



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**RENDIMENTO E VALOR NUTRICIONAL DE
SILAGEM DE SORGO INOCULADA COM
*Azospirillum brasilense***

JUCINÉIA FERNANDES SOUZA

2023

JUCINÉIA FERNANDES SOUZA

RENDIMENTO E VALOR NUTRICIONAL DE SILAGEM DE SORGO INOCULADA COM
Azospirillum brasilense

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.

Orientador
Prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira

Janaúba
2023

Souza, Jucinéia Fernandes

S725r

Rendimento e valor nutricional de silagem de sorgo inoculada com *Azopirillum
brasiliense* [manuscrito] / Jucinéia Fernandes Souza. – 2023.
55 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade
Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2023.

Orientador: Prof. D. Sc. João Paulo Sampaio Rigueira.

1. Nutrição Animal. 2. Silagem. 3. Sorgo. I. Rigueira, João Paulo Sampaio. II.
Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 636.08552

FOLHA DE APROVAÇÃO

25/04/2023, 16:09

SEI/GOV MG - 62751024 - Declaração



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Universidade Estadual de Montes Claros

Mestrado em Zootecnia

Declaração - UNIMONTES/PRPG/PPGZ - 2023

Montes Claros, 21 de março de 2023.

Declaramos que os Pesquisadores abaixo listados participaram como membros da Comissão de Defesa de Dissertação de Mestrado da acadêmica Jucinéia Fernandes Souza, CPF 078.401.066.84, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes, Campus Janaúba, realizada em 20 de março de 2023.

Titulo da dissertação: “Rendimento e valor nutricional de silagem de sorgo inoculado com *Azospirillum brasilense*”

Membros da Banca Examinadora:

Dr. João Paulo Sampaio Rigueira/ Presidente/ UNIMONTES

Dr. Flávio Pinto Monção/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque / Membro Interno/ UFMG

Dra. Leidy Darmony de Almeida Rufino/ Membro Externo/ EPAMIG

O curso é reconhecido e Homologado pelo CNE (Portaria MEC Nº 1.077- DOU de 13/09/2012 - Parecer CES/CNE 277/2007, 17/01/2008) Renovação do Reconhecimento: (RESOLUÇÃO SEDECTS Nº 15, de 14 DE MARÇO 2019, D.O.MG de 26/03/2019).



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Sampaio Rigueira, Professor(a)**, em 21/03/2023, às 11:04, 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, Professor(a)**, em 22/03/2023, às 06:08, 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 **Leidy Darmony de Almeida Rufino, Usuário Externo**, em 24/03/2023, às 09:08, 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 **Vicente Ribeiro Rocha Junior, Professor(a)**, em 17/04/2023, às 08:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

A vós, meus Senhores, homens do pensamento e da ciência, peregrinos da verdade, exploradores dos diversos ramos da ciência e do saber, do homem e do universo, a vós que vos submeteis à fadiga da observação, do pensamento, da investigação, a fim de que o homem seja cada vez mais homem e encontre na natureza o meio para o seu próprio desenvolvimento, a vós eu peço que trabalheis pela justiça, pelo amor, pela paz.

(São João Paulo II)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora por estarem sempre comigo, me guiando e iluminando cada passo meu. A meus irmãos, Gilson e Eliana; minha mãe, Maria, e meu pai, Júlio, minha sobrinha Diulha Fernanda, meu esposo Nilson e ao meu filho Gabriel, por todo amor e carinho dedicados a mim, por serem meu porto seguro e meu alicerce.

A professora Dr.^a Cinara da Cunha Siqueira Carvalho, pelo acolhimento e incentivo durante essa jornada, que em alguns anos era considerada impossível por mim, mas suas palavras de incentivo iluminaram novamente a minha vida acadêmica, e esse sonho se tornou real. Minha eterna gratidão por irradiar luz na minha vida e permitir a missão de fazer Ciências com as potencialidades do nosso Sertão de Minas Gerais, com a pecuária, uma atividade que carrega a história da minha família. Deixo aqui a dedicação aos nobres boiadeiros que desbravaram, que honraram a missão, na melodia de Tião Carreiro:

*“Sou boiadeiro, minha gente, o que é que há? / Deixe o meu gado passar
Vou cumprir com a minha sina / Lá na baixada, quero ouvir a seriema
Pra lembrar de uma pequena / Que eu deixei lá em Minas”*

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira, pelo profissionalismo, pela competência, pela qualidade de ensino, pela paciência com as minhas inúmeras dificuldades pessoais e acadêmicas, pela dedicação, pela orientação de excelência. Sou imensamente grata, por sua participação na minha trajetória, uma referência de profissionalismo para minha carreira acadêmica.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Flávio Pinto Monção, pelo acolhimento sempre com entusiasmo e com a nobre frase: “Só alegria”! Minha gratidão por iluminar e abrir as portas para um trabalho com ênfase à pesquisa desenvolvida por Johanna Dobereiner, que é uma referência da nossa Agronomia para a promoção de sustentabilidade.

A minha amiga Mérida, a Ariadne, a Isadora, a Erika Mendes e a João Paulo por todo o apoio e amizade durante o mestrado.

À Universidade Estadual De Montes Claros e ao Programa de Pós-graduação, pela formação e pelo ensino. E a todos os professores da pós-graduação por contribuírem com minha formação.

Aos funcionários da Fazenda experimental da UNIMONTES e aos alunos da iniciação científica que contribuíram na execução do trabalho. Muito obrigada por tudo!!

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA | 8 |
| RESUMO GERAL..... | 9 |
| GENERAL ABSTRACT | 10 |
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 13 |
| 2.1 Características do semiárido | 13 |
| 2.2 Cultura do Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)..... | 14 |
| 2.3 Processo fermentativo da silagem | 15 |
| 2.4 <i>Azospirillum</i> brasilense | 16 |
| 3 REFERÊNCIAS | 19 |
| 4 CAPÍTULO 1 Rendimento e valor nutricional de silagem híbrida de sorgo inoculada com <i>Azospirillum</i> brasilense..... | 23 |
| RESUMO | 24 |
| ABSTRACT | 25 |
| 4.1 INTRODUÇÃO | 26 |
| 4.2 MATERIAL E MÉTODOS | 27 |
| 4.3 RESULTADOS | 37 |
| 4.4 DISCUSSÃO | 41 |
| 4.5 CONCLUSÃO | 45 |
| 4.6 AGRADECIMENTO | 45 |
| 4.7 REFERÊNCIAS | 46 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 48 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Características estruturais, produtivas e químicas de diferentes híbridos de sorgo adubados com <i>Azospirillum brasilense</i> associado ou não com ureia no momento da ensilagem | 49 |
| Tabela 2. Perfil fermentativo da silagem de híbridos de sorgo adubados com <i>Azospirillum brasilense</i> associado ou não com ureia | 50 |
| Tabela 3. Composição química e digestibilidade da silagem de híbridos de sorgo adubados com <i>Azospirillum brasilense</i> associado ou não com ureia | 51 |
| Tabela 4. Cinética ruminal da matéria seca da silagem de híbridos de sorgo adubados com <i>Azospirillum brasilense</i> associado ou não com ureia | 52 |
| Tabela 5. Cinética ruminal da fibra em detergente neutro da silagem de híbridos de sorgo adubados com <i>Azospirillum brasilense</i> associado ou não com ureia | 53 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** *Scree Plot* dos autovalores correspondentes a cada um dos 7 componentes principais com variância superior a 0,8%53
- Figura 2.** Representação esquemática do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes principais das variáveis dependentes analisadas nos diferentes híbridos de sorgo54

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista *Journal of Applied Animal Research*.

Link: <https://www.tandfonline.com/journals/taar20>

RESUMO GERAL

Souza, Jucinéia Fernandes. **Rendimento e valor nutricional de silagem de sorgo inoculada com *Azospirillum brasilense***. 2023. 42p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

Visando intensificar a pecuária em regiões semiáridas, torna-se imprescindível a conservação de volumosos na forma de silagem para suplementar o *deficit* forrageiro na época seca. Dentre as culturas indicadas destaca-se o sorgo, que requer menos água em comparação ao milho. Objetivou-se avaliar cinco híbridos de sorgo (Volumax, 201813B, 201814B, 201709B, BRS716) associados ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada (N) sobre a produtividade, o perfil fermentativo e o valor nutricional das silagens. Cinco híbridos de sorgo foram avaliados com três estratégias de adubação nitrogenada utilizando Ureia, *Azospirillum brasilense* e a associação Ureia/*A. brasilense*. O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 3 (cinco híbridos e três estratégias de adubação) com três repetições. Não houve interação dos fatores híbridos de sorgo e estratégias de adubação nitrogenada sobre as características estruturais, produtivas e químicas da planta de sorgo *in natura*. Os híbridos de sorgo biomassa apresentaram produção de matéria seca superior ao forrageiro Volumax. Não houve diferença entre as silagens dos híbridos de sorgo sobre o pH, perdas por gases, recuperação da matéria seca, concentração de ácido acético, ácido propiônico e etanol. Os híbridos de sorgo biomassa 201709B e BRS 716 apresentaram melhor produtividade de MS digestível.

Palavras-chave: nutrição animal, pecuária, *Sorghum bicolor*

Guidance Committe: Prof. João Paulo Sampaio Rigueira - Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Adviser); Prof. Flávio Pinto Monção - Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Co-adviser).

GENERAL ABSTRACT

Souza, Jucinéia Fernandes. **Yield and nutritional value of hybrid sorghum silage inoculated with *Azospirillum brasilense***. 2023. Xp. Dissertation (Master in Animal Science) -State University of Montes Claros, Janaúba, MG.¹

In order to intensify livestock in semi-arid regions, it is essential to conserve roughage in the form of silage to supplement the forage deficit in the dry season. Among the crops indicated, sorghum stands out, which requires less water compared to maize. The objective was to evaluate five sorghum hybrids (Volumax, 201813B, 201814B, 201709B, BRS716) associated or not with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization (N) on productivity, fermentation profile and nutritional value of silages. Five sorghum hybrids were evaluated with three strategies of nitrogen fertilization using Urea, *Azospirillum brasilense* and the association Urea/A. brazilian. The design was in randomized blocks in a 5 x 3 factorial scheme (five hybrids and three fertilization strategies) with three replications. There was no interaction between the sorghum hybrid factors and nitrogen fertilization strategies on the structural, productive and chemical characteristics of the fresh sorghum plant. The biomass sorghum hybrids showed higher dry matter production than the forage Volumax. There was no difference between silages of sorghum hybrids on pH, gas losses, dry matter recovery, concentration of acetic acid, propionic acid and ethanol. The biomass sorghum hybrids 201709B and BRS 716 showed better digestible DM productivity.

Keywords: animal nutrition, livestock, *Sorghum bicolor*.

1 INTRODUÇÃO GERAL

As mudanças climáticas provocam alterações nos cenários e sinalizam inúmeros desafios em regiões semiáridas, tornando-as mais áridas e afetando a fisionomia e a distribuição vegetal (SALAZAR, 2007). Isso pode reduzir a produção animal, importante atividade socioeconômica para as famílias do semiárido, uma vez que a criação de bovinos, caprinos e ovinos destinados à produção de carne e leite é exercida por toda extensão do semiárido.

Diante das adversidades que as mudanças climáticas podem ocasionar, as possibilidades de sucesso da criação de ruminantes no semiárido estão articuladas em forrageiras com potenciais de produção e adaptação aos eventos edafoclimáticas, principalmente do *deficit* hídrico (CÂNDIDO et al., 2013). O principal fator limitante para a pecuária no semiárido está relacionada à disponibilidade de quantidade e qualidade de alimentos forrageiros, sendo a estacionalidade na produção um grande entrave para o desempenho animal ao longo do ano.

Nesse contexto, o sorgo (*Sorghum bicolor* (L). Moench) é uma forrageira que apresenta potencialidades para a alimentação animal no semiárido. Para o sorgo, tanto a maior capacidade de extrair água do solo quanto a maior eficiência na utilização podem ser atribuídas à maior taxa de exploração de volume de solo pelo sistema radicular e às características morfológicas e fisiológicas da planta. Outra característica do sorgo é tolerância moderada a estresse salino de solos ou da água, com capacidade adaptativa diferenciada em relação a outras culturas (Aquino et al., 2007). Esses caracteres e rotas fotossintéticas tornam essa planta altamente competitiva pelos recursos do ambiente. Na alimentação de ruminantes pode ser aplicada na forma *in natura*, silagem, feno, na produção de grãos, e ainda na forma de pastejo direto para os animais (BUSO et al., 2011).

