

Crescimento e nutrição da *Urochloa brizantha* cv. Marandu inoculada com bactéria promotora de crescimento vegetal e sob diferentes doses de nitrogênio
Growth and nutrition of *Urochloa brizantha* cv. Marandu inoculated with plant growth promoting bacteria and under different doses of nitrogen
Crecimiento y nutrición de *Urochloa brizantha* cv. Marandu inoculado con bacterias promotoras del crecimiento vegetal y bajo diferentes dosis de nitrógeno

Recebido: 30/09/2020 | Revisado: 10/10/2020 | Aceito: 13/10/2020 | Publicado: 16/10/2020

Mariana Moraes Pinc

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1004-3680>

Universidade Paranaense, Brasil

E-mail: mariana.pinc@edu.unipar.br

Duvilio Antônio Cione Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6999-8214>

Universidade Paranaense, Brasil

E-mail: juniorcione@yahoo.com.br

Mario Bazzanella Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9057-0271>

Universidade Paranaense, Brasil

E-mail: mario.neto@edu.unipar.br

Elise Polli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1428-1627>

Universidade Paranaense, Brasil

E-mail: elisepolli@prof.unipar.br

Mariana Dalmagro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0514-5255>

Universidade Paranaense, Brasil

E-mail: maridalmagro_@hotmail.com

Guilherme Donadel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7485-8016>

Universidade Paranaense, Brasil

E-mail: donadel425@gmail.com

Joice Karina Otênio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9488-0456>

Universidade Paranaense, Brasil

E-mail: joyce_otenio@hotmail.com

Odair Alberton

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4819-6669>

Universidade Paranaense, Brasil

E-mail: odair@prof.unipar.br

Resumo

A demanda por produção de quantidades adequadas de biomassa vegetal é um grande desafio da pecuária brasileira que enfrenta grave situação em relação à degradação da maioria das pastagens nativas ou cultivadas, especialmente em solos deficientes em nutrientes biogênicos como o nitrogênio. O objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento e nutrição de *Urochloa brizantha* em decorrência da inoculação com *Azospirillum brasilense* associado com adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído por seis tratamentos (testemunha, inoculado sem N, inoculado + 50 e 75 kg ha⁻¹ N, sem inoculação + 50 e 75 kg ha⁻¹ N) e cinco repetições cada. 10 dias após a semeadura efetuou-se o desbaste das plantas em excesso deixando apenas cinco plantas por vaso. 60 dias após a semeadura, as plantas foram coletadas para análise de massa seca, alongamento foliar e teores de nutrientes foliares. A inoculação resultou em um ganho na massa seca da parte aérea, comprimento de parte aérea e número de perfilhos, porém não houve ganho em massa seca da raiz. Pôde-se observar maior concentração de nitrogênio foliar e índice de clorofila nos tratamentos com maiores concentrações de adubação nitrogenada, inoculado ou não. Portanto, conclui-se que a inoculação com *A. brasilense* associado à adubação nitrogenada se mostrou um excelente aliado no aumento da produção e no desenvolvimento de *U. brizantha* cv. Marandu.

Palavras-chave: Bactérias diazotróficas; *B. brizantha*; Fixação biológica de nitrogênio; Ambiente; Sustentabilidade.

Abstract

The demand for the production of adequate amounts of plant biomass is a major challenge for Brazilian livestock that faces a serious situation in relation to the degradation of most native

or cultivated pastures, especially in soils deficient in biogenic nutrients such as nitrogen. The objective of the present study was to evaluate the growth and nutrition of *Urochloa brizantha* as a result of inoculation with *Azospirillum brasilense* associated with nitrogen fertilization. The experiment was conducted in a greenhouse at Universidade Paranaense - UNIPAR, Umuarama - PR. The experimental design was completely randomized, consisting of six treatments (control, inoculated without N, inoculated + 50 and 75 kg ha⁻¹ N, without inoculation + 50 and 75 kg ha⁻¹ N) and five replicates each. 10 days after sowing, excess plants were thinned leaving only five plants per pot. 60 days after sowing, the plants were collected for dry mass analysis, leaf elongation and leaf nutrient content. The inoculation resulted in a gain in the dry mass of the aerial part, length of the aerial part and number of tillers, however there was no gain in dry mass of the root. It was possible to observe a higher concentration of leaf nitrogen and chlorophyll index in treatments with higher concentrations of nitrogen fertilization, inoculated or not. Therefore, it is concluded that inoculation with *A. brasilense* associated with nitrogen fertilization proved to be an excellent ally in increasing production and in the development of *U. brizantha* cv. Marandu.

