

PRODUÇÃO DE *BRACHIARIA* PIATÃ SOBRE EFEITOS DO CONSÓRCIO DE INOCULAÇÃO COM ADUBAÇÃO NITROGENADA E SEUS REFLEXOS À ACIDEZ DO SOLO

Carlos Nogueira dos Santos¹; Carlos Matheus de Souza Sobrinho¹; Rodrigo Leonel Anacleto¹; Débora Cristiane Nogueira^{2,4}; Matheus Pereira de Brito Mateus^{3,4*}

¹ Graduando em Agronomia, Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS; ² Doutora em Agronomia – UNESP; ³ Mestre em Agronomia – UNESP; ⁴ Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

* autor correspondente: matheus.cpcs@gmail.com

RESUMO

Um dos maiores desafios da agricultura hoje é o que diz respeito a produção sustentável de pastagem com bons rendimentos tanto para o setor agrícola como o pecuário, e o uso de inoculantes vem ganhando mais espaço devido a sua ação na promoção de crescimento em plantas e também na fixação biológica de nitrogênio atmosférico, reduzindo os custos com adubações em cobertura e contribuindo com redução na emissão de gases de efeito estufa em cultivos consorciados. Sendo assim, pesquisas com esse tema são de grande importância por serem ambientalmente corretas, socialmente justas e economicamente viáveis. O objetivo deste presente estudo foi avaliar o efeito da aplicação de *Azospirillum brasilense* na pós semeadura de braquiária Piatã e sua consorciação com doses de adubo nitrogenado em cobertura nas propriedades químicas do solo e nos componentes de produção. O experimento foi delineado em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 4 com 4 repetições, os tratamentos foram três doses do inoculante: 0, 100 e 200 mL ha⁻¹ e quatro doses de ureia: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N, aplicados em cobertura. A aplicação de ureia na dose de 100 kg ha⁻¹ de N associada a pulverização foliar com 200 mL ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense* proporcionou o maior rendimento e crescimento da pastagem de braquiária Piatã, assim como o uso da adubação nitrogenada associada a inoculação com *A. brasilense* auxiliaram no desenvolvimento das plantas, melhorando a absorção de nutrientes.

PALAVRAS-CHAVE: pastagem; *Azospirillum brasilense*; sustentável; nitrogênio; manejo.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Almeida et al. (2009), a braquiária Piatã é uma cultivar que foi lançada pela Embrapa em 2006, com seus descendentes originários da região africana, sendo uma planta que tem facilidade em se adaptar a climas tropicais e a solos de média fertilidade, pode ser usado único e exclusivamente para pastagens, como também para a modalidade integração lavoura-pecuária, apresentando bom desempenho e eficácia nestes âmbitos, por ser um capim com grande volume de massa, tanto de folha como de raiz, grau nutricional ótimo,

e que tem crescimento inicial lento, o que auxilia no sistema de integração por não proporcionar competição com a lavoura implantada durante os primeiros dias de condução do sistema, além de ser muito susceptível a dessecação e manter grande volume de forragem nos períodos mais secos do ano. Sua produção pode ser ainda mais alavancada com o uso de algumas estratégias, uma delas é o uso de microrganismos promotores de crescimento, alternativa essa que vem sendo desenvolvida com o uso da inoculação em diversas espécies de gramíneas, com o intuito de provocar maior crescimento das plantas,

otimização de custos e também como meio indireto de se proporcionar melhores práticas ambientais, bem como a redução de gases poluentes gerados por máquinas agrícolas (HUNGRIA, 2011).

Estes organismos possuem capacidade de promover maior produção de fitormônios nas plantas, o que confere um aumento no crescimento de raízes, acarretando então em maior absorção de água e nutrientes, conseqüentemente parte área também com índice produtivo elevado, e resiliência aos períodos secos, garantindo a produção em épocas inoportunas (BASHAN; HOGUIN, 1997). Sua inoculação quando feita em áreas de pastagem, promove um rendimento de 15% na produção de biomassa e de 25% no teor proteico, outra importante característica é em relação ao aproveitamento de nitrogênio que as plantas conseguem absorver, sendo possível uma drástica redução nas dosagens de N aplicadas nas adubações, principalmente em pós plantio, além de tornarem as plantas mais resistentes ao ataque de alguns patógenos, visto que estas estando bem nutridas e saudáveis possuem baixa susceptibilidade a entrada de microrganismos nocivos em seu sistema (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2018).