No cultivo do sorgo, assim como das demais forrageiras, usa-se adubação nitrogenada de modo a potencializar a produção de matéria seca. No entanto, o aumento desse insumo no mercado tem tornado limitado seu uso devido ao alto custo. Visando minimizar a utilização de adubos químicos, pesquisas têm sido desenvolvidas para identificar e inocular bactérias com capacidade de fixar nitrogênio atmosférico. A utilização de bactérias diazotróficas na fixação de nitrogênio pode ser uma opção na redução da dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos, e, além disso, uma prática para

redução do elevado custo econômico e ambiental do processo industrial de fixação de nitrogênio (REIS JÚNIOR et al., 2008).

As bactérias do gênero *Azospirillum* foram descobertas no fim da década de 70, e estudos sobre o uso dessas bactérias na cultura do sorgo e em outras culturas têm sido desenvolvidos com o objetivo de reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA, 2011).

Com base no exposto, o presente trabalho objetivou avaliar híbridos de sorgo associado ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada sobre a produtividade, perfil fermentativo e valor nutricional da silagem produzida.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do Semiárido

O semiárido Brasileiro estende-se pelos nove estados da região Nordeste e também pelo norte de Minas Gerais. No total, ocupa 12% do território nacional e abriga cerca de 28 milhões de habitantes. Os critérios utilizados para delimitação do semiárido são precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e percentual diário de *deficit* hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (CGEE, 2016).

O semiárido é caracterizado pela deficiência hídrica, com chuvas irregulares e escassas, o clima é quente e seco, e 90% de suas águas não são aproveitadas em virtude da evaporação e do escoamento superficial (Cruz et al., 2018). A natureza do semiárido é diversa e a caatinga ocupa a sua maior parte, sendo o único bioma exclusivamente brasileiro.

A produção animal é uma das atividades socioeconômicas mais importantes do semiárido brasileiro, a criação de ruminantes destinados à produção de leite e carne é praticada ao longo de toda a sua extensão. A pecuária contribui com a produção de alimento e exerce grande importância para geração de empregos, abastece o mercado interno e tem grande relevância nas exportações brasileiras (Mesquita et al., 2020).

Apesar da notoriedade dada à ovinocaprinocultura, em termos quantitativos, os bovinos são o principal rebanho da área do semiárido brasileiro. A região Nordeste possui cerca de 13,3% do efetivo bovino do Brasil e, no semiárido brasileiro, mesmo com a limitação na disponibilidade de pastagens, principalmente nos períodos de escassez de forragens, a região detém aproximadamente 58,1% do rebanho bovino do Nordeste (Mesquita et al., 2020).

Pensando em produção forrageira para alimentação animal, os agroecossistemas do semiárido são caracterizados por apresentarem limitações ao desenvolvimento produtivo, devido às adversidades edafoclimáticas e à ausência de tecnologias adequadas (Castro, 2012). As condições edafoclimáticas diminuem a produção da pecuária porque a maior parte dos rebanhos é criada em manejo extensivo, sendo a principal fonte alimentar oriunda das plantações da caatinga. No que se refere à alimentação animal, 70% das espécies botânicas da caatinga participam da dieta dos caprinos, ovinos e bovinos e outros animais herbívoros.

Os outros 30% apresentam mecanismos de defesa como pelos, espinhos e compostos antinutricionais que limitam o uso direto na alimentação. Entretanto, muitas dessas plantas, quando passam por processos de desidratação ou fermentação, constituem em importantes recursos forrageiros. A vegetação nativa da caatinga só tem elevado potencial forrageiro quando preservada a sua diversidade botânica.

Visando a intensificação da pecuária nessas regiões, torna-se imprescindível a conservação de volumosos principalmente na forma de silagem objetivando-se suplementar o *deficit* forrageiro na época seca do ano. Dentre as culturas mais indicadas destacam-se o sorgo e o milheto.

2.2 Cultura do Sorgo (*Sorghum bicolor*)

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma planta monoica pertencente à família Poaceae. É uma espécie basicamente autógama, com flores perfeitas e taxa de polinização cruzada causada principalmente pelo vento. Sua origem é, provavelmente, na África Central, na região da Etiópia e Sudão, entre 5 e 7 mil anos, de onde se propagou por vários países, levado por nativos que migravam. O testemunho histórico mais antigo é uma escultura no palácio de Sena Querib, em Nínive, Assíria, 700 a.C. (Pinho e Vasconcelos, 2002).

Devido a sua capacidade de adaptação, tolerância a temperaturas elevadas e por possuir características xerófilas, seu cultivo apresenta grande potencial em regiões com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão. Esse diferencial é importante em sistemas de produção em regiões semiáridas que não disponham de irrigação (Oliveira et al., 2002) e com precipitação inferior a 600 mm anuais (Santos, 2003). Isso é possível porque o sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico, e reiniciar o crescimento quando a água se torna disponível (Magalhães e Durães, 2003). Essa situação ocorre, provavelmente, pelo acúmulo de fotoassimilados pouco utilizados no período de estresse, que ficam disponíveis para estimular o crescimento quando a água se torna novamente disponível (Donatelli et al., 1992).

Outra característica que favorece a maior eficiência na absorção da água do solo e a tolerância à seca é o sistema radicular profundo e ramificado da planta. Quando comparado ao milho, o sorgo é mais tolerante a temperaturas altas e menos tolerante a temperaturas baixas. As cultivares de sorgo disponíveis para silagem no Brasil são classificadas como

forrageiras e de duplo propósito (para a produção de forragem e de grãos). As cultivares forrageiras têm alto potencial de produção de matéria verde, com produtividades variando de 50 a 70 t ha⁻¹; já as cultivares de duplo propósito têm porte menor, com produtividade de 40 a 55 t ha⁻¹ (Miranda e Pereira, 2006). As plantas de menor porte tendem a aumentar a participação de panículas na matéria seca, o que interfere positivamente no valor nutritivo da silagem (Araújo et al., 2002).

Assim, as cultivares de duplo propósito, geralmente, possuem melhor qualidade nutricional, devido à maior participação de grãos na silagem. O rendimento forrageiro do sorgo e o valor nutritivo das cultivares são características que devem ser levadas em consideração na escolha do tipo de sorgo a ser cultivado; porém, tais características são altamente influenciadas pelas condições ambientais da região de cultivo (Portugal et al., 2003).

2.3 Processo fermentativo da silagem

A ensilagem é um processo de conservação de forragens baseado na fermentação anaeróbica do material picado e compactado no silo. Ao longo desse processo, ocorre a conversão de carboidratos solúveis em ácidos orgânicos por microrganismos, principalmente bactérias acidoláticas. O metabolismo dessas bactérias resulta em queda do pH e conservação do material, prevenindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis como bactérias do gênero *Clostridium* (Pereira e Reis, 2001).

Podemos dividir o processo fermentativo em quatro etapas. A primeira engloba o período de abastecimento até o fechamento e vedação do silo, em que a respiração celular e a proteólise são as principais reações envolvidas. O consumo de carboidratos solúveis pelos microrganismos aeróbicos resulta na rápida exaustão do oxigênio. A etapa subsequente é caracterizada pelas condições de anaerobiose, interrompendo a respiração das células vegetais e a atuação de microrganismos aeróbicos. O produto da fermentação são os ácidos graxos voláteis, principalmente o láctico, além de etanóis, CO₂ e outros compostos em menores proporções. Essa fase cessa com a estabilização da massa ensilada quando o pH alcança valores entre 3,8-4,2 (Pahlow et al., 2003). Quando a redução do pH não ocorre satisfatoriamente, a presença de altos teores de ácidos orgânicos, como o acético e o butírico, como também o alto teor de nitrogênio solúvel e amônia, indicam menor qualidade fermentativa (Pahlow et al., 2003).

Com a abertura do silo para utilização da silagem, teremos a exposição ao oxigênio novamente. A exposição do material ao oxigênio desencadeará a atuação em série de microrganismos que elevam o *status* de degradação. Dentre os microrganismos presentes, destacam-se as leveduras que, devido à maior tolerância a pH baixo e capacidade de utilizar o ácido láctico como substrato, permitem condição adequada para o crescimento dos demais microrganismo com perda da estabilidade aeróbica das silagens. Essa é determinada em laboratório quando a temperatura da silagem eleva em 2 graus Celsius a temperatura ambiente.

Diversos fatores influenciam o potencial de perda em todo o processo de ensilagem de modo que as perdas podem ser classificadas como evitáveis e inevitáveis. Perdas inevitáveis são atribuídas às reações como atividade celular de respiração bioquímica da fermentação e produção de efluentes, podendo representar até 10% da MS estocada. Já as evitáveis são oriundas de ações que agregam amplitude às perdas inevitáveis, devido a ineficiência dos processos, falhas ou negligenciamento das operações de confecção e aberturada dos silos (Pahlow wt al., 2003).

Os teores de matéria seca, digestibilidade *in vitro* da matéria seca, pH, conteúdos de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT) e a concentração de ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico e láctico) são os parâmetros rotineiramente avaliados para a determinação da qualidade fermentativa de uma silagem. A determinação dos teores das frações fibrosas (fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e lignina) também se tornam importantes na qualidade da silagem, pois influenciam o consumo e a digestibilidade do alimento (Van Soest, 1994).

2.4 *Azospirillum brasilense*

O *Azospirillum brasilense* foi descoberto no início da década de 70 pelas pesquisas realizadas por Johanna Dobereiner e pesquisadores da Embrapa Agrobiologia. Essas bactérias fazem parte de um gênero de bactérias promotoras de crescimento de plantas de vida livre (BPCP) (Hungria, 2016).

O gênero *Azospirillum* compreende bactérias diazotróficas (capaz de assimilar o nitrogênio atmosférico), apresentando potencialidades de uso como biofertilizantes que podem ser usados na reabilitação e sustentabilidade dos diversos tipos de ecossistemas, visto que apresentam eficiência na fixação de nitrogênio, além de formação de colonização

em raízes de várias plantas com contribuição para o desenvolvimento da planta. Este gênero de bactérias pode promover aumento na produtividade agrícola mundial com atributos de sustentabilidade (Moreira, 2007).

Há vários estudos com gênero *Azospirillum*, sendo as bactérias isoladas de raízes de mais de 100 espécies de plantas. Também podem ser aplicadas em raízes de plantas que não apresentam histórico de colonização com *Azospirillum*, melhorando o processo de fixação de nitrogênio e aumentando a produtividade de outras culturas, como as forrageiras que são utilizadas na alimentação animal e, além disso, na redução do uso de fertilizantes e recuperação de áreas degradadas (Basham et al., 2004).

Nesse sentido, vários trabalhos de pesquisas com *Azospirillum* têm revelado resultados no aumento na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes por plantas, uma vez que tais bactérias otimizam a produção de forrageiras e propiciam redução no uso de fertilizantes nitrogenados (Hungria, 2011).

A associação de *Azospirillum* com forrageiras tem apresentado bons resultados em diversos estudos, sendo o grupo de microrganismos fixadores de nitrogênio mais estudado, porque, além de fixar nitrogênio, elas podem sintetizar fito-hormônios, estimulam o crescimento das raízes das plantas e solubilizam fosfato inorgânico (Cassán et al., 2011).

Os bons resultados da aplicação do *Azospirillum* no cultivo de forrageiras está relacionado a mecanismos únicos ou combinados, a síntese de fitormônios que proporciona o crescimento da planta, desenvolvimento das raízes que otimiza o processo de absorção de nutrientes e água (Ardakani et al., 2011).

Esses benefícios que o *Azospirillum* proporciona na planta aumenta a biomassa da raiz, a ramificação e o aumento na densidade de pelos radiculares, fisionomia botânica que potencializa a tolerância ao *deficit* hídrico. Com esse atributo o *Azospirillum* pode ser uma ótima alternativa para o cultivo de forrageiras com sustentabilidade e uma prática para o cultivo com desafios hídricos, como em regiões semiáridas (Lopes et al., 2011).