Keywords: *B. brizantha*; Biological nitrogen fixation; Diazotrophic bacteria; Environment; Sustainability.

Resumen

La demanda de producción de cantidades adecuadas de biomasa vegetal es un gran desafío para la ganadería brasileña que enfrenta una situación grave en relación con la degradación de la mayoría de los pastos nativos o cultivados, especialmente en suelos deficientes en nutrientes biogénicos como el nitrógeno. El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y nutrición de *Urochloa brizantha* como resultado de la inoculación con *Azospirillum brasilense* asociado a fertilización nitrogenada. El experimento se realizó en un invernadero de la Universidade Paranaense - UNIPAR, Umuarama - PR. El diseño experimental fue completamente al azar, consistente en seis tratamientos (testigo, inoculado sin N, inoculado + 50 y 75 kg ha⁻¹ N, sin inocular + 50 y 75 kg ha⁻¹ N) y cinco repeticiones cada uno. Diez días después de la siembra, las plantas sobrantes se aclararon dejando solo cinco plantas por maceta. 60 días después de la siembra, las plantas se recolectaron para análisis de masa seca, alargamiento de hojas y contenido de nutrientes de las hojas. La inoculación resultó en una ganancia en la masa seca de la parte aérea, longitud de la parte aérea y número de macollos, sin embargo no hubo ganancia en la masa seca de la raíz. Se pudo observar una mayor concentración de nitrógeno foliar e índice de clorofila en

tratamientos con mayores concentraciones de fertilización nitrogenada, inoculados o no. Por tanto, se concluye que la inoculación de *A. brasilense* combinada con la fertilización nitrogenada resultó ser un excelente aliado en el aumento de la producción y en el desarrollo de *U. brizantha* cv. Marandu.

Palabras clave: Bacterias diazotróficas; *B. brizantha*; Fijación biológica de nitrógeno; Ambiente; Sustentabilidad.

1. Introdução

O solo constitui-se em um ecossistema diversificado no qual as raízes de plantas e microrganismos interagem e desempenham papéis importantes na mineralização de nutrientes influenciando na composição química de plantas para consumo humano e animal (Taiz et al., 2017, Simili et al., 2019). No Brasil, os sistemas de produção de carne e leite bovinos dependem quase que exclusivamente de pastagens. Devido a essa dependência, a vulnerabilidade à ocorrência de pragas, doenças e mudanças climáticas, coloca em risco todo o sistema pecuário (Chiari et al., 2007).

As gramíneas tropicais forrageiras são as plantas mais utilizadas atualmente pela praticidade e por serem economicamente viáveis (Souza et al., 2018; Duarte et al., 2020). Dentre elas, *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster cv. Marandu (sinonímia - *Brachiaria brizantha*) destaca-se entre as cultivares por ocuparem grandes extensões territoriais (Bezerra, et al., 2020; Tropicos, 2020). Conhecida pela sua alta resistência à cigarrinha-das-pastagens, alto valor nutritivo e desempenho animal, *B. brizantha* vem sendo acometida com a morte súbita da pastagem desencadeada por vários fatores bióticos e abióticos, que atuam de forma isolada ou combinada, causando sérios danos na produção (Barbosa, 2006).

A alta produção de biomassa vegetal, redução do uso de produtos químicos para proteção de plantas, e redução de poluição com xenobióticos são objetivos importantes atualmente. Sob mudanças nas condições ambientais, a necessidade de produzir quantidades adequadas de biomassa vegetal é um sério desafio, especialmente em solos deficientes em nutrientes biogênicos como o nitrogênio (Oleńska et al., 2020).

O nitrogênio é um constituinte essencial de muitas biomoléculas, como enzimas, proteínas estruturais, ácidos nucleicos, porfirinas, alcaloides e N-glicosídeos, e desempenha um papel crucial em vários processos fisiológicos nas plantas, sendo o nutriente mais requerido na adubação de manutenção de pastagens (Leghari et al., 2016, Cabral et al., 2016).

