



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 12, Issue, 07, pp. 57617-57623, July, 2022

<https://doi.org/10.37118/ijdr.24836.07.2022>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO *PANICUM MAXIMUM* CV. BRS TAMANI EM FUNÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*, NITROGÊNIO E TROCAS GASOSAS

Cleiton Dias Alves^{1,*}, Evelyn Rabelo de Andrade², Idelfonso Leandro Bezerra³ and Andréia Marcilane Aker⁴

Engenheiro Agrônomo e Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas Amazônicos pela Universidade Federal de Rondônia¹. Doutora em Ciências Veterinárias pela Universidade Estadual do Ceará e Professora Adjunta do departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Rondônia². Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade de Campina Grande Professor Adjunto do departamento de Agronomia, Universidade Federal de Rondônia³. Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri⁴

ARTICLE INFO

Article History:

Received 10th April, 2022

Received in revised form

27th May, 2022

Accepted 11th June, 2022

Published online 28th July, 2022

Key Words:

Fixação Biológica de Nitrogênio, Bactérias Promotoras do Crescimento, Fisiologia.

*Corresponding author:

Cleiton Dias Alves

ABSTRACT

No Brasil, 80% das pastagens apresentam elevados níveis de degradação e o uso de bactérias diazotróficas, apresentam-se como estratégia para recuperação da cultura. Objetivou-se avaliar a aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* como alternativa para o suprimento da adubação nitrogenada em pastagens. O experimento foi conduzido em condições de campo na Ação Ecológica Guaporé, Rolim de Moura, Rondônia, utilizando Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, arranjo fatorial 2x5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de dois fatores: inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* (presença e ausência) e doses de nitrogênio (0, 75, 150, 225, 300 kg ha⁻¹ de N). Foram mensuradas: altura de perfilhos, número de perfilhos, comprimento foliar, largura foliar, massa seca das folhas (MSF), massa seca do colmo (MSC), condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), taxa de transpiração (E) e concentração interna de CO₂ (Ci) da *Panicum* BRS cv. Tamani. A aplicação via foliar de *Azospirillum brasilense* contribuiu de forma positiva no desenvolvimento e produção da forrageira, na altura de plantas, número de perfilhos, comprimento de folha, largura foliar, massa seca de colmo e seca de folhas quando associado até a dose de 225 kg ha⁻¹ de nitrogênio. As trocas gasosas da cv. BRS Tamani foram influenciadas pelas doses crescentes de nitrogênio, sendo a dose de 300 kg ha⁻¹ a que demonstrou a máxima eficiência biológica. A inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense*, contribuiu positivamente para a nutrição da *Panicum maximum* cv. Tamani, podendo ser utilizada como suprimento na adubação nitrogenada em cobertura.

Copyright © 2022, Cleiton Dias Alves et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Cleiton Dias Alves, Evelyn Rabelo de Andrade, Idelfonso Leandro Bezerra, Andréia Marcilane Aker. "Características agronômicas do *Panicum maximum* cv. BRS Tamani em função de *Azospirillum brasilense*, nitrogênio e trocas gasosas", *International Journal of Development Research*, 12, (07), 57617-57623.

INTRODUCTION

A pecuária extensiva é uma das atividades mais desenvolvidas no Brasil, (PICAZEVICZ *et al.*, 2020), onde, são cultivados cerca de 100 milhões de hectares de pastagens. Desse total, estima-se que 80% destas áreas encontram-se em algum estágio de degradação, decorrente do uso inadequado do solo e de forragem por longos períodos sem manejo, comprometendo a atividade pecuária, diminuindo drasticamente índices zootécnicos e elevando potencial de degradação ambiental, tornando o sistema produtivo insustentável (VOGEL *et al.*, 2014).

Como alternativa para bom desempenho das pastagens, tem-se o uso da cultivar adequada, aliado ao manejo e manutenção dos nutrientes do solo, principalmente ao nitrogênio, uma vez que a sua ausência, limita o crescimento da maioria das plantas, refletindo diretamente no crescimento e desenvolvimento dos vegetais (CORDEIRO *et al.*, 2015). Como incremento da adubação nitrogenada em pastagem, o uso de bactérias diazotróficas surge como um método de manejo alternativo de implantação e reestabelecimento de forrageiras, podendo contribuir para redução de gastos com insumos e minimização de impactos ambientais, além de, propiciar o crescimento das plantas. Visto que as bactérias promotoras de

crescimento atuam colonizando as raízes em simbiose associativa, convertendo rapidamente as moléculas de pH celular em amônio (NH_4), podendo ser assimilado pela planta fazendo parte de moléculas orgânicas como clorofilas, aminoácidos (PANKIEVICZ *et al.*, 2015). Bactérias, como do gênero *Azospirillum*, apresentam grande potencial na reabilitação de áreas e na sustentabilidade dos agroecossistemas, incorporando nitrogênio de forma biológica, produzindo e disponibilizando substâncias reguladoras e promotoras do crescimento vegetal, como auxinas, giberelinas e citocininas. Estudos mostram que o uso de bactérias associadas a pequenas doses de nitrogênio tem demonstrado alta eficácia tanto em relação a aspectos morfológicos quanto em produtividade (VOGEL *et al.*, 2014). Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi de estudar a biometria e a fisiologia de forrageira cv. BRS Tamani em função da aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* sob diferentes níveis da adubação nitrogenada.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do experimento: O experimento foi conduzido em vaso plástico (20 litros) no período de janeiro a julho de 2021, na Ação Ecológica Guaporé, localizada na Rodovia 010, km 5,5, Rolim de Moura, RO, sob Latitude 11°72' 58" S, Longitude 61°82'12" O e altitude média de 233 m. O clima da região é classificado como Monção (Am), sendo observado no período médias de precipitação, temperatura e umidade relativa de 1274 mm, 26 °C e 78% respectivamente (INMET, 2022).

