

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

GUSTAVO DA CRUZ GONÇALVES

**QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO GRANÍFERO CONSORCIADO COM
PLANTAS DE COBERTURA**



**Ilha Solteira - SP
2025**

GUSTAVO DA CRUZ GONÇALVES

**QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO GRANÍFERO CONSORCIADO COM
PLANTAS DE COBERTURA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira – Unesp como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Zootecnista.

Marcelo Andreotti
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G635q Gonçalves, Gustavo da Cruz.
Qualidade da silagem de sorgo granífero consorciado com plantas de cobertura / Gustavo da Cruz Gonçalves. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
48 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2025

Orientador: Marcelo Andreotti

Inclui bibliografia

1. Sorgo. 2. Consórcio . 3. Silagem. 4. Cobertura .

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ZOOTECNIA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Qualidade da silagem de sorgo granífero consorciado com plantas de cobertura

ALUNO: *Gustavo da Cruz Gonçalves* RA: 171050142

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 9,0

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Presidente (Orientador)



Dra. Naiane Antunes Alves Ribeiro

Documento assinado digitalmente



VIVIANE CRISTINA MODESTO

Data: 30/06/2025 13:32:37-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. Viviane Cristina Modesto

Documento assinado digitalmente



GUSTAVO DA CRUZ GONÇALVES

Data: 29/06/2025 14:37:43-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Gustavo da Cruz Gonçalves

Ilha Solteira, 17 de junho de 2025.

DEDICATÓRIA

Dedico esse projeto a toda minha família, em especial aos meus pais e avós que estiveram sempre comigo em toda essa jornada, aos meus amigos da republica ProÁlcool que fizeram partes dessa conquista ao longo desses anos, e equipe do grupo Andreotti que se tornaram uma família para mim. Por fim, e não menos importante, dedico ao professor orientador Marcelo Andreotti, que sempre me apoiou e ensinou. Meu muito obrigado a todos vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeira a Deus, que sempre se fez presente em minha vida. Agradeço a minha família que sempre me apoiou.

Agradecimento mais que especial ao meu professor e orientador Dr. Marcelo Andreotti, pela oportunidade de fazer parte desse grupo de pesquisa, agradeço também, a Dr^a. Viviane Modesto e Izabela Sanches por sempre estarem dispostas a ajudar, além, de acompanhar e instruir durante o experimento.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos da equipe Andreotti, que se fizeram presente em minha graduação. Vocês são especiais para mim, foi um prazer tê-los comigo durante essa jornada.

RESUMO

Os animais exigem uma nutrição adequada, o que é um dos fatores mais importantes no sistema de produção de bovinos. Em períodos de seca, quando há déficit de forragem, a silagem é uma das estratégias que se enquadra bem para incrementar a dieta desses animais. Diante do exposto, a pesquisa teve por objetivo avaliar o comportamento do sorgo granífero em consórcio com plantas de cobertura, em diferentes arranjos de semeadura, sobre a produção e qualidade nutricional das silagens na região do Cerrado. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada na cidade de Selvíria – MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 7x2, com 4 repetições. Os tratamentos consistiram do cultivo de espécies vegetais em consórcio: 1- Sorgo Granífero AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás; 2- Sorgo Granífero AG1085 + Trigo Mourisco IPR 91; 3 – Sorgo Granífero AG1085 + *Crotalaria ochroleuca*; 4 – Sorgo Granífero AG1085 + *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás + Trigo Mourisco IPR 91; 5 – Sorgo Granífero AG1085 + *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás + *C. ochroleuca*; 6- Sorgo Granífero AG1085 + Trigo Mourisco IPR 91 + *C. ochroleuca*; 7 – Sorgo Granífero AG1085 + Trigo Mourisco IPR 91 + *C. ochroleuca* + *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás, com o sorgo espaçado a 0,40 ou 0,80 m entre linhas. A semeadura foi realizada no dia 09/11/2021 e no dia 10/02/2022 quando os grãos do sorgo apresentavam em torno de 70% de matéria seca (MS), foi efetuada a colheita mecânica da massa vegetal para a ensilagem, esta foi armazenada e compactada em tubos de policloreto de vinila (PVC), os quais foram lacrados e vedados. Após 60 dias da ensilagem, estes tubos foram abertos, sendo ignorada a camada superficial (10 cm) e retirada uma subamostra para a realização das análises bromatológicas. No momento da ensilagem as análises foram: Proteína Bruta (PB), Fibra em detergente neutro (FDN), Carboidratos solúveis (CHOs) e Poder tampão (PoT), após abertura dos tubos foram feitas análises de Matéria seca (MS), PB, FDN, FDA, Hemicelulose (HEM), Celulose (CEL), Cinzas (CZ), Extrato etéreo (EE), Lignina (LIG), Carboidratos totais, Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e Digestibilidade da matéria seca (D). O espaçamento de 0,40 m entre as linhas de sorgo, proporcionou silagens advindas dos seus respectivos consórcios, de maior qualidade comparado ao espaçamento de 0,80 m. O consórcio do sorgo com a leguminosa *Crotalaria ochroleuca* exclusivamente ou combinada com capim Paiaguás resultou em silagem com melhores parâmetros bromatológicos resultando em uma silagem de boa qualidade.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*; *Crotalaria ochroleuca*; *Urochloa brizantha*; *Fagopyrum esculentum*; análise bromatológica; consórcios.

ABSTRACT

Animals require adequate nutrition, which is one of the most important factors in the cattle production system. In periods of drought, when there is a forage deficit, silage is one of the strategies that fits well to increase the diet of these animals. Given the above, the research aimed to evaluate the behavior of grain sorghum in consortium with cover crops, in different sowing arrangements, on the production and nutritional quality of silage in the Cerrado region. The work was developed at the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE) of the Faculty of Engineering of Ilha Solteira – São Paulo State University (UNESP), located in the city of Selvíria – MS, Brazil. The experimental design was in randomized blocks in a 7x2 factorial scheme, with 4 replications. The treatments consisted of the cultivation of plant species in consortium: 1- Graniferous Sorghum AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás; 2- Grain Sorghum AG1085 + Buckwheat IPR 91; 3 – Graniferous sorghum AG1085 + *Crotalaria ochroleuca*; 4 – Grain Sorghum AG1085 + *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás + Buckwheat IPR 91; 5 – Grain sorghum AG1085 + *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás + *C. ochroleuca*; 6- Grain Sorghum AG1085 + Buckwheat IPR 91 + *C. ochroleuca*; 7 – Grain Sorghum AG1085 + Buckwheat IPR 91 + *C. ochroleuca* + *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás, with sorghum spaced 0.40 or 0.80 m between rows. Sowing was carried out on 11/04/2021 and on 02/04/2022 when the sorghum grains had around 70% dry matter (DM), the vegetable mass was mechanically harvested for silage, this it was stored and compacted in polyvinyl chloride (PVC) tubes, which were sealed and sealed. After 60 days of ensiling, these tubes were opened, ignoring the surface layer (10 cm) and taking a subsample to carry out bromatological analyses. At the time of ensiling, the analyzes carried out were: Crude Protein (CP), Neutral detergent fiber (NDF), Soluble Carbohydrates (CHOs) and Buffer Power (PoT), after opening the tubes, analyzes of Dry Matter (DM), Crude Protein (CP), Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (FDA) were carried out.), Hemicellulose (HEM), Cellulose (CEL), Ash (CZ), Ether Extract (EE), Lignin (LIG), Total Carbohydrates, Neutral Detergent Insoluble Nitrogen (NIDN), Acid Detergent Insoluble Nitrogen (NIDA) and Digestibility (D). The 0.40 m spacing between the sorghum rows provided silage from their respective consortiums, of higher quality compared to the 0.80 m spacing. The consortium of sorghum with the legume *Crotalaria ochroleuca* exclusively or combined with Paiaguás grass resulted in silage with better bromatological parameters resulting in good quality silage.

