

# Uso de *Azospirillum brasilense* no estabelecimento da *Brachiaria brizantha*

*Use of Azospirillum brasilense in the establishment of Brachiaria brizantha*

ROGÉRIO AMORIM DOS REIS

Discente do curso de Zootecnia (UNIPAM)

E-mail: rogerio\_amorim20@hotmail.com

HÉLIO HENRIQUE VILELA

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: heliohv@unipam.edu.br

---

**Resumo:** A utilização de bactérias diazotróficas (fixadoras biológicas de nitrogênio) é uma alternativa para se reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados sem reduzir a produção. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã quando semeada com sementes inoculadas com *Azospirillum brasilense*. Para isso, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (inoculação com 0,025 g, 0,05 g, 0,075 g, 0,10 g e 0,125 g do produto contendo *Azospirillum brasilense*) e quatro repetições, totalizando-se 20 unidades experimentais. Foram avaliados massa seca e comprimento de raízes, produção de matéria seca, densidade populacional de perfilhos, altura de plantas e comprimento de colmo, comprimento da última folha expandida, relação folha:colmo, número de folhas vivas e mortas. Não foi verificado efeito significativo dos tratamentos em nenhuma das variáveis analisadas ( $P>0,05$ ). A inoculação das sementes utilizando quantidades diferentes da quantidade recomendada pelo fabricante não teve efeito benéfico ao desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã.

**Palavras-chave:** Adubação. Bactérias diazotróficas. Capim-piatã.

**Abstract:** The use of diazotrophic bacteria (biological nitrogen fixers) is an alternative to reduce the use of nitrogen fertilizers without reducing production. In this sense, the objective was to evaluate the initial development of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã when sown with seeds inoculated with *Azospirillum brasilense*. For this, a completely randomized design was adopted, with five treatments (inoculation with 0.025 g, 0.05 g, 0.075 g, 0.10 g and 0.125 g of the product containing *Azospirillum brasilense*) and four replications, totaling 20 experimental units. Habitat dry mass and root length, dry matter yield, plant population density, plant height and stem length, length of the last expanded leaf, leaf reference: stem, number of live leaves and deaths, were evaluated. There was no significant effect of the treatments on any of the analyzed variables ( $P>0.05$ ). Seed inoculation using amounts different from the amount recommended by the manufacturer had no beneficial effect on the development of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã.

**Keywords:** Fertilization. Diazotrophic bacteria. Piatã grass.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo dados do IBGE (2015), o efetivo de bovinos no Brasil alcançou a marca de 215,2 milhões de cabeças no ano de 2015, representando um crescimento de 1,3% em relação a 2014. A principal fonte de alimento desses animais é a forragem proveniente de pastagens. Sendo assim, o Brasil possui uma imensa área de pastagens, estimada em aproximadamente 168 milhões de hectares, dos quais boa parte se encontra em algum estágio de degradação, resultando em baixa taxa de lotação, com média em torno de 1,1 UA/ha.

De acordo com Cordeiro *et al.* (2004), o manejo inadequado em áreas sob atividades pecuárias se destaca como uma das principais causas no declínio da fertilidade natural dos solos. Essa prática tem levado inicialmente à degradação das pastagens e, como consequência, à degradação do próprio solo, sendo este um dos fatores limitante à lotação das pastagens.

Outro fator que limita a produção das pastagens é a deficiência de nitrogênio (N) (OLIVEIRA *et al.*, 1997), influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Sua deficiência compromete os processos de crescimento e reprodução da planta (CAZETTA *et al.*, 2007) e ela não consegue se recuperar posteriormente. Apesar da grande importância da aplicação de N na produção das pastagens, esta é uma prática que tende a elevar os custos de produção, tanto de implantação quanto de manutenção. Além disso, parte do N introduzido no sistema de produção agrícola é frequentemente perdida, o que reduz sua eficácia e os lucros oriundos dos empreendimentos na pecuária (PRIMAVESI *et al.*, 2004).