Tratamentos e delineamento experimental: Os tratamentos, com quatro repetições e uma planta por parcela, foram arranjados em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2x5 sendo o primeiro fator constituído pela utilização de estirpes inoculante *Azospirillum* via foliar e controle, já o segundo fator, pelas doses de nitrogênio (0, 75, 150, 225, 300 kg ha⁻¹ de N), totalizando 40 parcelas.

Caracterização do solo: O solo foi proveniente de uma área de pastagens, de horizontes subsuperficiais. Em setembro de 2020 ocorreu uma mistura com esterco bovino, para melhorar seus atributos químicos do solo, e previamente ao plantio foram analisadas e inferindo as seguintes características físico-químicas: M.O = 1,9 dag kg⁻¹; pH em H₂O = 5,1; P = 20,5 mg dm⁻³; K = 0,14 cmol_c dm⁻³; Ca = 3,9 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,9 cmol_c dm⁻³; Al = 0,0 cmol_c dm⁻³ e H+Al = 1,80 cmol_c dm⁻³, sendo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2013).

Adubação e Plantio: Foram utilizados superfosfato simples, em dose única; cloreto de potássio, 60% de K₂O, sendo aplicada uma parte no plantio, e aos 30 dias após o plantio; 40 kg ha⁻¹ do complexo de micronutrientes FTE 12 (9% de zinco; 1,8% de boro; 0,8% de cobre; 2% de manganês; 3,5% de ferro e 0,1% de molibdênio). Como fonte de nitrogênio, foi utilizada a ureia (45% de N) em base e em cobertura, dois dias após cada corte, conforme os tratamentos estabelecidos (NOVAIS, *et al.*, 1991). Na semeadura distribuiu oito sementes por vaso, e quinze dias após a emergência realizou desbaste deixando apenas três plantas. A aplicação na forma foliar de *Azospirillum brasilense* com concentração contendo 2,0 x 10¹¹ UFC mL⁻¹ sendo aplicada uma dose de (400 mL ha⁻¹), com o auxílio de uma bomba de pressão manual, calibrada para um volume de calda de 250L ha⁻¹, sendo aplicada sete dias após cada corte. Dois dias após cada corte foram distribuídas a lanço a adubação nitrogenada (100 mg dm⁻³) e potássica (200 mg dm⁻³) em todos os tratamentos. Aos 15 dias após a semeadura, foi realizado um corte a 5 cm do solo para uniformização. O primeiro, segundo e o terceiro corte para avaliações foram realizados 40, 65 e 90 dias após o plantio respectivamente, retirando uma alíquota para avaliação, conforme descrito por Bonfim-Silva e Monteiro (2007).

Irrigação: Ocorreu de forma manual, adotando-se a frequência de duas aplicações por dia, fornecendo volume de água suficiente para

eleva a umidade do solo próximo à máxima capacidade de retenção de água.

Variáveis analisadas

Avaliações morfofisiológicas: Durante o período experimental para a formação da gramínea, foram realizadas três medições biométricas: aos 40, 65 e 90 DAP. Para isso foram demarcados três perfis por vaso com auxílio de fios coloridos. As avaliações destes perfis ocorreram antes do corte, e foram utilizados para mensurar a o comprimento foliar (CF) e largura da folha (LF). A altura de perfis foi medida com régua graduada, do solo até a o horizonte visual das folhas. O número de perfis (NP) foi determinado através da contagem de todas as parcelas. Após o corte da parte aérea, ocorreu a separação de folha e colmo, em seguida o material coletado foi seco em estufa de circulação forçada de ar, a temperatura de 65 °C. Após atingir peso constante, o material seco foi pesado separadamente, utilizando-se balança digital (0,01 g), para determinar a massa seca de folhas (MSF) e seca do colmo (MSC). As avaliações de trocas gasosas foram realizadas aos 90 DAP, utilizou-se um analisador de CO₂ por radiação infravermelha ("Infra Red Gas Analyser - IRGA"). Em cada uma das unidades experimentais (vasos), escolheu-se folhas recém-expandidas, sendo efetuadas as leituras na parte mediana da folha, antes das 10 horas da manhã, utilizando-se uma fonte de radiação artificial com intensidade de 1200 μmol m⁻²s⁻¹, sob condições de temperatura e concentração de CO₂ ambientes. No momento das leituras, o solo apresentava-se com umidade próxima à capacidade de campo. As variáveis analisadas foram: condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), taxa de transpiração (E) e concentração interna de CO₂ (Ci). Depois de tabulados, os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade, e posteriormente à análise de variância, pelo teste de F em níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, quando significativa realizou-se análise de regressão polinomial para o fator quantitativo. Para o fator qualitativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Para submeter a análise dos dados utilizou-se o software SISVAR 5.4 (FERREIRA, 2014).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo (p<0,01), para condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida (A), concentração interna de CO₂ (Ci), e (p<0,05) para taxa de transpiração (E), nas doses de nitrogênio aplicadas, ocorrendo interação entre as doses e a aplicação de inoculante apenas para a variável condutância estomática (gs) (Tabela 2). Na Figura 2A, B e D, verifica-se que o aumento nas doses de N, favoreceu de forma crescente a condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) e concentração interna de CO₂ (Ci) das plantas em cada dose de nitrogênio na qual se pode perceber que os dados apresentaram melhor ajuste às equações lineares e crescentes, onde os maiores valores, comparados com o tratamento ausência de N e a maior dose (300 kg ha⁻¹ de N) foram de 0,21 mol H₂O m⁻² s⁻¹ (70,47%), 1,17 μmol m⁻² s⁻¹ (49,78%) e 189,06 μmol mol⁻¹ (41,94%), respectivamente para gs, A e Ci. Para a variável taxa de transpiração (E) a equação de regressão foi representada por um modelo quadrático (Figura 2C). O maior valor (0,71 mmol H₂O m⁻² s⁻¹) de E foi obtido na dose de 300 kg ha⁻¹ de N. Essa correlação linear crescente entre doses de nitrogênio e condutância estomática pode ser explicada pela maior abertura estomática ocorrida nas plantas como mecanismo para atender à absorção de CO₂ do meio externo e regular a temperatura da folha por meio da transpiração, ilustrando o efeito do nitrogênio sobre a abertura estomática (POMPEU *et al.*, 2010). Resultados semelhantes são descritos por Pompeu *et al.* (2010), que estudando as características morfofisiológicas do capim-aruana sob diferentes doses de nitrogênio observou o mesmo comportamento linear crescente, sendo que para a condutância estomática (gs), cada miligrama de N dm⁻³, a gs elevou-se em 0,00006 mol H₂O m⁻² s⁻¹. Vasconcelos *et al.* (2021) estudando a forrageira Brs cv. Tamani sob doses crescentes de nitrogênio, observou correlação linear crescente entre a aplicação do fertilizante e a gs, efeitos este que condiz com o os resultados apresentado neste

