uma maior altura. Resultado semelhante foi observado por Gomide *et al.* (2019) que avaliou em um experimento em vasos com capim

Zuri testando cinco doses de N (0, 20, 40, 60 e 80 mg dm⁻³), dois períodos de aplicação (imediatamente após o corte e logo após o aparecimento da primeira folha expandida) e duas alturas de resíduo (15 e 30 cm), verificou um efeito crescente linear da altura em relação as doses de N.

Verificou-se interação ($P < 0,05$) entre a inoculação foliar da *M. symbioticum* e as doses de N na densidade populacional de perfilhos. A dose de 200 N kg ha⁻¹ com inoculação de *M. symbioticum* promoveu maior densidade populacional de perfilhos (136,98 m²) comparado com as doses de N sem inoculação (Figura 5). Essa maior densidade populacional de perfilhos possivelmente foi causada por uma possível liberação pela bactéria de citocinina que estimula a divisão celular (HUNGRIA *et al.*, 2010; TAIZ E ZEIGER, 2013; ZHANG *et al.*, 2021).

Em um trabalho desenvolvido por Santos *et al.*, (2022) com *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk com presença ou ausência do *Azospirillum brasilense* e quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N), mostrou um aumento na densidade populacional de perfilhos até a dose de 80 kg ha⁻¹ de N inoculadas com a bactéria. Mostrando que no tratamento sem adubação a inoculação proporcionou 5% a mais de perfilhos, na dose de 40 kg de N mais a bactéria obteve um acréscimo de 10 % e na dose de 80 kg de N mais a bactéria um acréscimo de 15% na densidade dos perfilhos. Madhaiyan *et al.* (2007) em um estudo com canola (*Brassica campestris*), verificou-se produção de fitohormônios pelas cepas do gênero *Methylobacterium* caracterizando as mesmas como possíveis bactérias promotoras do crescimento (BPCP).

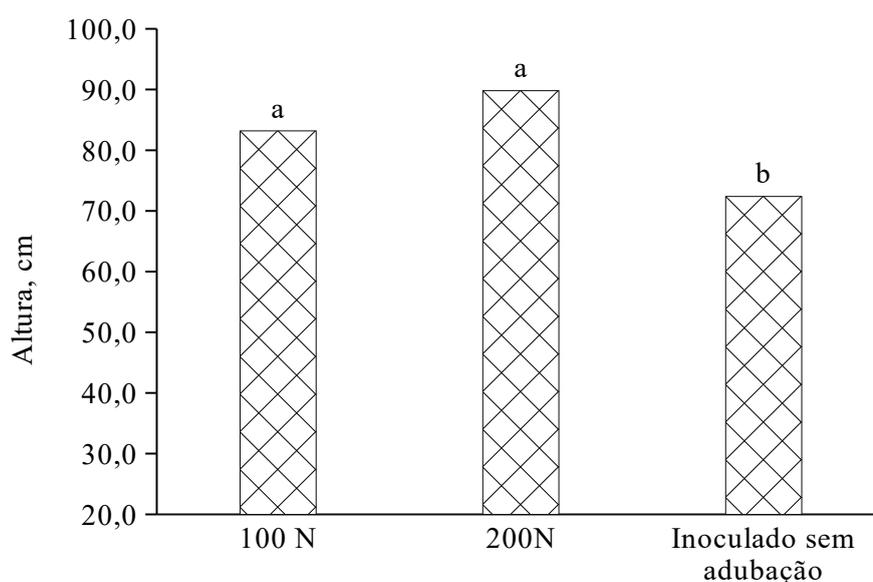


Figura 4. Altura média do capim *Megathyrus maximus* cv. Zuri com doses de N em contraste com a inoculação de *M. symbioticum*. Letras diferentes indicam significância estatística pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade

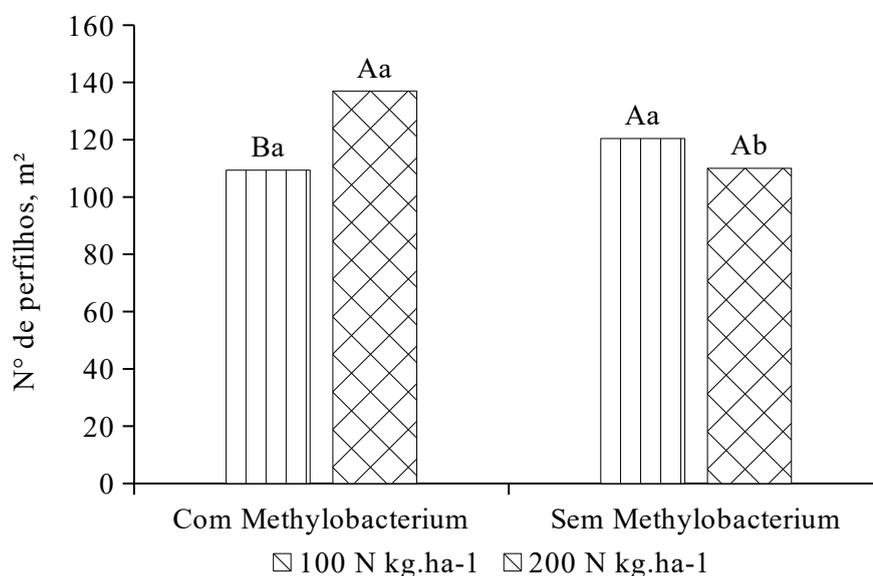


Figura 5. Comparação entre as doses de N e as doses de N mais inoculação de *M. symbioticum* na densidade populacional de perfilhos do capim *Megathyrus maximus* cv. Zuri. Letras minúsculas diferentes indicam significância estatística para presença ou ausência da inoculação dentro da adubação nitrogenada e letras maiúsculas diferentes indicam significância estatística para as doses de N dentro da inoculação pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade.

A quantidade de CLH ($\mu\text{g cm}^{-2}$) foi influenciada somente pelas doses de N ($P < 0,05$) (Tabela 2). A dose de 200 N kg ha^{-1} proporcionou maior quantidade de clorofila nas folhas do capim Zuri. A comparação da clorofila por contrastes (Figura 6), entre os tratamentos adicionais, controle sem adubação e sem inoculação e somente inoculação foliar com *M. symbioticum* sem adubação, apresentou diferença ($P < 0,05$), sendo maior quando se inoculou o capim com *M. symbioticum*. No mesmo trabalho desenvolvido por Santos Santos *et al.*, (2022) com *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk mostrou resultados que corroboram com o presente trabalho (figura 6) onde ficou evidenciado um aumento no índice de clorofila de 11, 15 e 18,2 % nas doses de 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de N respectivamente quando comparado com os tratamentos sem adubação nitrogenada, mostrando um ganho em clorofila quando se usou inoculação de BPCP.

Dadas as tantas funcionalidades e importância da molécula de nitrogênio para as plantas ela também é constituinte principal da molécula de clorofila e na ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase (RuBisCo); enzima dos vegetais responsável pela assimilação do carbono via fotossíntese (IRVING, 2015). Quanto maior a dose de nitrogênio

maior índice de clorofila, resultado esse que corrobora com o trabalho desenvolvido por Bonfim-silva *et al.* (2015) que no estudo com rúcula teve resultados semelhantes. A bactéria *M. symbioticum* consegue fornecer nitrogênio para promover um aumento na quantidade de clorofila da forragem, reafirmando assim seu efeito fixador de nitrogênio (DUARTE *et al.*, 2020).