Keywords: *Sorghum bicolor*; *Crotalaria ochroleuca*; *Urochloa brizantha*; *Fagopyrum esculentum*; consortium; chemical analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do experimento. Selvíria, MS.....	21
Figura 2 - Desenvolvimento das culturas em consórcio.....	23
Figura 3 - Desenvolvimento das culturas em consórcio.....	23
Figura 4 - Colheita do material vegetal.....	26
Figura 5 - Armazenamento e compactação do material ensilado no tubo de PVC.....	27
Figura 6 - Tubos de PVC que continham o material ensilado.....	27
Figura 7 - Extração do suco da silagem utilizando prensa hidráulica.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para qualificação das silagens, matéria seca (MS), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH ₃ /NT) e digestibilidade (DIVMS).....	16
Tabela 2 - Perdas que ocorrem na fabricação da silagem.....	18
Tabela 3 - Caracterização inicial dos atributos químicos do solo da área experimental. Selvíria, MS, 2020.....	22
Tabela 4 - Médias da população de plantas (POP) por hectare, diâmetro de colmos (DC) e altura de plantas (ALP) do sorgo, determinada antes da colheita do material. Selvíria, MS, 2021/2022.....	28
Tabela 5 - Desdobramento das interações entre espaçamentos x consórcios para população de planta (POP) e diâmetro de colmo (DC) do sorgo, determinada antes da colheita do material para ensilagem. Selvíria 2021/2022.....	31
Tabela 6 - Médias dos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis totais (CHO _s) do material vegetal no momento da ensilagem. Selvíria, MS, 2021/2022.....	32
Tabela 7 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis totais (CHO _s) do material vegetal no momento da ensilagem. Selvíria, MS, 2021/2022.....	33
Tabela 8 - Médias de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) em silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.....	35
Tabela 9 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios para teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.....	37
Tabela 10 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.....	38
Tabela 11 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para os teores de lignina (LIG) e celulose (CEL) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.....	39
Tabela 12 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para os teores de hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.....	40
Tabela 13 - Médias de extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃ /NT), digestibilidade (D), carboidratos solúveis totais (CHO _s) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.....	41

Tabela 14 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios no teor de extrato etéreo (EE) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.....42

Tabela 15 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios nos teores de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3/NT$) e potencial hidrogeniônico (pH) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.....43

Tabela 16 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios nos teores de digestibilidade (D) e carboidratos solúveis totais (CHO_s) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.....44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2 . REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Consórcio de plantas para ensilagem	15
2.2 Qualidade de silagem	16
2.3 Perdas de nutrientes na silagem	18
2.4 Pecuaria brasileira e os desafios na alimentação durante a seca	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6. CONCLUSÃO.....	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, grande parte das pastagens brasileiras encontra-se em diferentes estágios de degradação, o que compromete diretamente a produção de forragem de qualidade e, conseqüentemente, o desempenho dos rebanhos bovinos. Essa realidade resulta em animais subnutridos, com maior tempo de terminação, menor ganho de peso e qualidade inferior de carcaça. A situação se agrava durante o período de estiagem, quando há uma expressiva redução na oferta de alimento volumoso, elevando os custos de produção e dificultando a manutenção da produtividade na pecuária nacional (Mateus *et al.*, 2016).

Nesse cenário, a utilização de silagens surge como uma estratégia eficiente para suprir a demanda por forragem de qualidade, garantindo a manutenção do desempenho animal ao longo do ano. A produção de silagem, além de proporcionar segurança alimentar ao rebanho, contribui para a melhoria dos índices zootécnicos, refletindo diretamente na rentabilidade das propriedades rurais. Entre as culturas utilizadas, o sorgo granífero destaca-se como uma alternativa viável ao milho, especialmente em regiões com maior risco de déficit hídrico, como o Cerrado brasileiro (Costa *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2016).

Visando aumentar tanto a quantidade quanto a qualidade da silagem produzida, o consórcio de culturas tem sido amplamente estudado. Essa prática consiste na combinação de espécies com características agrônômicas complementares, como gramíneas e leguminosas, buscando maximizar a produção de biomassa, melhorar a qualidade nutricional da forragem e, simultaneamente, promover benefícios ambientais, como a proteção do solo e o incremento da matéria orgânica (Crusciol *et al.*, 2012; Pariz *et al.*, 2017). No contexto da Integração Lavoura-Pecuária (ILP), o sorgo granífero consorciado com plantas de cobertura, como as do gênero *Urochloa* e leguminosas como o guandu-anão (*Cajanus cajan*), tem mostrado resultados promissores, especialmente em relação ao teor de proteína bruta da silagem e à eficiência de produção (Garcia *et al.*, 2016; Epifanio *et al.*, 2016).

A hipótese central deste trabalho é que o consórcio de sorgo granífero com diferentes espécies de plantas de cobertura (gramíneas e/ou leguminosas) pode proporcionar aumento na produtividade de massa verde e melhorar os parâmetros bromatológicos da silagem, tornando-se uma alternativa sustentável para o Cerrado. Especificamente, espera-se que os consórcios promovam maior acúmulo de matéria seca, melhores níveis de proteína bruta e maior digestibilidade da forragem, quando comparados ao cultivo solteiro do sorgo.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da silagem de sorgo granífero consorciado com diferentes espécies de plantas de cobertura, considerando aspectos de

produção de biomassa, composição bromatológica e viabilidade agronômica no Cerrado. Além disso, busca-se comparar os efeitos de consórcios (duas culturas semeadas juntas) e de mix de culturas (várias espécies plantadas simultaneamente), compreendendo que essas são práticas distintas, com diferentes impactos sobre o sistema produtivo.

O trabalho objetivou avaliar o efeito do espaçamento do sorgo granífero AG1085 em consórcios com plantas de cobertura (*Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás; Trigo Mourisco (*Fagopyrum esculentum*) cv. IPR 91 e *Crotalaria ochroleuca*), em diferentes arranjos (consórcios e espaçamentos entre linhas) sobre a quantidade de material vegetal a ser ensilado e qualidade da silagem.

2 . REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Consórcio de plantas para ensilagem.

A pecuária brasileira tem apresentado avanços significativos nos últimos anos, especialmente em relação à intensificação dos sistemas de produção e ao uso de tecnologias voltadas para a melhoria da produtividade animal. No entanto, desafios ainda persistem, principalmente no que diz respeito à degradação de pastagens e à baixa disponibilidade de forragem de qualidade, especialmente nos períodos de seca. Grande parte das áreas de pastagem encontra-se em algum estágio de degradação, o que prejudica o desempenho animal, aumenta o tempo de terminação e compromete a qualidade das carcaças, além de elevar os custos de produção (Mateus *et al.*, 2016).

Diante dessas limitações, o uso de estratégias alternativas de produção de forragem tem se tornado cada vez mais necessário. Entre elas, destaca-se a produção de silagem, que permite a conservação de volumosos, garantindo a oferta de alimento de qualidade durante o ano todo, especialmente nos períodos de maior escassez. O sorgo granífero, por sua adaptabilidade a condições de estresse hídrico e solos de baixa fertilidade, tem sido uma cultura de destaque para ensilagem, principalmente em regiões como o Cerrado brasileiro (Costa *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2016).

Buscando otimizar a produção de biomassa e melhorar a qualidade nutricional da silagem, o consórcio de culturas tem se mostrado uma prática promissora. Essa técnica consiste no cultivo simultâneo de diferentes espécies vegetais na mesma área e no mesmo período, explorando de forma mais eficiente os recursos do ambiente, como luz, água e nutrientes (Peixoto *et al.*, 2001). O diferencial de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies permite que culturas produtoras de grãos, como o sorgo, sejam consorciadas com gramíneas tropicais, resultando em um sistema de produção mais sustentável (Kluthcouski e Yokoyama, 2003).