Sendo assim, os custos econômicos e ambientais relacionados à fertilização nitrogenada têm estimulado a busca por alternativas que possam diminuir a utilização de fertilizantes nitrogenados sem que haja redução na produção das culturas. Uma das possibilidades para viabilizar maior rendimento e diminuir custos sem prejudicar o ambiente é a utilização do potencial genético das plantas, aliada aos recursos biológicos do solo, como as bactérias diazotróficas, que podem fixar o N atmosférico ao solo, tornando-o disponível para a planta, e produzir hormônios que estimulam o crescimento vegetal, principalmente de raízes, aumentando a absorção de nutrientes e água (BASHAN *et al.*, 2004; RADWAN *et al.*, 2005).

As bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* têm sido estudadas com frequência, pois, quando em associação com estas bactérias, as plantas podem se beneficiar do N que é introduzido no sistema via fixação biológica de nitrogênio (FBN). A FBN, além de garantir um ecossistema em equilíbrio, possibilita a redução na aplicação de doses excessivas de compostos nitrogenados (os quais podem contaminar as águas), contribuindo para o desenvolvimento de uma agricultura menos agressiva ao ambiente (PEOPLES; CRASWELL, 1992). Diante disso, a busca por sistemas alternativos de produção agrícola que atenuem ou mesmo suprimam os efeitos danosos dos agroquímicos usados indiscriminadamente nos sistemas convencionais tem crescido (OLIVEIRA *et al.*, 2003), e a exploração do potencial da FBN atmosférico em gramíneas tropicais tem surgido como uma saída sustentável para esse impasse (SOUTO, 1982; OLIVEIRA *et al.*, 2003).

Além disso, dentre as contribuições do uso do *Azospirillum*, destacam-se aumento na taxa de acúmulo de matéria seca, aumento na biomassa e altura, aceleração na taxa de germinação e benefícios no sistema radicular, proporcionando consequente aumento na produtividade (DALLA SANTA *et al.*, 2004; HUNGRIA *et al.*, 2010; VOGEL *et al.*, 2013). Hungria *et al.* (2010) afirmaram que a utilização de bactérias *Azospirillum brasilense* em associação com gramíneas, como milho e trigo, apresentaram resultados positivos. No entanto, poucos estudos têm sido desenvolvidos direcionados a gramíneas forrageiras, o que torna difícil a afirmação de um inoculante específico para essa cultura, que favoreça e promova seu crescimento, assim como já existe para soja. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar o uso da bactéria *Azospirillum brasilense* no estabelecimento da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM, durante o período de 12 de maio a 31 de julho de 2017, totalizando 81 dias de período experimental.

Para a implantação do experimento, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando-se 20 unidades experimentais, as quais foram constituídas por baldes plásticos com capacidade para cinco dm<sup>3</sup>. Os tratamentos consistiram no uso de 0,025 g, 0,05 g, 0,075 g, 0,10 g e 0,125 g do produto contendo o *Azospirillum brasilense*, via tratamento de sementes, correspondendo respectivamente, à metade da dose recomendada; à dose recomendada; 1,5; 2,0; 2,5 vezes a dose recomendada pelo fabricante.

Para o tratamento das sementes, foram separadas em saquinhos plásticos 50 sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã para cada unidade experimental. Posteriormente, as quantidades de produto estipuladas para cada tratamento foram pesadas e adicionadas a cada saquinho. Depois disso, os saquinhos foram fechados, chacoalhados para a mistura do produto com as sementes e permaneceram fechados por cinco dias. Passado este período de tratamento e já com todos os vasos ocupados pelo mesmo tipo de solo, foram abertos sulcos no solo dos vasos e realizada a semeadura. A irrigação foi realizada três vezes na semana, durante todo o período experimental, utilizando-se a mesma quantidade de água em cada vaso.

Antes da semeadura, o solo utilizado no experimento foi analisado na Central de Análises de Fertilidade do Solo (CeFert) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) e apresentou as seguintes características (tabela 1).

