



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

***Azospirillum brasilense* EM CAPIM-MARANDU
ASSOCIADA OU NÃO AO NITROGÊNIO**

MANOEL MENDES JUNIOR

2020

MANOEL MENDES JUNIOR

***Azospirillum brasilense* EM CAPIM-MARANDU ASSOCIADA OU NÃO AO NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Prof. Dr. Camila Maida de Albuquerque Maranhão

**Janaúba
2020**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Mendes Júnior, Manoel

M538a *Azospirillum* brasilense em capim-marandu associada ou não ao nitrogênio [manuscrito] / Manoel Mendes Júnior – 2020.
48 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2020.

Orientadora: Prof. D. Sc. Camila Maida de Albuquerque Maranhão.

1. *Azospirillum* brasilense. 2. Capim-marandu. 3. Nitrogênio. I. Maranhão, Camila Maida de Albuquerque. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.202

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Universidade Estadual de Montes Claros

Mestrado em Zootecnia

Declaração - UNIMONTES/PRPG/PPGZ - 2021

Montes Claros, 29 de março de 2021.

MANOEL MENDES JUNIOR

***Azospirillum brasilense* EM CAPIM-MARANDU ASSOCIADA OU NÃO AO NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

APROVADA em 21 de DEZEMBRO de 2020.

Dra. Camila Maida de Albuquerque Maranhão/ Presidente/ UNIMONTES

Dra. Héliida Christhine de Freitas Monteiro / Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. Flávio Pinto Monção/ Membro Interno/UNIMONTES

Dr. Fleming Sena Campos / Membro Externo/ UFAPE

JANAÚBA, MINAS GERAIS –

BRASIL/2020



Documento assinado eletronicamente por **Camila Maida de Albuquerque Maranhão, Professora de Educação Superior**, em 29/03/2021, às 17:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Helida Christhine de Freitas Monteiro, Professora de Educação Superior**, em 29/03/2021, às 18:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fleming Sena Campos, Usuário Externo**, em 29/03/2021, às 19:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cinara da Cunha Siqueira Carvalho, Coordenadora**, em 30/03/2021, às 09:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Barbosa Vilela, Diretor de Centro**, em 30/03/2021, às 17:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Usuário Externo**, em 30/03/2021, às 17:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **27426629** e o código CRC **C14B57C6**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade e por ter me guiado por mais esta etapa da minha vida.

À Universidade Estadual de Montes Claros, pela qual eu tenho muito carinho e respeito, por mais essa oportunidade de fazer parte do seu Programa de Pós-Graduação.

À minha orientadora, professora Dr. Camila Maida, por me orientar pela segunda vez nessa Universidade, sempre com muita dedicação, apoio, presença, e pela confiança em mim depositada durante mais esse período.

À minha família, por todo amor, paciência e apoio incondicional em mais essa etapa da minha vida.

À minha noiva, Jéssica, pelo companheirismo, atenção, carinho e por toda dedicação que tem comigo.

À FAPEMIG, CAPES e CNPq, pelo auxílio de bolsas.

A todos vocês, aqui fica a minha eterna gratidão e o meu sincero OBRIGADO!

Que Deus os abençoe grandemente!

SUMÁRIO

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA	6
RESUMO GERAL.....	7
GENERAL ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.....	11
2.2 Adubação Nitrogenada.....	12
2.3 <i>Azospirillum brasilense</i>	14
3 REFERÊNCIAS	16
4 CAPÍTULO I – <i>Azospirillum brasilense</i> EM CAPIM-MARANDU ASSOCIADA OU NÃO AO NITROGÊNIO.....	21
Resumo.....	21
Abstract	22
Introdução	22
Material e Métodos.....	24
Local, período, instalações, delineamento	24
Análises estatísticas.....	26
Resultados	27
Características estruturais e produtivas.....	27
Produtividade	29
Características bromatológicas	30
Análise multivariada.....	31
Discussão	33
Conclusão	37
Agradecimentos	38
Conflitos de Interesse.....	38
Referências	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46

RESUMO GERAL

JUNIOR, M. M. *Azospirillum brasilense* EM CAPIM-MARANDU ASSOCIADA OU NÃO AO NITROGÊNIO. 2020. 52 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

Devido ao custo econômico e ambiental ocasionado pelo uso da adubação nitrogenada, tem-se buscado alternativas para garantir redução no uso de fertilizantes, sem redução do rendimento da produção. Uma das alternativas encontradas é a utilização de bactérias do gênero *Azospirillum*, microrganismos de vida livre, fixadores de nitrogênio atmosférico, que vivem em associação com plantas na rizosfera. Uma das vantagens desse processo é a promoção do desenvolvimento e do aumento na produção de biomassa. Objetivou-se avaliar os efeitos do uso do inoculante à base de *Azospirillum brasilense* associado ou não com adubação nitrogenada sobre o capim-marandu. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados, sendo cinco estratégias de adubação, com seis repetições. As estratégias de adubação consistiram em: 30 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *A. brasilense* (30Az); 30 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *A. brasilense* com adubação nitrogenada (30AzN); 60 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *A. brasilense* (60Az); 60 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *A. brasilense* com adubação nitrogenada (60AzN); e o controle, somente com adubação nitrogenada (SAzN). A análise univariada demonstrou que a inoculação de *A. brasilense* associada ou não com adubação nitrogenada proporciona incrementos às características estruturais e produtivas, enquanto que para as características bromatológicas não houve diferença significativa. Na análise multivariada, o tratamento controle ficou em um grupo funcional diferente dos demais, demonstrando que o tratamento com *Azospirillum* é eficiente frente ao tratamento sem a solução de *A. brasilense* para as características estruturais e produtivas. Para as características bromatológicas, observa-se maior eficiência dos tratamentos com altas dosagens de *A. brasilense* com ou sem nitrogênio.

Palavras-chave: Bactéria diazotrófica, Características estruturais, Características produtivas, Características bromatológicas, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

¹ Comitê de Orientação: Professora Dra. Camila Maida de Albuquerque Maranhão – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientadora).

GENERAL ABSTRACT

JUNIOR, M. M. *Azospirillum brasilense* in capim-marandu associated or not with nitrogen. 2020. 52 p. Dissertation (Master in Animal Science) - State University of Montes Claros, Janaúba, MG.²

Due to economic and environmental cost resulting from the use of nitrogen fertilization, an alternative has been sought that can guarantee a reduction in the use of fertilizers without reducing production yield. One of the alternatives found is the use of bacteria of genus *Azospirillum*, free-living microorganisms that fix atmospheric nitrogen and live associated with plants in the rhizosphere. One of the advantages of this process is both development and increase in biomass production. The research aimed to evaluate the effects of inoculant based on *Azospirillum brasilense* associated or not with nitrogen fertilization on marandu grass. The design used was randomized blocks, with five fertilization strategies, with six replications. The fertilization strategies consisted of 30 L ha⁻¹ month⁻¹ of *A. brasilense* (30Az); 30 L ha⁻¹ month⁻¹ of *A. brasilense* with nitrogen fertilization (30AzN); 60 L ha⁻¹ month⁻¹ of *A. brasilense* (60Az); 60 L ha⁻¹ month⁻¹ of *A. brasilense* with nitrogen fertilization (60AzN); and the control treatment only with nitrogen fertilization (SAzN). Univariate analysis showed that inoculation of *A. brasilense* associated or not with nitrogen fertilization offers increments in structural and productive characteristics, while there was no significant difference for bromatological characteristics. Multivariate analysis showed that the control treatment was in a functional group different from the others, demonstrating that the treatment with *Azospirillum* is efficient compared to the treatment without the use of *A. brasilense* solution for structural and productive characteristics. For bromatological characteristics, it is observed higher efficiency in treatments with *A. brasilense* dosages with or without nitrogen.

Keywords: Diazotrophic bacteria, Structural characteristics, Productive characteristics, Bromatological characteristics, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

² Guidance Committee: Prof. Dr. Camila Maida de Albuquerque Maranhão – Department of Agrarian Science/UNIMONTES (Adviser).

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil há 167 milhões de hectares cultivados com forrageiras exóticas, sendo 80% formados por espécies do gênero *Brachiaria* (Aguilar, 2017). O uso de pastos para a alimentação do rebanho bovino é o ponto-chave da pecuária brasileira que garante a competitividade do país nesse setor (Marin et al., 2016). Segundo Ferraz e Felício (2010), o Brasil exibe um dos menores custos de produção de carne bovina, mas, ainda assim, os índices zootécnicos dos sistemas de produção de bovinos de corte mantidos a pasto no país são baixos, com taxa de lotação média 0,8 UA/ha (Reis et al., 2017), refletindo a necessidade da introdução do manejo adequado das pastagens.

A genética das forrageiras define o potencial relativo ao que podem produzir. Entretanto, existem condições externas que influenciam diretamente seu potencial produtivo, tais como temperatura, quantidade de água, luz e nutrientes, além de um manejo adequado. Observadas essas condições, em sua maioria, solos das regiões tropicais apresentam baixa quantidade de nutrientes disponíveis, interferindo na produtividade e qualidade das forrageiras. Dessa forma, a adubação com nutrientes em quantidade adequada, especialmente o nitrogênio, é muito importante para elevar a quantidade de forragem produzida. O nitrogênio encontrado no solo, resultado da mineralização da matéria orgânica, pode não atender à nutrição das forragens que possuem elevado potencial produtivo (Guilherme et al., 1995).

A adubação nitrogenada é de fundamental importância para manter a produtividade das forrageiras, conferindo ao nitrogênio grande importância no metabolismo das plantas, sendo fundamental na estrutura da molécula de clorofila, citocromos, ácidos nucleicos e proteínas (Harper, 1994). Seu balanço tem influência direta na fotossíntese, na formação de raízes, na taxa de crescimento entre folhas e raízes, e na produção e transporte de fotoassimilados, sendo o crescimento foliar substancialmente afetado (Ryle et al., 1979; Taiz, Zeiger, 2004). Por fazer parte da estrutura da planta, o nitrogênio torna-se essencial à sobrevivência e ao crescimento dos organismos, além de ser o nutriente mais caro e mais limitante na produção vegetal (Hungria et al., 2007).

A interação entre bactérias diazotróficas e culturas como gramíneas forrageiras, milho, trigo e arroz tem sido tema de pesquisas no mundo inteiro devido ao seu potencial biotecnológico evidenciado no aumento da produtividade dessas culturas. Isso contribui

para a redução dos custos de produção, auxiliando assim na manutenção e conservação dos recursos ambientais. Para que novas bactérias possam ser descobertas, assim como seu potencial de fixação biológica de nitrogênio – FBN (Moreira et al., 2010; Santos, 2013), fazem-se necessárias pesquisas com fixação biológica do nitrogênio em gramíneas forrageiras, principalmente na área de diversidade de bactérias diazotróficas associadas a essas plantas.