Atualmente, um dos inoculantes mais usados é o *Azospirillum* spp., uma bactéria de vida livre que habita a rizosfera e a filosfera das plantas, como também em tecidos internos (BENIZRI; BAUDOIN; GUKERT, 2001), por esses fatores, sua aplicação é bem diversificada, podendo a inoculação ser feita diretamente no solo, nas sementes antes do plantio ou por pulverização em plantas já desenvolvidas, a comprovação da sua eficácia surge pela primeira vez em 2004 com experimentos realizados pela EMBRAPA, porém a comercialização deste inoculante se iniciou em 2009, apesar de sua

descoberta já ser evidenciada em 1978 por Beijerinck, descrita como *Spirillum* mas posteriormente reclassificada como a então conhecida hoje *Azospirillum*. Seu uso pode ser feito tanto em gramíneas como leguminosas, expressando excelentes resultados para ambas, mas seu uso é preconizado para gramíneas, principalmente por este gênero por si só não conseguir realizar a fixação biológica de N, característica que as leguminosas já expressam sem o uso da inoculação, mas que quando utilizada também pode propiciar um aumento de até 40% em condições de campo, e em condução de experimento, chega a um rendimento de até 52% (MENDES; JUNIOR; CUNHA, 2010).

Levando-se em consideração o baixo aproveitamento da adubação com N que as gramíneas conseguem realizar, que gira em torno de menos que 50% na maioria dos casos, o consórcio de adubação nitrogenada com a inoculação tornou-se muito visado, em pastagem houve uma redução na necessidade de aplicação em 40 kg ha⁻¹ na cobertura (BODDEY; VICTORIA, 1986; LOUREIRO; BODDEY, 1988), além de promover também o sequestro de carbono atmosférico, visto que quanto maior a produção de biomassa, maior a quantidade de CO₂ retirado da atmosfera já que este é absorvido pela planta e convertido em massa vegetal, chegando a uma conversão de aproximadamente 100 kg de CO₂ ha⁻¹ (CARVALHO et al., 2010). Este consórcio gera conseqüentemente redução do efeito estufa, visto que este retira do ar grande quantidade de gás carbônico, além de reduzir a emissão de gases poluentes gerados por operações agrícolas, já que todo o ciclo da adubação é realizado quase que por unanimidade através da utilização de veículos automotores, desde a saída da unidade produtora até seu local de destino bem como sua aplicação (CARVALHO et al., 2010).

Portanto, pesquisas afincas com este

tema vem sendo de grande importância já que estas se apresentam ambientalmente corretas, socialmente justas e economicamente viáveis, abrindo portas ao conhecimento para pecuaristas e aqueles que desejam trabalhar com estes métodos. Devido ao cenário que se encontram as pastagens brasileiras, em sua maioria degradadas, este trabalho surge com o intuito de aplicar técnicas de manejo para produção de pastagens de qualidade com métodos simples através do uso da inoculação com *Azospirillum* spp. e adubação nitrogenada, bem como seu consórcio, a fim de se obter sempre a maximização do potencial produtivo das pastagens, como a braquiária Piatã.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste presente estudo é avaliar o efeito da aplicação de *Azospirillum* spp. na pós semeadura de braquiária Piatã e sua consorciação com doses de adubação nitrogenada em cobertura, nas propriedades químicas nutricionais do solo e seu reflexo na acidez.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área

O experimento foi conduzido em área onde anteriormente era cultivado com pastagem natural, realizou-se primeiramente a calagem com sessenta dias de antecedência ao plantio da nova pastagem (braquiária Piatã) segundo a recomendação do boletim 100, com aplicação de 1,8 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, também foram realizadas duas gradagens e um nivelamento, para garantir a eliminação da pastagem anterior e bom preparo de solo. Entre a gradagem e o nivelamento foi realizada a adubação mineral com N-P-K de acordo com recomendação do boletim 100 aplicando-se 640 kg ha⁻¹ do formulado 4-14-8, para garantir incorporação uniforme de calcário e adubo no solo.

Em seguida foi feito o isolamento da área e o plantio das sementes a lanço na quantidade de 13 kg ha⁻¹. A divisão dos tratamentos foi feita ao término da emergência. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos ao acaso em esquema fatorial 3 x 4 com 4 repetições, tendo um total de 48 parcelas com 9 m². Cada tratamento consistiu de três doses de inoculante: 0, 100 e 200 mL ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense* feitas por pulverização foliar, e quatro doses de N: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ do adubo nitrogenado na forma de ureia, aplicadas a lanço.