Uma alternativa que está sendo aplicada hoje em pastagens para aumentar a absorção de nitrogênio pela planta e reduzir os custos com adubação é a utilização de bactérias diazotróficas definidas como “microrganismos que usam nitrogênio na forma de gás como substrato para a enzima nitrogenase” (Reis, Baldani & Baldani, 2005), essas bactérias convertem o N_2 (nitrogênio) atmosférico em NH_3 (amônia) que é transformada em NH_4^+ (amônio) e NO_3^- (nitrato) e posteriormente assimilado pela planta (Taiz et al., 2017). Vários procariontes fixadores de nitrogênio formam associações simbióticas com plantas para benefício mútuo, no qual o organismo, chamado de rizobactéria, fornece nitrogênio diretamente para a planta hospedeira em troca de outros nutrientes e de carboidratos proporcionando aumento de produção (Taiz et al., 2017, Li et al., 2020).

A produção forrageira aliada à fertilização por nitrogênio aumentam o vigor e a produtividade do recrescimento (Delevatti et al., 2019) em contraste, o uso de inoculantes bacterianos para fornecer N e para promover um melhor crescimento da planta é uma opção para reduzir dano ambiental como a poluição das águas subterrâneas e emissão de gases de efeito estufa (Souza & Ferreira, 2017). Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), número de perfilho (NP), índice de clorofila (IC), comprimento da parte aérea (CPA) e nitrogênio foliar (NPA) de *U. brizantha* em decorrência da inoculação com *Azospirillum brasilense* associado com adubação nitrogenada, visando à redução dos custos da formação de pastagem e redução do período de estabelecimento da cultivar na área.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Paranaense (UNIPAR) na cidade de Umuarama –PR. O solo foi coletado na profundidade 0-20 cm na zona rural da cidade de Umuarama – PR (23°44'31.6"S 53°17'47.6"W). Após a coleta foi enviado ao laboratório de análises do solo (Laboratório Solo Fértil de Umuarama-PR) (Tabela 1). O potássio e as taxas de fósforo usadas para a semeadura de *B. brizantha* foram baseadas nas propriedades químicas e físicas da camada de solo de 0-20 cm (Tabela 1). A composição granulométrica do solo foi de 8,7% de argila, 1,95% de silte e 89,35% de areia (Laboratório Solo Fértil de Umuarama-PR).

Antes da semeadura o solo foi passado em uma peneira grossa para a retirada de impurezas grandes e autoclavado. Para execução do experimento foram utilizados 30 vasos de PVC com capacidade de 4 quilos de solo, pesando-se 3 quilos de solo por vaso. Não houve

tratamento de sementes pré-plantio, nem correção do solo, apenas a inoculação dos tratamentos com *A. brasilense*.

A semeadura foi realizada diretamente nos vasos onde foram semeadas 40 sementes vaso⁻¹ de *U. brizantha*, utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos (testemunha, inoculado, inoculado + 50 kg ha⁻¹ N, inoculado + 75 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de N sem inoculação e 75 kg ha⁻¹ N sem inoculação) e 5 repetições. Após o período de germinação desbastou-se as plantas em excesso, deixando apenas 5 plantas por vaso.

As sementes utilizadas foram da marca Cosmorama, inoculadas com 1 mL de Masterfix Gramíneas[®] para cada 100 g de sementes. A concentração de bactérias do inoculante é de 2×10^8 UFC mL⁻¹ de *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6). A rega das plantas foi feita uma vez ao dia com água, no período noturno.

As plantas foram coletadas 60 dias após o plantio e levadas ao laboratório para a determinação das variáveis: Comprimento da parte aérea (CPA), massa seca de raízes (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), nitrogênio foliar (NPA), índice de clorofila (IC) e número de perfilho (NP).

A análise do índice de clorofila foi realizada medindo-se em 3 folhas por planta completamente desenvolvida. Para a medição foi usado um clorofilômetro da marca clorofiLOG[®] modelo CFL 1030 (Falker, 2008), após as medições tirou-se a média dos vasos para cada tratamento.

O comprimento da parte aérea foi determinado com o uso de fita métrica. Após as medições as plantas foram colocadas em estufa (65 °C) por 48 horas para secagem e posterior obtenção da massa seca.