As gramíneas forrageiras, especialmente as do gênero *Urochloa*, são amplamente utilizadas nesses consórcios devido à sua rusticidade, capacidade de adaptação a solos pobres e ácidos e elevada produção de matéria seca. Além de contribuir com a cobertura do solo e a proteção contra a erosão, essas gramíneas favorecem o controle de plantas daninhas e de algumas pragas e doenças (Cruz, 2016; Zimmer *et al.*, 2011). Contudo, é importante considerar o manejo adequado, visto que a competição por recursos como água, luz e nutrientes pode afetar negativamente a produtividade da cultura principal, como o sorgo (Silva *et al.*, 2010).

Paralelamente ao uso de gramíneas, a inclusão de leguminosas em sistemas consorciados tem sido estudada como alternativa para elevar o teor de proteína bruta da silagem. Silagens produzidas exclusivamente com gramíneas geralmente apresentam baixos teores de proteína, variando entre 4,0% e 7,0% na base de matéria seca (Gobetti *et al.*, 2011). Nesse sentido, o consórcio com

leguminosas, como o guandu-anão (*Cajanus cajan*), proporciona um incremento significativo no valor nutricional da silagem, uma vez que essas espécies possuem elevados teores de proteína (Costa, 2011; Junqueira, 2018).

Entretanto, é importante destacar que, apesar de seu alto valor proteico, as leguminosas apresentam menor produtividade de matéria seca e crescimento mais lento em comparação às gramíneas. Isso pode resultar em uma redução da produção total de forragem, exigindo ajustes na época de semeadura para que o ponto de colheita coincida com o das culturas graníferas, como o sorgo (Gobetti *et al.*, 2011). Mesmo com essas diferenças, a associação de gramíneas e leguminosas em sistemas consorciados tem mostrado efeitos positivos tanto na qualidade da silagem quanto na sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Crusciol *et al.*, 2012).

Dessa forma, o consórcio de culturas para ensilagem representa uma importante estratégia para superar as deficiências atuais da pecuária, possibilitando maior produção de biomassa, melhoria na qualidade nutricional da forragem e benefícios ao solo, como o aumento da matéria orgânica e a redução da erosão. Além disso, a diversificação de espécies proporciona maior estabilidade produtiva, especialmente em condições adversas de clima e solo, como as observadas nas regiões do Cerrado.

2.2 Qualidade de silagem

Uma maneira de conservar e armazenar forragem produzida em grandes quantidades no período das águas é a silagem, que permite sua utilização em outras épocas. É muito utilizada pelos pequenos ou grandes produtores, voltado para a alimentação dos animais. Quase todos os tipos de forrageiras podem ser ensiladas, entretanto, nas exigências de quantidade e qualidade na dieta animal, poucas espécies atendem esses critérios, sendo importante analisar as espécies que se mostram convenientes econômica e nutricionalmente (Andriguetto *et al.*, 2002).

A qualidade e o valor nutritivo de uma silagem dependem fundamentalmente do estágio de maturação no momento do corte, influenciando no processo fermentativo, o que altera diretamente a composição química e, por consequência o desempenho animal (Machado *et al.*, 2012). O objetivo do processo de ensilagem é preservar as características originais da planta a ser ensilada, principalmente pelo valor nutricional da espécie vegetal que está sendo utilizada para essa finalidade. Por conta disso, deve-se ter total atenção ao processo de fabricação da silagem para evitar perdas do material dentro do silo.

A determinação da qualidade nutricional de um alimento é um método, geralmente, laboratorial (Barrocas *et al.*, 2017). A qualidade nutricional da silagem também deve ser avaliada, principalmente pela degradabilidade do material, e determinar uma dieta balanceada de proteínas, energia e minerais (Mroginski, 2019).

Os principais parâmetros utilizados para avaliar a qualidade de uma silagem incluem o teor de matéria seca, a digestibilidade, o pH, a relação entre o nitrogênio amoniacal e o nitrogênio total, além da concentração de ácidos orgânicos, como acético, propiônico, butírico e láctico. Também se destacam os teores das frações fibrosas, como a fibra em detergente neutro (FDN), a fibra em detergente ácido (FDA), a celulose e a lignina, que são fundamentais na avaliação da qualidade da silagem, por influenciarem diretamente no consumo voluntário e na digestibilidade do alimento (Van Soest, 1994).

O teor de matéria seca está diretamente relacionado com a qualidade final da silagem, pois a ensilagem de materiais fora de seu estágio ideal de maturação, leva a perdas dentro do silo, por processos fermentativos indesejados. Segundo Faria (1986), o ponto de corte do sorgo para silagem situa-se entre 28 a 38% de matéria seca, no qual os grãos encontram-se no ponto farináceo. Silagens com altos teores de umidade, isto é, baixos teores de matéria seca, favorecem a fermentação clostridiana, resultando em produto final com altos teores de amônia, amida e ácido butírico (Pechoto, 2019).

O ácido láctico, dentre os ácidos orgânicos, é o mais comumente relacionado com a qualidade de silagem, devido sua constante dissociação em relação aos ácidos butírico e acético, sendo então o responsável por inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis (Cruz, 2016). Portanto, para que a estabilidade adequada do pH ocorra dentro do silo é de suma importância que existam quantidades adequadas de ácido láctico, pois desta maneira haverá inibição da proliferação de microrganismos indesejáveis, resultando em produto final de boa qualidade.

Na Tabela 1, encontram-se diferentes critérios de avaliação de qualidade de silagens de acordo com diferentes autores.

Tabela 1. Parâmetros utilizados para qualificação das silagens, matéria seca (MS), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT) e digestibilidade (DIVMS).

Parâmetros	Muito Boa	Boa	Média	Ruim
MS ¹ (%)	35,0 – 30,0	30,0 – 25,0	25,0 – 20,0	< 20,0
pH ¹	< 3,8	3,8 – 4,2	4,2 – 4,6	> 4,6
N-NH ₃ ² (%NT)	< 10,0	10,0 – 15,0	15,0 – 20,0	> 20,0
DIVMS ³ (%)	> 65,0	65,0 – 55,0	55,0 – 40,0	< 40,0

Fonte: ¹Paiva (1976); ²AFRC (1987); ³Borges (1995).

A avaliação dos conteúdos de amônia (N-NH₃/N total), indica a extensão da proteólise promovida dentro do silo pelo microrganismo chamado *Clostridium*. De acordo com o AFRC

(1987), conteúdos superiores a 15% de nitrogênio amoniacal é um indicativo de proteólise extensa durante a fermentação, o que resulta em silagem de pior qualidade.

Além da determinação da composição química, a estimativa do consumo e digestibilidade são necessárias para a avaliação do valor nutricional de uma silagem, isso por estarem correlacionados com seu valor energético (Alvarenga, 1994). Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca apresentam alta correlação com os valores de digestibilidade *in vivo* (Tilley e Terry, 1963).

2.3 Perdas de nutrientes na ensilagem

Durante o processo de ensilagem, é essencial adotar boas práticas de manejo para garantir a qualidade da forragem conservada. Fatores como o teor adequado de umidade do material, a eficiência na compactação e a rápida exclusão do oxigênio no interior do silo são determinantes para o sucesso da fermentação. Quando essas etapas não são bem conduzidas, podem ocorrer perdas de nutrientes, afetando negativamente o valor nutricional da silagem. Embora este trabalho não tenha tido como foco a quantificação dessas perdas, destaca-se que o manejo correto do processo de ensilagem é fundamental para minimizar impactos negativos e assegurar a produção de uma silagem de boa qualidade (Pereira *et al.*, 2015; Lanes *et al.*, 2008).