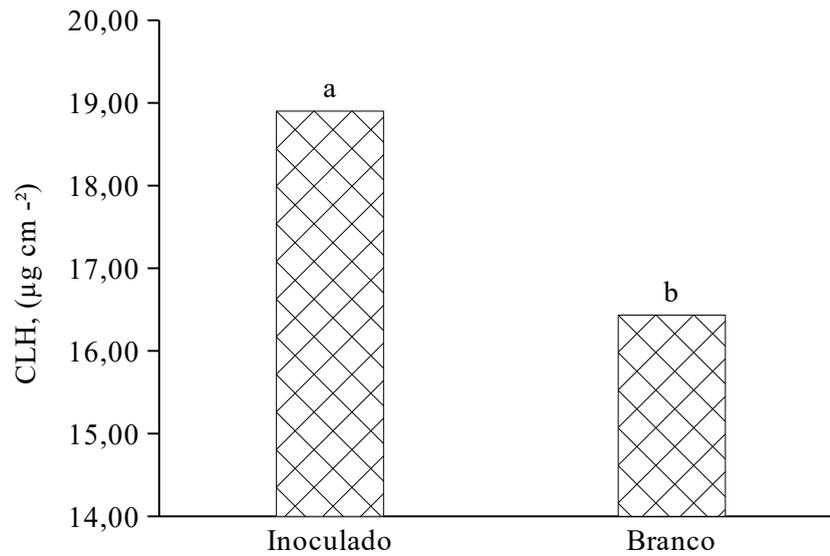


Figura 6. Contrastes realizados entre o tratamento que recebeu somente inoculação com *M. symbioticum* versus tratamento negativo (branco) para clorofila ($\mu\text{g cm}^{-2}$) no capim *Megathyrsus maximus* cv. Zuri. Letras diferentes indicam significância estatística pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade

O índice de área foliar (IAF) não apresentou diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 2). Sua média entre os tratamentos que receberam adubação e os que receberam adubação mais a inoculação da *M. symbioticum* ficou em 1,3%, o que segundo Hay e Walker (1989) está abaixo do índice desejado de dossel que devem apresentar de forma geral de 3,0 a 95 % de IAF. Santos *et al.* (2022) com *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk também não conseguiu resultados satisfatórios de IAF, no seu estudo a sua melhor resposta foi de 2,43 com 74,4 kg/ha de N. No entanto se a forrageira estiver se preparando para florescer esses resultados são esperados, uma vez que o florescimento, e a fase da planta onde a maior parte dos fotoassimilados produzidos são destinados à formação de flores e sementes, cessando o crescimento foliar (TAIZ & ZEIGER, 2013; EUCLIDES *et al.*, 2008). Esse resultado está relacionado ao manejo realizado por tempo de rebrota e não por altura, obtendo-se médias maiores que o recomendado para corte do capim Zuri, de 70 a 75 cm de altura.

Não foi observado ($P>0,05$) efeito de interação e/ou isolados da inoculação com *M. symbioticum* com associação com a adubação nitrogenada para as diferentes profundidades de coletas de raiz, por isso aprestou-se somente a massa total de raiz. Não houve interação entre a inoculação foliar da *M. symbioticum* e as doses de N ($P>0,05$) para massa seca de raiz (Tabela 2). Resultado que não condiz com o princípio de produção de fitohormônios pela bactéria, o que ocasionaria uma melhor distribuição e um maior volume de raízes (HUNGRIA *et al.*, 2011; HUNGRIA, 2010; MADHAIYAN *et al.*, 2007).

Tabela 3. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) em percentual e degradabilidade *in vitro* da matéria seca do capim Zuri inoculado *Methylobacterium symbioticum* associado a adubação nitrogenada, em Araguaína, TO

Variáveis	TRATAMENTOS				EPM	N	MB	N X MB
	100N	200N	100NM	200NM				
MS, %	22.38	21.89	20.82	20.86	0,94	0.7441	0.0769	0.6978
PB, %MS	10.36	12.39	10.87	10.04	0,71	0.2651	0.0970	0.0167
FDN, %MS	71.82	72.48	72.60	71.32	1,03	0.6825	0.8026	0.2109
MM, % MS	10.61	10.15	10.73 ^a	9.56 ^b	0,31	0.0038	0.3207	0.1375
DEGMS, %MS	512.68	504.52	560.56	538.35	27,34	0.4489	0.0583	0.7233

Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença estatística pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade. 100N: 100 kg ha⁻¹ de N; 200N: 200 kg ha⁻¹ de N; 100NM: 100 kg ha⁻¹ de N + *Methylobacterium*; 200NM: 200 kg ha⁻¹ de N + *Methylobacterium*; EPM: erro padrão da média; N: Nitrogênio; MB: *Methylobacterium symbioticum*