O NPA foi determinado pelo método de digestão sulfúrica a 450 °C e destilação pelo método de Kjeldahl conforme metodologia de Silva (2009).

A MSR, MSPA e MST foram obtidas por meio de pesagem em balança semi-analítica. O NP foi obtido por meio de contagem visual de todas as plantas dos tratamentos.

A metodologia utilizada foi de caráter quantitativo, uma vez que verificou-se estatisticamente a hipótese a partir da coleta de dados concretos (Pereira et al., 2018). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste de Duncan ($p \leq 0,05$), utilizando o programa estatístico SPSS versão 22.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3. Resultados e Discussão

Em geral, *A. brasilense* foi capaz de promover o crescimento de plantas de *U. brizantha*. Esses efeitos podem ser atribuídos, em parte, ao teor de clorofila e a capacidade de *A. brasilense* em sintetizar fitohormônio que pode atuar no crescimento e desenvolvimento das plantas e fixar nitrogênio (Silveira et al., 2016).

Pode-se afirmar que o pH do solo no início do estudo foi de 5,58, e que apesar de se encontrar dentro da faixa de referência, pode não ser considerado o ideal para a máxima atividade microbiana no solo. O índice de C (3,51 g dm⁻³) está dentro dos valores de referência, mas pode ser considerado baixo, (Tabela 1). O nível de fósforo (P) (5,38 mg.dm⁻³) encontra-se abaixo do valor de referência indicado por Sambatti et al. (2003).

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas do solo (0-20 cm) utilizado no experimento.

	pH	P*	C	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	V
	(CaCl ₂)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----Cmol _c dm ⁻³ -----							%
Solo	5,58	5,38	3,51	0,06	3,97	0,63	0,50	0,10	1,23	5,20	23,62
Ref ¹	3,8-6,6	16-24	0,8-15,9	-	0,6-5,0	0,3-7,2	0,3-3,3	0,1-0,7	-	2,2-12,5	-

*Métodos: P, K extraído por Mehlich-I; Ca, Mg e Al – extraído por KCl 1 mol L⁻¹; C – Dicromato/colorimétrico;

CTC = Capacidade de trocas de cátions; SB = Soma de bases; V = Saturação por bases.

¹Fonte: (Sambatti et al., 2003).

A análise de variância e as médias dos resultados de produção de matéria seca (MSR, MSPA e MST) estão apresentadas na Tabela 2. Houve interação positiva entre a inoculação com *A. brasilense* associado à dose de 75 kg ha⁻¹ de nitrogênio, onde se observou um acréscimo na produção de 75 % nesse tratamento.

Tabela 2. Massa seca da raiz (MSR - g), massa seca da parte aérea (MSPA - g) e massa seca total (MST - g) em função da adubação nitrogenada com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*.

Tratamentos	MSR	MSPA	MST
T1	12,56 ± 1,19 a	8,49 ± 1,72 c	21,05 ± 1,16 b
T2	12,16 ± 0,55 a	10,88 ± 0,31 bc	23,04 ± 0,76 b
T3	12,10 ± 1,31 a	13,24 ± 0,71 ab	25,34 ± 1,86 ab
T4	14,72 ± 2,78 a	14,86 ± 0,51 a	29,58 ± 3,01 a
T5	11,66 ± 0,71 a	13,30 ± 0,57 ab	24,96 ± 1,16 ab
T6	11,68 ± 1,12 a	13,42 ± 0,47 ab	25,10 ± 1,34 ab
Valor de <i>p</i>	0,694	<0,001	0,042

Valores de *p* da análise de variância (ANOVA). Média ± erro padrão. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). Tratamentos: T1: Controle (testemunha); T2: inoculado; T3: Inoculado + 50 kg ha⁻¹ N; T4: Inoculado + 75 kg ha⁻¹ N; T5: Não inoculado + 50 kg ha⁻¹ N; T6: Não inoculado + 75 kg ha⁻¹ N.

Fonte: Autores.

A adubação nitrogenada é um importante aliado dos ecossistemas naturais e agrários, ocasionando ganho expressivo na produtividade quando adicionado em quantidades ideais (Taiz et al., 2017).