Tabela 2. Perdas que ocorrem na fabricação da ensilagem.

Processo	Tipo de perda	Perda em MS (%)	Causas
Respiração	Inevitável	1 a 2	Reações da planta
Fermentação	Inevitável	2 a 4	Microrganismos
Fermentações secundárias e efluentes	Evitável	0 a 7	Baixo teor de matéria seca e ambiente inadequado dentro do silo
Deterioração aeróbia no armazenamento	Evitável	0 a 10	Alto teor de matéria seca, partículas grandes, má compactação e demora no enchimento
Deterioração aeróbia no descarregamento	Evitável	0 a 15	Alto teor de matéria seca, baixa densidade, técnicas incorretas de descarregamento

Fonte: Lanes, 2008.

2.4 Pecuária Brasileira e os Desafios na Alimentação Durante a Seca

A pecuária brasileira representa uma das principais atividades econômicas do agronegócio, ocupando grande extensão territorial e contribuindo significativamente para o Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário. No entanto, o setor ainda enfrenta desafios relacionados à alimentação do rebanho, principalmente durante o período da seca. Grande parte das pastagens no Brasil apresenta algum nível de degradação, o que compromete a oferta de forragem de qualidade e afeta diretamente o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (Mateus *et al.*, 2016).

Durante a estiagem, a escassez de alimentos volumosos compromete a manutenção do escore corporal do rebanho, reduzindo o ganho de peso e a qualidade das carcaças, além de prolongar o tempo de terminação dos animais. Nesse contexto, torna-se indispensável a adoção de estratégias de suplementação alimentar que garantam o fornecimento contínuo de nutrientes essenciais ao desempenho animal.

Diante da sazonalidade na produção de pastagens, a produção e utilização de silagem têm sido amplamente adotadas como uma solução viável para garantir a oferta de volumoso durante os períodos críticos do ano. A silagem é uma técnica de conservação de forragem que permite armazenar grandes volumes de alimento, mantendo características nutricionais adequadas para a alimentação do rebanho (Costa *et al.*, 2014).

Além de assegurar a oferta de alimento, a utilização da silagem contribui para a melhoria dos índices zootécnicos, aumentando o ganho de peso, a eficiência alimentar e a qualidade da carne produzida. Estudos indicam que a adoção de silagem de boa qualidade está diretamente relacionada ao aumento da produtividade e da rentabilidade dos sistemas de produção pecuária (Pereira *et al.*, 2016).

No Brasil, a produção de silagem é majoritariamente realizada a partir do milho, seguido pelo sorgo, especialmente em regiões com maior risco de déficit hídrico. No entanto, alguns desafios ainda persistem, como a baixa produtividade de matéria seca e a qualidade nutricional limitada da silagem produzida, principalmente quando se utiliza sorgo como cultura única (Alves *et al.*, 2012).

Outro fator limitante é a baixa concentração de proteína bruta nas silagens de gramíneas, o que torna necessária a suplementação com concentrados proteicos, elevando os custos de produção (Oliveira *et al.*, 2010; Rezende *et al.*, 2011). Adicionalmente, a má condução das etapas de ensilagem, como teor inadequado de umidade e deficiências na compactação, pode comprometer ainda mais a qualidade do material ensilado, impactando negativamente no desempenho animal.

Buscando superar essas limitações, o uso de consórcios entre culturas graníferas e plantas de cobertura tem se consolidado como uma alternativa sustentável para a produção de silagem de

melhor qualidade. A combinação de espécies com características agronômicas complementares permite o aumento da produção de biomassa, a melhoria do valor nutricional da silagem e a promoção de benefícios ambientais, como o aumento da matéria orgânica do solo e a redução da erosão (Crusciol *et al.*, 2012).

No sistema plantio direto (SPD), especialmente no Bioma Cerrado, a adoção sistemática de plantas de cobertura, associada à rotação de culturas, tem sido uma estratégia eficaz para o acúmulo de palhada na superfície do solo, favorecendo a ciclagem de nutrientes e a melhoria das condições físicas e químicas do solo (Wutke *et al.*, 2014; Lima Filho *et al.*, 2014).

As gramíneas forrageiras, como as do gênero *Urochloa*, são amplamente utilizadas como plantas de cobertura devido à sua alta produção de massa seca, rusticidade e adaptação a solos de baixa fertilidade (Pariz *et al.*, 2011; Rossi *et al.*, 2013). Entre elas, destaca-se a *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaçuás, que se sobressai pela produtividade durante o período seco e pelo bom valor nutritivo (Costa *et al.*, 2015).

As leguminosas, por sua vez, desempenham importante papel na Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), enriquecendo o solo e elevando o teor de proteína bruta da silagem (Aita e Giacomini, 2006). Dentre as espécies com potencial, destaca-se a *Crotalaria ochroleuca*, que apresenta rápido desenvolvimento radicular, tolerância a nematoides e boa produção de matéria seca em condições de solos pobres (Giacomini, 2001).

Outra espécie de destaque é o trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench.), que possui grande tolerância à acidez do solo e capacidade de absorver nutrientes de baixa disponibilidade, como fósforo e potássio. Além disso, essa cultura apresenta efeito alelopático, favorecendo o controle de plantas daninhas (Pasqualetto *et al.*, 1999; Görgen, 2013).

A consorciação entre diferentes espécies de cobertura minimiza os efeitos negativos observados quando estas são cultivadas de forma isolada, melhorando a relação carbono/nitrogênio (C/N) dos resíduos vegetais e, conseqüentemente, a decomposição da palhada (Giacomini, 2001). Essa combinação também promove melhor equilíbrio entre qualidade nutricional e produção de biomassa, tornando-se uma estratégia promissora para a produção de silagem no Cerrado (Carvalho *et al.*, 2009).

No caso específico do sorgo, apesar de sua maior resistência ao estresse hídrico, sua silagem apresenta teores nutricionais inferiores aos do milho, principalmente em proteína bruta (Alves *et al.*, 2012). Por outro lado, silagens compostas exclusivamente por leguminosas também apresentam limitações, como baixo teor de carboidratos solúveis e elevado poder tampão, o que prejudica o processo fermentativo (Lima *et al.*, 2010).

Pesquisas recentes, como a de Soares et al. (2022), demonstram que práticas como a inoculação de sementes de sorgo com *Azospirillum brasilense*, associadas a estratégias de adubação nitrogenada, podem melhorar a produtividade de grãos e a qualidade da silagem, mesmo em condições de déficit hídrico. Além disso, arranjos de espaçamento entre as linhas de plantio têm se mostrado relevantes na dinâmica de desenvolvimento entre o sorgo e as plantas de cobertura, influenciando diretamente a composição da biomassa destinada à ensilagem.

Portanto, a adoção de consórcios envolvendo sorgo, trigo mourisco e crotalária apresenta-se como uma estratégia eficiente para a produção de silagem de maior qualidade nutricional e maior sustentabilidade do sistema produtivo.