**Tabela 1:** Análise química de fertilidade do solo

Análise	Valor
pH água	5,47
M.O.	4,64 dag kg <sup>-1</sup>
P-rem	5,59 mg L <sup>-1</sup>
P-meh	2,43 mg dm <sup>-3</sup>
K <sup>+</sup>	177,25 mg dm <sup>-3</sup>
Ca <sup>2+</sup>	2,00 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
Mg <sup>2+</sup>	1,30 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
Al <sup>3+</sup>	0,09 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
H + AL	4,0 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
SB	3,75 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
T	3,84 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
T	7,75 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
V	48,41%
M	2,34%

SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Sat. de bases; m = Sat. por alumínio. P, K = [Mehlich-1, HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>]; Ca, Mg, Al = [KCl 1 mol L<sup>-1</sup>]; H + Al = [Solução Tampão - SMP a pH 7,5]; M.O. = Método Titulométrico.

Fonte: dados da pesquisa, 2017.

Em função das características químicas do solo e do capim utilizado, optou-se por não realizar nenhum tipo de correção do solo para a semeadura. Na adubação de cobertura, foram utilizados 100 kg/ha de nitrogênio, utilizando-se como fonte o sulfato de amônio, dividido em duas adubações correspondentes a 50 kg/ha de nitrogênio. Em cada uma delas, foram pesados 238,10 g de sulfato de amônio, correspondente a 50 kg/ha de nitrogênio, o qual foi diluído em 2 litros de água, sendo aplicados 100 ml da solução em cada unidade experimental. As adubações de cobertura foram realizadas aos 40 e 55 dias posteriores à semeadura, adotando-se o mesmo procedimento em ambas.

Ao findarem os dias de condução do experimento, as seguintes variáveis foram mensuradas:

- massa seca de raízes: por meio da lavagem de todo o sistema radicular das plantas presentes em cada balde e, posteriormente, secagem em estufa a 60°C;
- comprimento de raízes: medindo-se desde a base da planta até a ponta da raiz mais longa;
- produção de matéria seca: por meio da colheita da parte aérea das plantas e secagem em estufa a 60°C;
- densidade populacional de perfilhos: por meio da contagem dos perfilhos vivos em cada balde;
- altura de planta e comprimento de colmo: medindo-se a altura da planta desde sua base até a ponta da folha mais alta e medindo-se o colmo desde a base da planta até a inserção (lígula) da última folha expandida, em cinco perfilhos tomados aleatoriamente em cada balde;
- comprimento da última folha expandida: por meio da mensuração do comprimento da última folha expandida, em cinco perfilhos tomados aleatoriamente em cada balde;

- relação folha:colmo: por meio da pesagem separada de todas as folhas e colmos de cada um dos perfilhos tomados para análise e, posteriormente, dividindo-se o peso seco das folhas pelo peso seco de colmos;
- número de folhas vivas e número de folhas mortas: por meio da contagem do número de folhas vivas e mortas, em cinco perfilhos tomados aleatoriamente em cada balde.

Os dados mensurados foram tabulados e posteriormente submetidos à análise de variância. Quando observado efeito significativo dos tratamentos, estes foram submetidos ao teste de regressão. Ambas as análises foram realizadas utilizando-se o software Sistema de Análise de Variância – SISVAR (FERREIRA, 2014), adotando 5% como nível de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o desenvolvimento do sistema radicular, foram considerados o comprimento e a massa seca das raízes, não havendo efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos tratamentos para ambas as variáveis (tabela 2).

**Tabela 2:** Massa seca e comprimento de raízes da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, submetida à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*

Tratamentos	Massa seca de raízes (g)	Comprimento de raízes (cm)
0,025 g	13,89	55,50
0,05 g	16,12	60,50
0,075 g	15,53	60,70
0,10 g	15,32	55,50
0,125 g	13,71	58,20
<b>Médias</b>	14,91	58,10

Fonte: dados da pesquisa, 2017.

Resultados diferentes foram obtidos por Hungria (2011), os quais comprovaram que gramíneas são colonizadas por bactérias diazotróficas endofíticas. Por diferentes métodos de ação, a exemplo da FBN ou da produção de fito-hormônios, atuam no aumento do sistema radicular das plantas. Okon e Vanderleyden (1997) também encontraram resultados favoráveis quanto ao uso de *Azospirillum brasilense*, afirmando que esses microrganismos contribuem não só com a FBN, mas principalmente com alterações morfológicas e fisiológicas nas raízes das plantas.