Tabela 1. Resumo de ANOVA para condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida (A), taxa de transpiração (E) e concentração interna de CO₂ (Ci) e de Panicum maximum cv. BRS Tamani, em função da inoculação de Azospirillum brasiliense e sob doses de adubação

Causa da variação	Quadrados médios			
	gs	A	E	Ci
Nitrogênio (N)	0,0626**	1,9570**	0,0719*	44866,7250**
Reg. Linear	0,2268**	6,7977**	0,0877*	178699,5125**
Reg. Quadrática	0,0234**	0,1530 ^{ns}	0,1163*	3,9375 ^{ns}
<i>Azospirillum</i> (A)	0,0027 ^{ns}	0,0126 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	136,9000 ^{ns}
Interação NxA	0,0028**	0,0781 ^{ns}	0,0530 ^{ns}	2083,1500 ^{ns}
Bloco	0,0045**	0,3019*	0,0529 ^{ns}	4120,4666**
Resíduo	0,0007	0,0561	0,0239	806,2444
CV(%)	13,52	13,44	28,36	7,97
<i>Azospirillum</i>	Médias			
Inoculado	0,20	1,74	0,53	354,35
Não inoculado	0,19	1,78	0,55	358,05
dms	0,01	0,15	0,10	18,42

** e * significativo à probabilidade de 0,01 e 0,05 pelo teste F, ^{ns} não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

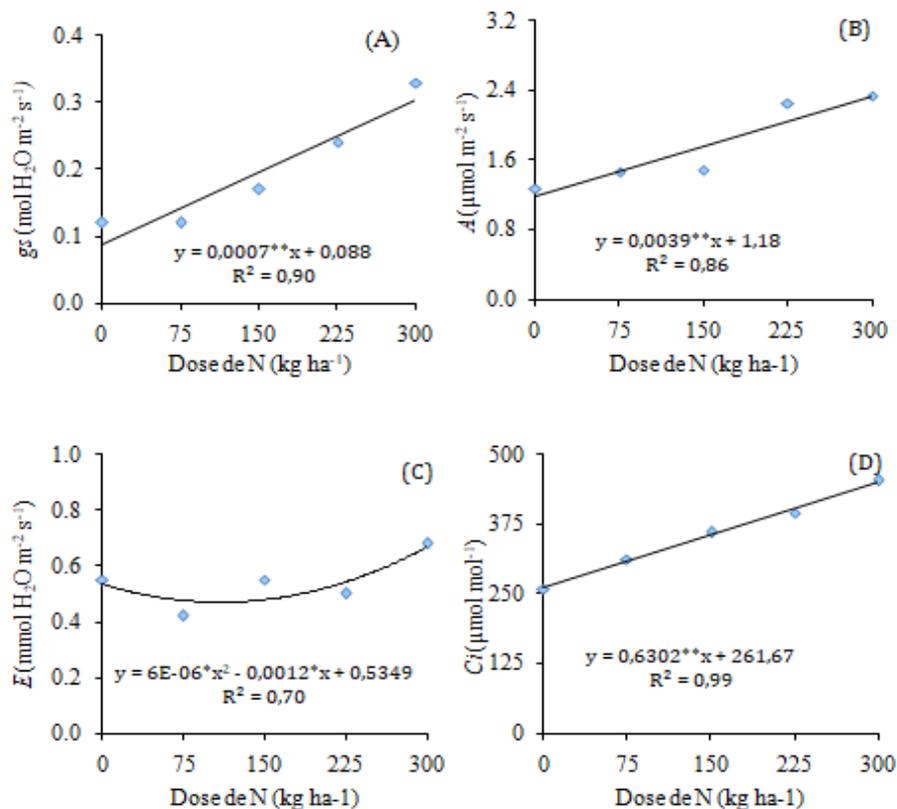


Figura 1. Condutância estomática – gs (A), taxa de assimilação líquida de CO₂ – A (B) taxa de transpiração – E (C) e concentração interna de CO₂ – Ci (D) de Panicum maximum cv. BRS Tamani, em função de diferentes doses de nitrogênio, em cobertura. ** e * significativo a 1 e 5%.

Tabela 2. Resumo de ANOVA para número de perfilhos (NP), altura de perfilho (AP) de Panicum maximum cv. BRS Tamani, em função da inoculação de Azospirillum brasiliense e sob doses de N, em cobertura

Causa da variação	Quadrados médios					
	NP			AP		
	Cortes			Cortes		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°
	40 DAP	65 DAP	90 DAP	40 DAP	65 DAP	90 DAP
Dose de N (DN)	56716,312**	114525,962**	138609,962**	54,458**	69,399**	139,368**
Reg. Linear	202910,512**	335016,612**	397479,012**	141,299**	158,512**	366,368**
Reg. Quadr.	21645,080**	92517,508**	154885,937**	65,056**	93,275**	160,640**
<i>Azospirillum</i> (A)	324,900 ^{ns}	1334,025 ^{ns}	8151,025*	0,229 ^{ns}	3,893*	5,488*
Interação						
DNxA	304,087 ^{ns}	1394,462 ^{ns}	1242,587 ^{ns}	1,471 ^{ns}	1,017 ^{ns}	0,696 ^{ns}
CV(%)	16,47	17,43	13,73	11,90	8,09	8,77
<i>Azospirillum</i>	Médias					
	n°			cm		
Inoculado	179,40	250,95	280,25 a	11,86	10,53 a	11,76 a
Não inoculado	185,10	262,50	251,70 b	11,71	9,91 b	11,02 b
dms	19,47	29,02	23,70	0,91	0,53	0,64