A inoculação foi realizada 30 dias após a emergência final das sementes, durante o poente, para que as células do inoculante não perdessem sua viabilidade, a aplicação foi feita por meio de pulverização com o uso de uma bomba costal. A adubação nitrogenada foi realizada aos 21 dias após a inoculação, sendo parcelada apenas a dosagem de 200 kg ha⁻¹, para que não houvesse perdas consideráveis do adubo ou intoxicação das plantas, sendo dividida em duas adubações de 100 kg ha⁻¹ com intervalo de 15 dias entre as aplicações.

Durante o cultivo, o controle de lagartas desfolhadoras foi realizado com a aplicação de inseticida Inseticom (Lambda-Cialotrina) em pulverização costal na dosagem de volume de calda de 500 L ha⁻¹ com concentração de 2,5 kg do inseticida.

3.2 Análise de altura

A medição da altura foi realizada com o auxílio de uma fita métrica, sendo a medida feita desde o colo das plantas até a extremidade de suas partes aéreas, tendo assim a altura total das mesmas, a coleta destes dados foi realizada em todas as repetições dos doze tratamentos, para que se tenha representatividade das amostras. Os resultados foram expressos em cm.

3.3 Coleta e pesagem

Para a pesagem, realizou-se o corte do capim com o auxílio de uma roçadeira manual na altura de 20 cm em relação ao solo, a fim de se ter uma padronização da altura de corte indicada quando se trata do sistema de manejo pastoril, sendo necessária a retirada dos animais quando a pastagem atinge 20 cm de altura, para que o capim tenha energia suficiente para iniciar a rebrota através de seu perfilhamento. Após o corte de cada bloco, a massa do capim foi posta sobre uma manta e em seguida pendurada em uma balança eletrônica para minimizar erros durante a pesagem. Os resultados de rendimento foram expressos em t. ha⁻¹.

3.4 Coleta de solo

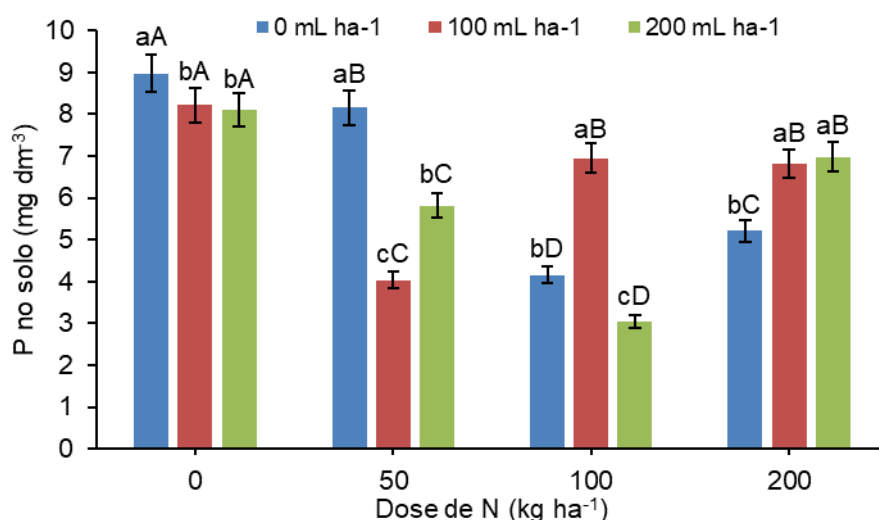
A coleta de amostras de solo foi realizada com o auxílio de uma cavadeira manual, sendo coletadas subamostras para cada repetição e posteriormente homogeneizadas, seguindo todos os

cuidados e critérios para que seja feita com o mínimo de erros, a profundidade de coleta foi de 0,20 m, as amostras foram enviadas para análise no laboratório de solos em Ilha Solteira (SP).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na dose de 0 kg ha⁻¹ de N com 0 mL ha⁻¹ de inoculante observou-se maior concentração de P no solo (Figura 1), ou seja, a planta não conseguiu retirar quantidades expressivas desse elemento no solo para seu desenvolvimento. Entretanto, apenas com a aplicação do inoculante foi significativamente capaz de reduzir a concentração de fósforo no solo em relação aos tratamentos controle. À medida que se aumentou a dose de *Azospirillum* spp. até 200 mL ha⁻¹ e ureia até 100 kg ha⁻¹ de N houve menor concentração de P no solo (3,04 mg dm⁻³ de P), o que contribuiu para maior metabolismo e desenvolvimento da planta (Figura 1).