Com base no exposto, objetivou-se avaliar os efeitos do uso do inoculante à base de *Azospirillum brasilense* associado ou não com adubação nitrogenada sobre o capim-marandu.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Urochloa brizantha* cv. Marandu

O pasto é a base nutricional de ruminantes produzidos nos trópicos, especialmente no Brasil, sendo considerado o fator decisivo quando relacionado à competitividade do país no mercado internacional de carne bovina (Dias-Filho, 2014).

O gênero *Urochloa* é composto de 97 espécies (Renvoize et al., 1996) com grande capacidade de adaptação a inúmeras condições ambientais (Dias-Filho, 2002), como é o caso de regiões tropicais. Segundo o último censo agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), o Brasil possui cerca de 172 milhões de hectares de pastagem, dos quais 85% utilizam as cultivares *Urochloa* spp. (Fonseca et al., 2006).

A EMBRAPA Gado de Corte e a EMBRAPA Cerrados disponibilizaram, em 1984, a cultivar *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, que tinha como principais características a ampla adaptação climática, a não-tolerância a solos encharcados, apresentando uma boa resistência ao sombreamento, ao fogo e ao frio, e ainda boa resistência à cigarrinha-das-pastagens. Andrade e Leite (1988) acrescentam que essa cultivar caracteriza-se por apresentar uma estrutura de plantas robustas, porte elevado, coloração verde intensa e hábito de crescimento cespitoso. Além de ser considerada de bom valor nutritivo e boa produtora de massa verde, ela apresenta boa capacidade de rebrota e é grande produtora de sementes viáveis. Essa forrageira adquiriu grande expressividade nas áreas de pastagens cultivadas e, por essa razão, tornou-se uma das plantas forrageiras mais detalhadamente estudadas no Brasil (Silva, 2004).

A adaptabilidade dos genótipos de *Urochloa* a diversos ambientes permitiu a expansão das áreas cultivadas com pastagens em condições de solo e fertilidade pouco adequadas no Brasil. Tal fato influenciou o país a se tornar um dos maiores competidores no setor pecuário, sendo o maior exportador de carne bovina. Em relação ao baixo custo de produção do sistema extensivo, no qual o próprio animal seleciona a forragem, são dispensadas diversas etapas como colheita, transporte, armazenamento e fornecimento (Marin et al., 2016).

2.2 Adubação Nitrogenada

O nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes para a planta, sendo necessário em maior quantidade para que esta tenha um desempenho adequado, além de fazer parte de nucleosídeos de fosfato e aminoácidos, que compõem a estrutura dos ácidos nucleicos e das proteínas, respectivamente (Dobbelaere; Okon, 2007).

Zabot (2012) afirma que fatores como ambiente e nutrição podem influenciar de forma significativa nas características morfogênicas das gramíneas. Neste último caso, o nitrogênio é o nutriente que tem maior influência na morfogênese de gramíneas.

Esse nutriente é constituinte dos aminoácidos, que dão origem às proteínas, dentre elas a Rubisco, que compõe cerca de 50% do total de proteína dos vegetais e que é responsável pela fixação de carbono pelas plantas (Taiz et al., 2017). Assim, a adubação nitrogenada desempenha importante papel na manutenção do crescimento da planta, sobretudo em períodos de estresse hídrico, aumentando eficiência do sequestro de carbono e, conseqüentemente, da produtividade, além de contribuir para o aumento do teor de proteína da forragem.

O uso da adubação nitrogenada é aconselhado no intuito de aumentar a densidade da forragem e, especialmente, a disponibilidade de folhas. Ao acelerar a taxa de crescimento, independentemente da altura do pasto, o nitrogênio pode proporcionar um aumento do consumo devido ao fato de aumentar a produção de matéria seca dentro dos estratos verticais da pastagem (Heringer, Moojen, 2002) – além de aumentar a produção por área (Primavesi et al., 2004).

De acordo Fornasieri Filho (2008), a quantidade apropriada do suprimento de nitrogênio é que determina o número de perfilhos, que podem contribuir para a formação de nós, e induz um maior alongamento do colmo. O acréscimo no número de perfilhos e o maior alongamento do colmo permitem maior captação da radiação solar e, com isso, maior produtividade.

Com relação à sustentabilidade, a adubação nitrogenada pode evitar o processo de degradação dos pastos, assegurando maior persistência e produtividade às forrageiras. Contudo, sua utilização vem tornando-se uma prática inviável em vários sistemas de produção pecuária em virtude dos elevados custos dos fertilizantes nitrogenados (Sollenberger, 2008).

O estudo da ação do nitrogênio no solo e nas plantas pode ajudar no manejo das pastagens, ampliando a eficiência desse insumo. Sendo assim, a diagnose foliar é um instrumento que auxilia na determinação do estado nutricional das plantas através do nível crítico interno, porque torna possível relacionar uma concentração apropriada para o máximo desempenho da planta (Abreu, Monteiro, 1999).

Comumente, observa-se um incremento na produção da massa seca, especialmente em forrageiras com alto potencial de produção, geralmente em decorrência da aplicação de nitrogênio. Cantarutti e Boddey (1997) propuseram utilizar gramínea e leguminosa em consórcio para facilitar as taxas de reciclagem do nitrogênio e via fixação biológica, e incrementá-lo novamente à planta. Nessas condições, a produtividade tem relação direta com as adaptações da planta, as quais lhe permitem absorver, reduzir, assimilar e transportar eficientemente o nitrogênio do solo, além de outras adaptações no metabolismo fotossintético.

A utilização da adubação nitrogenada tem conferido diversas mudanças na produção de forragem em relação a características morfológicas e estruturais das plantas forrageiras, exercendo influência no comprimento final das folhas, no alongamento foliar, na densidade populacional de perfilhos, no índice de área foliar e na composição morfológica, além de influenciar a produção de matéria seca (Fagundes et al., 2006).

Devido ao custo econômico e ambiental que o uso da adubação nitrogenada proporciona, tem-se buscado alternativas que possam garantir uma redução no uso de fertilizantes sem que ocorra redução do rendimento da produção. Uma das alternativas encontradas para assegurar um maior rendimento e reduzir custos, sem trazer prejuízos ao ambiente, é a exploração do potencial genético das plantas, associado a recursos biológicos do solo, como as bactérias diazotróficas, capazes de fixar N_2 e disponibilizá-lo para a planta, além de produzir hormônios que estimulam o crescimento vegetal, especialmente de raízes, por ampliar a absorção de nutrientes e água (Dobbelaere et al., 2002; Bashan et al., 2004).

De acordo com Reis (2007), nos tempos atuais a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN), realizada por bactérias diazotróficas, acaba por se tornar uma das alternativas capazes de auxiliar na redução da quantidade de insumos, na maior eficiência desse uso, bem como na obtenção de um melhor aproveitamento destes.

2.3 *Azospirillum brasilense*

O processo exercido pelos microrganismos capazes de reduzir o nitrogênio atmosférico a formas inorgânicas absorvíveis, e assegurar a resistência desse processo, é chamado de fixação biológica do nitrogênio (FBN). Esse processo possui grande relevância do ponto de vista econômico e ecológico em sistemas agrícolas e florestais (Reis, Teixeira, 2005).

A fixação biológica do nitrogênio atmosférico é realizada pelos microrganismos procarióticos considerados diazotróficos. Essas bactérias podem ser de vida livre, estar relacionados a espécies vegetais ou, ainda, firmar simbiose com leguminosas (Moreira et al., 2010).

As bactérias diazotróficas correspondem a uma extensa gama de microrganismos procariotos, englobando as arqueobactérias, as cianobactérias, as bactérias gram-positivas e as gram-negativas que dispõem de grande diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética (Moreira et al., 2010).

Bactérias do gênero *Azospirillum* são conhecidas como microrganismos de vida livre fixadores de nitrogênio atmosférico, que vivem em associação com plantas na rizosfera. Uma das vantagens desse processo é a promoção do desenvolvimento e do aumento na produção de biomassa. Na rizosfera, tais bactérias atuam em conjunto com essas plantas por meio da secreção de hormônios como giberelinas, ácido indolacético e etileno (Bashan et al., 2004).

Essas bactérias podem ser distintas de acordo com a área em que se encontram no vegetal. Na parte interna dos tecidos, são consideradas endofíticas, e as que se apresentam no ambiente externo das raízes (rizosfera) são denominadas então epifíticas (Baldani et al., 1997).

A interação entre as bactérias diazotróficas e as raízes de gramíneas pode ser proposta como uma alternativa sustentável e economicamente eficaz na substituição total ou parcial das adubações nitrogenadas. As interações formadas com inúmeras culturas têm sido tema de pesquisas no mundo todo devido ao seu potencial biotecnológico, evidenciado no aumento da produtividade das culturas, na eventual redução dos custos de produção – ao diminuir o volume de adubos nitrogenados que são aplicados – e, por consequência, numa melhor conservação dos recursos ambientais (Moreira et al., 2010).

Hormônios sintetizados pelos microrganismos fazem com que ocorra um aumento na taxa de respiração e de metabolismo, bem como na proliferação das raízes, acarretando uma melhor absorção de água e de nutrientes pelas plantas (Okon, Itzigsohn, 1995).

Na atualidade, existe na literatura uma concordância quanto às vantagens da associação de plantas com *Azospirillum*, a qual exerce uma influência positiva no desenvolvimento vegetal, principalmente do sistema radicular. Okon e Vanderleyden (1997), fundamentando-se em dados acumulados durante 22 anos de pesquisa de campo relacionada a experimentos de inoculação, constataram que o gênero *Azospirillum* promove ganhos de rendimento em importantes culturas nas mais diversas condições de clima e de solo. No entanto, esses autores reforçam que, além da fixação biológica de nitrogênio, essas bactérias auxiliam no aumento da superfície de absorção das raízes da planta, o que, por consequência, promove aumento do volume de substrato de solo explorado. Tal confirmação é justificada pelo fato de a inoculação alterar a morfologia do sistema radicular, trazendo um aumento não apenas no número de radículas, mas também no diâmetro das raízes e no teor de nitrogênio nos grãos.

Desse modo, o uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas propõe-se a aumentar a eficiência no uso e no aproveitamento dos fertilizantes, e ocasionalmente aportar nitrogênio via fixação biológica, configurando assim uma estratégia economicamente viável, além dos decorrentes benefícios ambientais associados à redução do uso de fertilizantes (Hungria, 2011; Hungria et al., 2010).

3 REFERÊNCIAS

Abreu, J.B.R. and Monteiro, F.A., 1999. Produção e nutrição do capim-marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento, Boletim de Indústria Animal - Instituto de Zootecnia, 56, 2, 137-146.

Aguiar, A.P.A., 2017. Depois da falta de profissionalismo na gestão da atividade pecuária a pastagem degradada é o maior desafio enfrentado nos sistemas de produção em pasto. www.scotconsultoria.com.br. Accessed 10 Dez 2020.

Andrade, R.P. and Leite, G.G., 1988. Pastagens na região dos cerrados, Informe Agropecuário, 13, 153, 26-39.