** e * significativo à probabilidade de 0,01 e 0,05 pelo teste F, ^{ns} não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

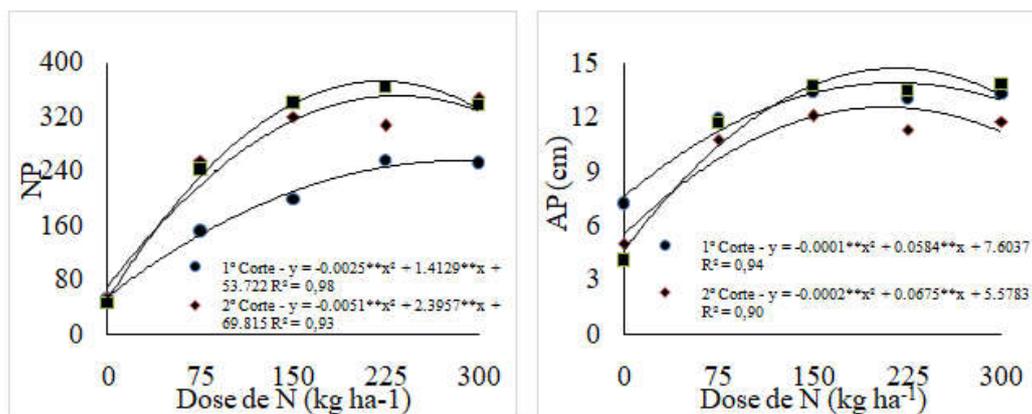


Figura 2. Número de Perfilhos – NP e Altura de Perfilho – AP, sob doses de N, em cobertura, em dois cortes de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. ** significativo a 1%

Tabela 3. Resumo de ANOVA comprimento da folha (CF) e largura da folha (LF) de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, em função da inoculação de *Azospirillum* brasileiro e sob doses de N, em cobertura

Causa da variação	Quadrados médios					
	CF			LF		
	Cortes			Cortes		
	1º	2º	3º	1º	2º	3º
	40 DAP	65 DAP	90 DAP	40 DAP	65 DAP	90DAP
Dose de N (DN)	233,957 ^{ns}	534,149 ^{**}	1683,837 ^{**}	0,161 ^{ns}	0,341 ^{**}	0,942 ^{**}
Reg. Linear	0,014 ^{ns}	1360,260 ^{**}	4470,049 ^{**}	0,024 ^{ns}	0,619 ^{**}	2,640 ^{**}
Reg. Quadr.	115,222 ^{ns}	635,269 ^{**}	1977,920 ^{**}	0,025 ^{ns}	0,707 ^{**}	0,941 ^{**}
<i>Azospirillum</i> (A)	673,466 ^{**}	93,391 ^{ns}	219,336 ^{**}	0,770 [*]	0,031 [*]	0,110 [*]
Interação						
DNxA	73,008 ^{ns}	28,186 ^{ns}	22,940 ^{ns}	0,024 ^{ns}	0,019 [*]	0,017 ^{ns}
CV(%)	28,71	17,39	11,06	24,37	8,10	13,13
<i>Azospirillum</i>	Médias			Médias		
	----- cm -----			----- cm -----		
Inoculado	28,85 a	29,48	40,81 a	1,22 a	1,00 a	1,23 a
Não inoculado	20,65 b	32,54	36,13 b	0,95 b	1,06 b	1,12 b
dms	4,61	3,50	2,76	0,17	0,05	0,10

** e * significativo à probabilidade de 0,01 e 0,05 pelo teste F, ^{ns} não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

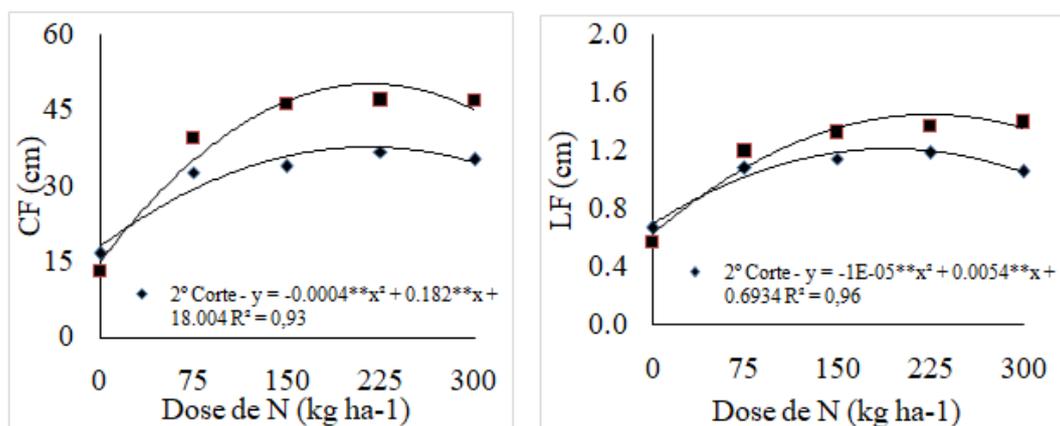


Figura 3. Comprimento da Folha – CF e Largura da Folha – LF, sob doses de N, em cobertura, em dois cortes de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. ** significativo a 1%.