Figura 1. Concentração de Fósforo no solo. Letras minúsculas diferentes indicam significância entre as doses de inoculante para cada dose de N, e letras maiúsculas diferentes indicam significância entre as doses de N dentro de cada dose de inoculante pelo teste de Tukey à $P \leq 0,05$. $n = 4$, CV = 5.07%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

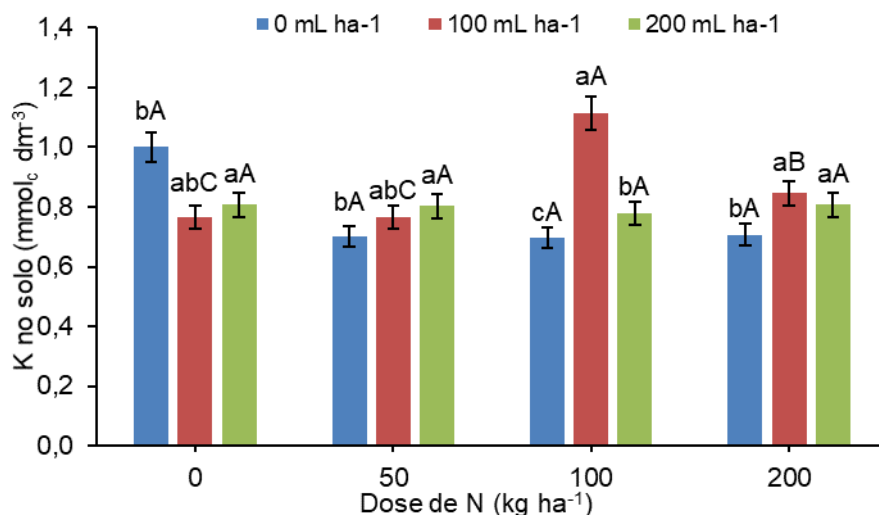
Para a dose de 100 kg ha⁻¹ de N com 100 mL ha⁻¹ de inoculante, obteve-se maior concentração de K no solo (1,11 mmolc dm⁻³) (Figura 2). A dosagem que

contribuiu de forma mais expressiva na redução desse elemento no solo foi de 100 kg ha⁻¹ de N e 0 mL ha⁻¹ de inoculante. Portanto, em relação à

testemunha sem inoculante, apenas a aplicação de ureia foi suficiente para reduzir a concentração de K no solo, sendo que a aplicação do inoculante na dose de 100 mL ha⁻¹ junto a dose de 100

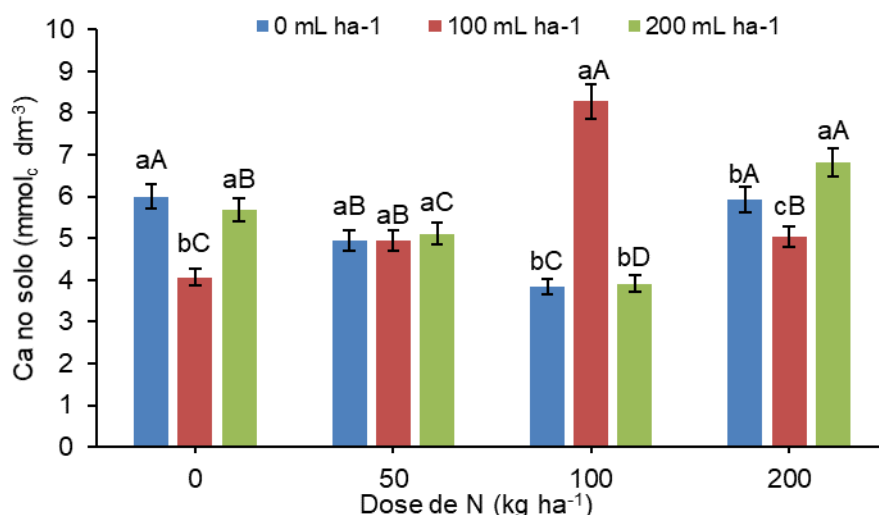
kg ha⁻¹ de N interfere negativamente na absorção desse elemento pela planta, fazendo com que sua concentração seja mais elevada no solo em relação aos outros tratamentos (Figura 2).