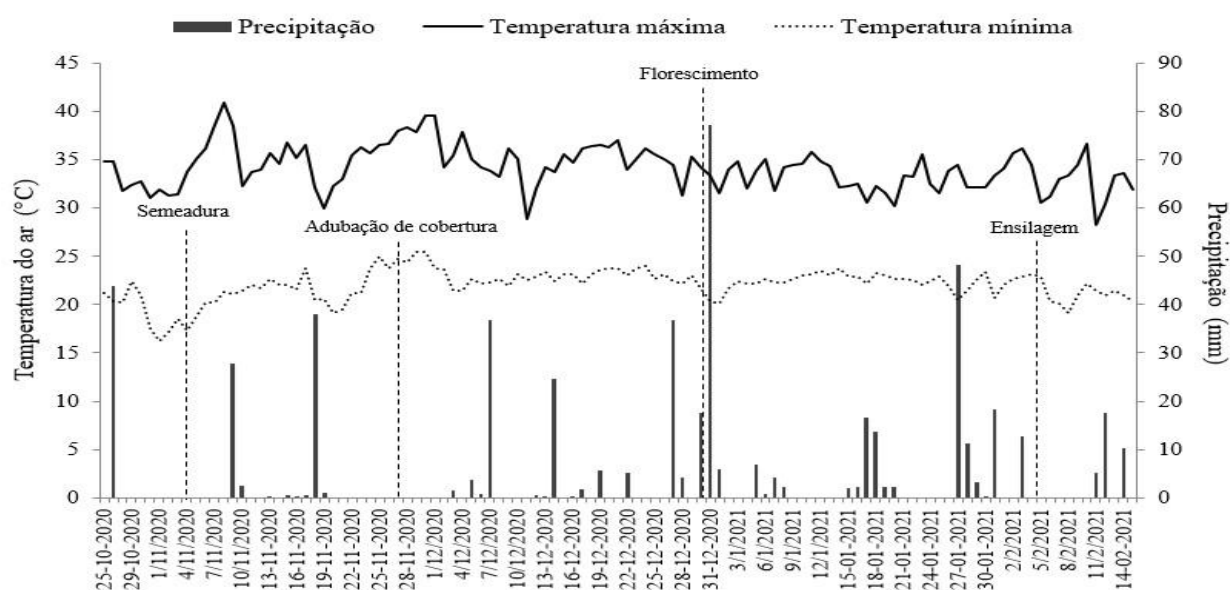
As amostras obtidas no momento da ensilagem foram utilizadas para a determinação de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos solúveis e poder tampão, conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Campos et al. (2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado durante a safra 2021/22 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), vinculada à Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria – MS. As coordenadas geográficas da área experimental são aproximadamente 20°34' S de latitude, 51°41' W de longitude, com altitude de 362 metros.

O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação climática de Köppen (Köppen, 1936), caracterizando-se por ser um clima tropical com estação seca bem definida no inverno. A temperatura média anual é de aproximadamente 25 °C, enquanto a precipitação média anual é de 1.313 mm (Portugal *et al.*, 2015). As condições climáticas registradas durante o experimento estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1. Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do experimento. Selvíria, MS.



Fonte: Embrapa. 2020/2021

O histórico da área em que o experimento foi instalado teve como cultivos nos últimos 5 anos agrícolas: Milho + *Urochloa* spp. + Guandu-anão (Safrá 2014/15) e Feijão de inverno (Safrá 2015); Milho + *Urochloa* spp. + Guandu-anão (Safrá 2015/16) e Feijão de inverno (Safrá 2016); Soja (Safrá 2016/17) e Sorgo + *Urochloa* spp. (Safrá 2017); Soja (Safrá 2017/18) e Sorgo + *Urochloa* spp. (Safrá 2018); Soja (Safrá 2018/19) e Aveia preta (Safrá 2019); Soja (Safrá 2019/20) e Aveia preta (Safrá 2021).

Anterior à instalação dos diferentes consórcios forrageiros, foi realizada uma caracterização da fertilidade do solo (Tabela 3), para tanto foram coletadas 20 subamostras na profundidade de 0 a 0,20 m, as quais foram misturadas numa amostra composta e determinados os atributos conforme metodologia de Raij et al. (2001).

Tabela 3. Caracterização inicial dos atributos químicos da área experimental. Selvíria, MS, 2021.

Camada (m)	P (mg/dm ³)	MO (g/dm ³)	pH	S (mg/dm ³)	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V (%)	m (%)
0-0,20	38	22	5,1	9	0,9	24	16	31	1	40,9	71,9	57	2

Fonte: Dados do autor.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 7x2, sendo os tratamentos constituídos por sete combinações de consórcio de sorgo

granífero e plantas de cobertura, e dois espaçamentos entre as linhas de sorgo. Os tratamentos consistiram no cultivo de espécies vegetais em consórcio: **1-** Sorgo Granífero cv. AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás; **2-** Sorgo Granífero + Trigo Mourisco cv. IPR 91; **3-** Sorgo Granífero + *Crotalaria ochroleuca*; **4-** Sorgo Granífero + *Urochloa brizantha* + Trigo Mourisco; **5-** Sorgo Granífero + *Urochloa brizantha* + *Crotalaria ochroleuca*; **6-** Sorgo Granífero + Trigo Mourisco + *Crotalaria ochroleuca*; **7-** Sorgo Granífero + Trigo Mourisco + *Crotalaria ochroleuca* + *Urochloa brizantha*, espaçados a 0,40 e a 0,80 m entre linhas de sorgo (Figuras 2 e 3).

A semeadura do sorgo e das plantas de cobertura foi realizada no dia 09/11/2021. A densidade de semeadura do sorgo foi de 7,9 e 14,8 sementes m^{-1} de sulco, nos espaçamentos 0,40 e 0,80 m, respectivamente. O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) também foi semeado com espaçamento de 0,45 m entre linhas utilizando-se 8 kg ha^{-1} de sementes. Em contrapartida, a semeadura de *Crotalaria ochroleuca* foi realizada com a semeadora para grãos miúdos com as linhas espaçadas a 0,34 m com densidade de 8 kg ha^{-1} de sementes. E por fim, a semeadura da *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás se deu pelo uso da terceira caixa da semeadora-adubadora utilizada para o sorgo, específica para tal finalidade, utilizando-se 8 kg ha^{-1} de sementes puras viáveis com VC de 80%. A adubação de semeadura foi de 300 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16.

A adubação de cobertura na área foi realizada 30 dias após a semeadura, com aplicação de 300 kg ha^{-1} da fórmula 20-00-20. Cabe ressaltar, que a germinação da *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás foi lenta e apresentou falhas devido à grande quantidade de palhada da aveia preta antecessora, a qual prejudicou o contato solo/semente (Figuras 2 e 3).

Figura 2 - Desenvolvimento das culturas em consórcio.



Fonte: Autor, 2021

Figura 3 - Desenvolvimento das culturas em consórcio.



Fonte: Autor, 2021.

Foi realizada apenas uma aplicação de Triflumurom (480 g L⁻¹) + Metomil (215 g L⁻¹) no dia 24/11/21. As doses dos inseticidas foram as recomendadas pelo fabricante, levando em consideração a cultura e a espécie da praga. Devido às diferentes espécies de plantas contidas nos consórcios não foram realizadas aplicações de herbicidas.

Antes de realizar a colheita do material vegetal para ensilagem, determinou-se o estande final de plantas (EFP) de sorgo, contando todas as plantas contidas na área útil das parcelas experimentais (2 linhas centrais), também foram mensurados a altura de plantas (AP), com régua graduada, e o diâmetro basal de colmos (DBC), com paquímetro, em 10 plantas de sorgo na área útil das parcelas experimentais.

No dia 10/02/2022, quando os grãos do sorgo granífero apresentavam em torno de 70% de matéria seca (MS), efetuou-se a colheita mecânica da massa vegetal dos consórcios para ensilagem com colhedora de forragem, modelo JF 1300 (Figura 4), sendo o material picado em partículas médias de 2,0 cm. A altura de colheita para ensilagem foi de aproximadamente 0,25 m em relação à superfície do solo, coletando-se as duas linhas centrais de cada parcela. O ciclo do sorgo para confecção de silagem da planta inteira foi de 92 dias após a semeadura.

Antes de realizar a ensilagem, as plantas de sorgo granífero, plantas de cobertura e plantas espontâneas foram cortadas manualmente, a uma altura de aproximadamente 0,25 m em relação à superfície do solo, em quantidade correspondente a 1 m² nas respectivas parcelas experimentais, sendo as espécies separadas, para determinação da produtividade de massa seca/espécie, respectivamente. O material vegetal coletado foi colocado em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72h para determinação da produtividade de massa seca. Na cultura do sorgo granífero, as frações folhas, colmos e panículas foram separadas, com o auxílio de uma tesoura de poda

Figura 4 - Colheita do material vegetal.