Andrade, R.G., Teixeira, A.D.C., Leivas, J.F., Silva, G.B.S., Nogueira, S.F., Victoria, D.D.C., Vicente, L.E. and Bolfe, E.L., 2015. Indicativo de pastagens plantadas em processo de degradação no bioma Cerrado. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa, 2015.

Baldani, J.L., Azevedo, M.S., Reis, V.M, Teixeira, K.R.S., Olivares, F.L., Goi, S.R., Baldani, S.L.D. and Dobereiner, J., 1999. Fixação biológica de nitrogênio em gramíneas: avanços e aplicações. In: J.O. Siqueira, F.M.S. Moreira, A.S. Lopes, L.R. Guilherme, V. Faquin, A.E. Furtinni, J. G. Carvalho (eds), Inter-relações fertilidade, biologia e nutrição de plantas, Viçosa, 1999, 621-666.

Barassi, C.A., Sueldo, R.J., Creus, C.M., Carrozzi, L.E., Casanovas, W.M. and Pereyra, M.A., 2008. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: F.D. Cassán, I. Garcia De Salamone (eds), *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina, Argentina, 2008 (Asociación Argentina de Microbiología), 49-59.

Bashan, Y., Holguin, G. and Bashan, L.E., 2004. *Azospirillum*-plant relations: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances, Canadian Journal of Microbiology, 50, 521-577.

Bergamaschi, C., 2006. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo, (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Cantarutti, R.B. and Boddey, R. M., 1997. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: Anais do Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo, 1, 1997, 431-445.

Dias-Filho, M.B., 2002. Tolerance to flooding in five *Brachiaria brizantha* accessions, Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37, 4, 439-447.

Dias-Filho, M.B., 2014. Diagnóstico das Pastagens no Brasil, Embrapa Amazônia Oriental.

Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D., Okon, Y. and Vanderleyden, J., 2002. 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, 36, 284-297.

Dobbelaere, S. and Okon, Y., 2007. The plant growth-promoting effect and plant responses. In: C. Elmerich, W.E. Newton (eds), Associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial associations, 2007, 145-170.

Döbereiner, J., 1992. History and new perspectives of diazotrophs in association with non-leguminous plants, Symbiosis, 13, 1-13.

Fagundes, J.L., Fonseca, D.M., Mistura, C., Morais, R.V., Vitor, C.M.T., Gomide, J.A., Nascimento Junior, D., Casagrande, D.R. and Costa, L.T., 2006. Características morfogênicas e estruturais do capim braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano, Revista Brasileira de Zootecnia, 35, 1, 21-29.

Fagundes, J.L., Fonseca, D.M., Mistura, C., Morais, R.V., Vitor, C.M.T., Gomide, J.A., Nascimento Junior, D., Santos, M.E.R. and Lambertucci, D.M., 2006. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano, Revista Brasileira de Zootecnia, 35, 1, 30-37.

Ferraz, J.B.S. and Felício, P.E., 2010. Production systems - An example from Brazil, *Meat Science*, 84, 2, 238-243.

Fonseca, D.M. and Martuscello, J.A., 2010. *Plantas forrageiras*, (Editora UFV, Viçosa).

Fonseca, D.M., Martuscello, J.A. and Faria, D.J.G., 2006. Adubação em gramíneas do gênero *Brachairia*: mitos e realidades. In: *Anais do Simpósio sobre Manejo Estratégico das Pastagens*, Viçosa, 3, 2006, (Universidade Federal de Viçosa), 153-182.

Fornasieri Filho, D., 2008. *Manual da cultura do trigo*, (FUNEP, Jaboticabal).

Gastal, F. and Lemaire, G., 2015. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: review of the underlying ecophysiological processes, *Agriculture*, 5, 4, 1146-1171.

Guilherme, L.R.G., Vale, F.R. and Guedes, G.A.A., 1995. *Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes*, (ESAL/FAEPE, Lavras).

Harper, J.E., 1994. Nitrogen metabolism - Physiology and determination of crop yield, *American Society of Agronomy*, 11, 1, 285-302.

Heringer, I. and Moojen, E.L., 2002. Potencial produtivo, alteração da estrutura e qualidade da pastagem de Milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 2, 875-882.

Hungria, M., 2011. *Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo*, (Embrapa Soja, Londrina).

Hungria, M., Mendes, I.C. and Campo, R.J., 2007. *A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro*, (Embrapa Soja, Londrina).

Hungria, M., Campo, R.J., Souza, E.M. and Pedrosa, F.O., 2010. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil, *Plant and Soil*, 331, 1 e 2, 413-425.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE, 2006. Censo Agropecuário de 2006 - Sistemas IBGE de recuperação automática. <https://sidra.ibge.gov.br>. Accessed 08 Mar 2021.

Lemaire, G., Hodgson, J. and Chabbi, A., 2011. Grassland productivity and ecosystem services. (CABI, Wallingford).

Marin, F.R., Pilau, F.G., Spolador, H.F.S., Otto, R. and Pedreira, C.G.S., 2016. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: Cenários para 2050, *Revista de Política Agrícola*, 25, 3, 108-124.

Mehnaz, S. and Lazarovits, G., 2006. Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions, *Microbial Ecology*, 51, 3, 326-335.

Moreira, F.M.S., Silva, K., Nobrega, R.S.A. and Carvalho, F., 2010. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações, *Comunicata Scientiae*, 1, 2, 74-99.

Okon, Y. and Itzigsohn, R., 1995. The development of *Azospirillum* as a commercial inoculant for improving crop yield, *Biotechnology Advances*, 13, 415-424.

Okon, Y. and Vanderleyden, J., 1997. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants, *ASM News*, 63, 364-370.

Primavesi, A.C., Primavesi, O., Corrêa, L.A., Cantarella, H., Silva, A.G., Freitas, A.R. and Vivaldi, L.J., 2004. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1, 68-78.

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

Reis, V.M. and Teixeira, K.R.S., 2005. Fixação biológica de nitrogênio-estado de arte. In: A.M. Aquino, R.L. Assis (eds), *Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável*, 2005, (EMBRAPA, Informação tecnológica), 1-25.

Reis, M.M., Santos, L.D.T., Oliveira, F.G. and Santos, M.V., 2017. Irrigação de pastagens tropicais: desafios e perspectivas, *Unimontes Científica*, 19, 1, 178-190.

Renvoize S.A., Clayton, W.D. and Kabuye, C.H.S., 1996. Morphology, taxonomy, and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: J.W. Miles, B.L. Maass, C.B. Valle (eds), *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*, Cali, 1996, (Embrapa/CIAT), 1-15.

Ryle, G.J.A., Powell, C.E. and Gordon, A.J., 1979. The respiratory costs of nitrogen fixation in soybean, cowpea, and white clover, *Journal of Experimental Botany*, 30, 145-153.

Santos, M.E.R., Fonseca, D.M., Gomes, V.M., Silva, S.P., Silva, G.P. and Castro, M.R.S., 2012. Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos de capim-braquiária, *Ciência Animal Brasileira*, 13, 1, 49-56.

Silva, S.C., 2004. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: *Anais do Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem*, Viçosa, 2004, 347-385.

Sollenberger, L.E., 2008. Sustainable production systems for *Cynodon* species in the subtropics and tropics, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 85-100.

Taiz, L. and Zeiger, E., 2004. *Fisiologia vegetal*, (Artmed, Porto Alegre).

Taiz, L. et al., 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*, (Artmed, Porto Alegre).

Zabot, V., 2012. Morfogênese da grama-missioneira gigante em resposta à adubação com dejetos líquidos de suínos. (Dissertação de Mestrado, Universidade de Passo Fundo).

4 CAPÍTULO I - *Azospirillum brasilense* em capim-marandu associada ou não ao nitrogênio

Manoel Mendes Junior¹, Camila Maida de Albuquerque Maranhão

¹ Comitê de Orientação: Professora Dra. Camila Maida de Albuquerque Maranhão – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientadora).

Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos do inoculante à base de *Azospirillum brasilense*, com ou sem adubação nitrogenada, sobre o capim-marandu como alternativa para reduzir o uso do nitrogênio mineral, melhorar seu aproveitamento e aumentar a produtividade. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados e cinco estratégias de adubação com seis repetições: 30 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *Azospirillum brasilense* (30Az); 30 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *A. brasilense* com adubação nitrogenada (30AzN); 60 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *A. brasilense* (60Az); 60 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *A. brasilense* com adubação nitrogenada (60AzN); e o controle somente com adubação nitrogenada (SAzN). Resultados: 60Az e 60AzN proporcionaram o maior valor de altura; 60AzN proporcionou maior comprimento de folha frente à testemunha e à estratégia 30Az; a relação lâmina foliar:colmo foi superior em 60Az e 60AzN; para teor de matéria seca, a testemunha superou a estratégia 60AzN; para produção total e lâmina foliar seca, 60Az e 60AzN superaram as demais; para colmo seco, 60Az superou a testemunha e as estratégias 30Az e 30AzN; 60AzN proporcionou o maior incremento do teor de matéria morta. Não houve efeito significativo (P>0,05) para características bromatológicas. Na análise multivariada, formaram-se dois grupos para características estruturais e produtivas, e três para características bromatológicas. O agrupamento funcional permite melhor compreensão do padrão apresentado nas características estruturais, produtivas e bromatológicas. O tratamento com *Azospirillum* é eficiente frente ao tratamento sem solução de *A. brasilense* para características estruturais e produtivas. Para características bromatológicas, os tratamentos com altas dosagens de *A. brasilense*, com ou sem nitrogênio, são mais eficientes.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha* cv Marandu; Bactérias diazotróficas; Características produtivas; Características estruturais; Características bromatológicas.

Abstract

The research evaluates the effects of *Azospirillum brasilense* inoculant with or without nitrogen on marandu grass as alternative to reduce and improve the use of mineral nitrogen and increase crop productivity. The design was randomized blocks, with five fertilization strategies and six replications: 30 L ha⁻¹ month⁻¹ of *Azospirillum brasilense* (30Az); 30 L ha⁻¹ month⁻¹ of *A. brasilense* with nitrogen fertilization (30AzN); 60 L ha⁻¹ month⁻¹ of *A. brasilense* (60Az); 60 L ha⁻¹ month⁻¹ of *A. brasilense* with nitrogen fertilization (60AzN); and the control treatment only with nitrogen fertilization (SAzN). Results: 60Az and 60AzN provided the greatest height value; 60AzN provided greater leaf length compared to the control treatment and strategy 30Az; the leaf blade:stem ratio was superior in 60Az and 60AzN; for dry matter content, control treatment was superior to strategy 60AzN; for total yield and dry leaf blade, 60Az and 60AzN were superior to the other strategies; for dry stem, 60Az was superior to the control treatment and strategies 30Az and 30AzN; 60AzN provided the greatest increase in dead material content. There was no significant effect ($P > 0.05$) on bromatological characteristics. In multivariate analysis, there were two groups for structural and productive characteristics and three groups for bromatological characteristics. Functional grouping allows a better understanding of the pattern in structural, productive and bromatological characteristics. Treatment with *Azospirillum* is efficient compared to treatment without *A. brasilense* solution for structural and productive characteristics. For bromatological characteristics, treatments with higher dosages of *A. brasilense* with or without nitrogen are more efficient.