Figura 2. Concentração de Potássio no solo. Letras minúsculas diferentes indicam significância entre as doses de inoculante para cada dose de N, e letras maiúsculas diferentes indicam significância entre as doses de N dentro de cada dose de inoculante pelo teste de Tukey à $P \leq 0,05$. $n = 4$, CV = 4.75%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3. Concentração de Cálcio no solo. Letras minúsculas diferentes indicam significância entre as doses de inoculante para cada dose de N, e letras maiúsculas diferentes indicam significância entre as doses de N dentro de cada dose de inoculante pelo teste de Tukey à $P \leq 0,05$. $n = 4$, CV = 5.23%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A dinâmica do Ca se comportou igualmente à do K, logo, a maior concentração do elemento foi observada nas doses de 100 mL ha⁻¹ do inoculante e

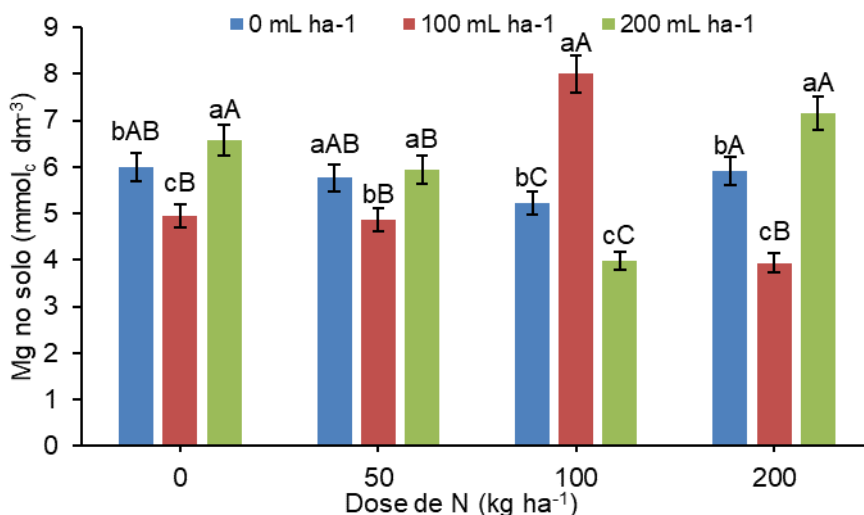
100 kg ha⁻¹ de N (Figura 3). À medida que se aumentou a dose de ureia até 100 kg ha⁻¹ de N houve menor concentração de Ca no solo, resultando em 3,84 e 5,92

mmol_c dm⁻³ para as doses de 0 e 200 mL ha⁻¹ do inoculante (Figura 3).

Para o Mg na dose de 200 mL ha⁻¹ do inoculante, a aplicação de ureia até 100 kg ha⁻¹ de N reduziu significativamente a concentração desse elemento no solo, resultando em 3,98 mmol_c dm⁻³ (Figura 4). Enquanto que, na dose de 100 mL ha⁻¹ de *Azospirillum* foi observado efeito contrário, resultando em aumento na concentração de Mg no solo (8,0 mmol_c dm⁻³) até a dose de 100 kg ha⁻¹

¹ de N, como é observado na Figura 4, nessa dosagem observou-se plantas acamadas a campo, talvez pelo fato de que o Mg é um ativador de várias enzimas que promovam o crescimento acelerado da planta, além de ser importante constituinte da molécula de clorofila (SFREDO; BORKERT, 2004), o que possa ter resultado no tombamento das plantas, por consequência do rápido alongamento do colmo.

Figura 4. Concentração de Magnésio no solo. Letras minúsculas diferentes indicam significância entre as doses de inoculante para cada dose de N, e letras maiúsculas diferentes indicam significância entre as doses de N dentro de cada dose de inoculante pelo teste de Tukey à $P \leq 0,05$. $n = 4$, CV = 5.47%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