Fonte: Autor, 2021.

O material colhido foi armazenado e compactado em tubos de PVC (Figuras 5 e 6), com capacidade entre 3,30 e 3,60 kg de matéria verde, com flanges de silicone adaptados nas tampas para permitir que o escoamento de gases e sacos de areia com aproximadamente 0,650 kg no fundo dos tubos para a recuperação do efluente. Os tubos foram hermeticamente lacrados com fitas adesivas para evitar a troca de ar com o meio.

Os tubos que continham o material vegetal ensilado foram abertos 60 dias após vedação, e após a abertura foi desprezada a camada superficial e retirada uma subamostra, por silo, de aproximadamente 0,300 kg de silagem e acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar para

secagem a 65°C por 72 horas. As amostras foram processadas em moinho de faca, para posterior análise bromatológica.

Após a abertura dos silos e com as amostras moídas foram determinadas os teores de matéria seca (MS) definitiva a 105°C, teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem), celulose (Cel), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), lignina (Lig), carboidratos totais, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA) e digestibilidade da MS, conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Campos et al. (2004). A estimativa dos teores de NDT será realizada segundo a metodologia contida no NRC (2001).

Outra quantidade de silagem foi utilizada para a extração do suco, utilizando-se a prensa hidráulica para a determinação do pH (3 repetições) com imediata leitura, e análise do nitrogênio amoniacal ($N-NH_3/NT$) com base no nitrogênio total, foi realizada pelo método da destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, usando solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,05 N (Association Official Analytical Chemistry - AOAC, 1995).

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da FEIS/UNESP.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito do fator espaçamento foram avaliados por teste “t” e teste Scott-Knott para os consórcios. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Agroestat®.

Figura 5 - Armazenamento e compactação do material ensilado no tubo de PVC.



Fonte: Autor

Figura 6 - Tubos de PVC que continham o material ensilado.



Fonte: Autor, 2021

Figura 7- Extração do suco da silagem utilizando prensa hidráulica.



Fonte: Autor, 2021.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da Tabela 4 indicam que o consórcio de sorgo com crotalária, isolado (S+C) ou em conjunto com trigo mourisco (S+C+T), apresentaram maiores diâmetros de colmo (20,03 e 19,72 mm) e altura de planta (1,03 e 1,07 m), diferindo significativamente dos demais tratamentos. A maior população de plantas foi observada no consórcio com trigo mourisco (S+T), com 102.378 plantas ha⁻¹. Quanto ao espaçamento, o de 0,40 m resultou em maior população de plantas e maior diâmetro de colmos em relação ao de 0,80 m, indicando que maior adensamento favoreceu esses atributos. Para altura de plantas, não houve diferença significativa entre espaçamentos.

Tabela 4. Médias da população de plantas (POP) por hectare, diâmetro de colmos (DC) e altura de plantas (ALP), de sorgo, determinada antes da colheita do material vegetal para ensilagem. Selvíria, MS, 2021/2022.

Tratamentos	POP Plantas/ha	DC mm	ALP m
Consórcio (C)			
S+B	84676	18,27 b	0,90 b
S+B+C	87146	17,40 b	0,97 b
S+B+T	78031	17,66 b	0,94 b
S+B+C+T	90777	18,46 b	0,91 b

S+C	90414	20,03 a	1,03 a
S+C+T	82298	19,72 a	1,07 a
S+T	102378	19,13 a	1,02 a
Espaçamento (E)			
0,40 m	103791	19,24 a	0,99
0,80 m	72126	18,09 b	0,96
Teste F			
<i>p</i> valor (C)	0,1408 ^{ns}	0,0086 ^{**}	0,0092 ^{**}
<i>p</i> valor (E)	0,0001 ^{**}	0,0080 ^{**}	0,2337 ^{ns}
<i>p</i> valor (C x E)	0,0128 [*]	0,1122 ^{ns}	0,1325 ^{ns}
Média Geral	87960	18,67	0,98
CV (%)	19,03	8,24	9,94

Sorgo + BRS Paiaguás (S+B), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária (S+B+C), Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco (S+B+T), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco (S+B+C+T), Sorgo + Crotalária (S+C), Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco (S+C+T), Sorgo + Trigo Mourisco (S+T). Fonte: Dados do próprio autor.

Os dados apresentados na Tabela 5 mostram que houve interação significativa entre os fatores espaçamento e consórcio para a população de plantas. De forma geral, o espaçamento de 0,40 m proporcionou maiores densidades populacionais em todos os consórcios avaliados. O maior valor foi observado no consórcio de sorgo com crotalária (125.926 plantas ha⁻¹), seguido pelos consórcios com trigo mourisco (113.580 plantas ha⁻¹) e com crotalária + trigo mourisco (101.852 plantas ha⁻¹), todos no espaçamento de 0,40 m. Em contrapartida, o espaçamento de 0,80 m resultou em menor população de plantas, especialmente nos consórcios com sorgo + trigo mourisco (54.902 plantas ha⁻¹) e sorgo + crotalária (62.745 plantas ha⁻¹), o que indica que o aumento do espaçamento reduz consideravelmente o estande final. Esses resultados evidenciam que o adensamento de plantas favorece o estabelecimento das espécies, principalmente quando utilizadas leguminosas no consórcio, contribuindo para a ocupação mais eficiente do solo.

Tabela 5. Desdobramento das interações entre espaçamentos x consórcios para população de planta (POP), determinada antes da colheita do material para ensilagem. Selvíria 2021/2022.

Consórcios	Espaçamento	
	0,40 m	0,80 m
POP		
Sorgo + BRS Paiaguás	98765 aA	70588 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	103703 aA	70588 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	91357 aA	64705 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	91358 aA	90196 aA
Sorgo + Crotalária	125926 aA	62745 bB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	101852 aA	62745 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	113580 aA	54902 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Conforme apresenta a Tabela 6, os maiores teores de proteína bruta (PB) foram observados nos consórcios com crotalária, sendo S+B+C+T (14,95%) e S+C+T (14,76%) os destaques. Os menores valores de FDN foram encontrados em S+B+C+T (50,05%) e S+C (50,57%), sugerindo melhor qualidade de fibra. O poder tampão (PoT) variou entre 33,14% e 34,73%, sendo mais elevado nos consórcios com crotalária. O consórcio com trigo mourisco (S+T) apresentou maior teor de CHOs (8,14%), importante para a fermentação. O espaçamento de 0,40 m apresentou maior PB e PoT, enquanto o espaçamento de 0,80 m apresentou maior teor de CHOs.

Tabela 6. Médias de teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis totais (CHOs) do material vegetal no momento da ensilagem. Selvíria, MS, 2021/2022.

Tratamentos	PB	FDN	PoT	CHOs
		----- % na MS -----		
Consórcio (C)				
Sorgo + BRS Paiaguás	12,84	54,11	33,29	6,95
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	14,44	53,09	33,64	6,65
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	13,24	52,94	33,77	7,08
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	14,95	50,05	34,68	6,43
Sorgo + Crotalária	14,49	50,57	34,73	5,59
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	14,76	51,08	33,14	6,62
Sorgo + Trigo Mourisco	13,04	50,24	33,52	8,14
Espaçamento (E)				
0,45 m	14,15	51,83	34,32	6,36
0,85 m	13,78	51,62	33,32	7,19
Teste F				
<i>p valor</i> (C)	0,0001**	0,0001**	0,0063**	0,0001**
<i>p valor</i> (E)	0,0003**	0,4221 ^{ns}	0,0003**	0,0005**
<i>p valor</i> (C x E)	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0034**
Média Geral	13,97	51,73	33,82	6,78
CV (%)	2,56	1,84	2,81	12,03

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor. ** significativo a 1%; ^{ns}: não significativo.