A produção de matéria seca (MS), a densidade populacional de perfilhos (DPP), a altura de plantas e o comprimento de colmo não foram influenciados pela inoculação das sementes pré-semeadura ( $P>0,05$ ), conforme pode ser observado na tabela 3.

**Tabela 3:** Produção de matéria seca, densidade populacional de perfilhos, altura de plantas e comprimento de colmo da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, submetida à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*

Tratamentos	Produção MS (g/vaso)	DPP (perfilhos/vaso)	Altura de plantas (cm)	Comprimento de colmo (cm)
0,025 g	37,78	34,00	77,00	30,50
0,05 g	42,21	31,00	79,20	32,50
0,075 g	38,84	28,00	78,50	29,70
0,10 g	38,21	35,00	79,70	28,20
0,125 g	38,53	25,00	85,20	36,00
<b>Média</b>	39,12	31,00	79,92	31,38

Fonte: dados da pesquisa, 2017.

Em relação à produção de MS, resultados semelhantes foram encontrados por Bashan e Holguin (1997), que testaram a eficiência do *Azospirillum* spp. em milho, no qual a inoculação não resultou em aumento de produtividade. Tais resultados diferem daqueles encontrados por Hungria *et al.* (2010), os quais verificaram aumento de 26% na produção de milho; porém, os autores afirmam que esse incremento na produção foi atribuído ao aumento da absorção de macro e micronutrientes, e não especificamente ao processo de fixação biológica de nitrogênio. Incrementos em produtividade também foram observados por Sala *et al.* (2007) e Cavallet *et al.* (2000) para as culturas do milho e trigo, respectivamente. Possivelmente, o aumento na produtividade nessas culturas esteja relacionado ao melhor desenvolvimento de seu sistema radicular.

A altura de plantas associada à DPP representa, entre outras, característica determinante da produção de MS. O uso de maior quantidade de *Azospirillum* proporcionou, numericamente, plantas de maior altura; no entanto, a DPP de perfilhos, neste mesmo tratamento, foi numericamente menor, resultando em produção de MS semelhante aos demais tratamentos. A altura de colmo também foi numericamente superior quando se utilizou maior quantidade de *Azospirillum*, o que certamente contribuiu para que a altura de plantas também fosse maior.

Cavallet *et al.* (2000), utilizando sementes de milho, encontraram resultados semelhantes para altura de plantas. A inoculação com *Azospirillum* spp. não influenciou essa característica; no entanto, quando utilizada a associação entre *Azospirillum* spp. via tratamento de sementes e aplicação de 30 kg/ha de nitrogênio em cobertura, Ramos *et al.* (2010) encontraram altura de plantas de milho superior à testemunha.

O comprimento de colmo, conforme descrito por Niklas (1994), é influenciado diretamente pela altura do dossel, pois esta demanda aumento na estrutura de sustentação da planta, sendo este aumento proporcional à força requerida para suportar as folhas do perfilho. Nesse sentido, ao se observarem os dados, pode-se notar que, embora sem efeito significativo, no tratamento onde se observou numericamente maiores alturas de plantas (0,125 g), também foram observados os maiores comprimentos de colmo. É possível que o uso de maior quantidade de *Azospirillum brasilense* tenha contribuído para maior FBN, tornando-o mais disponível às plantas, o que refletiu nesse incremento de altura.

A DPP variou de 25 a 35 perfilhos/vaso para os tratamentos cuja inoculação das sementes foi com 0,125 g e 0,10 g do produto contendo *Azospirillum brasilense*, respectivamente. Outros fatores inerentes ao ambiente possuem maior efeito sobre a emissão de perfilhos que a inoculação de sementes com *Azospirillum*. Para Ozturk *et al.* (2006), a emissão e a sobrevivência de perfilhos são dependentes da interação entre genótipo e ambiente; a qualidade de luz que incide sobre o dossel vegetativo também é outro fator que suprime o desenvolvimento de perfilhos, estimulando a dominância apical (ALMEIDA *et al.*, 2002).

Ao se dividir a produção de MS pela DPP correspondente, encontrou-se a variável peso/perfilho, conforme apresentado na tabela 4. Ressalta-se que apenas se apresentou essa variável para enriquecer o trabalho, não sendo esta submetida à análise de variância.