Em estudos recentes com o *Azospirillum* em regiões semiáridas tem-se evidenciado que algumas estirpes de *Azospirillum* podem proteger a planta de estresses bióticos, ativados por mecanismos de defesa como resistência patogênica e estresses abióticos por meio da tolerância sistêmica. Tais estudos constataram que o gênero *Azospirillum* promove nas plantas mecanismos que auxiliam na desintoxicação do estresse oxidativo (Bashan e DeBashan, 2010; Fukami et al., 2018)

Ressalta-se que quando o processo de absorção de nutrientes e água realizados pela planta ocorre com eficiência, é notável que promove uma transformação nos tecidos vegetais, assim altera a parede celular e as concentrações de conteúdo celular (Wilson, 1993). Dessa forma, as bactérias do gênero *Azospirillum* podem gerar alterações morfológicas e histológicas, podendo afetar a concentração de proteína bruta, carboidratos solúvel, energia e outros, contribuindo para a nutrição de ruminantes e elaboração de silagens com bons índices zootécnicos (Skonieski et al., 2017).

3 REFERÊNCIAS

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, J.S.; SOUZA, G.A. de; BONA FILHO, A. Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos. 4.ed. São Paulo: Nobel, 2002. 395p.

ARAÚJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J. A.S.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C. Avaliação agronômica de três híbridos de sorgo (BR 700, BR 701 e MASSA 03) colhidos em cinco diferentes estádios de maturação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife, PE. Anais... Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

ARDAKANI, M.R.; MAFAKHERI, S. 2011. Designing a sustainable agroecosystem for wheat (*Triticum aestivum* L.) production. *Journal of Applied Environmental Biological Sciences* 1:181-197

BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L.E. 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth a critical assessment. *Advances in Agronomy* 108:77-136. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. Review: *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997- 2003). *Canadian Journal of Microbiology*, v.50 p.521-577, 2004

CASSÁN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; LUNA, V. (2011) Basic and technological aspects of phytohormone production by microorganisms: *Azospirillum* sp. as a model of plant growth promoting rhizobacteria. In: Maheshwari DK (Ed.) *Bacteria in Agrobiolgy: plant nutrient management*. Berlin, Springer. p.141-182.

CASTRO, C.N. 2012. A agricultura no nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. Ipea. Brasília, Rio de Janeiro. 43p.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS CGEE. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília, DF: 2016, 252 p.

CRUZ, G.C.; RIBEIRO, E.M.; GALIZONI, F.M. SEMIÁRIDO, SECA E “GERAIS” DO NORTE DE MINAS: uma revisão da bibliografia sobre o Alto-Médio São Francisco. Revista de geografia agrária, v. 13, n. 31, p. 29-56, dez., 2018.

DONATELLI, M.; HAMMER, G.L.; VANDERLIP, R.L. Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. Crop Science, Madison, v.32, p.781-786, 1992.

FUKAMI, J.; CERZINI, P.; HUNGRIA, M.; 2018. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. AMB Express. 8(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1>

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. 2016. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. AMB Express 6:1-13. <https://doi.org/10.1186/s13568-015-0171-y>

HUNGRIA, M. *Azospirillum*: Um velho novo aliado. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150694/1/Mariangela-HungriaAzospirillum-Fertbio.pdf>. Londrina, PR, 2016

LOPES, M. S.; ARAUS, J. L.; VAN HEERDEN, P. D. R.; FOYER, C. H. 2011. Enhancing drought tolerance in C4 crops. Journal of Experimental Botany, 62:3135-3153. <https://doi.org/10.1093/jxb/err105>

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Ecofisiologia da produção de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. (Comunicado técnico, 87)

MESQUITA, P.D.O.S.S.; CAVALCANTE, L.; MILHORANCE, C.; NOGUEIRA, D.; ANDRIEU, N. 2020. Importância dos programas voltados aos agricultores familiares nos períodos de seca e frente à necessidade de adaptação às mudanças climáticas no Semiárido brasileiro.

Desenvolvimento e Meio Ambiente. 55: 599-618. DOI:
<http://dx.doi.org/10.5380/dma.v55i0.72974>.

MIRANDA, J.E.C.; PEREIRA, J.R. Tipos de sorgo para silagem. Juiz de Fora: Embrapa 2006. (Instrução técnica para o produtor de leite, 51).

MOREIRA, M. Emprego de técnicas moleculares na taxonomia e em estudos sobre ecologia e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares. In: SILVEIRA, A.P.D; FREITAS, S.S. Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2007.

NEUMANN, M.J.; RESTLE, D.C.; ALVES FILHO, I.L; BRODANI, L.G.; PELLEGRINI, G.; FREITAS, A.K. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.31, n.1, p.293-301, 2002. Suplemento.

OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, R. de P.; CRUZ, C.D.; PERREIRA, A.V.; BOTREL, M. de A.; PINHO, R.G.V.; RODRIGUES, J.A.S.; LOPES, F.C.F.; MIRANDA, J.E.C. de. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.31, n.2, p.883-889, mar./abr. 2002. Suplemento.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) Silage science and technology. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.31-94.

PEREIRA, J. R. A.; REIS, R. A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, v.1, p.64-86, 2001.

PINHO, R.G.VON.; VASCONCELOS, R.C. Cultura do sorgo. Lavras: UFLA, 2002.

PORTUGAL, A.F.; ROCHA, V.S.; SILVA, A.G. da; PINTO, G.H.F.; PINA FILHO, O.C. Fenologia de cultivares de sorgo no período de verão e rebrota na safrinha. Revista Ceres, Viçosa, v.50, n.289, p.325-336, 2003.

SANTOS, F.G. Cultivares de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. (Comunicado Técnico, 77).

SKONIESKI, F. R.; VIÉGAS, J.; MARTIN, T. N.; NÖRNBERG, J. L.; MEINERZ, G. R.; TONIN, T. J.; BERNHARD, P.; FRATA, M. T. 2017. Effect of seed inoculation with *Azospirillum* brasilense and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. Revista Brasileira de Zootecnia 46:722-730. <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017000900003>.

SOEST, P.J. VAN. Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

WILSON, J. R. 1993. Organization of forage plant tissues. p. 1-32. In: Forage cell wall structure and digestibility. American Society of Agronomy, Madison, USA. <https://doi.org/10.2134/1993.foragecellwall.c1>

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Rendimento e valor nutricional de silagem de híbridos de sorgo inoculados com *Azospirillum brasilense*

Jucinéia Fernandes Souza ¹, João Paulo Sampaio Rigueira*¹,

¹ Department of Animal Science and Technology, State University of Montes Claros, Avenue Reinaldo Viana, 2630, Janaúba, Minas Gerais, Brazil

***Corresponding Author: João Paulo Sampaio Rigueira**

Tel: +55-38-999200-9600, Fax: +55- 38-3821-2756, E-mail: joao.rigueira@unimontes.br

ORCID
<https://orcid.org/0000-0001-8706-192X>

26

27 **Rendimento e valor nutricional de silagem de híbridos de sorgo inoculados com**

28 ***Azospirillum brasilense***

29

30 **Destaques**

31 - Os híbridos de sorgo biomassa tiveram maior produção de matéria seca em relação
32 ao Volumax.

33 - *Azospirillum brasilense* pode ser utilizado como uma estratégia de fertilização
34 nitrogenada.

35 - A inoculação do sorgo com *Azospirillum brasilense* durante o plantio não modificou o
36 perfil fermentativo das respectivas silagens.

37

38 **RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar híbridos de sorgo associados ou não com
39 *Azospirillum brasilense* e fertilização nitrogenada (N) durante o plantio sobre a produção, o
40 perfil fermentativo, e o valor nutricional das respectivas silagens. Cinco híbridos de sorgo
41 (Volumax, 201813B, 201814B, 201709B BBR5716) foram avaliados com três estratégias de
42 fertilização nitrogenada utilizando-se ureia (100 kg ha⁻¹de N), *Azospirillum brasilense*, e ureia
43 (100 kg ha⁻¹de N) em associação com *A. brasilense*. Utilizou-se um esquema factorial 5 x 3
44 em blocos casualizados, sendo cinco híbridos de sorgo, três estratégias de fertilização e três
45 repetições (blocos). A área útil de cada unidade experimental foi de 3 m x 3 m. Os híbridos
46 de sorgo biomassa tiveram maior produção de matéria seca (PMS) (P=0,01), sendo 48,31%
47 superior à produção do Volumax (média de 17,49 t ha⁻¹ de matéria seca). Não houve
48 diferença entre as silagens dos híbridos de sorgo para os valores de pH (média de 4,11:
49 p=0,68) e perdas por gases (média de 3,74% de MS; p=0,19). Os híbridos de sorgo biomassa

50 201709B e BRS 716 obtiveram maior produtividade e digestibilidade da matéria seca.
51 *Azospirillum brasilense* pode ser utilizado como estratégia de fertilização nitrogenada em
52 substituição parcial ou total da ureia.

53

54 **Palavras-chave:** bactérias diazotróficas, fertilização nitrogenada, digestão ruminal,
55 semiárido, sorgo biomassa
56

57 **ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate sorghum hybrids associated or not
58 associated with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization (N) during planting on the
59 yield, fermentative profile, and nutritional value of the respective silages. Five sorghum
60 hybrids (Volumax, 201813B, 201814B, 201709B, BRS716) were evaluated with three
61 nitrogen fertilization strategies using urea (100 kg ha⁻¹ of N) and *Azospirillum brasilense*, and
62 urea (100 kg ha⁻¹ of N) in association with *A. brasilense*. A randomized block design was used
63 in a 5 x 3 factorial scheme, with five hybrids, three fertilization strategies and three
64 replications (blocks). The useful area of each experimental unit was 3 m x 3 m. The biomass
65 sorghum hybrids showed production of dry matter (DM) ($P=0.01$), 48.31% higher than the
66 DM production of the Volumax forage (mean of 17.49 t ha⁻¹ of dry matter). There was no
67 difference between the sorghum hybrid silages in the pH values (mean of 4.11; $P=0.68$), gas
68 losses (mean of 3.74% of DM; $P=0.19$). The sorghum hybrids biomass 201709B and BRS 716
69 showed better digestibility and DM productivity. *Azospirillum brasilense* can be used as a
70 nitrogen fertilization strategy in partial or total replacement of urea.

71

72 **Keywords:** Diazotrophic bacteria, Nitrogen fertilization, Ruminal kinetics, Semi-arid,
73 Sorghum biomass

74

75

76

77

Introdução

78

79

80

81

82

83

Mudanças nas condições climáticas e deficiências na disponibilidade de água impõem grandes limitações para o setor agrícola, particularmente em regiões semiáridas (Sabertanha et al., 2021). Plantas forrageiras que toleram variações nas condições ambientais e possuem menor exigência de água são necessárias para manutenção da sustentabilidade agrícola e produção animal nessas áreas (Behling Neto et al., 2017; Ribas et al., 2021; Souza et al., 2021; Queiroz et al., 2022).

84

85

86

87

88

89

Dentre as forrageiras com potencial para alimentação animal, o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) destaca-se, requerendo 53% menos água (McCorkle et al., 2007) comparado ao milho (principal fonte de energia), tornando-se uma importante cultura em regiões semiáridas. Diferente do milho, o sorgo rebrota após o corte, o que proporciona uma segunda colheita (Yosef et al., 2009), aumenta a produtividade e reduz o custo de produção de matéria seca por hectare.

90

91

92

93

94

95

De acordo com Organização mundial de alimentos e agricultura - FAO (2019), 40,07 milhões de hectares são cultivados com diferentes tipos de sorgo no mundo. Os continentes Americano (38,3%) e Africano (39%) juntos respondem por 77,3% da produção mundial (57,9 milhões de toneladas). No Brasil, aproximadamente 817,9 mil hectares têm sido cultivados com sorgo anualmente, sendo utilizados principalmente para produção de grãos e forragem para alimentação animal (Conab, 2020).

96

97

98

No Brasil, para reduzir o custo com alimentação animal, especialmente nos sistemas de produção intensivos, a busca por forrageiras com elevada produção de massa por hectare e com bom valor nutricional tem sido o objetivo de estudo em várias instituições. Entretanto,

99 estudos avaliando a produtividade e o valor nutricional de híbridos de sorgo para silage em
100 condições semiáridas ainda são escassos.

101 A ureia tem sido comumente utilizada como fonte de nitrogênio (N) na agricultura.
102 Todavia, o custo de aquisição deste tem-se elevado nos últimos anos. Fontes alternativas de
103 N com objetivo de reduzir os custos com a fertilização nitrogenada tem sido estudadas, com
104 destaque para o uso de bactérias da espécie *Azospirillum brasilense* que fixa o N atmosférico
105 no solo, favorecendo o crescimento da planta (Andrade et al., 2019; Paiva et al., 2021). O
106 processo de ensilagem é considerado uma metabiose, com competição e sucessão de grupos
107 de microrganismos durante o processo de fermentação. O aumento na população de
108 *Azospirillum* modifica a flora epifítica e, conseqüentemente, pode influenciar o processo
109 fermentativo das respectivas silagens. Nós hipotetizamos que o uso do *Azospirillum*
110 *brasilense* pode substituir parcialmente ou totalmente a ureia como fonte nitrogenada para
111 híbridos de sorgo cultivados em regiões semiáridas.