Os resultados de MSR não diferiram estatisticamente entre si. Em estudo realizado por Rampim et al. (2020), sementes de milho reinoculadas com *Azospirillum brasilense* obtiveram maior desenvolvimento radicular de plântulas de milho, ocasionando maior MSR, porém houve redução do desenvolvimento da parte aérea das plantas, acarretando menores valores de MSPA.

A MSPA assim como a MST obteve melhores resultados no tratamento inoculado com *A. brasilense* associado à dose de 75 kg ha⁻¹ de nitrogênio (T4). Segundo Pietramale et al. (2020) o fornecimento balanceado de nutrientes na adubação proporciona um equilíbrio nutricional ao capim Marandu e conseqüentemente maior produção de biomassa vegetal.

O tratamento sem aplicação de adubação nitrogenada com inoculação (T2) apresentou maior quantidade de MSPA e MST do que a testemunha, o que corrobora com resultados obtidos por Pietramale et al. (2020) e Oliveira, Oliveira & Barioni Junior (2007) que ao investigarem os efeitos do nitrogênio em *B. brizantha* constataram menor produção de matéria seca onde não há adição de nitrogênio no solo. Esses resultados comprovam o potencial das rizobactérias em influenciar benéficamente o crescimento das plantas e aumentar a produção de biomassa vegetal, conforme relatado por Oleńska et al. (2020).

Na Tabela 3 foram apresentados os resultados CPA, número de perfilhos, IC e NPA. Houve diferença estatística entre todos os tratamentos nas variáveis analisadas.

Tabela 3 – Comprimento da parte aérea (CPA - cm), número de perfilhos (NP), índice de Clorofila (IC) e nitrogênio da parte aérea (NPA) em função da adubação nitrogenada com e sem inoculação com *Azospirillum brasilense*.

Tratamentos	CPA	NP	IC	NPA
T1	57,28 ± 1,75 b	1,36 ± 0,12 b	22,75 ± 0,99 c	12,46 ± 0,63 c
T2	60,68 ± 1,05 ab	1,24 ± 0,15 b	24,35 ± 0,65 c	14,25 ± 0,58 c
T3	61,30 ± 1,50 ab	2,15 ± 0,15 a	31,72 ± 2,54 b	21,55 ± 1,25 b
T4	65,36 ± 2,00 a	2,24 ± 0,07 a	34,24 ± 1,61 ab	28,76 ± 0,67 a
T5	61,13 ± 0,15 ab	2,09 ± 0,02 a	32,34 ± 1,39 b	20,33 ± 0,59 b
T6	61,24 ± 2,43 ab	2,08 ± 0,10 a	37,30 ± 1,84 a	29,82 ± 2,56 a
Valor de <i>p</i>	0,046	<0,001	<0,001	<0,001

Valores de *p* da análise de variância (ANOVA). Média ± erro padrão. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). Tratamentos: T1: Controle (testemunha); T2: inoculado; T3: Inoculado + 50 kg ha⁻¹ N; T4: Inoculado + 75 kg ha⁻¹ N; T5: Não inoculado + 50 kg ha⁻¹ N; T6: Não inoculado + 75 kg ha⁻¹ N.

Fonte: Autores.

Avaliando o CPA (Tabela 3) observou-se que todos os tratamentos apresentaram resultados satisfatórios, porém, o resultado de maior significância foi observado no tratamento inoculado + 75 kg ha⁻¹ de nitrogênio (T4), que resultou em um acréscimo de 14% no comprimento foliar.

Dartora et al. (2013) ao avaliarem o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho em resposta à inoculação de *A. brasilense* e *H. seropedicae* em associação à adubação nitrogenada, constatou que a altura da planta não foi influenciada pela inoculação, atribuindo os resultados de aumento do CPA somente pela adubação nitrogenada.

Alexandrino, Vaz & Santos (2010) ao avaliarem o estabelecimento da *U. brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio concluíram que, a adubação nitrogenada exerceu efeito positivo no alongamento foliar contribuindo para um melhor estabelecimento da cultivar na área.

Avaliando o NP pode-se constatar que em todos os tratamentos em que se fez adubação nitrogenada houve um aumento no perfilhamento, não havendo diferença estatística entre esses tratamentos (Tabela 3). A inoculação de *A. brasilense* sozinho não foi capaz de aumentar o número de perfilhos.