trabalho. Vasconcelos et al. (2021) avaliando as respostas fisiológicas do capim-tamani adubado com doses crescentes de nitrogênio constataram-se que para a taxa de assimilação líquida ocorreu um incremento de 81,12, 15,97 e 28,57 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas doses de nitrogênio de 0 e 1200 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. Quando ocorre deficiência de um nutriente essencial como o nitrogênio (N), a atividade das enzimas Rubisco, responsável pela fotossíntese, entre outras, associado ao efeito também sobre a transpiração foliar, e a PEP decrescem, conseqüentemente, a fotossíntese líquida de CO_2 é

prejudicada. Somado a isso, a maior taxa de fotossíntese observada em doses elevadas de nitrogênio também é reflexo de incrementos, tanto na fase fotoquímica, como na fase bioquímica. Na fase fotoquímica, provavelmente houve aumento no aparato de captação de luz, na fase bioquímica, as maiores doses de N podem ter favorecido maior biossíntese de proteínas e enzimas ligadas à fotossíntese (WEI et al., 2016). Esse incremento na (E) pode ser explicado pelo maior crescimento foliar proporcionado pelo nitrogênio nas plantas, no qual eleva o índice de área foliar, composto

Tabela 4. Resumo de ANOVA para a massa seca de folha (MSF) e massa seca de colmo (MSC) de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, em função da inoculação de *Azospirillum brasilense* e sob doses de N, em cobertura

Causa da variação	Quadrados médios					
	MSF			MSC		
	Cortes			Cortes		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°
	40 DAP	65 DAP	90DAP	40 DAP	65 DAP	90 DAP
Dose de N (DN)	620,257**	1963,083**	1916,406**	272,324**	292,308**	272,571**
Reg. Linear	1845,504**	4596,360**	4930,114**	792,099**	382,943**	281,662**
Reg. Quadr.	344,752**	3202,189**	2699,518**	269,669**	667,633**	706,063**
<i>Azospirillum</i> (A)	3,757 ^{ms}	432,503**	297,897	13,018 ^{ms}	81,738**	82,340**
Interação						
DNxA	36,889°	55,340 ^{ns}	28,320 ^{ns}	5,863 ^{ms}	6,623 ^{ms}	9,442 ^{ns}
CV(%)	16,57	20,13	19,62	18,91	30,90	30,70
<i>Azospirillum</i>	Médias			Médias		
	g			g		
Inoculado	16,94	30,25 a	29,40 a	11,06	12,13 a	11,60 a
Não inoculado	17,55	23,67 b	23,94 b	9,91	9,27 b	8,73 b
dms	1,85	3,52	3,39	1,28	2,15	2,02

** e ° significativo à probabilidade de 0,01 e 0,05 pelo teste F, ^{ms} não significativo pelo teste F. Médias seguidas

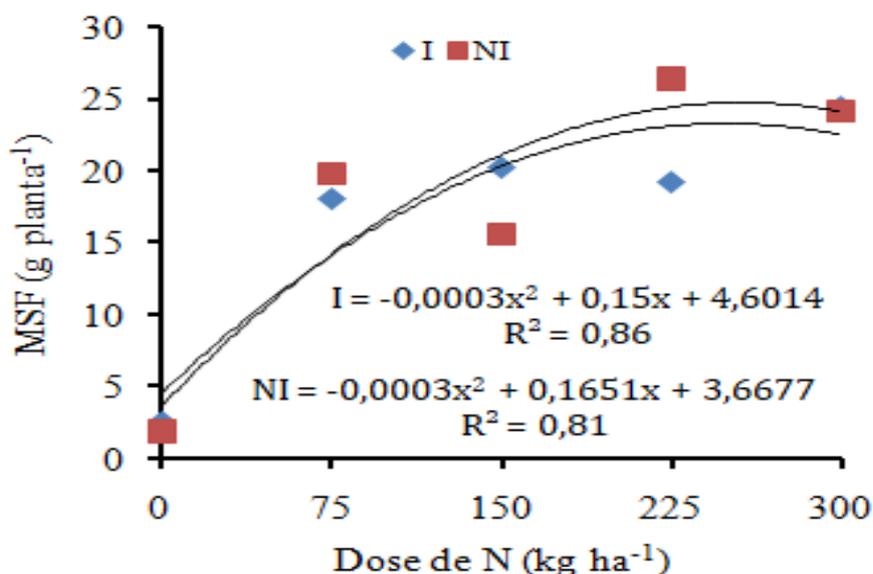


Figura 4. Desdobramento da interação entre doses de nitrogênio, em cobertura, e da inoculação de *Azospirillum brasilense* sobre a massa seca de folha – MSF, de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani; I = inoculado e NI = não inoculado. 1º Corte. ** significativo a 1%