Keywords: *Brachiaria brizantha* cv Marandu; Diazotrophic bacteria; Productive characteristics; Structural characteristics, Bromatological characteristics.

Introdução

O nitrogênio é o principal nutriente responsável por manter a produtividade e a persistência de uma forragem, sendo considerado ainda o principal constituinte das proteínas que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos responsáveis por dar estrutura ao vegetal (Lemaire et al., 2011; Santos et al., 2012; Gastal, Lemaire, 2015). Por fazer parte da estrutura da planta, o nitrogênio torna-se essencial à sobrevivência e ao

crescimento dos organismos, além de ser o nutriente mais caro e mais limitante na produção vegetal (Hungria et al., 2007).

Diante disso, a busca por alternativas que proporcionem a redução do uso do nitrogênio mineral, seu melhor aproveitamento e o aumento da produtividade das culturas vem crescendo com o uso de bactérias diazotróficas, o que possibilita um sistema mais produtivo e sustentável por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Döbereiner, 1992; Moreira et al., 2010; Hungria, 2011;).

Dentre as bactérias diazotróficas, conhecidas como bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP), destaca-se a *Azospirillum brasilense*. Estas são capazes de reduzir a necessidade de aplicação de insumos químicos, diminuir estresses bióticos e abióticos, aumentar a produtividade da cultura, promover a fixação biológica de nitrogênio, além de atuar na liberação de hormônios, como auxinas e giberelinas, que estimulam o crescimento vegetal (Dobbelaere et al., 2001; Hungria, 2011).

O *Azospirillum brasilense* também proporciona melhorias dos parâmetros fotossintéticos das folhas, 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 final (Barassi et al., 2008, 2004; Hungria et al., 2010; Vogel et al., 2013).

A falta de informações técnicas consistentes e confiáveis sobre as gramíneas forrageiras tropicais tem sido a causa das recomendações de práticas de manejo muitas vezes inadequadas e inconsistentes com seu padrão de crescimento e desenvolvimento, culminando na ineficiência do processo de colheita (Rodrigues et al., 2012).

A formação de grupos funcionais alicerçada no método estatístico multivariado, por intermédio da análise de grupos (*cluster analysis*), permite a classificação dos indivíduos estudados de acordo com a similaridade existente (Dias-Filho et al., 1994).

Com base no exposto, objetivou-se avaliar os efeitos do uso do inoculante à base de *Azospirillum brasilense* associado ou não com adubação nitrogenada sobre o capim-marandu e, posteriormente, mensurar o grau de similaridade entre os tratamentos, reunindo-os em grupos através de técnicas de agrupamento.

Material e Métodos

Local, período, instalações, delineamento

O experimento foi conduzido em condições irrigadas na Fazenda Amargoso, situada no município de Janaúba - MG (15°56'52''S e 43°13'44''W, a 568,8 m de altitude), no período de agosto de 2018 a maio de 2019. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, clima tropical com estação seca de inverno (Antunes, 1986).

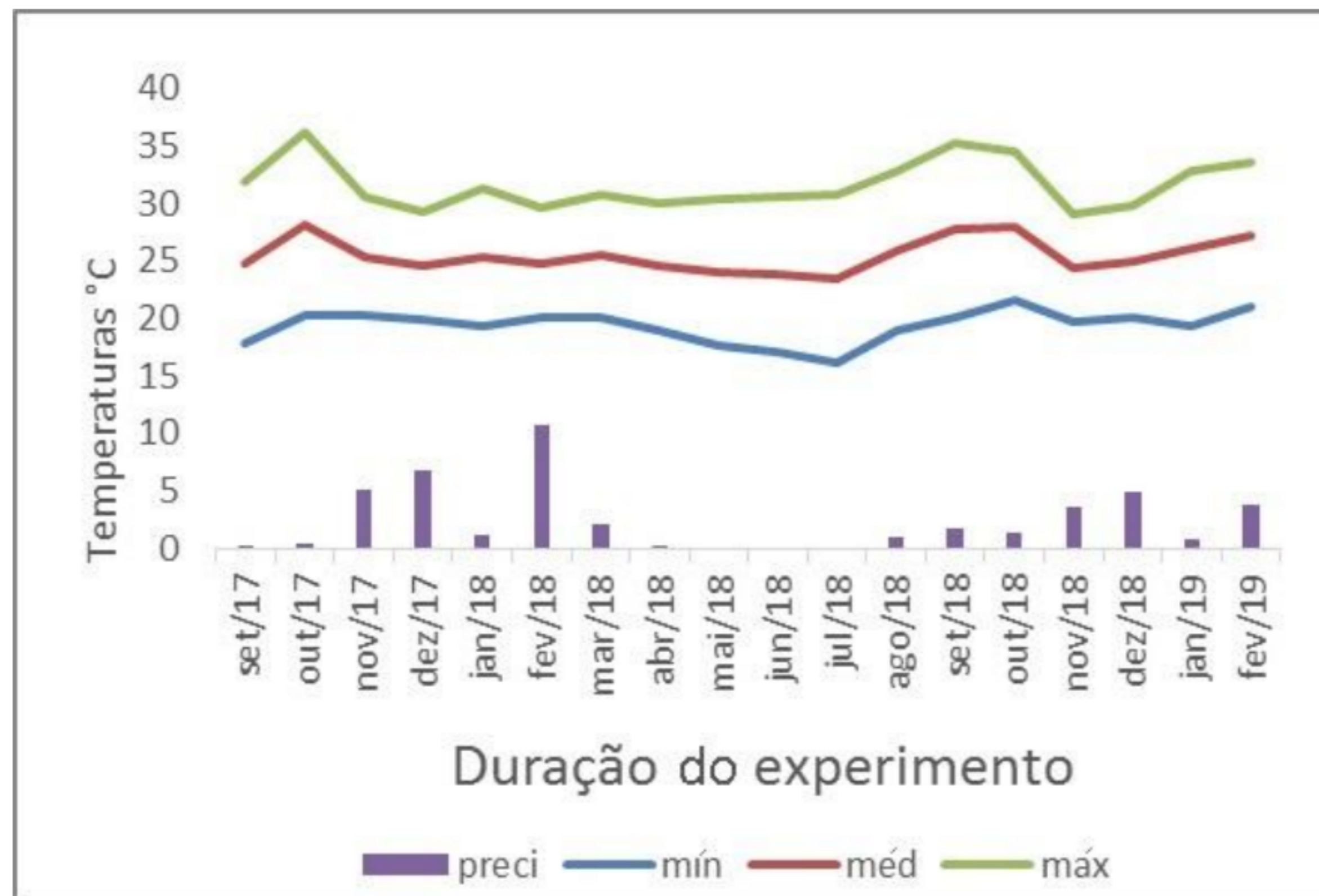


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm); temperatura máxima, mínima e média (°C) durante o experimento, de setembro de 2017 a fevereiro de 2019. Fonte: Agritempo <http://www.agritempo.gov.br>.

A área experimental foi implantada em novembro de 2017, início do período de chuvas. Após aração e gradagem, foi feita a semeadura a lanço com sementes de capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), com grau de pureza de 90%. Para irrigação da área durante o período de escassez de chuvas, utilizou-se irrigação através de microaspersores com vazão de 30 lph, a 2 m do solo e espaçados 8 m entre si, com acionamento a cada três dias, das 18h às 6h. Em janeiro de 2018, dimensionou-se a área experimental de 0,20 ha com características homogêneas, dividindo-a com auxílio de estacas em 30 parcelas de 2,0 x 2,0 m, totalizando uma área de 4 m², com espaçamento de 0,5 m entre parcelas.

As estratégias de adubação foram: 30 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *Azospirillum brasilense* (30Az); 30 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *A. brasilense* com adubação nitrogenada (30AzN); 60 L ha⁻¹ mês⁻¹ de

A. brasilense (60Az); 60 L ha⁻¹ mês⁻¹ de *A. brasilense* com adubação nitrogenada (60AzN); e o tratamento controle somente com adubação nitrogenada (SAzN). Utilizou-se como fonte de nitrogênio a ureia convencional com dose fixa de 15 kg N ha⁻¹ mês⁻¹ e uma solução *A. brasilense* da estirpe Ab-V5, disponibilizada pela empresa Biomulti®. Na Tabela 1 estão apresentadas as doses mensais aplicadas de ureia e de *A. brasilense* nas parcelas experimentais.

TABELA 1. Doses de ureia e de *Azospirillum brasilense* aplicadas por parcela de acordo com as estratégias de adubação.

Estratégias de adubação	Doses	
	Ureia (g /4 m ²)	<i>Azospirillum</i> (Az; mL Az/4 m ²)
SAzN	13	0
30Az	0	12
30Az + N	13	12
60Az	0	24
60Az + N	13	24

Após o primeiro corte de uniformização, foram realizados cinco cortes com intervalos de 35 dias. Em cada corte foram avaliadas as características estruturais e produtivas. Para determinação da área de corte, utilizou-se um aro com diâmetro de 28 cm, totalizando 0,2463 m².

O corte de uniformização foi realizado no dia 12 de agosto de 2018, a 20 cm do nível do solo, e nesse momento foi realizada a adubação nitrogenada, em cobertura. Após um período de sete dias, foram aplicadas as doses da solução de *A. brasilense* em cobertura com o auxílio de um regador comum (8 L), seguindo as recomendações do fabricante. As soluções foram feitas diluindo-se, em 8 L de água, as doses de 12 mL e 24 mL de caldo bacteriano contendo 1x10⁹ UFC mL⁻¹. As aplicações das soluções foram realizadas sempre no início da manhã, e as parcelas experimentais não submetidas a inoculação receberam a mesma quantidade de solução em água.

As características estruturais e produtivas do pasto foram avaliadas a cada 35 dias, totalizando 12 amostragens. A altura do dossel foi determinada utilizando-se uma régua de plástico com 60 cm de comprimento, medindo-se cinco pontos aleatórios por

parcela, com posterior cálculo da média. Para o comprimento de lâmina foliar nos ciclos de corte, selecionavam-se cinco folhas jovens completamente expandidas por parcela experimental.

Para a determinação da matéria seca, a forragem verde coletada foi transportada em sacolas plásticas ao Laboratório de Forragicultura da Universidade Estadual de Montes Claros, campus Janaúba. As amostras foram pesadas, e logo após foram retiradas subamostras que foram separadas em lâmina foliar e colmo + bainha pré-secas. Esse material foi levado para estufa de ventilação forçada a 55°C para secagem, até atingir massa constante. Ao serem retiradas da estufa, foram pesadas, moídas e levadas à estufa, a 105°C, para obtenção da matéria seca definitiva. A massa obtida foi corrigida para área (hectare). As produções de matéria seca foram estimadas multiplicando-se a produção de matéria verde pelo teor de matéria seca. A relação lâmina/colmo foi obtida pelo quociente da produção de matéria seca de lâmina foliar e de colmo.