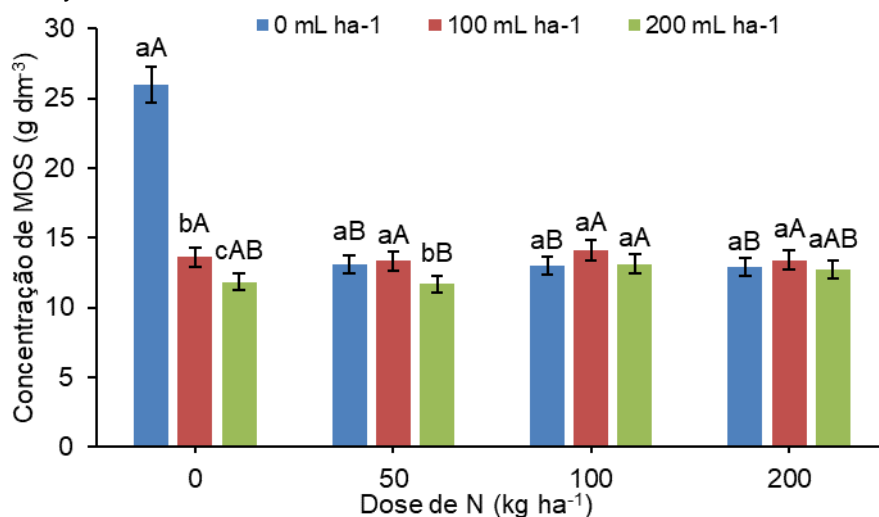
Na testemunha com ausência de adubo nitrogenado e ausência de inoculante, observou-se maior quantidade de matéria orgânica do solo (MOS) no solo (Figura 5), o que pode ser resultado pela maior relação C/N da palha em relação aos outros tratamentos com aplicação de N em cobertura, pois a concentração de N no solo está diretamente relacionada com a mineralização da matéria orgânica (HARRISON-KIRK et al., 2014; MANIRAKIZA et al., 2019), ou pela atividade do *Azospirillum* no solo, por ser uma bactéria diazotrófica de vida livre, faz fixação de N no solo sem a necessidade de um hospedeiro vivo (WANG et al.,

2017; FAN et al., 2018). A menor concentração de MOS foi observada no tratamento com aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N e 200 ml ha⁻¹ do inoculante (Figura 5), nos demais tratamentos não foram observadas reduções significativas na concentração de MOS, ou seja, a menor dose de N aplicado já foi suficiente para mineralizar o carbono orgânico, além da textura arenosa do solo ter capacidade de favorecer a taxa de mineralização da MOS independente da aplicação de fertilizante (MOHANTY et al., 2013).

A maior dose de N não causou acidez do solo durante esse período de cultivo, entretanto, para as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N com a aplicação de 100

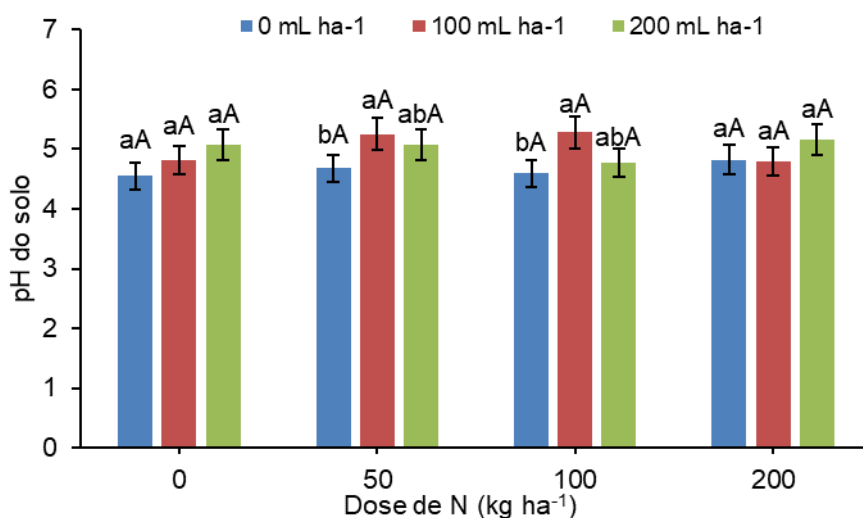
mL ha⁻¹ de *Azospirillum* observou-se diferente dos tratamentos sem a maior pH do solo, sendo estatisticamente aplicação do inoculante (Figura 6).

Figura 5. Concentração de Matéria Orgânica do Solo. Letras minúsculas diferentes indicam significância entre as doses de inoculante para cada dose de N, e letras maiúsculas diferentes indicam significância entre as doses de N dentro de cada dose de inoculante pelo teste de Tukey à $P \leq 0,05$. $n = 4$, CV = 5.33%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6. Acidez do solo. Letras minúsculas diferentes indicam significância entre as doses de inoculante para cada dose de N, e letras maiúsculas diferentes indicam significância entre as doses de N dentro de cada dose de inoculante pelo teste de Tukey à $P \leq 0,05$. $n = 4$, CV = 6.10%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