112 Com base no exposto, objetivou-se avaliar híbridos de sorgo associado ou não com
113 *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada sobre a produtividade, o perfil fermentativo
114 e o valor nutricional das respectivas silagens.

115

116

Material e Métodos

117

Localização do Experimento

118 O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Unimontes, no município de
119 Janaúba (coordenadas geográficas: 15° 52'38 "S, 43° 20'05" W) por dois anos (2018/2019;
120 2019/2020). De acordo com Köppen-Geiger (1928), o clima da região é do tipo BSh com
121 chuvas de verão e períodos de seca bem definidos no inverno. A precipitação média anual é
122

123 de 800 mm, com temperatura média de 27 °C. O clima é tropical mesotérmico, quase
124 megatérmico devido à altitude, subúmido e semiárido, com chuvas irregulares, causando
125 longos períodos de seca (Antunes, 1994). Os dados climáticos referentes ao período
126 experimental podem ser visualizados na Figura 1.

127

128 *Manejo da área experimental*

129 O experimento foi realizado em uma área de (50 m x 100 m) com diferentes híbridos de
130 sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), em solo eutrófico vermelho-amarelo com as seguintes
131 características químicas: pH em CaCl₂, 6.4; P (Mehlich), 21.2 mg dm⁻³; K (Mehlich), 110 mg
132 dm⁻³; Na (Mehlich), 0.3 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ 3.9 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ 1.1 cmolc dm⁻³; Al³⁺ 0.0
133 cmolc dm⁻³; H + Al (acetate de cálcio 0.5 mol L⁻¹), 1.2 cmolc dm⁻³; soma de bases 5.5 cmolc
134 dm⁻³; capacidade de troca catiônica, 6.7 cmolc dm⁻³; and saturação de bases (V), 80%. As
135 amostras do solo foram coletadas para análises 70 dias antes do plantio.

136

137 *Tratamentos e delineamento experimental*

138 Cinco híbridos de sorgo (Volumax, 201813B, 201814B, 201709B, BRS716) associados
139 com três estratégias de fertilização usando ureia (100 kg ha⁻¹ of N), *Azospirillum brasilense* e
140 associação ureia (100 kg ha⁻¹ of N) / *A. brasilense*. Dentre os genótipos de sorgo avaliados, o
141 Volumax é de aptidão forrageira e os demais são classificados como biomassa. Foi utilizado o
142 delineamento em blocos casualizados em esquema factorial 5 x 3, com cinco híbridos, três
143 estratégias de fertilização e três repetições. A variação entre as diferentes glebas de solo foi
144 utilizada como fator de blocagem. A área útil de cada unidade experimental foi de 9 m².

145

146

147 *Plantio e manejo dos híbridos de sorgo*

148 Os sorgos foram plantados com sementes doadas pela Embrapa milho e sorgo. Uma
149 aração e duas gradagens foram realizadas como preparo do solo, antes do plantio, para
150 uniformização da área. Durante a fase de plantio, aplicou-se adubo NPK (04-30-10) para
151 atender às exigências da cultura (250 kg ha⁻¹). Foi utilizada a irrigação aérea por aspersão
152 (vazão 0.6 m³/hora; 11.93 mm/hora; alcance de 4 metros (raio) por duas horas). A
153 frequência de irrigação ocorreu em função da umidade do solo com base na
154 evapotranspiração diária de referência (7 mm). O controle de plantas daninhas e insetos
155 foram realizados por meio de aplicação de herbicidas e inseticidas à base de atrazina e
156 deltametrina, respectivamente, utilizando-se pulverizador acoplado ao trator.

157 Os híbridos foram semeados manualmente, em profundidade de 0,03 m, observando-se
158 espaçamento entre linhas de 0,70 m, e taxa de semente de 12 kg ha⁻¹ de acordo com a
159 recomendação do fabricante. A adubação nitrogenada via ureia foi realizada, a lanço, aos 30
160 dias após a semeadura, com aplicação única de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio.. Após a aplicação
161 do fertilizante, a cultura recebeu uma lâmina de água por 2 horas para minimizar as perdas
162 por volatilização.

163 A pulverização do *Azospirillum brasilense* foi feita após quatro dias da fertilização
164 nitrogenada, com objetivo de não interferir com o adubo nitrogenado. Utilizou-se o *A.*
165 *brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 concentração de 2 x 10⁸ UFC mL⁻¹. A aplicação do inoculante foi
166 feita diretamente na linha de plantio com vazão de 40 litros por hectare.

167

168 *Mensuração das características estruturais e da produtividade*

169 As mensurações e a colheita dos diferentes híbridos de sorgo foram realizadas quando
170 os grãos estavam no estágio pastoso (Volumax) e leitoso (Biomassa). A altura das plantas foi

171 mensurada em cinco pontos por parcela utilizando-se uma trena graduada em centímetros,
172 no momento da colheita de cada híbrido, medindo-se do solo até a inserção do limbo foliar
173 da última folha das plantas. Após a florescência, foi realizado o corte das plantas
174 manualmente a 15 cm acima do solo a fim de determinar a produção de matéria verde
175 (PMV) por área. A PMV foi estimada com base no número e no espaçamento entre linhas. As
176 amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C por 72 horas. A
177 produção de matéria seca foi estimada com base na PMV multiplicada pelo teor de matéria
178 pré-seca (MS).

179

180 *Confecção da silagem*

181 A ensilagem dos diferentes híbridos de sorgo foi feita em silos experimentais de
182 policloreto de vinila (PVC) com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro. No fundo dos silos, foi
183 adicionada uma camada de 10 cm de areia seca (400g), que foi separada da forragem para
184 quantificação do efluente produzido.

185 O material resultante de cada tratamento foi depositado nos silos e compactado com
186 pilão de madeira. A densidade das silagens foi de 550 kg m⁻³, com aproximadamente 4 kg de
187 material picado de cada forragem fresca adicionada aos silos, seguindo recomendação de
188 Sucu et al. (2016). Após o enchimento, os silos foram fechados com tampas de PVC
189 equipadas com válvulas de Bunsen, selados com fita adesiva e pesados. Os silos foram
190 condicionados em temperatura ambiente no laboratório de forragicultura e abertos após
191 120 dias de ensilagem.

192

193

194

195 *Perdas fermentativas*

196 As perdas de matéria seca nas silagens, sob as formas de gases e efluentes, foram
197 quantificadas por diferença de peso de acordo com Jobim et al. (2007). Para a perda por
198 efluente, foi utilizada a equação 1.

$$199 \quad E = (Pab - Pen) / (MVfe) \times 1000 \quad \text{(Equação 1)}$$

200 onde:

201 E: produção de efluentes (kg/tonelada de massa verde); Pab: peso do conjunto (silo +
202 tampa + areia úmida + espuma) na abertura (kg); Pen: peso do conjunto (silo + tampa + areia
203 seca + espuma) na ensilagem (kg); MVfe: massa verde de forragem ensilada (kg).

204 A perda de matéria seca na forma de gases foi calculada pela diferença entre o peso
205 bruto da matéria seca ensilada inicial e final, em relação à quantidade de MS ensilada,
206 descontados o peso do conjunto silo e areia seca, conforme a equação (2):

$$207 \quad G = [(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] \times 100 / [(PCen - Pen) * MSen] \quad \text{(Equação}$$

208 2)

209 Em que:

210 G: perdas por gases (% MS); PCen: peso do silo cheio na ensilagem (kg); Pen: peso do
211 conjunto (silo + tampa + areia seca + espuma) na ensilagem (kg); MSen: teor de matéria seca
212 da forragem na ensilagem; PCab: peso do silo cheio na abertura (kg); MSab: teor de matéria
213 seca da forragem na abertura. A recuperação da MS para cada silo foi calculada com base no
214 peso inicial e final de MS das forragens e silagens conforme Jobim et al. (2007).

215

216 *Determinação do pH e do nitrogênio amoniacal*

217 A determinação do pH e ácidos orgânicos (Pryce, 1969) foram realizadas nos sucos
218 das silagens obtidos usando prensa mecânica. O pH foi medido com potenciômetro (DM-22,

219 Digimed, São Paulo, SP, Brasil). Os ácidos orgânicos foram determinados por cromatografia
220 líquida (Shimadzu® Prominence System modelo 20A, Kyoto, Japão) equipado com detector
221 UV-Vis ajustado para 210 nm, injetor automático calibrado para 5 µL de volume de amostra
222 e 300 x Coluna Rezex™ ROA-Ácido Orgânico + 7,8 mm (Phenomenex) mantido a 60 °C em
223 estufa. Os analitos foram diluídos com 2,5 mM de H₂SO₄ a uma taxa de fluxo de 0,6 mL min⁻¹.
224 Padrões externos foram usados para fins quantitativos de calibração.

225

226 *Composição química e cinética ruminal*

227 Uma parte das silagens foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C.
228 Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de malha com
229 crivos de 1 mm de diâmetro para análises laboratoriais e em peneira com crivos de 2 mm de
230 diâmetro para incubação *in situ*. As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria
231 seca (INCT-CA G-001/2 e G-003/2), proteína bruta e fração solúvel (INCT-CA N-001/2),
232 extrato etéreo (INCT-CA G-004/2), e cinzas (INCT-CA M-001/2), fibra em detergente neutro
233 (FDN; INCT-CA F-001/2) e a fibra em detergente ácido (INCT-CA F-003/2), com as devidas
234 correções para cinzas (INCT-CA M-002/2) e proteínas (INCT-CA N-004/2), fibra em
235 detergente neutro indigestível (FDNi) (INCT-CA F-008/2), teores de compostos nitrogenados
236 insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA), lignina (INCT-CA F-
237 005/2) e os carboidratos não fibrosos, seguindo as recomendações descritas em Detmann et
238 al. (2021). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado de acordo com NRC
239 (2001).

240 Para o ensaio de cinética ruminal, seguiu-se a metodologia (Método G-009/1)
241 descrita por Detmann et al. (2021). Foram utilizados dois novilhos mestiços canulados no
242 rúmen, com peso corporal médio de 500 ± 30 kg e idade média de 8 anos. Os animais foram

243 adaptados por 14 dias à dieta contendo 4 kg de concentrado (25% PB e 65% NDT), dividido
244 em duas refeições, pela manhã e tarde, além do fornecimento de volumoso à base de
245 silagem de sorgo. A relação volumoso:concentrado da dieta foi de 80:20 com base na MS.
246 Foram fornecidos também água e sal mineral *ad libitum*. O consumo de MS dos animais foi
247 estimado em 2,3% do peso corporal, e as médias de pH e nitrogênio amoniacal ruminal, no
248 momento da incubação, foram de 6,98 e 13,04 mg/dL, respectivamente.

249 A técnica de degradabilidade *in situ* foi realizada usando sacos de tecido não tecido
250 de 7,5 x 15 cm (TNT, peso 100) com porosidade aproximada de 60 μm , de acordo com Casali
251 et al. (2009). O número de amostras foi determinado a partir da razão de 20 mg de MS.cm⁻²
252 de área de superfície do saco (Nocek, 1988).

253 As amostras foram depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12,
254 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrado à
255 cânula. Os sacos referentes ao tempo zero não foram incubados no rúmen, mas foram
256 lavados em água corrente, à semelhança dos sacos incubados. Todas as amostras foram
257 retiradas e lavadas em água fria, visando paralisação da fermentação ruminal.
258 Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufas a 55 °C durante 120 horas e após,
259 resfriado em dessecador e pesados. Os resíduos remanescentes nos sacos de tecido não
260 tecido (TNT), recolhidos no rúmen foram analisados quanto aos teores de MS e FDN
261 conforme metodologia supracitada. A porcentagem de degradação foi calculada pela
262 proporção de alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal.