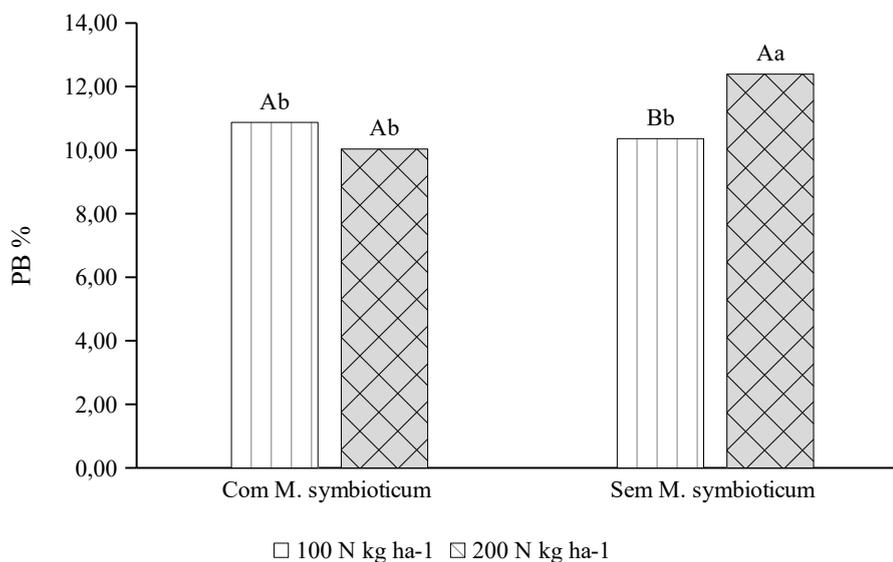


Figura 7. Comparação entre as doses de N e as doses de N mais inoculação de *M. symbioticum* para proteína bruta (PB) em porcentagem do capim *Megathyrsus maximus* cv. Zuri. Letras minúsculas diferentes indicam significância estatística para presença ou ausência da inoculação dentro da adubação nitrogenada e letras maiúsculas diferentes indicam significância estatística para as doses de N dentro da inoculação pelo teste Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Não se observou significância para a MS ($P>0,05$), para doses de nitrogênio,

inoculação e interação entre a inoculação e as doses de N (Tabela 3). No entanto o efeito esperado era que com a inoculação da *M. symbioticum* houvesse um efeito crescente no teor de MS. Pois a bactéria promove estímulos hormonais a forrageira, favorecendo uma maior produtividade (HUNGRIA *et al.*, 2011). Outro fator que contribuiu para pouca resposta no trabalho foi a quantidade de água fornecida através de irrigação, segundo Magalhães (2010) a quantidade de água disponível no solo favorece a absorção pela forrageira e consequentemente uma maior quantidade de água nas células, o que reduz o teor de MS na planta. O período de corte de 21 dias também pode ter influenciado no teor de MS, segundo Costa *et al.* (2007) a medida de que se aumenta o período de corte a MS tende a aumentar, uma vez que folhas mais jovens tem uma quantidade de água maior nas células o que reduz o MS. No trabalho de Santos *et al.* (2022) a MS teve um aumento de 7,2% quando comparas das medias do tratamento que recebeu 0 de N com o tratamento que recebeu 0 de N mais a inoculação de BPCP.

Observou-se interação ($P < 0,05$) entre a inoculação com *M. symbioticum* e a adubação nitrogenada (Tabela 3) para a teor de proteína bruta (PB). O maior teor de PB (12,39%) do capim Zuri foi observado na ausência de inoculação e com adubação de 200 kg ha⁻¹ de N (Figura 7). A inoculação na presença de altas doses de fertilizantes nitrogenados pode inibir a atividade das bactérias fixadoras de nitrogênio em converter o N atmosférico em amônia (DÖBEREINER, 1980). Ainda mesmo que não significativo, a maior quantidade de colmo nos tratamentos que receberam a inoculação (Tabela 2), também pode explicar o menor teor de proteína bruta em relação aos tratamentos que receberam apenas adubação nitrogenada. Por outro lado, a adubação nitrogenada aumenta a disponibilidade desse nutriente para gramínea resultando em elevação da proteína bruta do material colhido (HAVLIN *et al.*, 2005).

Em trabalho com capim Mavuno, Duarte *et al.* (2021) testando três doses de nitrogênio (0, 50, 100 kg ha⁻¹) com e sem inoculação de BPCP, verificou redução nas características produtivas da forragem com a dose de nitrogênio de 100 kg ha⁻¹, demonstrando um possível efeito antagônico entre o uso de BPCP e doses altas de N. O mesmo efeito também foi descrito no trabalho desenvolvido por Duarte *et al.* (2020). De forma geral os índices proteicos dos tratamentos se mostraram satisfatórios acima de 10 % (Tabela 3), para gramíneas uma composição que não prejudicaria a atividade biológica do rúmen uma vez que faixa ideal para isso seria níveis proteicos de 6 a 7 % (MINSON, 1990).