**Tabela 4:** Peso/perfilho da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, submetida à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*

Tratamentos	Produção MS (g/vaso)	÷	DPP (perfilhos/vaso)	=	Peso/perfilho (g)
0,025 g	37,78		34,00		1,11
0,05 g	42,21		31,00		1,36
0,075 g	38,84		28,00		1,38
0,10 g	38,21		35,00		1,09
0,125 g	38,53		25,00		1,54
<b>Média</b>	39,12		31,00		1,26

Fonte: dados da pesquisa, 2017.

Observando o peso/perfilho e relacionando-o com a DPP, pode-se notar o efeito da compensação tamanho/DPP, que foi estudada por vários autores (YODA *et al.*, 1963; SACKVILLE-HAMILTON *et al.*, 1995; PRETZSCH, 2002). Segundo esses estudos, maior DPP resulta em perfilhos menores; menor DPP resulta em perfilhos maiores. Embora nenhuma das variáveis envolvidas nessa descrição apresentasse efeito significativo, pode-se notar que, numa condição de maior DPP (35 perfilhos/vaso), o peso/perfilho foi menor (1,09 g), acompanhado de menor comprimento de colmo (28,20 cm). Ao contrário, numa condição de menor DPP (25 perfilhos/vaso), o peso/perfilho foi maior (1,54 g), acompanhado de maior altura de plantas (85,20 cm) e comprimento de colmo (36,00 cm), confirmando o efeito de compensação entre tamanho/DPP.

O comprimento da última folha expandida, a relação folha:colmo, o número de folhas vivas e mortas não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos (Tabela 5).

**Tabela 5:** Comprimento da última folha expandida (CFE), relação folha:colmo (F:C), número de folhas vivas (NFV) e mortas (NFM) da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, submetida à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*

Tratamentos	CFE (cm)	F:C (g)	NFV	NFM
0,025 g	38,00	0,96	4,65	1,85
0,05 g	40,50	0,99	5,05	1,90
0,075 g	39,50	0,92	4,70	1,80
0,10 g	40,20	0,90	4,80	1,55
0,125 g	39,50	0,83	5,10	1,45
<b>Média</b>	39,50	0,92	4,86	1,71

Fonte: dados da pesquisa, 2017.

Os resultados encontrados para o comprimento da última folha expandida não foram influenciados pelas doses de *Azospirillum* utilizadas. Fischer *et al.* (2001) destaca que essa variável e a longevidade das folhas são determinadas geneticamente, podendo ou não ser influenciadas por diversos fatores.

Os resultados obtidos para a relação folha:colmo corroboram aqueles observados por Santos (2013), em trabalho realizado com capim-marandu submetido à inoculação com bactérias diazotróficas, o qual também não encontrou resultados significativos para essa variável. Numericamente menor, a relação folha:colmo obtida no tratamento em que se utilizou 0,125 g do produto contendo *Azospirillum brasilense* possivelmente é reflexo do maior valor encontrado para comprimento de colmo nesse tratamento, o que muito provavelmente se refletiu em maior peso do colmo, afetando diretamente a relação folha:colmo.

Segundo Wilson e t'Mannetje (1978), as porções verdes da planta são as mais nutritivas da dieta, consumidas preferencialmente pelos animais. Segundo esses autores, alta relação folha:colmo representa forragem com elevado teor de proteína, digestibilidade e consumo, além de conferir à gramínea melhor adaptação ao pastejo ou tolerância ao corte. Nesse sentido, é possível inferir que as plantas oriundas do tratamento 0,05 g fossem mais bem consumidas, enquanto aquelas oriundas do tratamento 0,125 g fossem mais rejeitadas.

Embora sem efeito estatístico, na medida em que se usou maior quantidade de *Azospirillum brasilense*, houve uma redução no número de folhas mortas e ligeiro aumento no número de folhas vivas. Esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Guimarães *et al.* (2011) em trabalho realizado com *Brachiaria decumbens* também em desenvolvimento inicial. Os autores verificaram um aumento de 10% no número de folhas quando comparado à ausência do inoculante. Esse aumento na quantidade de folhas vivas se torna importante para a recuperação das gramíneas, pois se sabe que as folhas são órgãos fotossintetizantes responsáveis pela captura e utilização da energia luminosa para realização de reações químicas vitais à planta (TAIZ; ZEIGER, 2004).