263 Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de
264 Gauss-Newton, por meio do software SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC), conforme a
265 equação proposta por Detmann et al. (2021): $D_t = A + B \times (1 - e^{-c \times t})$, em que: Y = degradação
266 acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo t; a = intercepto de curva de

267 degradação quando $t = 0$, que corresponde à fração solúvel em água do componente
268 nutritivo analisado; b = potencial da degradação da fração insolúvel em água do
269 componente nutritivo analisado; $a + b$ = degradação potencial do componente nutritivo
270 analisado quando o tempo não é fator limitante; c = taxa fracional de degradação (h^{-1}); t =
271 tempo de incubação. Depois de calculados, os coeficientes a , b e c foram aplicados à
272 equação proposta por Detmann et al. (2021): $DE=a+(b \times c/c+k)$, em que: DE = degradação
273 ruminal efetiva do componente nutritivo analisado; k = taxa de passagem de partículas no
274 rúmen estimadas em $5\% h^{-1}$ (AFRC, 1993).

275

276 Análises de componentes principais

277 Uma análise de componentes principais (PCA) foi realizada para melhor compreender
278 a natureza da relação entre as variáveis estudadas e as variáveis independentes. Para esta
279 análise, foram consideradas 31 características estudadas. A partir da matriz de correlação
280 entre as características, os dados foram submetidos à PCA, na qual as variáveis foram
281 padronizadas para média igual a zero e variância igual a um. Uma matriz de correlação foi
282 usada em vez de uma matriz de covariância (Johnson & Wichern, 2007). O método proposto
283 por Kaiser (1960) foi utilizado para selecionar quais componentes principais simplificavam
284 melhor a variabilidade presente no conjunto de dados e para compor as demais análises e
285 interpretações. Neste método, valores próprios iguais ou superiores a um (1) foram
286 mantidos, uma vez que as variáveis originais também apresentam variância igual a um, após
287 serem padronizadas. Para as variáveis a serem comparadas, novas variáveis padronizadas
288 foram criadas a partir das originais, como segue: $V_p=(V-x)/\sigma$,

289 Onde:

290 V_p = nova variável ponderada;

291 V= variável observada;
 292 x= média das observações da variável original;
 293 σ = desvio padrão da variável observada.

294 Na PCA, cada componente principal (Y_i) corresponde a uma combinação linear das 31
 295 variáveis padronizadas (X_j) e essas combinações não são correlacionadas entre si:

296
$$Y_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p = \sum_{j=1}^p a_{ij}X_j$$

297 a_{ij} são os autovetores, com $i = 1, 2, p$ e $\sum_{j=1}^p a_{ij}^2 = 1$, onde:

298 O primeiro componente principal, Y_1 , tem variância máxima entre todas as
 299 combinações lineares de X. O segundo componente principal não está correlacionado com o
 300 primeiro e tem a segunda maior variância, e assim por diante. Para o componente principal

301 Y_i , existe p autovalor (λ) ordenado de modo que: $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$

302 A importância relativa de um componente principal foi avaliada com base na
 303 porcentagem da variância total explicada, ou seja, a porcentagem de seu autovalor em
 304 relação ao autovalor total de todos os componentes, dada por:

305
$$Y_i = \frac{Var(Y_i)}{\sum_{i=1}^p Var(Y_i)} \times 100 = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \times 100$$

306
 307 A interpretação de cada um dos componentes principais selecionados foi feita de
 308 acordo com as variáveis com os maiores coeficientes de ponderação (autovetores), em valor
 309 absoluto. Não existe um valor específico na literatura que determine quando um coeficiente
 310 de ponderação é importante; então, esses valores foram interpretados de acordo com a
 311 relação entre as características dentro de cada componente.

312

313 *Análises estatísticas*

314 Os dados foram analisados no SISVAR® com modelo contendo os efeitos fixos dos
315 híbridos de sorgo e estratégia de adubação (tratamentos). As médias foram agrupadas
316 usando o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O procedimento UNIVARIATE foi
317 utilizado para detectar *outliers* ou valores influentes, e examinar a normalidade dos
318 resíduos.

319 As variáveis referentes ao perfil fermentativo e composição químico-bromatológica
320 foram analisadas conforme o modelo: $Y_{ijk} = \mu + T_i + AD_j + T_i \times AD_j + e_{ijk}$,

321 Em que:

322 Y_{ijk} = valor observado para variável “i” em relação ao híbrido e adubação “j” na
323 repetição k;

324 μ = média de todas as unidades experimentais para variável em estudo;

325 T_i = efeito dos híbridos “i” com $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

326 AD_j = efeito das estratégias de adubação “j” com $j = 1, 2$ e 3 ;

327 $T_i \times AD_j$ = efeito da interação;

328 e_{ijk} = erro associado à observação Y_{ijk} independente, que por hipótese tem
329 distribuição normal com média zero e variância δ^2 .

330 O ensaio de degradabilidade ruminal da MS e FDN foi conduzido em delineamento
331 em blocos casualizados em parcelas subdivididas, sendo quinze tratamentos (5 híbridos x 3
332 estratégias de adubação; parcelas) e 10 tempos de incubação (subparcelas). A variação em
333 peso corporal dos animais em cada animal foi o fator de blocagem. Os dados foram
334 analisados no SISVAR® com modelo contendo os efeitos fixos dos tratamentos. As médias
335 foram comparadas usando o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foi utilizado o
336 seguinte modelo estatístico:

337 $Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ij} + P_k + T \times P_{ik} + e_{ijk}$

338 Em que:

339 Y_{ijk} = A observação referente ao tempo (P) na subparcela k do tratamento (T) i no
340 bloco j;

341 μ = constante associada a todas as observações;

342 T_i = Efeito do tratamento "i", com i = 1, 2, 3, 4,..., 15; B_j = Efeito do bloco j, com j = 1 e
343 2;

344 e_{ij} = erro experimental associado às parcelas que por hipótese têm distribuição
345 normal com média zero e variância δ^2 ;

346 P = Efeito do tempo de incubação k, com k=1,2,3,4,5,6,7,8,9 e 10;

347 TP_{ik} = Efeito da interação do nível i de Tratamento com o nível k do Tempo de
348 incubação;

349 e_{ijk} = erro experimental associado a todas as observações que por hipótese têm
350 distribuição normal com média zero e variância δ^2 .

351

352

Resultados

353 Não houve interação dos fatores híbridos de sorgo e estratégias de adubação
354 nitrogenada (P=0.99) sobre as características estruturais, produtivas e químicas da planta de
355 sorgo *in natura* (Tabela 1). As estratégias de adubação com *A. brasilense* e/ou Ureia não
356 modificaram nenhuma dessas características (P=0,96), exceto para o teor de cinzas (P=0,04),
357 que foi 7,21% superior na adubação com *A. brasilense* e *A. brasilense* com Ureia, em
358 comparação à adubação somente com Ureia (média de 64,3 g/ kg de MS). Os híbridos
359 201814B e BRS 716 apresentaram altura das plantas 59,21% e 60,20% superior ao Volumax,
360 respectivamente. A produção de matéria seca e teor de matéria seca foram superiores nos

361 híbridos de biomassa em relação ao forrageiro Volumax. Não houve diferença entre os
362 híbridos de sorgo sobre os teores de proteína bruta (média de 64,09 g/ kg de MS) e fibra em
363 detergente neutro (687,5 g/ kg de MS).

364 Sobre as características relacionadas ao perfil fermentativo das silagens produzidas
365 com os diferentes híbridos de sorgo e estratégias de adubação (Tabela 2), não foi observado
366 interação dos fatores ($P=0,80$) e nem efeito isolado das estratégias de adubação com *A.*
367 *brasilense* e Ureia ($P=0,97$). Não houve diferença entre as silagens dos híbridos de sorgo
368 sobre os valores de pH (média de 4,11; $P=0,68$), perdas por gases (média de 3,74% da MS;
369 $P=0,19$), recuperação da matéria seca (936,66 g/kg de MS; $P=0,29$), concentração de ácido
370 acético (média de 2,44 g/kg de MS), ácido propiônico (média de 2,48 g/kg de MS) e etanol
371 (média de 3,46 g/kg de MS).

372 As silagens de Volumax, 201709B e BRS 716 apresentaram maiores valores de
373 temperatura (média de 24,80 °C) em comparação às demais silagens. Nas silagens de
374 Volumax e 201709B foram verificadas maiores perdas de MS na forma de efluentes. A
375 silagem de sorgo 201814B apresentou concentração de ácido lático e relação ácido lático:
376 ácido acético 22,26% e 29,45% superior às demais silagens (média de 12,08 g/kg de MS e
377 5,00), respectivamente. Observou-se maior concentração de ácido butírico na silagem de
378 sorgo 201813B.

379 Não houve interação das silagens dos híbridos de sorgo e estratégias de adubação
380 ($P=0,99$) e nem efeito isolado das estratégias de adubação ($P=0,77$) para nenhuma das
381 características da composição química das silagens (Tabela 3). As silagens de sorgo 201813B,
382 201814B e BRS716 apresentaram maiores teores de matéria seca em comparação às demais
383 (média de 243,9 g/kg de MS).

384 A silagem de sorgo Volumax apresentou teores de cinzas e proteína bruta 21,83% e
385 21,00% superior às demais silagens, respectivamente. Não houve diferença entre as silagens
386 sobre os teores de fração prontamente solúvel da proteína bruta (média de 34,32% do
387 nitrogênio total; P=0,29), extrato etéreo (média 21,4 g/kg de MS; P=0,14) e carboidratos não
388 fibrosos (média de 193,4 g/kg de MS; P=0,11).

389 A silagem de sorgo Volumax apresentou teor de nutrientes digestíveis totais 11,38%
390 superior às silagens de sorgo biomassa (média de 506,27 g/kg de MS; P<0,01). As silagens
391 dos sorgos biomassa, 201813B, 201814B, 201709B e BRS716, apresentaram maiores teores
392 de fibra em detergente neutro (P<0,01) e fibra em detergente ácido (P<0,01) em
393 comparação à silagem de sorgo forrageiro (Volumax). A digestibilidade *in vitro* da matéria
394 seca, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido foi maior nas silagens de
395 sorgo Volumax e 201814B. Os teores de matéria seca indigestível, fibra em detergente
396 neutro indigestível e fibra em detergente ácido indigestível foram superiores nas silagens de
397 sorgo 201813B, 201709B e BRS 716.

398 Não houve interação das silagens de diferentes híbridos de sorgo e estratégias de
399 adubação sobre a fração prontamente solúvel em água (Fração "a"), taxa de degradação da
400 fração insolúvel (fração "b") "c" e degradabilidade efetiva da matéria seca (Tabela 4). A
401 menor fração "a" da matéria seca foi verificada na silagem de sorgo Volumax (média de
402 22,56%) e as demais silagens não diferiram entre si (média de 26,70%). Houve interação dos
403 fatores sobre a fração insolúvel potencialmente degradável (fração "b") e degradabilidade
404 potencial da matéria seca. As silagens de sorgo BRS 716 associada com adubação usando
405 *Azospirillum brasilense* ou *Azospirillum brasilense* com ureia apresentaram menores teores
406 de fração "b" e degradabilidade potencial da matéria seca. Foi verificado que, dentre as
407 silagens de Volumax, a com adubação com apenas ureia teve menor média de

408 degradabilidade potencial da matéria seca. Foi observado que as silagens de sorgo 201813B
409 e 201814B apresentaram maiores degradabilidade efetiva da matéria seca (média de
410 41,49%) em comparação às demais silagens (média de 38,59%).

411 Houve interação das silagens dos híbridos de sorgo e as estratégias de adubação
412 nitrogenada sobre a fração insolúvel potencialmente degradável padronizada (fração Bp;
413 $P < 0,01$) e taxa de degradação “c” ($P < 0,01$) da fibra em detergente neutro (Tabela 5).
414 Independente da estratégia de adubação utilizada, não houve diferença entre as silagens de
415 sorgo 201813B e 201814B sobre a fração Bp. Dentre as silagens de sorgo Volumax, as
416 maiores médias de fração Bp foram obtidas com as estratégias de adubação com
417 *Azospirillum brasilense* e *Azospirillum brasilense* associada com ureia. A adubação com
418 *Azospirillum brasilense* associada com ureia melhorou a taxa de degradação da fração
419 fibrosa das silagens de sorgo 201709B e BRS 716. Houve maior degradabilidade efetiva da
420 fibra em detergente neutro nas silagens de sorgo adubado com *Azospirillum brasilense*
421 (média de 32,81%) em relação à adubação com ureia ou *Azospirillum brasilense* com ureia
422 (média 30,82%). As silagens de sorgo 201813B e 201814B apresentaram maiores
423 degradabilidades efetivas da fibra (média de 33,93%) seguidas da silagem de sorgo BRS 716
424 (média de 31,62%). A menor degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro foi
425 constatada na silagem de sorgo Volumax.