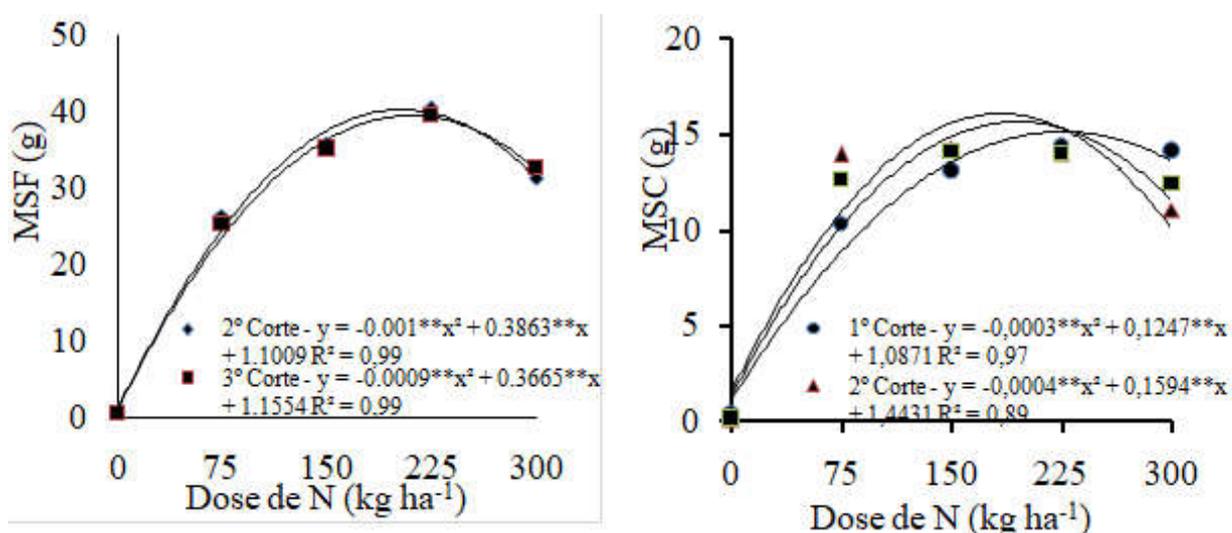


Figura 5. Massa seca de folha – MSF e Massa seca de colmo – MSC de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani em função de diferentes doses de adubação nitrogenada. ** significativo a 1%

por folhas jovens com maior capacidade fotossintética, devido à maior atividade enzimática, o que ocasiona maior demanda de água pelo sistema radicular, promovendo um incremento na fotossíntese líquida do dossel (YIN *et al.*, 2009). Observa-se, na Tabela 3, efeito significativo ($p < 0,01$) das doses de nitrogênio (DN) para o número perfilhos (NP) e altura de perfilho (AP) para o 1º corte (40 DAP), 2º corte (65 DAP) e 3º corte (90 DAP). Enquanto que para o fator *Azospirillum* (A) verifica-se efeito significativo ($p < 0,05$) para o segundo e terceiro corte. Os valores referentes aos tratamentos inoculados foram significativamente superiores aos não inoculados, com acréscimos relativos de (6,25 e 6,71%) no segundo e terceiro corte, respectivamente para a variável altura de perfilho. Para a variável número de perfilhos ocorreu um incremento de 11,34% no terceiro corte, quando comparado ao tratamento que não recebeu a aplicação do inoculante. Constatou-se não haver interação entre o fator (DN x A) para as variáveis analisadas. O número de perfilhos por planta foi influenciado, no terceiro corte, pela inoculação com *A. brasilense* e nos demais cortes pela aplicação de N em cobertura (Figura 4), com média máxima de 256,12 perfilhos (1º corte), 374,21 perfilhos (2º corte) e 363,1 perfilhos (3º corte) alcançada com a dose de 225 kg ha⁻¹ de N. Tais resultados evidenciam a capacidade do nitrogênio em estimular os pontos de crescimento da forrageira possibilitando maior perfilhamento, resultando em alta densidade de perfilho (ALEXANDRINO *et al.*, 2010). Para altura de perfilhos (Figura 5) ocorreu efeito significativo quadrático para a aplicação de N em todos os cortes. A dose de 225 kg ha⁻¹ de N proporcionou os maiores valores de eficiência econômica para o primeiro, segundo e terceiro corte, evidenciando um incremento na altura de perfilhos por plantas, respectivamente, quando comparados aos tratamentos com ausência de nitrogênio. Esses resultados podem ser explicados pelas funções desempenhadas pelo nitrogênio, como componente estrutural de macromoléculas e enzimas, envolvidas no processo de desenvolvimento vegetativo das plantas. O aumento da altura de perfilhos em gramíneas com a adubação nitrogenada pode estar correlacionado com maiores taxas de alongamento de colmos e folhas, estimuladas pela aplicação do fertilizante (MARTUSCELLO *et al.* 2019).

Guimarães *et al.* (2011), trabalhando com *B. brizantha* cv. Marandu inoculadas com *Azospirillum* sp. observaram para a variável altura de plantas, maiores valores para as plantas inoculadas quando comparado com as plantas que não receberam nitrogênio nem a inoculação. Picazevicz *et al.* (2020), constataram que quando as sementes de *P. máximo* cv. BRS Zuri foram inoculadas com bactérias do tipo *A. brasilense* AbV5 e AbV6, ocorreu um aumento de 15% na altura da forrageira, apenas com a inoculação, evidenciando o benefício da utilização das mesmas para o incremento do fornecimento de nitrogênio em gramíneas. Ocorreu incremento na altura de perfilho para o segundo e terceiro corte e no número de perfilhos para o terceiro corte nos tratamentos que receberam a aplicação do inoculante via foliar. Uma vez que estes microrganismos são diazotróficos, portanto, contribuem via correção biológica de nitrogênio, na disponibilização deste macronutriente, propiciando o crescimento vegetativo das plantas (PICAZEVICZ *et al.*, 2020).

Os acréscimos em gramíneas inoculadas com *A. brasilense* poder ser atribuídos principalmente à produção de fitohormônios, que por sua vez promovem o crescimento da raiz e da parte aérea (PEDREIRA *et al.*, 2017). A auxina IAA (ácido indol-3-acético) atua no aumento do sistema radicular e estimulando a diferenciação nos tecidos meristemáticos que dependem da concentração hormonal (SOUZA *et al.* (2017). Entre os benefícios do *Azospirillum*, aparentemente a produção de deste fitohormônios é quantitativamente o mais importante para o crescimento das gramíneas (FUKAMI *et al.*, 2017). O aumento linear de perfilhos observado neste trabalho pode estar associado ao fornecimento do nitrogênio e a sua capacidade de estimular o desenvolvimento da parte aérea das forrageiras, resultando em uma maior intensidade de perfilhamento (MOREIRA *et al.*, 2009). No trabalho realizado pode-se observar um incremento do número de perfilhos do primeiro para o terceiro corte sob as mesmas condições de tratamento. Em pastagens tropicais, este aumento de perfilhos geralmente está relacionado ao estresse pela