#### 4 CONCLUSÃO

A inoculação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã com *Azospirillum brasilense* em quantidades menores ou maiores que aquela indicada pelo fabricante não é benéfica ao seu desenvolvimento, uma vez que os resultados mais positivos coincidiram com a recomendação do fabricante. Recomenda-se que novos estudos sejam realizados com plantas forrageiras, sobretudo, considerando um tratamento controle sem inoculação.

#### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L.; TRENTIN, P. S.; GALIO, J. Cultivares de trigo respondem diferentemente à qualidade da luz quanto à emissão de afilhos e acumulação de massa seca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 377-383, 2002.
- BALDANI, J. I.; REIS, V. R. S.; TEIXEIRA, K. R. S.; BALDANI, V. L. D. Potencial biotecnológico de bactérias diazotróficas associativas e endofíticas. *In*: SERAFINI, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L. (Org.) **Biotecnologia**: avanços na agricultura e na agroindústria. Caxias do Sul: EDUCS, 2002.
- BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I.; DOBEREINER, J. Effects of *Azospirillum* inoculation on root infection and nitrogen incorporation in wheat. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 29, p. 284-299, 1983.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, [S.l], v. 50, p. 521-577, 2004.
- BASHAND, Y.; HOGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationship: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal Microbiology**, Ottawa, v. 43, p. 103-121, 1997.
- BAZZICALUPO, M.; OKON, Y. Associative and endophytic symbiosis. *In*: PEDROSA, F.; HUNGRIA, M.; YATES, M.G.; NEWTON, W. E. (ed.). **Nitrogen fixation**: from molecules to crop productivity. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 409-410.
- BODDEY, R. M.; VICTORIA, R. L. Estimation of biological nitrogen fixation associated with *Brachiaria* and *Paspalum* grasses using <sup>15</sup>N labelled organic matter and fertilizer. **Plant and Soil**, [S.l], v. 90, p. 265-292, 1986.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O. Resposta de cultivares de trigo e triticale ao nitrogênio no sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, p. 155-165, 2007.

CORDEIRO, F. C.; DIAS, F. de C.; MERLIM, A. de O.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M. de e BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida, Seropédica**, v. 24, n. 2, p. 29-34, jul./dez. 2004.

DALLA SANTA, O. R.; HERNÁNDEZ, R. F.; ALVAREZ, G. L. M.; JUNIOR, P. R.; SCCOL, C. R. *Azospirillum* sp. inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 843-850, 2004.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; TRYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 36, p. 284-297, 2002.

DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M., NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p. 173-180.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Brasília: Embrapa-SPI; Itaguaí: Embrapa-CNPAB, 1995.

DÖBEREINER, J.; DAY, J. M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION, 2., 1976. **Proceedings [...]**. Pullman, USA: Washington State University Press, 1976, p. 518-538.

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, [S.l.], v. 22, p. 1464-1473, 1976.

ELBELTAGY, A.; NISHIOKA, K.; SATO, T.; SUZUKI, H.; YE, B.; HAMADA, T.; ISAWA, T.; MITSUI, H.; MINAMISAWA, K. Endophytic colonization and in plant

nitrogen fixation by a *Herbaspirillum* sp. isolated from wild rice species. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 67, n. 11, p. 5285-5293, 2001.

EMBRAPA. **III Plano Diretor da Embrapa Gado de Corte 2004-2007**. Campo Grande, 2005.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. de; VALLE, C. B. do; DIFANTE, G. dos S.; BARBOSA, R. A.; CACERE, E. R. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 98-106, 2009.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec**, Labras v. 38, n. 2 p. 109-112, 2014.

FISCHER, A.; SILVA, S. C. da O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: ESALQ, 2001, p. 733-754.

GARCEZ NETO, A. F. *et al.* Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 1890-1900, 2002.

GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; KROTH, B. E.; MOREIRA, J. C. F.; REZENDE, D. Crescimento e desenvolvimento inicial de *Brachiaria decumbens* inoculada com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 286-296, 2011.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. S.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 331, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

IBGE. **Pesquisa da pecuária municipal 2014-2015**. Disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3268&busca=1&t=ppm-rebanho-bovino-alcanca-marca-recorde-215-2-milhoes-cabecas-producao-leite>.

KUSS, A. V. **Fixação de nitrogênio por bactérias diazotróficas em cultivares de arroz irrigado**. 2006. 109 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LOUREIRO, M. F.; BODDEY, R. M. Balanço de nitrogênio em quatro gramíneas do gênero *Brachiaria*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, p.1343-1353, 1988.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas>.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.

NIKLAS, K. J. *Plant allometry: the scaling process*. Chicago: Illinois, 1994.  
OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **ASM News**, Washington, v. 63, p. 364-370, 1997.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003.

OLIVEIRA, O. C. *et al.* A baixa disponibilidade de nutrientes do solo como uma causa potencial da degradação de pastagens no cerrado brasileiro. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1997, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto, 1997. p. 110-117.

OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 192, p. 10-16, 2006.

PENG, S.; BISWAS, J. C.; LADHA, J. K. Influence of rhizobial inoculation on photosynthesis and grain yield of rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 4, p. 925-929, 2002.

PEOPLES, M. B.; CRASWELL, E. T. Biological nitrogen fixation: investments, expectations and actual contributions to agriculture. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 141, n. 1-2, p. 13-40, 1992.

PRETZSCH, H. A unified law of spatial allometry for woody and herbaceous plants. **Plant Biology**, [online], v. 4, n. 2, p. 159-166, 2002. Disponível em: <https://www.waldwachstum.wzw.tum.de/fileadmin/publications/543.pdf>.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. da; FREITAS, A. R. de; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-Coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Aeração e adição de sais na produção de ácido indol acético por bactérias diazotróficas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 997-1004, 2005.

RAMOS, A. S.; SANTOS, T. M. C.; SANTANA, T. M.; GUEDES, E. L. F.; MONTALDO, Y. C. Ação do *Azospirillum lipoferum* no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 4, p. 113-117, 2010.

REIS JUNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007.

RODRIGUES, R. C.; ALVES, A. C.; BRENNECKE, K.; PLESE, L. P. de M.; LUZ, P. H. de. C. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 394-400, 2008.

SACKVILLE-HAMILTON, N. R.; MATTHEW, C.; LEMAIRE, G. In defence of the -3/2 boundary rule: a re-evaluation of self thinning concepts and status. **Annals of Botany**, Londres, v. 76, p. 569-577, 1995.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 833-842, 2007.

SANTOS, C. S. A. dos. **Capim Marandu submetido à inoculação com bactérias diazotróficas associativas em Latossolo vermelho de Cerrado**. 2013. 69. f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2013.

SOUTO, S. M. **Variação estacional da fixação de N<sub>2</sub> e desnitrificação em gramíneas forrageiras tropicais**. 1982. 268 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1982.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology reviews**, Semimonthly, v. 24, n. 4, p. 487-506, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TARRAND, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 24, p. 967-980, 1978. Disponível em:

[www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/600745/1/AtaxonomicstudyoftheSpirillumlipoferumgroup.pdf](http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/600745/1/AtaxonomicstudyoftheSpirillumlipoferumgroup.pdf).

VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; EULIDES, V. P. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa: Editora UFV, 2010. cap. 1, p. 30-77.

VOGEL; G. F.; MARTINKOSKI, L.; MARTINS, P. J.; BICHEL, A. Desempenho agronômico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6, n. 3, p. 567-578, 2013. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/2707/2043>.

WILSON, J. R.; TMANNETJE, L. Senescence, digestibility and carbohydrate content of buffel grass and green panic leaves in swards. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v. 29, p. 503-519, 1978.

YODA, K.; KIRA, T.; OGAWA, H.; HOZUMI, K. Self-Thinning in Overcrowded Pure Stands under Cultivated and Natural Conditions. **Journal of Biology**, Osaka, v. 14, p. 107-129, 1963.