426 Na análise de componentes principais dos diferentes híbridos de sorgo (Figura 1),
427 observou-se que os componentes CP1 (57,78%) e CP2 (16,48%) apresentaram altos valores
428 que explicaram 74,26% da variância dos dados. Os seis primeiros CP apresentaram altos
429 valores acima de 1 que explicaram 97,45% da variância total dos resultados.

430 Dentro do CP1 (Figura 2), verificou-se que a digestibilidade da matéria seca (0,59), da
431 fibra em detergente neutro (0,57) e da fibra em detergente ácido (0,51) apresentaram

432 maiores coeficientes de ponderação que explicaram 57,78% da variância dos resultados. Por
433 outro lado, no CP2 a produção de matéria seca, perdas por efluentes e nutrientes digestíveis
434 totais apresentaram coeficientes de 0,80; 0,27 e 0,17, respectivamente. Com base na Figura
435 2, os híbridos que apresentaram maiores digestibilidade *in vitro* da matéria seca e
436 produtividade de massa seca destacaram-se na análise exploratória de dados.

437

438

Discussão

439 Devido às variações edafoclimáticas ocorridas na região semiárida do Brasil,
440 principalmente relacionadas com as irregularidades das chuvas e elevadas temperaturas
441 durante a estação climática Verão, o sorgo forrageiro Volumax tem sido amplamente
442 cultivado para produção de forragem para ruminantes. Contudo, tem-se buscado outras
443 variedades ou híbridos de sorgo com maiores produtividades de massa para ensilagem como
444 o sorgo biomassa.

445 Nesta pesquisa, foi verificado o potencial forrageiro dos híbridos de sorgo estudados.
446 Todavia, devido às características genéticas e de seleção natural, foi constatado que todos os
447 híbridos de biomassa (201813B, 201814B, 201709B e BRS716) apresentaram maiores alturas
448 e rendimento de massa seca em relação ao sorgo forrageiro Volumax no momento da
449 ensilagem. A diferença na produtividade de matéria seca foi de 17,87 t/ha ou 49,57%
450 superior à média observada no sorgo Volumax. A vantagem do sorgo Volumax está na
451 colheita precoce em comparação aos híbridos estudados, possibilitando a colheita do
452 segundo ciclo. Outra novidade verificada nesta pesquisa é que as estratégias de adubação
453 nitrogenada usando *Azospirillum brasilense* e/ou ureia não alteram a altura (média de 3,48
454 m), produtividade de matéria seca (média de 32,71 t/ha), teor de matéria seca (média de
455 250,8 g/kg de MS), proteína bruta e fibra em detergente neutro dos híbridos avaliados. Essa

456 informação é relevante porque o *Azospirillum brasilense*, na cultura do sorgo, pode
457 favorecer a redução dos custos de produção em comparação à adubação química. Esse
458 resultado é uma novidade importante para a agricultura tropical, visto que países como o
459 Brasil ainda não é grande produtor de adubos químicos nitrogenados, que têm elevados
460 custos de produção.

461 O menor teor de matéria seca do sorgo Volumax em comparação aos sorgos
462 biomassa deve-se à colheita dos grãos no estágio pastoso, considerado “precoce” para o
463 processo de ensilagem. Essa menor média pode ser justificada pela baixa proporção de
464 material senescente na planta jovem de Volumax em comparação com os sorgos biomassa
465 (Souza et al., 2021). Vale ressaltar que o baixo teor de matéria seca, tanto na silagem de
466 sorgo Volumax quanto na silagem de sorgo 201709B, justifica as maiores perdas de matéria
467 seca na forma de efluentes.

468 A silagem de sorgo 201814B apresentou maior concentração de ácido lático e relação
469 ácido lático: acético em relação às silagens dos demais tratamentos. Assim, a produção de
470 ácido lático pelas bactérias acidoláticas é importante durante o processo fermentativo para
471 redução rápida do pH da massa ensilada, principalmente após o fechamento do silo, cujo pH
472 da massa ensilada apresenta valores próximos da neutralidade. Possivelmente, essa redução
473 inibiu o crescimento de microrganismos indesejáveis (i.e., enterobactérias, fungos
474 filamentosos e clostrídios), favorecendo o processo de conservação em meio anaeróbico.
475 Após a abertura do silo, é desejável a redução de ácido lático em relação ao teor de ácido
476 acético, pois o ácido acético tem melhor controle sobre o crescimento de microrganismos
477 indesejáveis, o que aumenta o tempo para quebra da estabilidade aeróbica.

478 Em relação à composição química dos híbridos de sorgo, a melhor estrutura de
479 panícula e enchimentos dos grãos do sorgo Volumax pode ter contribuído com a maior

480 concentração de cinzas na planta inteira *in natura* e na silagem. Quanto às estratégias de
481 adubação nitrogenada utilizando-se a ureia, os menores teores de cinzas podem estar
482 associados ao efeito de diluição na planta, em que a utilização da ureia proporcionou maior
483 produtividade de matéria seca. Entretanto, esse incremento de matéria seca não é
484 estatisticamente significativa.

485 Devido ao maior crescimento da planta nos híbridos de sorgo biomassa, há
486 alterações na proporção da parede celular em detrimento do conteúdo celular. Por isso,
487 houve maior teor de matéria seca, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido
488 nesses sorgos (exceto para híbrido 201709B) em relação à silagem de sorgo Volumax. O
489 maior teor de fibras na silagem de sorgo biomassa dos híbridos estudados favoreceu a
490 redução no teor de nutrientes digestíveis totais, mesmo em condições de colheita com
491 emissão da panícula.

492 A participação de panícula no sorgo biomassa verificada neste estudo foi inferior ao
493 do sorgo Volumax, o que contribuiu para menor proporção de amido na planta inteira. No
494 entanto, a silagem de sorgo Volumax e silagem de sorgo 201814B se destacaram com maior
495 digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fração fibrosa e menor teor de matéria seca
496 indigestível. Essa informação é relevante porque na análise de componentes principais, essa
497 digestibilidade associada com a produtividade de matéria seca foram apontadas como
498 variáveis dependentes mais importantes na seleção dos híbridos para produção de silagem
499 (Figura 2).

500 Com base nos componentes principais (CP) apresentados na Figura 1, a CP1 (57,78%)
501 e a CP2 (16,48%) representam 74,26% da variação total dos dados, o que indica os híbridos
502 201814B e BRS 716 como promissores para ensilagem na região semiárida devido à elevada
503 produtividade de matéria seca digestível em relação aos demais estudados.

504 Em relação às estratégias de adubação, observou-se que a produtividade de matéria
505 seca digestível foi igual (média de 18,66 t/ha). O uso de *Azospirillum brasilense* é uma
506 tecnologia que vem agregar no cultivo do sorgo em regiões semiáridas, sendo bem
507 promissor o seu emprego, além disso, sua produção é possível na própria fazenda,
508 minimizando os custos de cultivo a médio e/ou longo prazo. O *Azospirillum brasilense*
509 melhora a utilização dos nutrientes pelas plantas de sorgo durante a ciclagem de nutrientes
510 e incorpora nitrogênio atmosférico no solo disponibilizando-o para a planta. O nitrogênio é
511 um dos minerais mais importante para aumentar a produtividade de massa nas plantas
512 porque essa molécula está diretamente envolvida nos processos de divisão celular mitótica
513 favorecendo a síntese de aminoácidos.

514 No que se refere à degradabilidade efetiva da matéria seca das silagens, as maiores
515 médias foram verificadas nos híbridos 201813B e 201814B, o que foi influenciado
516 principalmente pela maior fração “b”, já que a fração “a” não foi diferente entre os
517 tratamentos (médias de 25,87%). A fração “a” da matéria seca representa os nutrientes
518 prontamente solúveis (i.e., nitrogênio solúvel, carboidratos solúveis em água) com maior
519 participação dos carboidratos não fibrosos, especialmente os carboidratos solúveis em água.
520 Em diferentes híbridos de sorgo, Behling Neto et al. (2017) constataram que o teor de
521 carboidratos solúveis pode variar de 4,54% a 12,81% (base da matéria seca). A maior
522 concentração de ácido láctico na silagem de sorgo 201814B é um indicativo de mais alto teor
523 de carboidratos solúveis em água porque estes são utilizados pelas bactérias homoláticas
524 para produção desse ácido.

525

526

527

528

Conclusão

529 Todos os híbridos de sorgo avaliados neste estudo apresentam potencial para
530 ensilagem. Os híbridos de sorgos com melhores resposta em produtividade com bom valor
531 nutricional das silagens foram o biomassa 201814B e o BRS 716.

532 O *Azospirillum brasilense* pode ser utilizado como estratégia de adubação
533 nitrogenada em substituição parcial ou total da ureia na cultura do sorgo; porém, não
534 influencia nas características fermentativas das respectivas silagens.

535

536

Agradecimentos

537 Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
538 (FAPEMIG), Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Conselho Nacional de
539 Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), EMBRAPA-Milho e Sorgo e Instituto
540 Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT – Ciência Animal), pelo auxílio financeiro e concessão
541 de bolsas de estudos e outros recursos. Esse projeto foi parcialmente financiado pela
542 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código
543 Financeiro 001.

544

545 Informação de financiamento

546 Este estudo teve apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de
547 Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

548

549 Declaração de dados

550 Os autores confirmam que os dados encontrados nestes experimentos estão
551 disponíveis no artigo e/ou nos materiais suplementares.

552 **Conformidade com os padrões éticos**

553 Este estudo foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Estadual de
554 Montes Claros. O protocolo experimental (número 173/2018) e os procedimentos utilizados
555 nos animais foram aprovados seguindo o guia de recomendação do Comitê de cuidados dos
556 animais desta instituição. O manuscrito não possui estudos clínicos ou dados de pacientes.

557

558 **Conflito de interesse**

559 Os autores declaram não haver conflito de interesse.

560

561 **Referências**

562 AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC 1993. Energy and protein
563 requirements of ruminants. Wallingford: CAB International.

564 CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C., CUNHA, M., DETMANN,
565 K.S.C. & PAULINO, M.F.(2009). Estimation of fibrous compounds contents in ruminant feeds
566 with bags made from different textiles. Revista Brasileira de Zootecnia, 38:130-138. (in
567 Portuguese). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100017>

568 DETMANN, E.; SILVA, L.F.C.; ROCHA, G.C.; PALMA, M.N.N.; RODRIGUES, J.P.P. (2021).
569 Métodos para análise de alimentos. 2ª Edição, Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 350p.

570 HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software
571 package for education and data analysis. Palaeontol Electronica, 4(1), 1-9. doi: Retrieved
572 from https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf

573 JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. & SCHMIDT, P. (2007). Avanços metodológicos na
574 avaliação da qualidade da forragem conservada. Revista Brasileira de Zootecnia, 36:101-119.
575 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>

576 JOHNSON, R.A.E.; WICHERN, W.D. (2007). Applied multivariate statistical analysis (6nd ed.)
577 New Jersey: Editora.

578 KAISER, H.F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. Educational
579 and Psychological Measurement, 20(1), 141-151.
580 <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>

581 KÖPPEN, W. (1948). Climatologia: Con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura
582 Econômica. México.

583 MONÇÃO, F.P.; COSTA, M.A.M.S.; RIGUEIRA, J.P.S.; MOURA, M.M.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R.;
584 GOMES, V.M.; LEAL, D.B.; MARANHÃO, C.M.A.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; CHAMONE, J.M.A.

585 (2019). Yield and nutritional value of BRS Capiaçú grass at different regrowth ages. *Semina: Ciências Agrárias*, 40:2045-2056. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045>

587 MONÇÃO, F.P.; COSTA, M.A.M.S.; RIGUEIRA, J.P.S.; SALES, E.C.J.; LEAL, D.B.; SILVA, M.F.P.;
588 GOMES, V.M.; CHAMONE, J.M.A.; ALVES, D.D.; CARVALHO, C.C.S.; MURTA, J.E.J.; ROCHA
589 JÚNIOR, V.R. (2020). Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum*
590 *purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. *Tropical Animal Health and*
591 *Production*, 52:235–241. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>

592 NOCEK, J.E. (1988). In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy
593 digestibility: a review. *Journal of Dairy Science* 71:2051-2069.
594 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79781-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79781-7)

595 NOEL, R.J.; HAMBLETON, L.G. (1976). Collaborative study of a semiautomated method for
596 determination of crude protein in animal feeds. *Journal AOAC Int.* 59:134-140.

597 PRYCE, J.D. (1969). A modification of Barker-Summerson method for the determination of
598 lactic acid. *Analyst*, 94:1151-1152.