frequência de desfolha no dossel forrageiro, levando a uma mudança na estratégia de crescimento da planta para aumentar de forma eficiente a área foliar, fenômeno conhecido como 'enchimento de sítio', em que o comprimento da folha do perfilho diminui, como alternativa para aumentar o índice de área foliar, coincidindo com o aumento da comunidade de perfilhos (ABREU *et al.*, 2020; VERAS *et al.*, 2020). Na Tabela 4 é apresentada a análise de variância do desempenho das plantas da cv. BRS Tamani em diferentes doses de nitrogênio. Foi observada diferença significativa ($p < 0,01$) para as variáveis analisadas: comprimento da folha (CF) e largura da folha (LF) referente ao segundo corte e terceiro corte não ocorrendo efeito significativo para o primeiro corte. Quanto ao fator *Azospirillum* houve diferença significativa ($p < 0,01$) para a variável CF para o primeiro e terceiro corte. Já a variável LF o efeito significativo foi $p < 0,05$ de probabilidade, para todos os cortes. Observou-se, ainda, na Tabela 4, um acréscimo em ambos os cortes para CF e LF quando aplicado o inoculante *Azospirillumbrasilense* na espécie *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. O acréscimo relativo para CF foi de 28,42% (1º corte) e 11,46% (3º corte). Para a variável LF ocorreu acréscimo relativo de 22,13% (1º corte), 6% (2º corte) e 8,94% (3º corte).

O modelo de regressão que melhor se ajustou aos valores de CF e LF em função da adubação com diferentes doses de nitrogênio foi à quadrática (Figura 6 e 7). De acordo com a equação, estimou-se que o maior valor de CF (52,53 cm) e LF (1,27 cm) foi encontrado com a dose de 225 kg ha⁻¹ de N, sendo que essa dose proporcionou um incremento médio de 37,42 e 0,65 cm, estes valores equivalem a 71,23 e 51,12% para CF e LF, respectivamente, quando comparado com ausência de N. As plantas forrageiras, são altamente responsivas à adubação nitrogenada pelo fato da deposição de nutrientes que ocorrem nas zonas de alongamento e divisão celular das folhas, ocasionando o aumento na produção de novas células e tecidos. O alongamento foliar correlaciona-se diretamente com o rendimento forrageiro, pois folhas que possuem um maior alongamento resultam em maior área foliar fotossinteticamente e em um maior acúmulo de forragem (MARTUSCELLO *et al.*, 2015). Esta diferença pode ser explicada pelo uso do inoculante via foliar, uma vez que a ação do mesmo nestas variáveis se deu de forma mais direta devido a forma de aplicação. Os índices menores das variáveis ocorridos entre o primeiro e terceiro corte pode estar relacionado à implantação do dossel forrageiro, pois a gramínea está se adaptando ao manejo adotado (ABREU *et al.*, 2020). A análise de variância reportou efeitos significativos ($p < 0,01$) do fator nitrogênio (N) para todas as variáveis analisadas. Para *Azospirillum* (A) houve efeito significativo para o 2º corte ($p < 0,01$) e terceiro corte ($p < 0,05$) para as variáveis MSF e para MSC ($p < 0,01$). Observa-se, também, que houve efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre N x A apenas para a variável MSF no 1º corte (Tabela 5). Quanto aos tratamentos que receberam o inoculante, observa-se que estes auferiram maiores valores, no 2º e 3º corte, para MSF e MSC (Tabela 5). Os acréscimos relativos, comparados com os tratamentos que não receberam aplicação do inoculante foram de 27 e 22% para MSF e 30 e 32% para MSC, para o 2º e 3º corte, respectivamente.

O aumento observado da produção de massa seca da parte aérea da cv. BRS Tamani com o incremento das doses de N pode ser explicado pelo fato de o N agir como fator controlador de diferentes processos de alongamento e desenvolvimento das plantas, proporcionando um aumento de biomassa devido a fixação de carbono (MARTUSCELLO *et al.* 2015). O desdobramento dos efeitos dos tratamentos para a variável MSF (1º corte) por meio da análise de regressão evidenciou, para a variável, efeito quadrático para as doses nitrogênio (Figura 8). O ponto máximo MSF, para o inoculado (I) e não inoculado (NI), estimado pelo modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados (Figura 3) foi obtida com a aplicação da dose de 225 kg ha⁻¹ de N. Guimarães *et al.* (2011), em estudos feitos com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da inoculação com estirpes de *Azospirillum* spp. observaram que para o parâmetro massa seca de folhas, ocorreram maiores valores nos tratamentos que recebeu adubação completa sem o uso do inoculante. Para as doses de nitrogênio observou-se que a aplicação de 225 kg ha⁻¹ de N apresentou os

maiores valores, tanto para a MSF, quanto para a MSC, ocorrendo um decréscimo nas variáveis para a dose de 300 kg ha⁻¹ de N (Figura 9 e 10). Esse incremento na produção de massa seca da parte aérea pode ser atribuído devido ao nitrogênio fazer parte de muitos compostos da planta, incluindo todas as proteínas (formadas de aminoácidos) e ácidos nucleicos. Dessa forma, a utilização de nitrogênio nas gramíneas forrageiras pode promover o ritmo de crescimento e a qualidade, incrementado a produção de massa seca aérea e a síntese de proteínas (referência). Martuscello *et al.* (2019), avaliando o capim BRS cv. Tamani sob diferentes doses de nitrogênio observaram um acréscimo de 55% para a massa seca de colmo, quando comparado os tratamentos sem uso de fertilizantes nitrogenados com a dose de 200 mg dm⁻³ ha⁻¹. Zanetti (2010) estudando o capim elefante sob os tratamentos com e sem inoculação e com uma mistura de bactérias diazotróficas, observou ganho de biomassa de colmo que promoveu um aumento de produtividade de massa seca de colmos de 2,6 mg MS ha⁻¹. Resultados obtidos neste trabalho com a aplicação foliar da estirpe *Azospirillum brasilense* no *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, evidenciaram o incremento nas características agrônomicas da cultivar nos tratamentos que receberam a inoculação. É sabido os benefícios da inoculação via semente no momento do plantio das gramíneas, toda via a aplicação via foliar surge como uma alternativa para suplementação da adubação mineral nitrogenada quando a pastagem se encontra estabelecida.