Leite et al. (2019) pesquisando o desempenho da forragem *U. brizantha* cv. Marandu em associação com *A. brasilense*, associada à fertilização com nitrogênio, constatou que mesmo na ausência de fertilizante N, as plantas inoculadas tiveram uma densidade de perfilho maior do que as plantas não inoculadas a 50 kg N ha⁻¹. No mesmo estudo, sob condições de seca, a altura da planta e massa da raiz também tiveram aumento significativo nos tratamentos com inoculação de *A. brasilense*. Esses resultados podem ser explicados pelo aumento da raiz implicar em maior absorção de água e outros nutrientes, ocasionando maior número de perfilhos, o que não aconteceu no presente estudo.

Gitti et al. (2012) analisando coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes de arroz constataram que quanto maior a disponibilidade de nitrogênio maior é o perfilhamento e conseqüentemente maior será a quantidade de massa seca da parte aérea.

A análise de variância mostrou que todos os tratamentos onde se fez adubação nitrogenada tiveram resultados satisfatórios no índice de clorofila (IC), porém obtiveram resultados mais significativos nos tratamentos com adição de 75 kg ha⁻¹ de N com ou sem inoculação (Tabela 3). Além disso, o tratamento onde houve inoculação associado à dose de 75 kg ha⁻¹ de nitrogênio (T4) aumentou cerca de 63% o IC em relação ao controle.

Duarte et al. (2020) ao avaliarem o efeito da inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *U. ruziziensis* com adição de N ao solo, relatou redução dos teores de clorofila no tratamento com inoculação de *A. brasilense* e 100 kg ha⁻¹ de N. Estudos indicam que maiores doses de N influenciam as respostas das forrageiras inoculadas com bactérias que acabam se assemelhando ao tratamento controle, sugerindo que elevadas doses de N causam diminuição da atividade das bactérias na rizosfera (Duarte et al., 2020).

Pode-se observar que houve um aumento linear do índice de clorofila juntamente com o aumento da adubação nitrogenada. A maior absorção e assimilação de nitrogênio proporciona maior síntese de clorofila resultando na resposta significativa do índice SPAD para o teor de clorofila total em função da aplicação de *A. brasilense* (Souza, 2014). Costa et al. (2008) ao avaliarem doses de nitrogênio em pastagens concluíram que quanto maior a dose de adubação nitrogenada maiores são os valores de índice de clorofila.

O NPA obteve resultados mais expressivos, onde se observou um acréscimo de 139% e 108% nos tratamentos sem inoculação + 75 kg ha⁻¹ N (T6) e inoculado + 75 kg ha⁻¹ N (T4) respectivamente em relação ao controle. Observou-se também que o tratamento com inoculação sem adição de nitrogênio no solo (T2) obteve maior concentração de NPA em relação ao tratamento controle (Tabela 3).

Estudos demonstram que a aplicação dos microrganismos inoculantes no solo

promovem o crescimento e estabelecimento das plantas devido à capacidade em aumentar o teor de clorofila e absorção de nitrogênio, além de aumentar a atividade enzimática e o teor de nutrientes disponíveis na rizosfera (Li et al., 2020).

Souza (2014) ao analisar as características fisiológicas, composição química e produção de *B. brizantha* cv. Marandu, concluiu que a contribuição biológica observada pela fixação de nitrogênio por parte do *A. brasilense* não foi suficiente para contribuir com alterações significativas no valor proteico e na produtividade da forrageira, necessitando de adubação nitrogenada para maior produção.

As maiores médias de nitrogênio foliar se deram nas altas concentrações de adubação nitrogenada. Esses resultados também foram encontrados por Gobbi et al. (2005) que ao avaliarem a composição química do feno tratado com ureia observaram que os níveis de nitrogênio total crescem linearmente com aumento dos níveis de adubação nitrogenada.

Segundo Souza (2014) a inoculação pode ser bastante conveniente no estabelecimento de áreas de pastagens, pois causa aumento na emissão de folhas novas o que pode proporcionar maior taxa de colonização de solo, reduzindo o tempo de formação da pastagem. Já a aplicação de nitrogênio contribuiu diretamente para aumentar a quantidade de folhas produzidas e comprimento final de folhas, assegurando, maior qualidade da forragem disponível e também reposição mais rápida de tecido foliar, garantindo maior número de cortes ao longo do período de pastejo e maior perenidade das áreas de pastagem.