Com isso, determinou-se a produção de matéria seca (PMS, t ha⁻¹), a produção de matéria seca de folha (PMSF, t ha⁻¹) e de colmo (PMSC, t ha⁻¹), o teor de matéria seca (MS, %), o teor de matéria seca de folha (TMSF, %) e de colmo (TMSC, %), e a relação lâmina/colmo (RLC).

Para obtenção da composição químico-bromatológica, as amostras da planta inteira foram analisadas quanto ao teor de matéria seca (MS; INCT-CA G-003/1), proteína bruta (PB, INCT-CA M-001/1), Matéria Mineral (cinzas, INCT-CA N-001/1), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp; INCT-CA F-002/1), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (INCT-CA F-002/1).

A partir das avaliações das características estruturais, produtivas e bromatológicas, os dados obtidos foram utilizados para realização da análise multivariada.

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos a análise de variância, considerando-se como fontes de variação as estratégias de adubação, e testados a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. As variáveis foram estudadas utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

O modelo estatístico adotado para as análises foi:

$$Y_{ij} = \bar{m} + T_i + Bl_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que: Y_{ij} = variáveis dependentes; \bar{m} = média de todas as observações; T_i = efeito das estratégias de adubação, $i = 1, 2, 3, 4, 5$; Bl_j = efeito dos blocos, $j = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6 ; ε_{ij} = erro aleatório, normal e independente, distribuído com média 0 e variância σ^2 .

Para compreender a estrutura multivariada contida no conjunto original de dados, as análises univariadas foram complementadas com a análise estatística exploratória multivariada de agrupamento pelos métodos hierárquico e não-hierárquico, que permitiram uma avaliação em conjunto de todas as variáveis desejadas.

Utilizaram-se como variáveis as variações dos valores das características produtivas, estruturais e bromatológicas. Para aplicação das análises multivariadas, o conjunto de dados original foi padronizado de modo que cada descritor passou a ter média nula e variância unitária.

A análise de agrupamento por método hierárquico foi processada inicialmente por não se ter, *a priori*, nenhuma informação do número de grupos. Foi adotada a distância euclidiana como medida de semelhança e a ligação entre os grupos pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using arithmetic Averages*) (Sneath, Sokal, 1973).

A partir do número de grupos adotado na análise de agrupamento por método hierárquico, processou-se a análise de agrupamento por método não-hierárquico utilizando-se o algoritmo k-means (Hair et al., 2005), que complementa os resultados da análise anterior.

Todas as análises multivariadas foram processadas no *software* Past.

Resultados

Características estruturais e produtivas

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) das estratégias de adubação para todas as variáveis estruturais. Para a variável altura, as estratégias 60Az e 60AzN (média 38,38 cm) proporcionaram maior valor em relação às demais estratégias (média 27,08 cm). Para o comprimento de folha, a estratégia 60AzN proporcionou maior comprimento em

comparação à testemunha e à estratégia 30Az. A relação lâmina foliar:colmo foi superior nas estratégias 60Az e 60AzN (média 1,12) em comparação com as demais estratégias (média 0,86 cm) (Tabela 2).

TABELA 2. Altura (ALT, cm), comprimento da lâmina foliar (COMP, cm) e relação lâmina foliar:colmo (RLC) de capim-marandu submetido a diferentes estratégias de adubação.

Variáveis	Estratégias de adubação* (35 dias)						Pr**	EPM***
	SAzN	30Az	30AzN	60Az	60AzN			
Estruturais								
ALT	26,17 ^c	24,90 ^{bc}	30,17 ^b	40,73 ^a	36,80 ^a	<0,01	1,06	
COMP	7,21 ^c	8,69 ^b	9,34 ^{ab}	9,45 ^{ab}	9,83 ^a	0,03	0,21	
RLC	0,79 ^b	0,82 ^b	0,98 ^{ab}	1,11 ^a	1,12 ^a	<0,01	0,07	

*SAzN = 15 kg N ha⁻¹; 30Az = 30 L ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense*; 30AzN = 30 L ha⁻¹ de *A. brasilense* + 15 kg N ha⁻¹; 60Az = 60 L ha⁻¹ de *A. brasilense*; 60AzN = 60 L ha⁻¹ de *A. brasilense* + 15 kg N ha⁻¹.

**Pr = probabilidade.

***EPM = erro padrão da média.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si à de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para as variáveis produtivas, houve efeito significativo (P<0,05) das estratégias de adubação. Observa-se que, para teor de matéria seca, a testemunha foi superior à estratégia 60AzN. Para produção total e lâmina foliar seca, as estratégias 60Az e 60AzN (médias 765,82 kg ha⁻¹ e 381,84 kg ha⁻¹, respectivamente) foram superiores às demais estratégias (médias 542,58 kg ha⁻¹ e 240,49 kg ha⁻¹, respectivamente). Verifica-se que, para a variável colmo seco, a estratégia 60Az foi superior à testemunha e às estratégias 30Az e 30AzN (média 299,06 kg ha⁻¹). A estratégia 60AzN proporcionou maior incremento do teor de matéria morta em relação às demais estratégias (Tabela 3).

TABELA 3. Teor de matéria seca (MS, %), produção total (PT, kg ha⁻¹ de matéria seca), peso colmo seco (CS), matéria morta (MM) e lâmina foliar seca (LFS) de capim-marandu submetido a diferentes estratégias de adubação.

Variáveis	Estratégias de adubação* (35 dias)						Pr**	EPM***
	SAzN	30Az	30AzN	60Az	60AzN			
MS	56,20 ^a	52,64 ^{ab}	52,24 ^{ab}	51,93 ^{ab}	49,91 ^b	<0,01	1,42	
PT	422,50 ^c	584,82 ^b	620,43 ^b	794,47 ^a	737,17 ^a	<0,01	30,03	
CS	236,70 ^c	328,80 ^b	331,67 ^b	402,03 ^a	353,47 ^{ab}	<0,01	17,81	
MM	2,90 ^c	3,30 ^c	2,90 ^c	5,37 ^b	6,90 ^a	<0,01	0,21	
LFS	182,93 ^c	252,95 ^{bc}	285,59 ^b	386,96 ^a	376,72 ^a	<0,01	18,67	

*SAzN = 15 kg N ha⁻¹; 30Az = 30 L ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense*; 30AzN = 30 L ha⁻¹ de *A. brasilense* + 15 kg N ha⁻¹; 60Az = 60 L ha⁻¹ de *A. brasilense*; 60AzN = 60 L ha⁻¹ de *A. brasilense* + 15 kg N ha⁻¹.

** Pr = probabilidade.

***EPM = erro padrão da média.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si à de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Produtividade

Houve efeito significativo (P<0,05) das estratégias de adubação para as características produtivas anuais. A produção total foi superior na estratégia 60Az em relação às estratégias SAzN e 30Az. Para a variável matéria morta, a estratégia 60AzN foi superior às demais estratégias (média 36,05 kg ha⁻¹). O peso de colmo seco apresentou valor inferior na testemunha em relação às outras estratégias. A estratégia 60AzN apresentou maior peso de lâmina foliar seca em relação às estratégias SAzN e 30Az (Tabela 4).

TABELA 4. Produção total matéria seca (PT, kg ha⁻¹), peso de colmo seco (CS), matéria morta (MM) e peso de lâmina foliar seca (LFS) de capim-marandu submetido a diferentes estratégias de adubação.

Variáveis	Estratégias de adubação* (35 dias)						Pr**	EPM***
	SAzN	30Az	30AzN	60Az	60AzN			
PT	4224,67 ^d	5848,53 ^c	6203,78 ^{bc}	7945,03 ^a	7371,55 ^{ab}	0.00	353,79	
MM	28,00 ^c	31,70 ^c	30,67 ^c	53,82 ^b	68,98 ^a	0.00	2,06	
CS	2367,33 ^b	3287,35 ^a	3317,27 ^a	4021,68 ^a	3535,32 ^a	0.00	212,27	
LFS ANO	1829,32 ^d	2529,48 ^c	2855,87 ^{bc}	3767,23 ^{ab}	3869,58 ^a	0.00	224,63	

*SAzN = 15 kg N ha⁻¹; 30Az = 30 L ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense*; 30AzN = 30 L ha⁻¹ de *A. brasilense* + 15 kg N ha⁻¹; 60Az = 60 L ha⁻¹ de *A. brasilense*; 60AzN = 60 L ha⁻¹ de *A. brasilense* + 15 kg N ha⁻¹.

** Pr = probabilidade.

***EPM = erro padrão da média.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si à de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Características bromatológicas

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) das estratégias de adubação para as características bromatológicas (Tabela 5). Apesar do efeito positivo que o *Azospirillum* apresenta sobre as forrageiras, no presente trabalho observa-se que não houve diferença entre os tratamentos.

TABELA 5. Matéria seca (MS), proteína bruta da matéria seca (PB), lignina (LIG), fibra em detergente ácido (FDA), fibra digestível em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas da matéria seca (FDN) e cinzas do capim-marandu submetido a diferentes estratégias de adubação.

Variáveis Bromatológicas (%)	Estratégias de adubação* (35 dias)					Pr**	EPM***
	SAzN	30Az	30AzN	60Az	60AzN		
MS	50,49 a	54,69 a	53,43 a	48,49 a	51,71 a	0,08	1,55
PB	10,12 a	10,23 a	9,87 a	11,28 a	11,39 a	0,27	0,60
LIG	10,41 a	10,47 a	9,88 a	10,59 a	10,51 a	0,79	0,43
FDA	31,22 a	31,42 a	29,65 a	31,78 a	31,52 a	0,79	1,29
FDNcp	0,12 a	0,18 a	0,12 a	0,17 a	0,15 a	0,18	0,02
Cinzas	15,65 a	17,16 a	17,24 a	16,82 a	17,75 a	0,25	0,65

* SAzN = 15 kg N ha⁻¹; 30Az = 30 L ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense*; 30AzN = 30 L ha⁻¹ de *A. brasilense* + 15 kg N ha⁻¹; 60Az = 60 L ha⁻¹ de *A. brasilense*; 60AzN = 60 L ha⁻¹ de *A. brasilense* + 15 kg N ha⁻¹.

** Pr = probabilidade.

***EPM = erro padrão da média.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si à de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Análise multivariada

Os níveis hierárquicos foram estabelecidos e os cinco tratamentos foram agrupados em diferentes grupos homogêneos com base na similaridade expressa pela média euclidiana. A análise em conjunto de todas as variáveis das características produtivas e estruturais durante um ano possibilitou a construção do dendrograma resultante da análise de agrupamento por método hierárquico (Figura 1).