Não foi verificado interação entre a inoculação com *M. symbioticum* e a adubação nitrogenada ($P > 0,05$) nem efeito isolado desses fatores sobre o teor de fibra em detergente neutro (FDN) (Tabela 3). Os valores encontrados nesse trabalho se mantiveram em média

71,98% o que infere um valor alto, uma vez que valores acima de 55% a 60 % estão negativamente associados ao consumo, sendo desejáveis valores inferiores a 60% uma vez que alimentos com menor teor de FDN tem maior consumo (VAN SOEST 1994; MOURA et al 2011). Ainda, as altas temperaturas no período experimental (Figura 1) pode ter influenciado diretamente na digestibilidade, pois segundo Alencar *et al.* (2014) essa condição promove um rápido alongamento foliar, o que aumenta os teores de componentes celular na MS, conseqüentemente crescendo no FDN, fator que está intimamente relacionado a baixos teores de DEGMS.

Para a matéria mineral (MM) não foram verificados ($P>0,05$) efeitos de interação entre a inoculação com *M. symbioticum* e a adubação nitrogenada (Tabela 3). No entanto, observou-se influência ($P<0,05$) das doses de nitrogênio, sendo maior o teor de MM coma adubação de 200 kg ha⁻¹ associado a inoculação. A adubação afeta diretamente a composição mineral da forrageira, no entanto há casos em que a planta não sofre alterações na sua composição mineral ou tem efeito negativo (GOMIDE, 1976), como verificado por Castagnara *et al* (2011), que trabalhando com três forrageiras tropicais e quatro doses de N (0, 40, 80, 160 kg ha⁻¹), registrou menor teor de MM na dose de 160 kg ha⁻¹, assim como os resultados encontrados no presente trabalho.

A DEGMS não foi influenciada ($P<0,05$) pela interação entre a inoculação com *M. symbioticum* e a adubação nitrogenada (Tabela 3). Também não foram verificados efeitos isolados dos tratamentos. Os altos teores de FDN apresentados no presente trabalho podem ter interferido na DEGMS.

5. CONCLUSÃO

A inoculação de *M. symbioticum* associada a adubação com 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio promove aumento na produção do capim Zuri e não altera a degradabilidade *in vitro* da matéria seca. Doses elevadas de nitrogênio quando inoculadas com a *M. symbioticum* ocasionam efeito negativo sobre as características bromatológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGAFONOVA, N.V. *et al.* Phosphate-solubilizing activity of aerobic methylobacteria. **Microbiology** 82, 864–867 (2013).
- ALENCAR, C.A.B. *et al.* Produção de seis capins manejados por pastejo sob efeito de diferentes doses nitrogenadas e estações anuais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.1, p.48-58, 2010.
- ALENCAR, C. A. B. *et al.* Bromatologia e digestibilidade de gramíneas manejadas por corte submetidas à adubações nitrogenadas e estações anuais. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 8-15, 2014. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102457/1/Artigo-Caca-Bromatologia-14068-96017-1-PB.pdf>
- ALVARES C. A. *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. 2013, 711–728. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507
- ANDRADE, R.P. de. **Pasture seed production technology in Brasil**. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, SP. Proceedings. Piracicababa: FEALQ, 2001. p. 129-132.
- BERNARDI, A.; SILVA, A. W. L.; BARETTA, D. Estudo metanalítico da resposta de gramíneas perenes de verão à adubação nitrogenada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, p. 545-553, 2018.
- BONFIM-SILVA, E. M. ., CLÁUDIO, A. A. ., BÄR, C. S. ., ESPIRITO SANTO, ÉLLEN ., & PACHECO, A.. **Nitrogênio na produção, índice de clorofila e uso de água no cultivo de rúcula**. ENCICLOPEDIA BIOSFERA. 2015. Disponível em <<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1865>> .
- BOURSCHEIDT, M. L. B. *et al.* Estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastagens: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 3, p. 137-147, 2019. Disponível em <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199280/1/2019-cpamtbruno-pedreira-fornecimento-nitrogenio-pastagens-inoculante-consorcio-amendoim forrageiro.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199280/1/2019-cpamtbruno-pedreira-fornecimento-nitrogenio-pastagens-inoculante-consorcio-amendoim%20forrageiro.pdf)>, acessado dia 15 de julho das 2023 às 15:30.
- CAMPOS, F.P. *et al.* Show more Chemical composition and in vitro ruminal digestibility of hand-plucked samples of Xaraés palisade grass fertilized with incremental levels of nitrogen. **Animal Feed Science and Technology**. v.215, p.1-12, 2016.