599 QUEIROZ, F.E.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; MONÇÃO, F.P.; RIGUEIRA, J.P.S.; SILVA, F.V.; ALENCAR,
600 A.M.S.; CORDEIRO, M.W.S.; GOMES, V.M.; CARVALHO, C.C.S.; COSTA, M.D. (2021). Effect of
601 replacement of forage sorghum silage with biomass sorghum silage in diets for dairy heifers.
602 *Semina. Ciências agrárias*, 43:121-140. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n1p121>

603 RAMOS, J.C.P.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; MONÇÃO, F.P.; PARRELA, R.A.C.; CAXITO, A.M.;
604 CORDEIRO, M.W.S.; HORA, F.F.; PIRES, D.A.A. (2022). Effect of replacing forage sorghum
605 silage with biomass sorghum silage in diets for F1 Holstein × Zebu lactating cows. *Tropical*
606 *animal health and production*, 53:99. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02503-3>

607 RIBAS, W.F.G.; MONÇÃO, F.P.; ROCHA, V.R.; MARANHÃO, C.M.A.; FERREIRA, H.C.; SANTOS,
608 A.S.; GOMES, V.M.; RIGUEIRA, J.P.S. 2021. Effect of wilting time and enzymatic-bacterial
609 inoculant on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional value of BRS capiaçu
610 grass silage. *Revista brasileira de zootecnia*, 50:20200207.

611 SOUZA, I.D.A.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; MONÇÃO, F.P.; PARRELA, R.A.C.; CORDEIRO, M.W.S.;
612 CARVALHO, C.C.S.; RIGUEIRA, J.P.S.; SILVA, F.V.; DELVAUX JUNIOR, N.A. (2021). Yield and
613 nutritional value of biomass sorghum (BRS 716) managed in different row spacing and
614 maturity at harvest in the semiarid region of Brazil. *Semina. Ciências agrárias (online)*,
615 42:3463-3484. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6p346>

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

626 Os híbridos de sorgo avaliados têm boas características para uma silagem de
627 qualidade.

628 O *Azospirillum brasilense* pode ser utilizado como forma de suprir parte ou
629 totalmente a aplicação da ureia na cultura do sorgo, contudo, não interfere nas
630 características fermentativas das silagens estudadas.

631 O *Azospirillum brasilense* pode auxiliar na utilização dos nutrientes pelas plantas de
632 sorgo com a ciclagem de nutrientes, fazendo a fixação nitrogênio atmosférico no solo
633 tornando disponível às planta.

634

635

Tabela 1. Características estruturais, produtivas e químicas de diferentes híbridos de sorgo adubados com *Azospirillum brasilense* associado ou não com ureia para produção de silagem

| Item (g/kg de MS) | Adubação ¹ | | | EPM ² | Híbridos de sorgo | | | | | EPM | P-valor ³ | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------|--------|------------------|-------------------|---------|---------|---------|----------|-------|----------------------|------|----------|
| | Az | U | Az+U | | Volumax | 201813B | 201814B | 201709B | BRS716 | | Hib | Ad | Hib x Ad |
| Altura, m | 3,39 | 3,61 | 3,45 | 0,08 | 1,66c | 3,79b | 4,07a | 3,71b | 4,17 a | 0,11 | <0,01 | 0,22 | 0,85 |
| Produção de Matéria seca, t/ha | 29,58 | 32,56 | 29,78 | 2,08 | 17,49 b | 33,96 a | 30,05 a | 36,28a | 35,08 a | 2,68 | 0,01 | 0,54 | 0,88 |
| Produção de proteína bruta, t/há | 1,89 | 1,94 | 1,90 | 0,12 | 1,35 b | 2,17 a | 1,74 b | 2,21 a | 2,05 a | 0,16 | <0,01 | 0,95 | 0,29 |
| Produção de NDT, t/há | 14,94 | 16,73 | 15,48 | 1,05 | 10,04 b | 17,62 a | 15,15 a | 17,97 a | 17,60 a | 1,36 | <0,01 | 0,48 | 0,95 |
| Matéria seca, g/kg | 246,30 | 255,70 | 250,40 | 4,30 | 232,30b | 251,60a | 261,8a | 261,90a | 254,30 a | 5,50 | <0,01 | 0,31 | 0,49 |
| Cinzas, g/kg | 69,3a | 64,3 b | 69,3 a | 1,50 | 81,80 a | 63,60b | 65,6b | 61,30b | 66,30b | 1,90 | <0,01 | 0,04 | 0,91 |
| Proteína bruta, g/kg | 62,8 | 58,3 | 70,8 | 4,10 | 74,00 | 63,60 | 63,07 | 63,70 | 56,10 | 5,10 | 0,24 | 0,11 | 0,99 |
| Fibra em detergente neutro, g/kg | 686,6 | 689,8 | 686,2 | 9,80 | 692,60 | 670,20 | 700,40 | 673,50 | 700,80 | 12,70 | 0,27 | 0,96 | 0,30 |

¹ Estratégias de adubação nitrogenada (Az- *Azospirillum brasilense*, Ab-V5 e Ab-V6 concentração de 2×10^8 UFC mL⁻¹; 200 litros ha⁻¹ de calda; U – Ureia 46%, 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio; Az+U – Associação de *A. brasilense* e Ureia 46%)

² EPM – Erro-padrão da média

³ P- Probabilidade (Hib - efeitos dos híbridos; Ad – Efeito da adubação; Hib x Ad – efeito da interação dos fatores)

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-knott (P>0,05).

Tabela 2. Perfil fermentativo da silagem de híbridos de sorgo adubados com *Azospirillum brasilense* associado ou não com ureia

| Item | Adubação ¹ | | | EPM ² | Híbridos de sorgos | | | | | EPM | P-valor ³ | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------|--------|------------------|--------------------|---------|---------|---------|--------|------|----------------------|------|----------|
| | Az | U | Az+U | | Volumax | 201813B | 201814B | 201709B | BRS716 | | Hib | Ad | Hib x Ad |
| pH | 4,10 | 4,10 | 4,13 | 0,03 | 4,08 | 4,06 | 4,15 | 4,13 | 4,13 | 0,04 | 0,68 | 0,84 | 0,51 |
| Temperatura, °C | 24,68 | 24,65 | 24,68 | 0,09 | 24,82a | 24,35b | 24,58b | 24,76a | 24,84a | 0,12 | 0,04 | 0,97 | 0,36 |
| Perdas por gases, % MS | 3,77 | 3,73 | 3,74 | 0,08 | 3,90 | 3,73 | 3,88 | 3,61 | 3,62 | 0,10 | 0,19 | 0,95 | 0,33 |
| Perdas por efluentes, kg de MV/t | 34,93 | 36,88 | 38,92 | 2,48 | 39,85a | 36,11b | 28,42b | 45,00a | 33,34b | 3,19 | 0,01 | 0,37 | 0,28 |
| Recuperação da MS, g/kg de MS | 952,50 | 911,42 | 943,33 | 3,22 | 931,11 | 984,44 | 970 | 861,11 | 936,66 | 4,16 | 0,29 | 0,65 | 0,59 |
| Ácido Lático, g/kg de MS | 12,83 | 12,93 | 12,56 | 0,79 | 10,75b | 12,31b | 15,54a | 12,7b | 12,57b | 1,02 | 0,04 | 0,94 | 0,12 |
| Ácido Acético, g/kg de MS | 2,31 | 2,64 | 2,35 | 0,19 | 2,65 | 2,32 | 2,20 | 2,50 | 2,53 | 0,25 | 0,73 | 0,43 | 0,80 |
| Relação ácido lático: acético | 5,19 | 5,84 | 5,28 | 0,39 | 3,91b | 5,32b | 7,09a | 5,37b | 5,42b | 0,50 | <0,01 | 0,46 | 0,74 |
| Ácido Propiônico, g/kg de MS | 2,45 | 2,58 | 2,43 | 0,15 | 2,13 | 2,78 | 2,40 | 2,59 | 2,51 | 0,20 | 0,25 | 0,77 | 0,19 |
| Ácido Butírico, g/kg de MS | 0,31 | 0,35 | 0,47 | 0,10 | 0,37 b | 0,70a | 0,13b | 0,44b | 0,20b | 0,13 | 0,04 | 0,52 | 0,19 |
| Etanol, g/kg de MS | 3,71 | 3,18 | 3,46 | 0,35 | 3,17 | 3,51 | 3,19 | 3,64 | 3,82 | 0,46 | 0,82 | 0,58 | 0,70 |

MS – matéria seca; MV - Matéria verde

¹ Estratégias de adubação de nitrogenada (Az- *Azospirillum brasilense*, Ab-V5 e Ab-V6 concentração de 2×10^8 UFC mL⁻¹; 200 litros ha⁻¹ de calda; U – Ureia 46%, 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio; Az+U – Associação de *A. brasilense* e Ureia 46%)

² EPM – Erro-padrão da média

³ P- Probabilidade (Hib - efeitos dos híbridos; Ad – Efeito da adubação; Hib x Ad – efeito da interação dos fatores)

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-knott (P>0,05).

Tabela 3. Composição química e digestibilidade da silagem de híbridos de sorgo adubados com *Azospirillum brasilense* associado ou não com ureia

| Item (g/kg de MS) | Adubação ¹ | | | EPM ² | Híbridos de sorgos | | | | | | P-valor ³ | | |
|--|-----------------------|-------|-------|------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|------|----------------------|------|----------|
| | Az | U | Az+U | | Volumax | 201813B | 201814B | 201709B | BRS716 | EPM | Hib | Ad | Hib x Ad |
| Matéria seca | 258,0 | 256,2 | 251,9 | 3,2 | 261,8a | 256,4b | 270,8a | 248,3b | 261,9a | 4,2 | <0,01 | 0,23 | 0,60 |
| Cinzas | 80,3 | 75,6 | 78,3 | 3,3 | 94,7a | 73,9b | 79,4b | 70,6b | 72,2b | 4,3 | <0,01 | 0,61 | 0,49 |
| Proteína bruta | 65,6 | 62,6 | 65,0 | 2,9 | 77,5a | 64,6b | 58,6b | 62,9b | 58,8b | 3,8 | 0,01 | 0,77 | 0,50 |
| Fração A, % NT | 31,71 | 36,14 | 35,41 | 2,49 | 30,87 | 33,46 | 39,39 | 31,17 | 36,72 | 3,21 | 0,29 | 0,40 | 0,45 |
| Extrato etéreo | 23,2 | 17,0 | 23,0 | 2,4 | 28,4 | 17,3 | 18,2 | 21,7 | 20,4 | 3,2 | 0,14 | 0,16 | 0,99 |
| Fibra em detergente neutro | 649,1 | 650,9 | 628,5 | 11,1 | 576,8b | 642,0a | 651,9a | 674,2a | 669,2a | 14,3 | <0,01 | 0,30 | 0,18 |
| Fibra em detergente ácido | 434,3 | 424,1 | 406,1 | 12,4 | 349,1b | 418,5a | 441,6a | 453,2a | 446,3a | 15,9 | <0,01 | 0,27 | 0,26 |
| Carboidratos não fibrosos | 181,6 | 193,7 | 204,9 | 11,0 | 222,4 | 202,0 | 191,7 | 170,3 | 179,3 | 14,2 | 0,11 | 0,32 | 0,12 |
| Nutrientes digestíveis totais | 511,0 | 516,4 | 531,9 | 8,5 | 571,3a | 520,4 b | 505,6 b | 497,3b | 501,8b | 11,0 | <0,01 | 0,19 | 0,21 |
| Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS | 602,2 | 617,7 | 608,3 | 18,2 | 610,6a | 541,3b | 583,4b | 679,2a | 630,7 a | 23,4 | 0,04 | 0,83 | 0,83 |
| PMS digestível, t/ha | 17,69 | 20,07 | 18,24 | 1,41 | 10,69c | 18,38b | 17,54 b | 24,57 a | 21,89 a | 1,82 | <0,01 | 0,47 | 0,89 |
| Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDN | 522,4 | 552,6 | 535,2 | 20,2 | 541,7 a | 444,8 b | 512,2 b | 584,3a | 597,0 a | 26,0 | <0,01 | 0,57 | 0,98 |
| Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDA | 432,2 | 457,9 | 497,8 | 21,7 | 487,3a | 361,3b | 428,7b | 508,9 a | 524,2 a | 42,6 | <0,01 | 0,11 | 0,95 |
| MSi | 358,3 | 370,4 | 347,5 | 7,3 | 321,7b | 364,9a | 345,9b | 375,4a | 384,5a | 9,5 | <0,01 | 0,11 | 0,31 |
| FDNi | 282,1 | 294,0 | 275,9 | 5,4 | 248,4c | 275,9b | 285,6b | 300,8a | 308,1a | 7,0 | <0,01 | 0,08 | 0,23 |
| FDAi | 226,8 | 235,6 | 219,0 | 4,6 | 196,9c | 220,8b | 228,6b | 242,8 a | 245,6a | 6,0 | <0,01 | 0,06 | 0,16 |

NT- nitrogênio total; MS – matéria seca; MSi – matéria seca indigestível; FDN – fibra em detergente neutro; FDN – fibra em detergente neutro indigestível; FDA – fibra em detergente ácido; FDAi – fibra em detergente ácido indigestível.