No dendrograma, observa-se primeiro a formação de dois grupos: um grupo (grupo 1) contendo o tratamento 1, sem uso da solução de AzBr, e outro grupo (grupo 2) contendo os tratamentos que utilizaram a solução de AzBr. Pode-se observar que o segundo grupo se divide em dois subgrupos, um com os tratamentos dois e três,

e outro grupo com os tratamentos quatro e cinco, demonstrando a similaridade entre tratamentos com a mesma dose de AzBr, sem efeito da adubação nitrogenada.

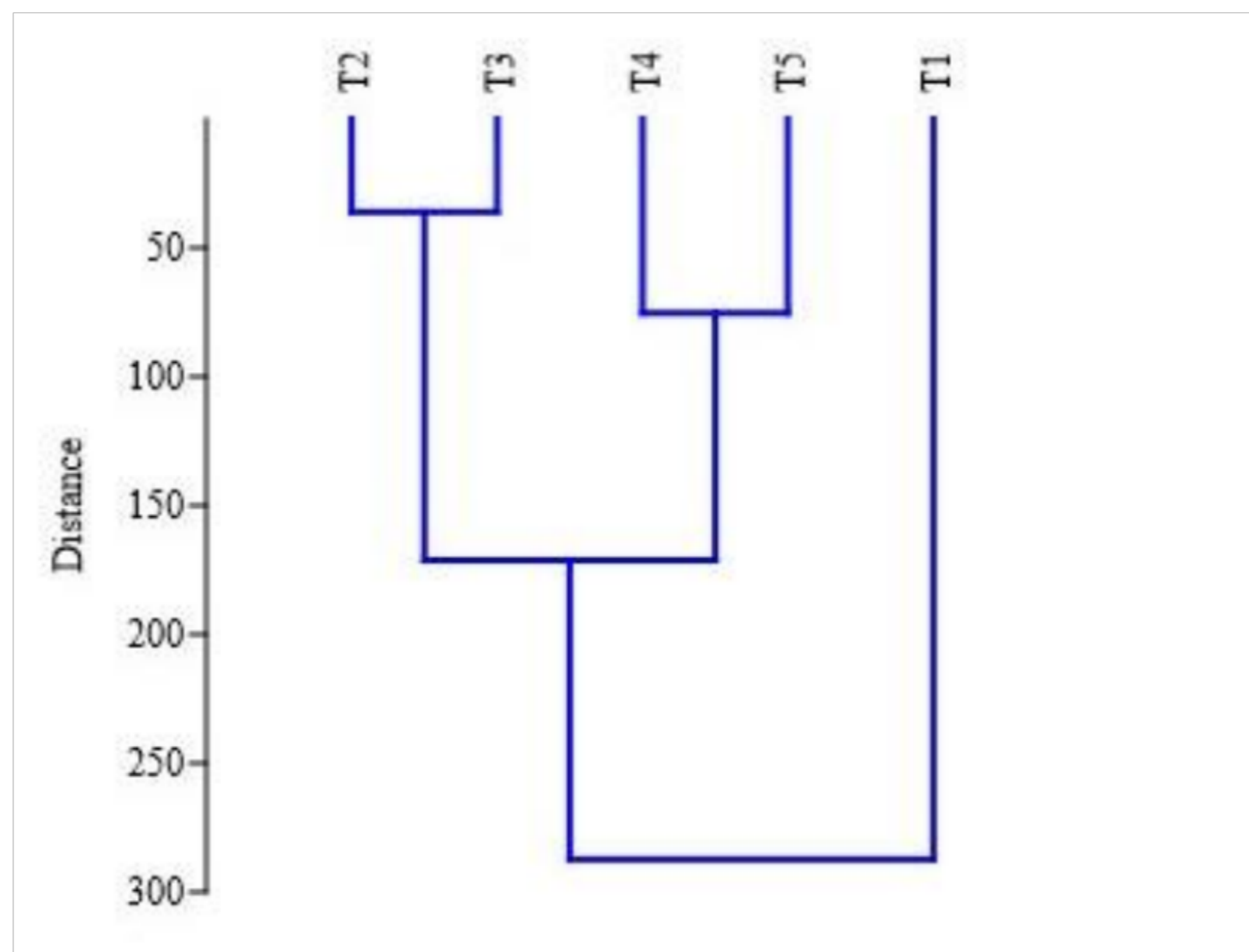


Figura 1. Dendrograma da análise de agrupamento por método hierárquico das avaliações das características estruturais e produtivas do capim-marandu submetido a solução de *Azospirillum brasilense*.

Prosseguindo com a análise dos resultados dos aglomerados com todas as características bromatológicas do capim-marandu, pode-se observar a formação de três grupos diferentes (Figura 2): o grupo um, constituído do tratamento um; o grupo dois, composto dos tratamentos dois, quatro e cinco; e o grupo três, com o tratamento três.

Realizando-se a partição do dendrograma (Figura 2) de maneira subjetiva, assumindo-se uma distância igual a 1,0, detectou-se a formação de dois subgrupos: o subgrupo I, representado pelos tratamentos quatro e cinco, e o subgrupo II, com o tratamento dois como seu componente único, confirmando assim que, no dendrograma feito para as características produtivas e estruturais, o tratamento um não foi semelhante a nenhum outro, bem como os tratamentos quatro e cinco apresentaram alto grau de similaridade entre si.

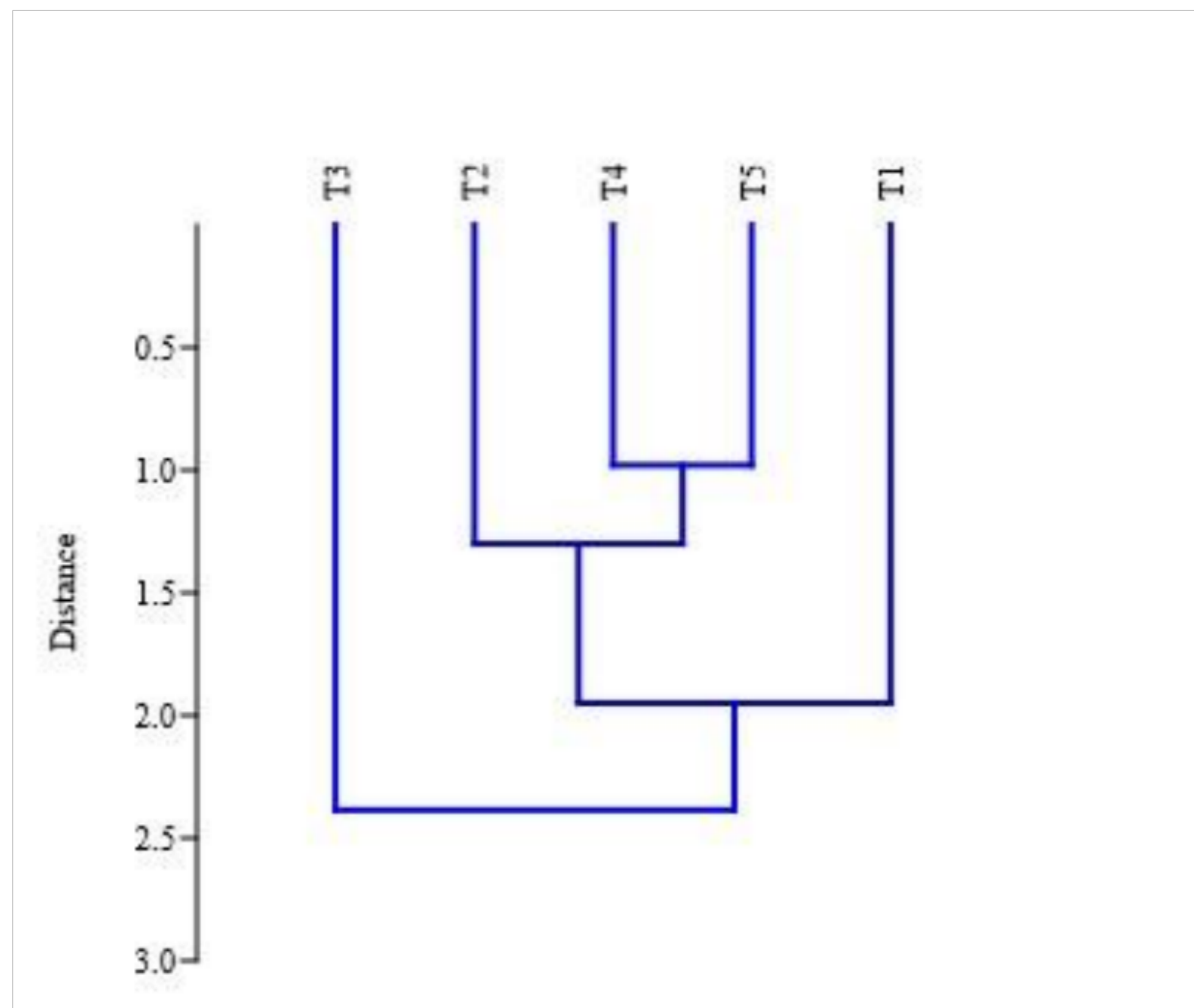


Figura 2. Dendrograma da análise de agrupamento por método hierárquico das avaliações das características bromatológicas do capim-marandu submetido a solução de *Azospirillum brasilense*.

Discussão

Observa-se que a associação de *A. brasilense* com o nitrogênio proporcionou resultados significativos para as características estruturais e produtivas. A variável altura está ligada diretamente à produção de massa verde, sendo influenciada pelo nitrogênio e pela relação lâmina foliar/colmo. Portanto, o nitrogênio disponibilizado pelas estratégias de adubação 60Az e 60AzN foi responsável pelo desenvolvimento do dossel, apresentando as maiores alturas. Esse fato é decorrente das funções desempenhadas pelo nitrogênio como componente estrutural de macromoléculas e enzimas, envolvidas no processo de fotossíntese e na respiração, melhorando assim o metabolismo da planta e seu crescimento (Magalhães, 2010).

Em estudos realizados com *U. decumbens*, Fernandes (2016) encontrou resultados positivos para altura das plantas utilizando *A. brasilense* associado a doses de nitrogênio. Magalhães et al. (2010) trabalharam com bactérias diazotróficas e verificaram aumentos significativos na altura das pastagens em comparação a plantas com somente adubação nitrogenada, demonstrando que a inoculação se destaca como uma alternativa promissora na substituição parcial ou total da adubação nitrogenada.

Pereira et al. (2015) observaram influência positiva da inoculação de *Azospirillum* spp. com a adubação nitrogenada (50 kg.ha^{-1}) em capim-marandu para comprimento da folha. No presente estudo, as estratégias de adubação 5AzN e 30Az não foram suficientes para se obter melhor comprimento de folha, justificando o uso da adubação nitrogenada associada a *A. brasilense*, comprovando o melhor resultado obtido na estratégia 60AzN. Esses resultados podem ser justificados pelo fato de o nitrogênio estimular a produção de novas células, resultando em aumento nas taxas de alongamento e alargamento de folhas e, conseqüentemente, em mudanças no tamanho final da folha (Souza, 2014).