CONCLUSÕES

A aplicação via foliar de *Azospirillum brasilense* no *Panicum maximum* cv. BRS Tamani contribuiu de forma positiva no desenvolvimento e produção da forrageira, com aumento na altura de perfilhos, número de perfilhos, comprimento de folha, largura foliar, massa seca de colmo e seca de folhas quando associado até a dose de 225 kg ha⁻¹ de nitrogênio. As trocas gasosas da cv. BRS Tamani foram influenciadas pelas doses crescentes de nitrogênio, sendo a dose de 300 kg ha⁻¹ a que demonstrou a máxima eficiência biológica. A inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense*, em geral, contribuiu de forma positiva para a nutrição da *Panicum maximum* cv. Tamani, podendo ser utilizada como suprimento de parte da adubação nitrogenada em cobertura.

REFERÊNCIAS

ABREU, V. L. S. de.; GOLIN, H. O.; DE REZENDE, R. P.; FERNANDES, P. B.; THEODORO, G. de F.; FRANCO, G. L.; DIFANTE, G. dos S. Ammonium sulfate rates affect the Structural Characteristics, Biomass and Crude Protein of BRS Tamani Grass. *Journal of Agricultural Studies*, v. 8, n. 4, p. 450, 2020.

ALEXANDRINO, E.; VAZ, R. G. M. V.; SANTOS, A. C. Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, Uberlândia v. 26, n. 6, p. 886-893, 2010.

BONFIM SILVA E MOREIRA, 2007

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUKI, J.; JÚNIOR, G. B. Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Estratégia para Intensificação Sustentável do Uso do Solo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*. Brasília v. 32, n.1/2, p. 15-53, 2015.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). 3 ed. 2013. 353p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, p. 109-112, 2014.

FUKAMI, J.; CERZINI, P.; HUNGRIA, M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, v. 8, n. 1, 2018.

ÃES, S. L.; BONFIM, E. M. S.; POLIZEL, A. C.; CAMPOS, D. T. da S. Produção de Capim-Marandu inoculado com *Azospirillum* spp. *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 13, pp.816-826, 2011

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos. Brasília, DF, Brasil, 2022.

MARTUSCELLO, J. A.; RIOS, J.; FERREIRA, M.; ASSIS, J.; BRAZ, T.; & Cunha, D. Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. *Boletim De Indústria Animal*, v. 76, 2019, p. 1-10.

MARTUSCELLO, J. A.; SILVA, L. P.; CUNHA, D. N. F. V.; BATISTA, A. C. S.; BRAZ, T. G. S.; FERREIRA, P. S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. *Ciência animal brasileira*, Goiânia, v.16, n.1, p. 1-13, 2015.

MOREIRA, L. de M.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M da; MISTURA, C.; MORAIS, R. V de.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Perfilhamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 9, p. 1675-1684, 2009.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S., eds. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília, Embrapa-SEA, p.189-254, 1991.

PANKIEVICZ, V. C. S.; DO AMARAL, F. P.; SANTOS, K. F. D. N.; AGTUCA, B.; XU Y.; SCHUELLER, M. J.; ARISI, A. C. M.; MARIA B R S.; SOUZA, E, M de.; PEDROSA, F. O.; STACEY, G.; FERRIERI, R. A. Robust biological nitrogen fixation in a model grass-bacterial association. *The Plant Journal*, v. 81, n. 6, p. 907-919, 2015.

PEDREIRA, B. C.; BARBOSA, P. L.; PEREIRA, L. E. T.; MOMBACH, M. A.; DOMICIANO, L. F.; PEREIRA, D. H.; FERREIRA, A. Densidade de perfilhos e perfilhamento em *Brachiaria brizantha* cv. Pastagens de Marandu inoculadas com *Azospirillum brasilense*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v. 69, n. 4, p. 1039-1046, 2017.

PICAZEVICZ, A. A. C.; SHOCKNESS, L. S. F.; SANTOS FILHO, A. L.; NASCIMENTO, I. R do.; MACIEL, L. D.; SILVA, L. R da.; COSTA, G. E. G. Crescimento de *Panicum maximum* cv. brs zuri em resposta a rizobactéria e nitrogênio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 10, n. 1, p. 33-37, 2020.

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N.; LOPES, M. N.; GOMES, F. H. T.; LACERDA, C. F. D.; AQUINO, B. F.; MAGALHÃES, J. A. Características morfofisiológicas do capim-aruaana sob diferentes doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*. v. 11, n. 4, p. 1187- 1210, 2010.

SOUZA, M. S. T.; BAURA, V. A.; SANTOS, S.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; REIS, F. B.; MARQUES, M. R.; PAGGI, G. M.; SILVA, B. M. *Azospirillum* spp. de gramíneas forrageiras nativas na planície de inundação do Pantanal brasileiro: biodiversidade e potencial de promoção do crescimento vegetal. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*. v. 33, n. 4, pág. 1-13, 2017.

Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em pastagens forrageiras: Importâncias e resultados. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 10, n. 1, p. 01-06, 2014.

WEI, S.; WANG, X.; SHI, D.; LI, Y.; ZHANG, J.; LIU, P.; ZHAO, B.; DONG, S. The mechanisms of low nitrogen induced weakened photosynthesis in summer maize (*Zea mays* L.) under field conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 105, p. 118-128, 2016.

YIN, C.; PANG, X.; CHEN, K. The effects of water, nutrient availability and their interaction on the growth, morphology and physiology of two poplar species. *Environmental and Experimental Botany*. v. 67, n. 1, p. 196-203, 2009.

ZANETTI, J. B. Identificação de Genótipos de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) de Alta Produção de Biomassa com Qualidade para Fins Energéticos. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 84 pg. 2010. Dissertação de mestrado.