CAMACHO, L. F. *et al.* Can Associative Effects Affect In Vitro Digestibility Estimates Using Artificial Fermenters. **Ruminants**, 3, p. 100–110, 2023.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375- 470.

CARNEIRO, J.S.S.; *et al.* Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. **Journal of Bioenergy Food Science**, v. 4, n. 1, p. 12-25. 2017.

CARVALHO, G. A. B. de e HUNGRIA, M. **Análise quantitativa das bactérias fixadoras de nitrogênio presentes em inoculantes comerciais para soja**. Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas. Guarapari, 2010.
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/863058>

CASTAGNARA, D.D. *et al.* Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**. Córdoba , v. 60, n. 232, p. 931-942, dic. 2011 . <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000400010>

CERVANTES-MARTÍNEZ, JESÚS; LOPEZ, SIGIFREDO; RODRIGUEZ-GARAY, BENJAMIN. Detection of the effects of *Methylobacterium* in Agave tequilana Weber var. azul by laser-induced fluorescence. **Plant Science**, 2004 166. 889-892.
10.1016/j.plantsci.2003.11.029.

COELHO, E. F.; COSTA, E. L. da; BORGES, A. L.; ANDRADE NETO, T. M. de; PINTO, J. M. **Fertirrigação**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 31, n. 259, p. 58-70, 2010.

COSTA, K.A.P. *et al.* Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da Brachiaria brizantha cv. MG-5. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1197-1202, 2007.

COSTA, N. L. *et al.* Produtividade de forragem e características morfogênicas e estruturais de Megathyrus maximus cv. Zuri sob níveis de desfolhação. **Pubvet**, Maringá, v. 13, n. 3, p. 1-7, mar., 2019.

DE SOUZA, I. A. *et al.* Massa de forragem, composição química e índice de clorofila foliar do capim-braquiária e matéria orgânica no solo sob doses crescentes de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1505-1514, 2016.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. 1ª Ed. Visconde do Rio Branco, MG, 2012.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: Processos, Causas e Estratégias de Recuperação**. 4. ed. Belém: 215p., 2011.

DÖBBEREINER, J. e DUQUE, F. F. Contribuição da pesquisa em fixação biológica de nitrogênio para o desenvolvimento do Brasil. **Revista de Economia Rural**, Vol. 18, Nº 03, p. 447-460, jul./set. 1980. Disponível em <
<https://revistasober.org/article/5d0779190e88250742f70b6c/pdf/resr-18-3-447.pdf>>

DUARTE, A. N. M. *et al.* Morphogenetic and structural characteristics of *Urochloa* species under inoculation with plant-growth-promoting bacteria and nitrogen fertilization. **Crop and Pasture Science** 71(1), 82-89, 2020. <https://doi.org/10.1071/CP18455>.

DUARTE, C. C. *et al.* Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa Ruziziensis*. **Research, Society and Development**. 2020.

DUARTE, A. N. M. *et al.* Inoculation with plant growth-promoting bacteria and reduction of nitrogen fertilizer in herbage accumulation and nutritional value of Mavuno grass. **International Journal for Innovation Education and Research**. 2021. 9(3), 16–34.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **Mombaça**. Campo Grande, MS, 1993. 1 folder.

EMBRAPA GADO DE CORTE. **Forrageiras tropicais tecnologia para a liderança mundial de carnes: Marandu, Xaraés, Tanzânia, Mombaça, Massai, Piatã, Campo Grande**. Campo Grande, MS, 2007. 1 folder.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **BRS Zuri, produção e resistência para a pecuária**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2014. Folder de divulgação.