O efeito proporcionado pelas estratégias de adubação 60Az e 60AzN demonstrou que a bactéria *A. brasilense* influencia no aumento da relação lâmina foliar/colmo. Essa influência pode ser atribuída à contribuição da bactéria em proporcionar maior desenvolvimento do sistema radicular, havendo assim aumentos significativos na absorção de nutrientes, o que implica maior participação de lâminas foliares (Barassi et al., 2008). A relação lâmina foliar/colmo é uma variável de grande importância para a avaliação das plantas forrageiras, pois quanto maior essa relação, melhor para os animais, uma vez que estes têm o hábito de consumir preferencialmente as folhas. Portanto, há um melhor proveito da pastagem, podendo apresentar maiores teores de proteína bruta (PB) e menores teores de fibra em detergente neutro (FDN) (Branco et al., 2012; Cardoso et al., 2015).

Existem na literatura trabalhos que demonstram correlação positiva entre a adubação nitrogenada e a produção de massa seca das gramíneas tropicais (Cabral et al., 2012; Costa et al., 2016). Apesar de outros trabalhos citarem benefícios da inoculação com *Azospirillum* na produção de matéria seca, neste estudo não foi observado tal efeito, corroborando assim os estudos de Bonadiman (2015). A inconsistência em trabalhos de inoculação com *Azospirillum* é bastante conhecida, e variações no ambiente, solo ou substrato, nas plantas e nos componentes da microflora são consideradas responsáveis por essa variação de respostas à inoculação entre diferentes experimentos (Dobbelaere et al., 2001).

Maiores quantidades de matéria seca da lâmina foliar e de colmo foram observadas nas estratégias de adubação 60Az, 60AzN e 60Az. Corroborando o presente trabalho, Guimarães et al. (2011) observaram resultados semelhantes em estudos feitos com capim-marandu em função da inoculação com estirpes de *Azospirillum* spp. Para o parâmetro massa seca de folhas, observaram maior massa seca no tratamento que recebeu

adubação completa. Neto et al. (2014) afirmam que a aplicação de *A. brasilense* apresenta desenvolvimento superior à testemunha, resultado que mostra a eficiência dessa bactéria em proporcionar aos vegetais grande acúmulo de massa seca. Esse comportamento se deve ao fato de o nitrogênio promover significativo aumento das reações enzimáticas e do metabolismo das plantas, proporcionando maior teor de clorofila nas folhas, aumentando assim a oferta de fotoassimilados que influenciam diretamente na produção de biomassa (Vitor et al., 2009).

De acordo com Alexandrino et al. (2005), o baixo acúmulo de massa seca de colmos das plantas forrageiras, na ausência de adubação nitrogenada, deve-se ao menor alongamento do colmo e ao baixo perfilhamento, sendo que a produção de massa seca de colmos e bainhas é componente relevante para a produção de forragem, pois colmos e bainhas são órgãos armazenadores de substâncias orgânicas nas gramíneas, o que pode interferir na capacidade de rebrota dos capins.

Com relação ao material morto, Santos (2017) não observou diferença significativa dos tratamentos sobre esse componente. Confrontando com o efeito observado no presente estudo, o maior teor foi encontrado na estratégia 60AzN.

O valor encontrado para a produção de matéria seca total anual na estratégia de adubação 60Az foi de 7945,03 kg ha⁻¹, aproximando-se dos valores estabelecidos pela Embrapa, de 8 a 20 toneladas de matéria seca por hectare/ano em solos de média a alta fertilidade para capim-marandu.

A cultivar Marandu possui características que a fazem predominar nas regiões semiáridas, com boa produção de forragem, de até 36 t/ha de Ms por ano. No entanto, possui particularidades tais como não suportar solos encharcados e ser recomendada para áreas de média e boa fertilização de solo. Apresenta também uma exigência hídrica anual ao redor de 700mm e suporta até cinco meses de seca no período de inverno. Devido à sua fácil adaptação e às suas características de boa produtividade e resposta à adubação nitrogenada, no Brasil existem cerca de 60 milhões de hectares de pastagens formadas com capim-marandu (Sá Medica et al., 2017).

Os teores observados para os componentes MS, PBMS, LIG_MS, FDAMS, FDNCPMS, MM_ASE, com valores médios de 51,76; 10,58; 10,37; 31,12 e 16,92, respectivamente, indicam manejo adequado da pastagem, uma vez que as análises foram realizadas na amostra composta de todos os cortes no período de um ano.

O teor de proteína bruta (PB) é um dos principais índices utilizados na avaliação do valor bromatológico de forragens. Segundo Burton (1998), as adubações, principalmente a nitrogenada, são responsáveis por aumentar a produção de MS, além de aumentar o teor de PB da forragem, o que contribui para a melhoria da sua composição química.

Os resultados de PB nesse sistema de manejo apresentaram resultados que variaram entre 9,87 e 11,39% na MS e estão acima da faixa adequada, como proposto por Van Soest (1994), que considera 7% na MS como o mínimo aceitável para o desenvolvimento da população de microrganismos ruminais e taxa de digestão de celulose. Valores abaixo podem levar ao aumento do tempo de retenção da forragem no rúmen. Apesar da não significância entre os tratamentos e o grupo controle, observou-se maior concentração de PB nos tratamentos que receberam maiores doses de *A. brasilense*.

Segundo Van Soest (1994), as gramíneas que apresentam valores superiores à faixa de 55% a 60% de FDN na matéria seca limitam o consumo de forragem pelo animal. O teor de FDN representa a fração química do volumoso que guarda mais estreita correlação com consumo, sendo que valores de constituintes de parede celular acima de 60% correlacionam-se negativamente com consumo de forragem (Mertens, 1987; Van Soest, 1965). Com relação aos teores de FDA, forragens com valores em torno de 30% (nível ideal para um bom consumo animal), ou menos, serão consumidas em altos níveis, enquanto aquelas com teores acima de 40%, em baixos níveis (Nussio et al., 1998).

O aumento do teor de lignina e outros compostos estruturais da parede celular tem correlação significativa e inversa com a digestibilidade e o aproveitamento de nutrientes pelos animais. Por ser um componente estrutural amorfo com função “cimentante” nas ligações dos compostos da parede celular, a lignina forma um complexo lignocelulósico, que reduz o acesso à celulose e à degradação microbiana (Silva, Queiroz, 2002).

Segundo Vogel et al. (2014), estudos demonstram que o uso do *A. brasilense* destaca-se como alternativa promissora na substituição parcial ou total da adubação nitrogenada. Desta forma, torna-se possível a redução da quantidade de fertilizantes nitrogenados aplicados, sem reduções significativas no acúmulo de massa de matéria seca e na altura de plantas. Embora os estudos apresentem resultados positivos, ainda há a necessidade de pesquisas que demonstrem sua viabilidade.

Na análise de *cluster*, os indivíduos são agrupados por serem semelhantes entre si, mas diferentes em relação a indivíduos pertencentes a outros grupos de acordo com características ou dados previamente conhecidos (Vicini, 2005; Yoshimitanaka et al., 2015).

Esse tipo de análise possibilita a formação de grupos homogêneos de acordo com a avaliação simultânea de várias características de interesse, podendo ser útil para agrupar modelos cujos resultados dos avaliadores de qualidade de ajuste sejam similares dentro de cada população (Silveira et al., 2010).

Segundo Freitas et al. (2005), a utilização da análise univariada é o melhor procedimento aplicado quando o conjunto de caracteres representa qualitativamente diferentes variáveis e não existe correlação entre elas. No entanto, quando um conjunto de dados exibe variáveis que são correlacionadas, deve-se pressupor multinormalidade e então realizar a análise multivariada. Desta forma, é indicado realizar a análise multivariada para as forrageiras, além da univariada, uma vez que as características são correlacionadas entre si.

A ideia de grupo funcional, associada às características estruturais, produtivas e bromatológicas, permite ao pesquisador melhor compreensão do desenvolvimento das plantas.

O agrupamento funcional apresenta elevado potencial de utilização para a avaliação de plantas forrageiras, permitindo melhor compreensão do padrão apresentado pelas gramíneas em relação ao crescimento e desenvolvimento (Rodrigues et al., 2012).

Conclusão

A inoculação de *Azospirillum brasilense* associada ou não com a adubação nitrogenada proporciona incrementos positivos para as características estruturais e produtivas do capim-marandu, e a melhor estratégia observada foi a de 60AzN.

O agrupamento funcional permite melhor compreensão do padrão apresentado pelas gramíneas em relação às características estruturais, produtivas e bromatológicas. Pode-se observar que o tratamento com *Azospirillum* é eficiente quando comparado ao tratamento sem o uso da solução de *A. brasilense* para as características estruturais e produtivas, enquanto que, para as características bromatológicas, os tratamentos com altas dosagens de *A. brasilense* com ou sem nitrogênio são mais eficientes.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Biomulti, por conceder a bactéria *Azospirillum*, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código 001.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

Referências

Agritempo, 2020. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. <http://www.agritempo.gov.br>. Accessed 10 Fev 2020.

Alexandrino, E., Nascimento Júnior, D., Regazzi, A.J., Mosquim, P.R., Rocha, F.C. and Souza, D.P., 2005. Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes, *Acta Scientiarum Agronomy*, 27, 1, 17-24.

Antunes, F.Z., 1986. Caracterização climática do estado de Minas Gerais, *Informe Agropecuário*, 12, 139, 9-13.

Barassi, C.A., Sueldo, R.J., Creus, C.M., Carrozzi, L.E., CasanovaS, W.M. and Pereira, M.A., 2008. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: F.D. Cassán, I. Garcia De Salamone (eds), *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina, Argentina, 2008, (Asociación Argentina de Microbiología), 49-59.

Barros Neto, C.R., 2008. Efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no rendimento de grãos de milho, (Graduação, Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG).

Benett, C.G.S., Yamashita, O.M., Koga, P.S. and Silva, K.S., 2008. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a diferentes tipos de adubação, *Revista de Ciências AgroAmbientais*, 6, 13-20.

Bonadiman, R., 2015. *Azospirillum brasilense* na produção e composição mineral da forragem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), (Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas).

Bosa, C.K., 2014. Capim Xaraés inoculado com bactérias diazotróficas associativas. (Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso).

Branco, A.F., Viana, K.B., Castañeda, R.D., Prohmann, P.E., Coneglian, S.M. and Mouro, G.F., 2012. Chemical composition and crude protein fractions of *Coastcross* grass under grazing on winter, spring and summer in Southern Brazil, *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 34, 2, 183-187.

Brown, R.H. and Blaser, R.E., 1965. Relationships between reserve carbohydrate accumulation and growth rate in orchard grass and tall fescue, *Crop Science*, 5, 6, 577-581.

Burton, G.W., 1998. Registration of Tifton 78 Bermuda grass, *Crop Science*, 28, 2, 187-188.

Byam, L. and Gumbs, F.A., 1975. Effect of irrigation and nitrogen on the dry matter and crude protein yields of 'Pangola' digitgrass, *Agronomy Journal*, 67, 365-369.