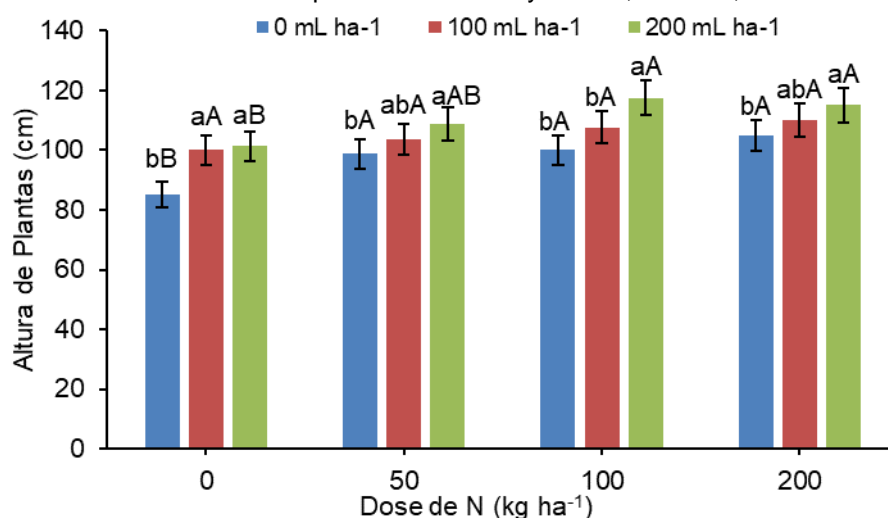
Os tratamentos que corresponderam as plantas de maior estatura, foram aqueles que receberam a maior dose de inoculante via foliar (200 mL ha⁻¹), assim como o aumento da adubação nitrogenada em cobertura até a dose de 200 kg ha⁻¹ de N propiciou plantas mais

altas (Figura 7), entretanto, a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N foi suficiente para prover plantas com altura estatisticamente igual às maiores doses de N. Nesses mesmos tratamentos onde foram aplicadas grandes quantidade de adubo nitrogenado, foram observadas plantas

acamadas devido ao rápido desenvolvimento da parte aérea. A parcela que não recebeu adubação nitrogenada e nem aplicação de *Azospirillum* teve a

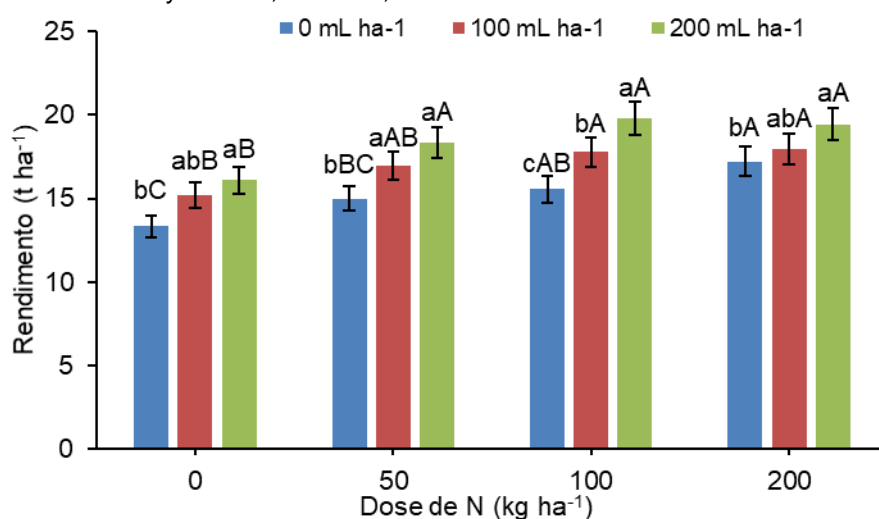
menor altura de plantas (85,0 cm), sendo significativamente inferior aos demais (Figura 7).

Figura 7. Altura de Plantas. Letras minúsculas diferentes indicam significância entre as doses de inoculante para cada dose de N, e letras maiúsculas diferentes indicam significância entre as doses de N dentro de cada dose de inoculante pelo teste de Tukey à $P \leq 0,05$. $n = 4$, CV = 5.44%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 8. Rendimento de massa verde das plantas de braquiária Piatã. Letras minúsculas diferentes indicam significância entre as doses de inoculante para cada dose de N, e letras maiúsculas diferentes indicam significância entre as doses de N dentro de cada dose de inoculante pelo teste de Tukey à $P \leq 0,05$. $n = 4$, CV = 6.56%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nas parcelas que receberam a dose mais elevada de ureia foram observadas maiores quantidades de plantas acamadas, sendo assim, essa dose não é recomendada para uso em pastagens de braquiária Piatã sob pastejo intensivo,

pois pode haver grandes perdas de matéria verde, anteriormente disponíveis ao gado, para o solo durante os processos de ciclagem do carbono.