¹ Estratégias de adubação nitrogenada (Az- *Azospirillum brasilense*, Ab-V5 e Ab-V6 concentração de 2×10^8 UFC mL⁻¹; 200 litros ha⁻¹ de calda; U – Ureia 46%, 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio; Az+U – Associação de *A. brasilense* e Ureia 46%)

² EPM – Erro-padrão da média

³ P- Probabilidade (Hib - efeitos dos híbridos; Ad – Efeito da adubação; Hib x Ad – efeito da interação dos fatores)

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-knott (P>0,05).

Tabela 4. Cinética ruminal da matéria seca da silagem de híbridos de sorgo adubados com *Azospirillum brasilense* associado ou não com ureia

| Item (%) | Adubação ¹ | Híbridos de sorgo | | | | | EPM ² | P-valor ³ | | |
|---------------------------------|-----------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|------------------|----------------------|------|----------|
| | | Volumax | 201813B | 201814B | 201709B | BRS716 | | Hib | Ad | Hib x Ad |
| Fração a | Az | 24,63 | 28,45 | 29,72 | 27,03 | 24,49 | 1,63 | <0,01 | 0,18 | 0,69 |
| | U | 21,01b | 27,63a | 27,72a | 25,41a | 27,49a | | | | |
| | Az+U | 22,04 | 27,86 | 25,93 | 24,15 | 24,57 | | | | |
| Fração b | Az | 55,99Aa | 54,44Aa | 53,2Aa | 52,61Aa | 44,63Bb | 1,78 | <0,01 | 0,11 | 0,01 |
| | U | 50,43Aa | 51,47Aa | 54,24Aa | 50,23Aa | 50,59Aa | | | | |
| | Az+U | 54,5Aa | 52,08Aa | 54,39Aa | 43,23Bb | 44,87Bb | | | | |
| Taxa de degradação c, %/h | Az | 1,75 | 1,75 | 1,75 | 1,50 | 2,25 | <0,01 | 0,32 | 0,28 | 0,19 |
| | U | 2,00 | 1,75 | 1,25 | 1,75 | 1,50 | | | | |
| | Az+U | 1,50 | 1,50 | 1,75 | 3,50 | 2,75 | | | | |
| Degradabilidade Potencial | Az | 80,62Aa | 82,89Aa | 82,92Aa | 79,64Aa | 69,12Bb | 2,26 | <0,01 | 0,01 | <0,01 |
| | U | 71,44Bb | 79,10Aa | 81,97Aa | 75,64Ab | 78,08Aa | | | | |
| | Az+U | 76,55Aa | 79,95Aa | 80,32Aa | 67,38Bb | 69,45Bb | | | | |
| Degradabilidade efetiva, k=5%/h | Az | 39,56 | 41,75 | 44,14 | 39,02 | 38,96 | 1,44 | 0,01 | 0,16 | 0,45 |
| | U | 36,567b | 40,43a | 40,11a | 38,04a | 39,40a | | | | |
| | Az+U | 35,58 | 41,07 | 41,49 | 41,55 | 38,69 | | | | |

¹ Estratégias de adubação nitrogenada (Az- *Azospirillum brasilense*, Ab-V5 e Ab-V6 concentração de 2×10^8 UFC mL⁻¹; 200 litros ha⁻¹ de calda; U – Ureia 46%, 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio; Az+U – Associação de *A. brasilense* e Ureia 46%)

² EPM – Erro padrão da média

³ P- Probabilidade (Hib - efeitos dos híbridos; Ad – Efeito da adubação; Hib x Ad – efeito da interação dos fatores)

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-knott (P>0,05).

Tabela 5. Cinética ruminal da fibra em detergente neutro da silagem de híbridos de sorgo adubados com *Azospirillum brasilense* associado ou não com ureia

| Item (%) | Adubação ¹ | Híbridos de sorgo | | | | | EPM ² | P-valor ³ | | |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|------------------|----------------------|-------|----------|
| | | Volumax | 201813B | 201814B | 201709B | BRS716 | | Hib | Ad | Hib x Ad |
| Fração Bp | A | 71,47Ab | 77,27Aa | 75,13Aa | 71,22Ab | 61,40Bc | | | | |
| | U | 65,12Bb | 71,56Aa | 73,41Aa | 67,49Ab | 69,89Aa | 1,68 | <0,01 | 0,01 | <0,01 |
| | A+U | 70,84Aa | 75,02Aa | 73,35Aa | 60,00Bb | 60,40Bb | | | | |
| Taxa de degradação c, %/h | A | 1,50Ab | 1,50Ab | 2,00Ab | 1,50Bb | 3,00Aa | | | | |
| | U | 1,75Aa | 1,75Aa | 1,50Aa | 2,00Ba | 1,75Ba | <0,01 | <0,01 | 0,11 | <0,01 |
| | A+U | 1,50Ab | 1,50Ab | 2,00Ab | 3,25Aa | 2,50Aa | | | | |
| Degradabilidade efetiva, k=5% | A | 29,17 | 33,71 | 37,22 | 30,78 | 33,19 | | | | |
| | U | 25,78b | 32,80a | 31,15a | 29,24a | 32,00a | 1,27 | <0,01 | <0,01 | 0,24 |
| | A+U | 27,46 | 33,79 | 34,93 | 31,53 | 29,61 | | | | |

¹ Estratégias de adubação nitrogenada (Az- *Azospirillum brasilense*, Ab-V5 e Ab-V6 concentração de 2×10^8 UFC mL⁻¹; 200 litros ha⁻¹ de calda; U – Ureia 46%, 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio; Az+U – Associação de *A. brasilense* e Ureia 46%)

² EPM – Erro padrão da média

³ P- Probabilidade (Hib - efeitos dos híbridos; Ad – Efeito da adubação; Hib x Ad – efeito da interação dos fatores)

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-knott (P>0,05).

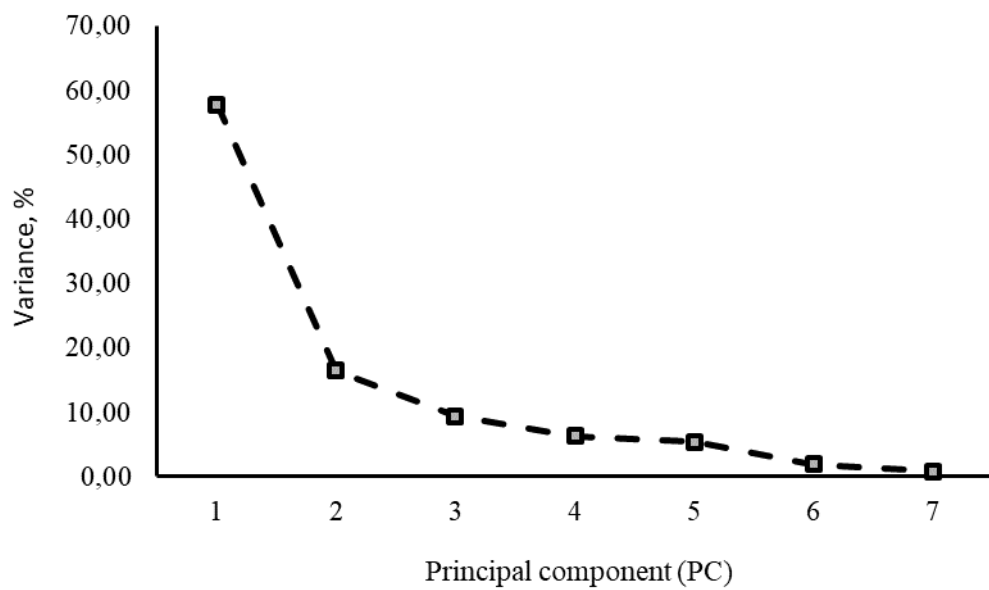


Figura 1. *Scree Plot* dos autovalores correspondentes a cada um dos 7 componentes principais com variância superior a 0,8%

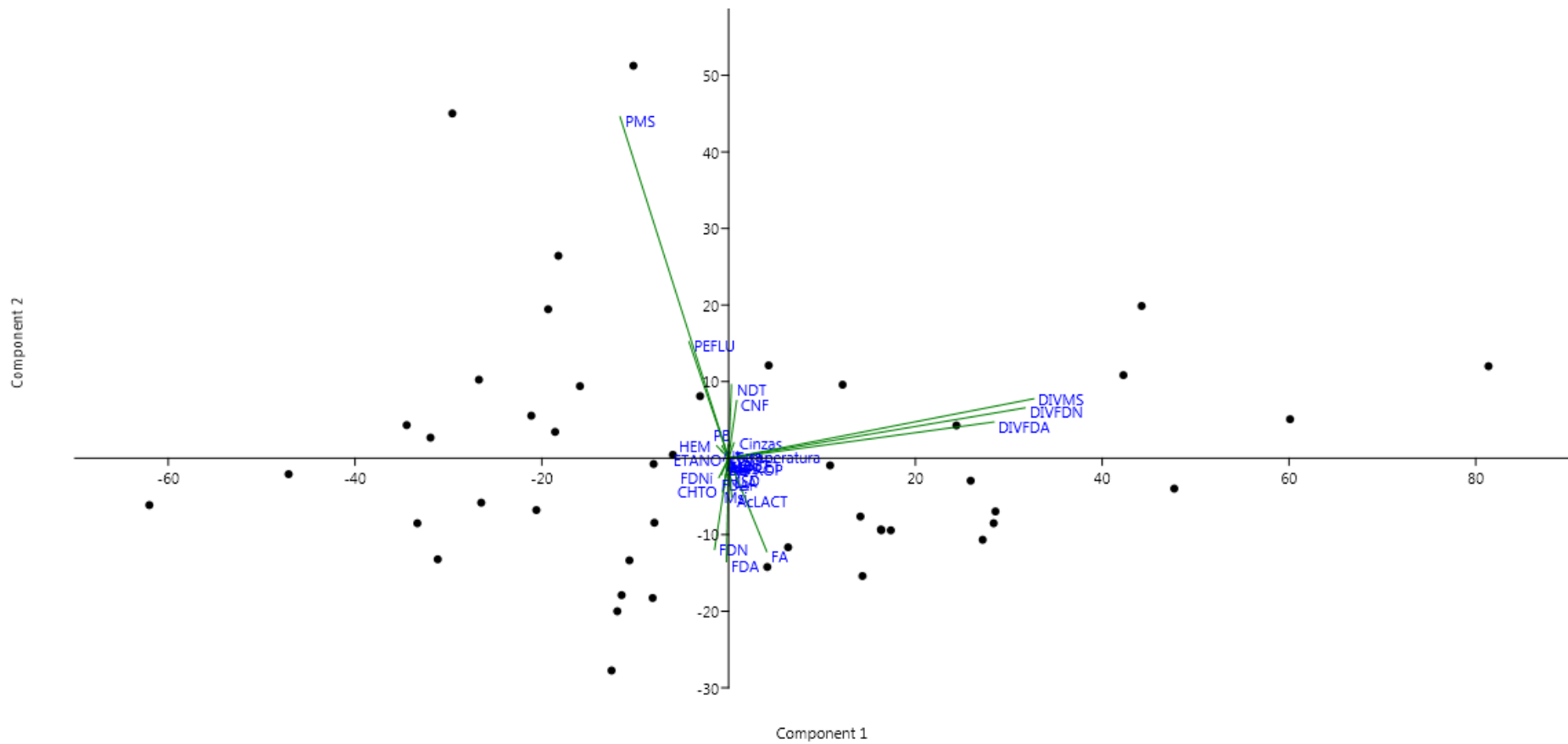


Figura 2. Representação esquemática do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes principais das variáveis dependentes analisadas nos diferentes híbridos de sorgo