Cabral, W.B., Souza, A.L., Alexandrino, E., Toral, F.L.B., Santos, J.N. and Carvalho, M.V.P., 2012. Características estruturais e agronômicas da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés submetida a doses de nitrogênio, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 846-855.

Cardoso, J.M.S., Andrade, A.C., Magalhães, J.A., Rodrigues, B.H.N., Vieira, J.S., Fogaça, F.H.S., Mehl, H.U. and Costa, N.L., 2015. Fontes e doses de nitrogênio na produtividade do capim-marandu, *Pubvet*, 9, 8, 348-358.

Costa, K.A.P., Oliveira, I.P., Faquin, V., Silva, G.P. and Severiano, E.C., 2009. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio, *Ciência e Agrotecnologia*, 33, 06, 1578-1585.

Costa, N.D.L., Townsend, C.R., Fogaca, F.D.S., Magalhães, J.A., Santos, F.D.S. and Rodrigues, B.H.N., 2016. Rendimento de forragem e morfogênese de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob níveis de desfolhação nos cerrados de Roraima, Pubvet, 10, 4, 302-306.

Detmann, E., Souza, M.A., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., Berchielli, T.T., Saliba, E.O.S., Cabral, L.S., Pina, D.S., Ladeira, M.M. and Azevedo, J.A.G. (eds), 2012. Métodos para análise de alimentos, (Suprema, Visconde do Rio Branco).

Dias-Filho, M.B., Simão Neto, M.S. and Serrão, E.A.S., 1994. Cluster analysis for assessing the agronomic adaptation of *Panicum maximum* Jacq. Accessions, Pesquisa Agropecuária Brasileira, 29, 10, 1509-1516.

Difante, G.S., Nascimento Júnior, D., Silva, S.C., Euclides, V.P.B., Montagner, D.B., Silveira, M.C.T. and Pena, K.S., 2011. Características morfológicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte, Revista Brasileira de Zootecnia, 40, 5, 955-963.

Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D., Vanderleyden, J., Dutto, P., Labandera-Gonzalez, C., Caballero-Mellado, J., Aguirre, J.F., Kapulnik, Y., Brener, S., Burdman, S., Kadouri, D., Sarig, S. and Okon, Y., 2001. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*, Australian Journal of Plant Physiology, 28, 871-879.

Döbereiner, J., 1992. History and new perspectives of diazotrophs in association with non-leguminous plants, Symbiosis, 13, 1-13.

Domingues Neto, F.J., Yoshimi, F.K., Garcia, R.D. and Domingues, M.C.S. Influência de *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento vegetativo, produção de forragem e acúmulo de massa seca da aveia preta, Enciclopédia Biosfera, 10, 18, 2013-2019.

Fernandes, J.S., 2016. *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na *Brachiaria decumbens*, (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Grande Dourados).

Ferreira, D.F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system, Ciência e Agrotecnologia, 35, 6, 1039-1042.

Flores, R.S., Euclides, V.P.B., Abrão, M.P.C., Galbeiro, S., Difante, G.S. and Barbosa, R.A., 2008. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 08, 1355-1365.

Freitas, A.R., Santos, P.M. and Thorton, B., 2005. Análise multivariada da variância versus análise univariada: uma aplicação em forrageiras. In: *Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Goiânia-GO, 2005.

Freitas, P.V.D.X., Tomazello, D.A., Ismar, M.G., Romualdo, T.T.B.A.F., Maciel, Â.A.L.P., Firmino, A.E. and Souza A.F., 2019. Produção de gramíneas forrageiras inoculadas com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada, *Revista Científica Rural*, 21, 2, 31-46.

Gastal, F. and Lemaire, G., 2015. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: review of the underlying ecophysiological processes, *Agriculture*, 5, 4, 1146-1171.

Gimenes, F.M.A., Barbosa, H.Z., Gerdes, L., Giacomini, A.A., Batista, K., Mattos, W.T., Premazzi, L.M. and Miguel, A.N.V., 2017. The utilization of tropical legumes to provide nitrogen to pastures: a review, *African Journal of Agricultural Research*, 12, 2, 85-92.

Guimarães, S.L., Bonfim-Silva, E.M., Polizel, A.C. and Campos, D.T.S., 2011. Produção de Capim-Marandu inoculado com *Azospirillum* spp., *Enciclopédia Biosfera*, 7, 13, 816 -826.

Hair, J.F. et al., 2005. Análise multivariada de dados. Trad. Adonai S. Sant'Anna e Anselmo C. Neto, (Bookman, Porto Alegre).

Hanisch, A.L., Córdova, U.A., Rech, A.F. and Rosa, J.L., 2015. Produção de forragem e valor nutritivo de fluva sob intervalos de corte, *Scientia Agraria*, 16, 1, 19-26.

Hanisch, C., Loellhoeffel, T., Diekmann, J., Markley, K.J., Haselrieder, W. and Kwade, A., 2015. Recycling of lithium-ion batteries: a novel method to separate coating and foil of electrodes, *Journal of Cleaner Production*, 108, 301-311.

Harris, W., 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In: Proceedings of the Symposium on Plant Relations in Pastures, Brisbane, 1976, (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization).

Hungria, M., 2011. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo, (Embrapa Soja, Londrina).

Hungria, M., Campo, R.J. and Mendes, I.C., 2007. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro, (Embrapa Soja, Londrina).

Hungria, M., Campo, R.J., Souza, E.M. and Pedrosa, F.O., 2010. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil, *Plant and Soil*, 331, 1, 413-425.

Hungria, M., Nogueira, M.A. and Araujo, R.S., 2016. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 221, 125-131.

Jolliffe, I.T., Allen, O.B. and Christie, B.R., 1989. Comparison of variety means using cluster analysis and dendrograms, *Experimental Agriculture*, 25, 259-269.

Lemaire, G., Hodgson, J. and Chabbi, A., 2011. Grassland productivity and ecosystem services, (Cabi, Wallingford).

Magalhães, J.A., 2010. Características morfogênicas e estruturais, produção e composição bromatológica de gramíneas forrageiras sob irrigação e adubação, (Tese de Mestrado, Universidade Federal do Ceará).

Malavolta, E., 2006. Manual de nutrição mineral de plantas, (Ceres, São Paulo).

Martuscello, J.A., Jank, L., Gontijo Neto, M.M., Laura, V.A. and Cunha, D.N.F.V., 2009. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 1183-1190.

Medica, J.A.S., Reis, N.S. and Santos, M.E.R., 2017. Caracterização morfológica em pastos de capim-marandu submetidos a frequências de desfolhação e níveis de adubação. *Ciência Animal Brasileira*, 18, 13, e-40460.

Mertens, D.R., 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function, *Journal of Animal Science*, 64, 5, 1548-1558.

Mesquita, P., Silva, S.C., Paiva, A.J., Caminha, F.O., Pereira, L.E.T., Guarda, V.D. and Nascimento Júnior, D., 2010. Structural characteristics of marandu palisadegrass swards subjected to continuous stocking and contrasting rhythms of growth, *Scientia Agricola*, 67, 01, 23-30.

Moreira, F.M.S., Silva, K., Nóbrega, R.S.A. and Carvalho, F., 2010. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações, *Comunicata Scientiae*, 1, 2, 74-99.

Murphy, J.P., Cox, T.S. and Rodgers, D.M. 1986. Cluster analysis of red winter wheat cultivars based upon coefficients of parentage, *Crop Science*, 26, 672-676.

Nabinger, C., 1996. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: A.M. Peixoto et al. (Eds.). *Produção de bovinos a pasto*. In: *Anais do Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, 13, 1996, Piracicaba.

Nabinger, C. and Carvalho, P.F.C., 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para sustentabilidad, *Agrociencia*, 13, 18-27.

Nussio, L.G., Manzano, R.P. and Pedreira, C.G.S., 1998. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: *Anais do Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, 15, Piracicaba, 1998, 203-242.

Pereira, T.P., Gomes, M.B. and Carneiro, R.D.C., 2015. Morfogênese do Capim-Marandu submetido à inoculação de *Azospirillum* e adubação nitrogenada, *Interdisciplinar: Revista Eletrônica da UNIVAR*, 14, 2, 6-10.

Rodrigues, C.S., Nascimento Júnior, D., Detmann, E., Silva, S.C., Sousa, B.M.L. and Silveira, M.C.T., 2012. Grupos funcionais de gramíneas forrageiras tropicais, *Revista Brasileira Zootecnia*, 41, 6, 1385-1393.

Santos, G.V., 2017. Avaliação do capim Jiggs submetido à inoculação com *Azospirillum brasilense* e bioestimulante, (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina).

Santos, M.R., Fonseca, D.M., Gomes, V.M., Silva, S.P., Silva, G.P. and Castro, M.R.S., 2012. Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos de capim-braquiária, *Ciência Animal Brasileira*, 13, 1, 49-56.

Silva, D.J. and Queiroz, A.C., 2002. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos, (UFV, Viçosa).

Silveira, M.C.T., Nascimento Júnior, D., Silva, S.C., Euclides, V.P.B., Montagner, D.B., Sbrissia, A.F., Rodrigues, C.S., Sousa, B.M.L., Pena, K.S. and Vilela, H.H., 2010. Morphogenetic and structural comparative characterization of tropical forage grass cultivars under free growth, *Scientia Agricola*, 19, 2, 136-142.

Sneath, P.H.A. and Sokal, R.R., 1973. *Numeric taxonomy: the principles e practice of numerical classification*, (W. H. Freeman, San Francisco).

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

Ruggieri, A.C., Favoretto, V. and Malheiros, E.B., 1994. Características de crescimento de produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* (hochst) stapf. cv. marandu em função de níveis de nitrogênio e regimes de corte, *Boletim de Indústria Animal*, 51, 2, 149-155.

Van Soest, P.J., 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake relation to chemical composition and digestibility, *Journal of Animal Science*, 24, 3, 834-843.

Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant, (Cornell University Press, New York).

Vicini, L., 2005. Análise multivariada da teoria à prática, (Universidade Federal de Santa Maria, CCNE, Santa Maria).

Vitor, C.M.T., Fonseca, D.M., Cóser, A.C., Martins, C.E., Nascimento Júnior, D. and Ribeiro Junior, J.I., 2009. Produção de Matéria Seca e Valor Nutritivo de Pastagem de Capim-elefante sob Irrigação e Adubação Nitrogenada, Revista Brasileira Zootecnia, 38, 3, 435-442.

Vogel, G.F., Martinkoski, L., Martins, P.J. and Bichel, A., 2013. Desempenho agrônômico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão, Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, 6, 3, 567-578.

Yoshimitanaka, O., Drumond Júnior, M., Cristo, E.B., Spedo, S.M. and Pinto, N.R.S., 2015. Uso da análise de *clusters* como ferramenta de apoio à gestão no SUS, Revista Saúde e Sociedade, 1, 24, 34-45.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *Azospirillum brasilense* contribui de forma positiva para o desenvolvimento e a produção do capim-marandu.