A aplicação de N em cobertura foi suficiente para aumentar o rendimento de

massa verde das plantas, entretanto, quando associada à aplicação de *Azospirillum*, o rendimento tornou-se ainda maior, sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos onde não se aplicou o inoculante (Figura 8). A dose de 100 kg ha⁻¹ de ureia combinada com a aplicação de 200 mL ha⁻¹ de *Azospirillum* apresentou o maior rendimento de massa verde da braquiária Piatã (19,77 t ha⁻¹), não diferindo estatisticamente dos tratamentos com 200 e 50 kg ha⁻¹ de N (19,44 e 18,33 t ha⁻¹).

Em todos os tratamentos, a aplicação da maior dose de *Azospirillum* (200 mL ha⁻¹) aumentou significativamente o rendimento de massa verde, e isso pode ser explicado pelo efeito benéfico desse microrganismo na promoção de crescimento das plantas e também pelo fornecimento de N em formas prontamente disponíveis de absorção pelos vegetais.

Os dados de peso e altura estão intimamente correlacionados pois, quanto maior o peso, maior a altura (BARIONI; FERREIRA, 2007). O fornecimento da maior dosagem de N com a maior dosagem de inoculante, podem ter sido os fatores que provocaram o acamamento das plantas, pois contribuíram de maneira conjunta no crescimento muito acelerado da pastagem e como consequência, ficaram mais sensíveis a ventos, chuvas, ou outros fatores que podem causar seu tombamento.

5 CONCLUSÕES

A aplicação de ureia na dose de 100 kg ha⁻¹ de N associada a pulverização foliar com 200 mL ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense* proporcionou o maior rendimento e crescimento da pastagem de braquiária Piatã, com massa verde de 19,8 t ha⁻¹ e altura de 117,5 cm, respectivamente. A acidez do solo foi um pouco mais elevada no tratamento onde

não houve nenhuma aplicação de N e inoculante, em comparação com os outros tratamentos.

Em relação aos nutrientes, a concentração no solo de maneira geral, foi maior onde não foi realizada a aplicação de nenhum tratamento, portanto, o uso da adubação nitrogenada associada a inoculação com *Azospirillum*, auxiliaram no desenvolvimento das plantas, melhorando a absorção de nutrientes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. G. et al. Taxas e métodos de semeadura para *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em safrinha. Embrapa Gado de Corte – Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2009.

BARIONI, L. G.; FERREIRA, A. C. Monitoramento da massa de forragem e altura para ajustes de taxa de lotação em fazenda agropecuária na região do Cerrado. Embrapa Cerrados – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2007.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum*–plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). Canadian Journal of Microbiology, v. 43, n. 2, p. 103-121, 1997.

BENIZRI, E.; BAUDOIN, E.; GUCKERT, A. Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria. Biocontrol science and technology, v. 11, n. 5, p. 557-574, 2001.

BODDEY, R. M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 103, n. 2, p. 389-403, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.

Tecnologia de inoculação incrementa a proteína do capim- braquiária em 25%. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31646381/tecnologia-de-inoculacao-incrementa-a-proteina-do-capim--braquiaria-em-25>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

FAN, K. et al. Soil pH correlates with the co-occurrence and assemblage process of diazotrophic communities in rhizosphere and bulk soils of wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 121, p. 185-192, jun. 2018.

HARRISON-KIRK, T. et al. Soil organic matter and texture affect responses to dry/wet cycles: Changes in soil organic matter fractions and relationships with C and N mineralization. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 74, p. 50-60, 2014.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Documentos/Embrapa soja, Londrina-PR, v. 325, p. 08-31, jan., 2011.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: an environment-friendly component in the

reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 221, p. 125-131, 2016.

MANIRAKIZA, E. et al. Nitrogen mineralization and microbial biomass carbon and nitrogen in response to co-application of biochar and paper mill biosolids. *Applied Soil Ecology*, v. 142, p. 90-98, 2019.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. R.; CUNHA, M. H. 20 perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio. Embrapa Cerrados - Documentos (INFOTECA-E), 2010.

MOHANTY, S. et al. Carbon and nitrogen mineralization kinetics in soil of rice-rice system under long term application of chemical fertilizers and farmyard manure. *European Journal of Soil Biology*, v. 58, p. 113-121, 2013.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de soja. CNPSo, 2004.

WANG, Y. et al. Soil pH is a major driver of soil diazotrophic community assembly in Qinghai-Tibet alpine meadows. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 115, p. 547-555, 2017.