Independentemente dos consórcios e espaçamentos, antes da ensilagem, o material vegetal apresentou teores de proteína bruta (PB) (Tabela 6) bem acima de 7%, que de acordo com Van Soest (1994), são considerados adequados para uma boa digestibilidade do alimento no rúmen de bovinos e manutenção das bactérias ruminais. Assim também, os teores de fibra em detergente neutro (FDN), ficaram abaixo dos limites estipulados por Van Soest (1994), de 60, que não limitam o consumo da silagem pelos animais (Zanine *et al.*, 2006).

No momento da ensilagem, os teores de umidade, poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis (CHOs) das plantas são de suma importância, visto que influenciam de forma direta na natureza da fermentação. De acordo com Woolford (1984), os resultados de poder tampão e carboidratos solúveis não devem ser inferiores a 30 e 3,0 %; respectivamente, para possibilitar uma silagem de boa qualidade, valores esses abaixo dos encontrados nesta pesquisa (Tabela 6).

No momento da ensilagem, os teores de umidade, poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis (CHOs) das plantas são de suma importância, visto que influenciam de forma direta na natureza da fermentação. De acordo com Woolford (1984), os resultados de poder tampão e carboidratos solúveis não devem ser inferiores a 30 e 3,0 %; respectivamente, para possibilitar uma silagem de boa qualidade, valores esses abaixo dos encontrados nesta pesquisa (Tabela 6).

A Tabela 7 revela interações significativas entre espaçamentos e consórcios para os parâmetros bromatológicos avaliados. Os maiores teores de proteína bruta foram observados nos consórcios com múltiplas espécies, como S+B+C+T (15,90%) e S+C+T (15,51%) no espaçamento de 0,40 m. Já no espaçamento de 0,80 m, o destaque foi o consórcio S+B+T (14,24%). Para FDN, o menor valor foi registrado em S+T (48,64%) com 0,40 m. O poder tampão foi mais elevado em S+B+C+T no espaçamento de 0,40 m (35,57%) e em S+C (35,54%) no de 0,80 m. Em relação aos CHOs, os maiores teores foram registrados nos consórcios com trigo mourisco, especialmente S+T (9,22%) no espaçamento de 0,80 m. Isso indica que o uso de diferentes consórcios e o adensamento das linhas influenciam positivamente a qualidade nutricional da forragem.

Tabela 7. Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis totais (CHOs) do material vegetal antes da ensilagem. Selvíria, MS, 2021/2022.

	Espaçamento Consórcios	
	0,40 m	0,80 m
PB		
Sorgo + BRS Paiaguás	12,27 dB	13,41 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	14,72 bA	14,16 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	12,24 dB	14,24 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	15,90 aA	14,00 aB
Sorgo + Crotalária	14,64 bA	14,35 aA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	15,51 aA	14,01 aB
Sorgo + Trigo Mourisco	13,81 cA	12,27 cB
FDN		
Sorgo + BRS Paiaguás	55,13 aA	53,09 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	51,85 bB	54,33 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	56,01 aA	49,88 cB

Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	50,45 bA	49,66 cA
Sorgo + Crotalária	50,87 bA	50,28 cA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	49,88 cB	52,29 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	48,64 cB	51,85 bA

PoT

Sorgo + BRS Paiaguás	34,36 aA	32,21 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	35,09 aA	32,19 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	32,86 bB	34,68 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	35,57 aA	33,78 bB
Sorgo + Crotalária	33,92 bB	35,54 aA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	33,78 bA	32,49 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	34,68 aA	32,35 bB

CHOs

Sorgo + BRS Paiaguás	6,58 aA	7,31 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	7,11 aA	6,20 cA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	6,15 aB	8,00 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	6,04 aA	6,81 cA
Sorgo + Crotalária	5,79 aA	5,40 cA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	5,82 aB	7,42 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	7,06 aB	9,22 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Maior deposição de FDN pode resultar em silagens com maior concentração de fibra, diretamente ligada com a digestibilidade do material, onde quanto maior o teor de FDN menor a digestibilidade (Pozar e Zago, 1991; Paiva *et al.*, 1993). A porcentagem da capacidade do poder tampão, assim como o perfil fermentativo são influenciados pelo teor de proteína do material que foi ensilado (Ávila *et al.*, 2006), que no geral foram maiores neste espaçamento de 0,40 m, com maior quantidade de grãos de sorgo na massa a ser ensilada.

A Tabela 8 demonstra variações significativas na composição bromatológica das silagens conforme os diferentes consórcios e espaçamentos. Os consórcios com crotalária e/ou trigo mourisco apresentaram os maiores teores de proteína bruta, com destaque para S+C+T (12,30%) e S+B+C (11,78%). Os teores de fibra variaram entre 50,05% e 55,70% para FDN, sendo os mais elevados no consórcio com quatro espécies (S+B+C+T). Em relação à lignina, o consórcio S+B+C apresentou o maior valor (5,62%). Já para celulose, os teores variaram entre 25,50% e 30,04%, com S+B+C+T também se destacando. O espaçamento de 0,40 m resultou em maiores teores de PB e menor teor de lignina, enquanto o de 0,80 m apresentou ligeiro aumento nos teores de FDN e FDA. Os dados evidenciam que o uso de consórcios diversificados, especialmente com leguminosas, influencia positivamente os atributos nutricionais da silagem.

Tabela 8. Médias de teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) em silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

Tratamentos	MS	PB	FDN	FDA	LIG	CEL	HEM	CZ
	----- % na MS -----							
Consórcio (C)								
S+B	24,90	10,88	51,69	33,42	4,46	26,51	18,26	8,27
S+B+C	23,52	11,78	51,68	35,15	5,62	25,50	16,52	8,11
S+B+T	23,23	11,61	52,25	34,83	4,86	27,97	17,42	8,35
S+B+C+T	20,60	10,45	55,70	37,19	5,47	30,04	18,51	6,37
S+C	22,36	11,54	52,18	35,93	4,75	29,19	16,24	7,67
S+C+T	24,24	12,30	51,72	35,93	5,40	28,59	16,08	8,15
S+T	24,25	11,06	52,08	34,86	5,13	27,47	17,21	7,63
Espaçamento (E)								
0,45 m	23,71	11,51	51,92	35,07	5,90	27,84	16,84	8,12
0,85 m	22,89	11,24	53,02	35,50	5,28	27,96	17,51	7,46
Teste F								
<i>p</i> valor (C)	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0005**	0,0007**	0,0001**	0,0079**	0,0001**
<i>p</i> valor (E)	0,0023**	0,0164*	0,0124*	0,2670 ^{ns}	0,0001**	0,7361 ^{ns}	0,0925 ^{ns}	0,0001**
<i>p</i> valor (C x E)	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0002**	0,0001**	0,0001**
Média Geral	23,30	11,37	52,47	35,29	5,59	27,90	17,18	7,79
CV (%)	3,98	3,47	3,00	4,03	7,88	4,71	8,50	6,49

Sorgo + BRS Paiaguás (S+B), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária (S+B+C), Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco (S+B+T), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco (S+B+C+T), Sorgo + Crotalária (S+C), Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco (S+C+T), Sorgo + Trigo Mourisco (S+T). ** significativo a 1%. Fonte: Dados do próprio autor.

Os valores de matéria seca (MS) estão abaixo do recomendado, que de acordo com Paiva (1976), silagens de boa qualidade devem ter em torno de 30% a 35% de MS, enquanto para Van Soest (1994), os valores de MS das silagens deveriam ser de pelo menos 30%, pois assim é maior o consumo pelo animal (Tabela 8).