EUCLIDES, V. P. B. *et al.* Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, p. 1805-1812, 2008.

FANCELLI, A. L. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes na cultura de milho. **Informações Agronômicas**, n. 131, p. 1-16, 2010.

FARIA, B.M. *et al.* Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, p. 529-536, 2018.

FONTES, P. C. R. BATATA. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 179.

GOMIDE, J.A. **Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais**. Simpósio Latino Americano sobre Pesquisa em Nutrição Mineral de Ruminantes em Pastagens, 1. Anais... Belo Horizonte. MG. 1976 pp. 20-33.

GOMIDE, C. A. M. *et al.* Productive and morphophysiological responses of *Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Zuri to timing and doses of nitrogen application and defoliation intensity. **Grassland Science**, v. 65, p. 93–100, 2019. DOI:

GOUDA, S. *et al.* Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological research**, v. 206, p. 131-140, 2018.

GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C. Produção de capim-marandu inoculado com *Azospirillum* spp. Enciclopédia **Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 816-825, 2011.

HACKER, JB.; JANK, L. Breeding tropical and subtropical grasses. In: CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. (Ed.) **Grass for dairy cattle**. Cambridge: CABI, 1998. p. 49-72.

HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7. ed. New Jersey: Pearson 2005. 515 p.

HAY, R.K.M. & WALKER, A.J. Interception of solar radiation by the crop canopy. In: HAY, R.K.M. & WALKER, A.J. An introduction to the physiology of crop yield. New York: **Longman Scientific & Technical**. 1989. p.8-30.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum* brasilense: inovação em rendimento a baixo custo. **Documentos** 325: Embrapa Soja. 2011. 36p.

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**, v. 331, p. 413-425, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Normais Climatológicas (1961/1990). Brasília - DF, 2023.

IRVING, L. J. Carbon assimilation, biomass partitioning and productivity in grasses. **Agriculture**, v.5, p.1116–1134, 2015.

JANK, L. *et al.* **Novas alternativas de cultivares de forrageiras e melhoramento para a sustentabilidade da pecuária**. In: IV Simpósio de Adubação e Manejo de Pastagens; IV Simpósio de Produção Animal a Pasto, 2017, Dracena – SP. Anais do IV Simpósio de Adubação e Manejo de Pastagens; IV Simpósio de Produção Animal a Pasto. Dracena – SP: UNESP / FCAT, v. 1 p. 107-132

LAUREANO, M.M.M. *et al.* Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.63, n.1, p.143-152, 2011.

LAZAROVITZ, G. & NOWAK, J. Rhizobacterium for improvement of plant growth and establishment. **Hortscience** 32:188-192. 1997.

LUPATINI, G. C. *et al.* Produção de bovinos de corte em pastagem de aveia preta e azevém submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Animal Brasileira**, v. 14, n. 2, 2013.

MACHADO, L. A. Z. *et al.* Principais espécies forrageiras utilizadas em pastagens para gado de corte. Embrapa Pecuária Sudeste-Capítulo em livro científico (ALICE), 2010. Disponível em <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/862836>>, acessado dia 15 de julho das 2023 às 15:40.

MADHAIYAN, M.; POONGUZHALI, S. & SA, T. Characterization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase containing *Methylobacterium oryzae*

and interactions with auxins and ACC regulation of ethylene in canola (*Brassica campestris*). *Planta* 226, 867–876 (2007).

MADHAIYAN, M. *et al.* *Methylobacterium oryzae* sp. nov., an aerobic, pink-pigmented, facultatively methylotrophic, 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-producing bacterium isolated from rice. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, v. 57, n. 2, p. 326-331, 2007.

MAGALHÃES, J.A. Características morfológicas e estruturais, produção de forragem e composição bromatológica de gramíneas forrageiras sob irrigação e adubação. 2010. 130p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/854284>>

MARIANO, R.L.M.; *et al.* Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v.1, p.89-111, 2004.

MARTUSCELLO, J.A. *et al.* Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.16, n.1, p. 1-13, 2015.

MARTUSCELLO, J. *et al.* Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.76, n.5, p.1-10, 2019. DOI: 10.17523/bia.2019.v76.e1441

MINSON, D. J. Forage in ruminant nutrition. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.
MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.