Porém, desafios são encontrados no ponto de vista agrícola, pois os fertilizantes à base de nitrogênio produzidos industrialmente apresentam custos econômicos e ambientais, além de não estarem acessíveis a muitos agricultores (Taiz et al., 2017).

4. Considerações Finais

A inoculação de *Azospirillum brasilense* aliado à adubação nitrogenada se mostrou um excelente aliado no aumento da produção e no desenvolvimento de *U. brizantha* cv. Marandu. O crescimento da cultivar foi estimulado significativamente nos tratamentos em que houve inoculação com *A. brasilense* e adubação nitrogenada nas maiores doses.

Esses resultados indicam que *A. brasilense* atua como rizobactéria promotora de crescimento de plantas e tem potencial para ser desenvolvida como inoculante para integrar o manejo de pastos de *U. brizantha* cv. Marandu e que podem ter importantes implicações ecológicas para a preservação, recuperação e restauração de pastagens degradadas. Porém a

adubação nitrogenada não pode ser dispensada, uma vez que somente a inoculação não foi o suficiente para suprir as necessidades de nitrogênio da cultura.

Nesse sentido, estudos devem ser realizados a fim de comprovar a eficácia da inoculação com *A. brasilense* no desenvolvimento de *U. brizantha* frente a estresse hídrico, diferentes tipos de solo e pastejo animal.

Referências

Alexandrino, E., Vaz, R. G. M. V., & dos Santos, A. C. (2010). Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, 26(6), 886-893.

Barbosa, R. A. (Ed.). (2006). *Morte de pastos de braquiárias*. Embrapa. p. 206.

Bezerra, J. D. do V., Emerenciano Neto, J. V., Alves, D. J. da S., Batista Neta, I. E., Galdino Neto, L. C., Santos, R. da S., & Difante, G. dos S. (2020). Características produtivas, morfogênicas e estruturais de cultivares de *Brachiaria brizantha* cultivadas em dois tipos de solo. *Research, Society and Development*, 9(7), e129972947.

Cabral, C. E. A., da Silva Cabral, L., Silva, E. M. B., dos Santos Carvalho, K., Kroth, B. E., & Cabral, C. H. A. (2016). Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. *Comunicata Scientiae*, 7(1), 66-72.

Chiari, L., Resende, R. M. S., Jank, L., do Valle, C. B., & Jungmann, L. (2007). *A biotecnologia nos programas de melhoramento de forrageiras tropicais da Embrapa Gado de Corte*. Embrapa Gado de Corte. 33.

Costa, K. A. D. P., Faquin, V., Oliveira, I. P. D., Rodrigues, C., & Severiano, E. D. C. (2008). Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: I-alterações nas características químicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(4), 1591-1599.

Dartora, J., Guimarães, V. F., Marini, D., & Sander, G. (2013). Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(10), 1023-1029.

Delevatti, L. M., Cardoso, A. S., Barbero, R. P., Leite, R. G., Romanzini, E. P., Ruggieri, A. C., & Reis, R. A. (2019). Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Scientific reports*, 9(1), 1-9.

Duarte, C. F. D., Cecato, U., Hungria, M., Fernandes, H. J., Biserra, T. T., Mamédio, D., Galbeiro, S., & Nogueira, M. A. (2020). Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa Ruziziensis*. *Research, Society and Development*, 9(8), e630985978.

Falker Automação Agrícola. (2008). *Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030)*.

Gitti, D. D. C., Arf, O., Portugal, J. R., Corsini, D. C. D. C., Rodrigues, R. A. F., & Kaneko, F. H. (2012). Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. *Bragantia*, 71(4), 509-517.

Gobbi, K. F., Garcia, R., Garcez Neto, A. F., Pereira, O. G., Bernardino, F. S., & Rocha, F. C. (2005). Composição química e digestibilidade *in vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com uréia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(3), 720-725.

Leghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., HafeezLaghari, A., MustafaBhabhan, G., HussainTalpur, K., ... & Lashari, A. A. (2016). Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209-219.