MOREIRA, L.M.; *et al.* Produção animal em pastagem de capim-braquiária adubada com nitrogênio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.4, p.914-921, 498 2011.

MOURA, R. L. *et al.* Razão folha/haste e composição bromatológica da rebrota de estilosantes Campo Grande em cinco idades de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, p. 249-254, 2011. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i3.10981>

MÜLLER, T. M. Inoculação de *Azospirillum brasilense* associada a níveis crescentes de adubação nitrogenada e o uso de bioestimulante vegetal na cultura do milho. 48p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava-PR, 2013.

NUB, NAÇÕES UNIDAS BRASIL. FAO realiza seminário sobre uso de biofertilizantes. Disponível em < <https://brasil.un.org/pt-br/185557-fao-realiza-semin%C3%A1rio-sobre-uso-%C2%A0de-biofertilizantes>>. Acessado dia 15 de março de 2023.

NUNES, FÁBIO SOUZA; RAIMONDI, ANGELA CRISTINA; NIEDWIESKI, ANTONIO CARLOS. Fixação de nitrogênio: estrutura, função e modelagem bioinorgânica das nitrogenases. **Química Nova**, v. 26, p. 872-879, 2003.

OLIVEIRA, PATRÍCIA PERONDI ANCHÃO ET AL. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia** [online]. 2005, v. 34, n. 4, pp. 1121-1129.

PACIULLO, D. S. C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v. 32, p. 357-364, 2002.

PASCUAL, J.A. *et al.* *Methylobacterium symbioticum* sp. nov., a new species isolated from spores of *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*. **Current Microbiology**. 2020. doi: 10.1007/s00284-020-02101-4.

PEREIRA, L. E. T. *et al.* Critical concentration and management of nitrogen fertilization in the establishment of *Brachiaria* hybrid Mavuno. **Revista Ciência Agronômica** [online]. 2021, v. 52, n. 4.

PÉREZ-GARCÍA, L. A. *et al.* Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria Improve Germination and Bioactive Compounds in Cucumber. Seedlings. **Agronomy**, 2023, 13, 315

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R.; GONZALEZ, T.; BASHAN, Y. Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria. **Plant Soil** 287:15–21, 2006.

SANTOS, G. S. *et al.* *Brachiaria* grass inoculated with *Azospirillum brasilense* submitted to nitrogen fertilization. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 15, p. e10111536788, 2022.

SCHARF, PETER. **Managing Nitrogen for Crop Production**. John Wiley & Sons, 2020.

SILVA, D.R.G. *et al.* Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013b.

SILVA, M.F. *et al.* Morphogenetic characteristics of three *Brachiaria brizantha* cultivars submitted to nitrogen fertilization. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.85, n.1, p.371-377, 2013a.

SIVASAKTHI, S.; USHARANI, G.; SARANRAJ, P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR) - *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 16, n. 9, p. 1265-1277, 2014.

SOUZA, RD; AMBROSINI, A; PASSAGLIA, LM. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genetics and Molecular Biology**. 2015 Dec;38(4):401-19. DOI: 10.1590/S1415-475738420150053.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p., 2013.

TILLEY, J. M. A., TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v. 18, n. 2, 1963. p. 104-111.

TOYAMA, H.; ANTHONY, C.; LIDSTROM, ME. Construction of insertion and deletion *mx*₁ mutants of *Methylobacterium extorquens* AM1 by electroporation.

FEMS Microbiol Lett. 1998; 166:1–7. [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(98\)00282-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(98)00282-1)

VADIVUKKARASI, P; BHAI, RS. Phyllosphere-associated *Methylobacterium*: a potential biostimulant for ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) cultivation. **Archivos of Microbiology**. 2020 Mar;202(2):369-375. doi: 10.1007/s00203-019-01753-6.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2^a ed. Cornell University Press. Ithaca. 1994. 476 pp.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Embrapa. Brasília, DF. 2017. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1090589>

YASUOKA, J. I. et al. Canopy height and N affect herbage accumulation and the relative contribution of leaf categories to photosynthesis of grazed brachiaria grass pastures. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 1, p. 183-192, 2018.

ZHANG, C. et al. S. Potentials, Utilization, and Bioengineering of Plant Growth-Promoting *Methylobacterium* for Sustainable Agriculture. **Sustainability**. 2021.