Leite, R. D. C., dos Santos, J. G., Silva, E. L., Alves, C. R., Hungria, M., Leite, R. D. C., & dos Santos, A. C. (2019). Productivity increase, reduction of nitrogen fertiliser use and drought-stress mitigation by inoculation of Marandu grass (*Urochloa brizantha*) with *Azospirillum brasilense*. *Crop and Pasture Science*, 70(1), 61-67.

Li, H., Qiu, Y., Yao, T., Ma, Y., Zhang, H., & Yang, X. (2020). Effects of PGPR microbial inoculants on the growth and soil properties of *Avena sativa*, *Medicago sativa*, and *Cucumis sativus* seedlings. *Soil and Tillage Research*, 199, 104577.

Oleńska, E., Małek, W., Wójcik, M., Swiecicka, I., Thijs, S., & Vangronsveld, J. (2020). Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: A methodical review. *Science of The Total Environment*, e140682.

Oliveira, P. P. A., de Oliveira, W. S., & Barioni Junior, W. (2007). *Produção de forragem e qualidade de Brachiaria brizantha cv. Marandu com Azospirillum brasilense e fertilizada com nitrogênio*. Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica (INFOTECA-E).

Pereira, A.S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UAB/NTE/UFSM.

Pietramale, R. T. R., Valentim, J. K., Marques, O. F. C., Leite, B. K. V., Petromali, G. F. S. G., Castilho, V. A. R. de, Barbosa, D. K., Ruviaro, C. F., Oliveira Neto, S. S. de, & Heinrichs, R. (2020). Marandu grass production under nutrient deficient conditions at different cutting times. *Research, Society and Development*, 9(4), e170943058.

Rampim, L., Guimarães, V. F., Salla, F. H., Costa, A. C. P. R., Inagaki, A. M., Bulegon, L. G., & França, R. (2020). Desenvolvimento inicial de plântulas de milho reinoculadas com bactérias diazotróficas. *Research, Society and Development*, 9(5), e24953109.

Reis, V. M., Baldani, V. L. D., & Baldani, J. I. (2005). Ecologia, isolamento e identificação de bactérias diazotróficas. In: Aquino, A. M.; Assis, R. L (Ed.). *Processos biológicos no sistema solo-planta – ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília: Embrapa agrobiologia, 258-279.

Sambatti, J. A., Souza Junior, I. G., Costa, A. C. S., & Tormena, C. A. (2003). Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos da formação Caiuá – Noroeste do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 257-264.

Silva, F. C. D. S. (Ed.). (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 243-627 p.

Silveira, A. P. D., Sala, V. M. R., Cardoso, E. J. B. N., Labanca, E. G., & Cipriano, M. A. P. (2016). Nitrogen metabolism and growth of wheat plant under diazotrophic endophytic bacteria inoculation. *Applied Soil Ecology*, 107, 313-319.

Simili, F. F., Barbosa, K. R. S., Augusto, J. G., Menegatto, L. S., Mendonça, G. G., Bonacim, P. M., ... & Savegnago, R. P. (2019). Study of the chemical composition of *Urochloa brizantha* using the SPAD index, neural networks, multiple linear models, principal components and cluster analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 258, e114307.

Souza, E. L., da Cruz, P. J. R., Bonfá, C. S., & Magalhães, M. A. (2018). Plantas forrageiras para pastos de alta produtividade. *Nutritime Revista Eletrônica, on-line*, 15(4), 8271-8284.

Souza, P. T. D. (2014). *Inoculação com Azospirillum brasilense e adubação nitrogenada em Brachiaria brizantha cv. Marandu*. (Dissertação). Mestrado em Produção Vegetal. Universidade Federal de Goiás, Jataí, Goiás.

Souza, J. E. B., & Ferreira, E. P. B. (2017). Improving sustainability of common bean production systems by co-inoculating rhizobia and azospirilla. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 237, 250–257.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora. 858.

Tropicos. (2020). Missouri botanical garden W3 tropicos. Vascular trópico. Recuperado de <http://www.tropicos.org/>.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Mariana Moraes Pinc – 15%

Duvilio Antônio Cione Junior – 15%

Mario Bazzanella Neto – 15%

Elise Polli – 15%

Mariana Dalmagro – 5%

Guilherme Donadel – 5%

Joice Karina Otênio – 15%

Odair Alberton – 15%