As silagens com alto teor de umidade podem resultar em prejuízos ao produtor, devido ao aumento de produção de efluentes, ou seja, a quantidade de forragem colhida se difere na quantidade em relação ao produto final (silagem). Os gastos com o preparo da área, plantio, adubação, tratos, colheita, transporte, confecção do silo, compactação e vedação vão ser maiores por conta das perdas de nutrientes, reduzindo a qualidade final do material ensilado (Santos *et al.*, 2008).

A fermentação da silagem provoca alterações na composição das frações nitrogenadas e diminui o teor de proteína bruta (Oshima e McDonald, 1978), resultando redução no teor de proteína como no presente trabalho (Tabelas 6 e 8), ao se comparar com os valores obtidos no momento da ensilagem e após o processo fermentativo. O baixo teor de proteína também por ter ocorrido em função da produção de efluentes, mesmo assim, os teores de PB permaneceram acima do valor

considerado ideal por Van Soest (1994), pois alimentos abaixo de 7% de PB limitam a digestão, por conta dos baixos níveis de N para os microrganismos do rúmen.

A determinação das variáveis de frações fibrosas é importante no que se refere a caracterização do valor nutritivo e a qualidade das silagens, pois tanto o teor de fibra em detergente neutro (FDN) quanto o de fibra em detergente ácido (FDA) são negativamente correlacionados com a digestibilidade da MS e seu consumo (Restle *et al.*, 2000; Van Soest, 1994). Ainda de acordo com Van Soest (1994), o teor de FDN é o fator que mais limita o consumo voluntário de alimento volumoso para animais, e valores acima de 60% na MS interferem de forma direta na ingestão da silagem.

Em relação ao FDA, de acordo com Van Soest (1994), os teores devem estar em torno de 30 a 40%, pois acima destas porcentagens limites, haverá presença de substâncias pouco aproveitadas pelos animais como lignina (LIG) e celulose (CEL). Valores de FDN abaixo de 60% favorecem o consumo de matéria seca da dieta, além de atender a demanda do animal e garantir bom funcionamento do trato gastrointestinal com taxa de passagem mais acelerada do alimento (Qiu *et al.*, 2003; Fernandez *et al.*, 2004).

Os resultados da Tabela 9 evidenciam que os teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) variaram significativamente conforme os consórcios e espaçamentos utilizados. No espaçamento de 0,40 m, o consórcio S+B apresentou o maior valor de MS (25,57%), seguido por S+T (24,04%) e S+B+T (24,31%). Já no espaçamento de 0,80 m, o maior valor foi observado em S+C+T (25,37%). Quanto à proteína bruta, o consórcio S+C+T no espaçamento de 0,40 m atingiu 12,85%, enquanto os menores teores foram verificados em S+B+C+T (9,00%) no espaçamento de 0,80 m. Esses dados confirmam que os consórcios com crotalária e o menor espaçamento favorecem a qualidade bromatológica da silagem.

Tabela 9. Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios para teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.

	Espaçamento Consórcios	
	0,40 m	0,80 m
MS		
Sorgo + BRS Paiaguás	25,57 aA	24,24 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	23,50 cA	23,53 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	24,31 bA	22,15 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	22,91 cA	18,28 cB
Sorgo + Crotalária	22,51 cA	22,22 bA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	23,11 cB	25,37 aA

Sorgo + Trigo Mourisco	24,04 bA	24,47 aA
PB		
Sorgo + BRS Paiaguás	10,27 dB	11,49 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria	12,07 bA	11,49 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	11,14 cB	12,09 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria + Trigo Mourisco	11,90 bA	9,00 bB
Sorgo + Crotalaria	11,52 bA	11,56 aA
Sorgo + Crotalaria + Trigo Mourisco	12,85 aA	11,75 aB
Sorgo + Trigo Mourisco	10,80 cA	11,32 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

A adição de uma leguminosa como a crotalaria no consórcio, é uma boa opção em razão das suas qualidades nutricionais (Garcia *et al.*, 2016; Pascoaloto *et al.*, 2017), pois estas espécies promovem o incremento nos teores de proteína no material a ser ensilado e a partir do momento que é incluído outra planta no consórcio, por conta da competição, o teor de PB é reduzido como se pode ser observado no presente trabalho (Tabela 9).

A Tabela 10 apresenta os efeitos da interação entre espaçamento e consórcios sobre os teores de FDN e FDA. O consórcio com quatro espécies (S+B+C+T) no espaçamento de 0,80 m apresentou o maior teor de FDN (60,22%) e FDA (39,53%), o que pode indicar menor digestibilidade da silagem. Os menores valores de FDN foram encontrados em S+T (51,45% no espaçamento de 0,40 m) e de FDA em S+B (32,76% no espaçamento de 0,80 m). De modo geral, o espaçamento de 0,40 m resultou em valores mais equilibrados, favorecendo a qualidade da fibra e a digestibilidade do material ensilado. O uso de consórcios simples e espaçamentos menores parece favorecer a obtenção de silagens com melhores características fibrosas.

Tabela 10. Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.

	Espaçamento Consórcios	
	0,40 m	0,80 m
FDN		
Sorgo + BRS Paiaguás	53,32 aA	50,06 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria	51,08 aA	52,27 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	53,24 aA	51,27 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria + Trigo Mourisco	51,17 aB	60,22 aA
Sorgo + Crotalaria	52,28 aA	52,08 bA
Sorgo + Crotalaria + Trigo Mourisco	50,88 aA	52,57 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	51,45 aA	52,70 bA
FDA		

Sorgo + BRS Paiaguás	34,08 bA	32,76 cA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria	34,06 bB	36,25 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	33,65 bB	36,01 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria + Trigo Mourisco	34,85 bB	39,53 aA
Sorgo + Crotalaria	36,43 aA	35,43 bA
Sorgo + Crotalaria + Trigo Mourisco	36,09 aA	35,20 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	36,37 aA	33,35 cB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Entretanto, os valores superiores de FDN na MS advindos dos consórcios, independentemente dos espaçamentos entrelinhas do sorgo se encontram abaixo de 60%, que de acordo com Van Soest (1994), este valor é considerado como adequado para uma boa digestibilidade do alimento volumoso pelos ruminantes. Van Soest (1994) determinou que para o material apresentar boa qualidade e alta digestibilidade, o teor de fibra em detergente ácido (FDA) deve estar abaixo de 40%, e os valores obtidos nos desdobramentos de consórcios e espaçamentos (Tabela 10) encontram-se abaixo deste limite.

Na Tabela 11, observa-se que a lignina (LIG) apresentou os maiores valores nos consórcios mais complexos, como S+B+C (6,22%) e S+B+C+T (6,11%) no espaçamento de 0,80 m. Já os menores teores foram observados em consórcios simples como S+C (4,13%) no espaçamento de 0,40 m. A celulose (CEL), por sua vez, apresentou os maiores valores nos consórcios com múltiplas espécies, especialmente S+B+C+T (31,20%) em 0,80 m e S+C+T (30,84%) em 0,40 m. Esses resultados sugerem que a complexidade do consórcio e o espaçamento influenciam diretamente os teores de fibras estruturais na silagem.

Tabela 11. Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios para os teores de lignina (LIG) e celulose (CEL) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.

Espaçamento Consórcios	0,40 m	0,80 m
LIG		
Sorgo + BRS Paiaguás	4,61 bA	4,31 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria	5,93 aA	5,32 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	4,81 bA	4,91 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria + Trigo Mourisco	4,99 bB	5,95 aA
Sorgo + Crotalaria	4,94 bA	4,56 bA
Sorgo + Crotalaria + Trigo Mourisco	5,83 aA	4,98 bB
Sorgo + Trigo Mourisco	5,35 aA	4,91 bA
CEL		
Sorgo + BRS Paiaguás	26,80 bA	26,21 cA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria	25,80 bA	25,21 cA

Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	27,16 bA	28,79 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	27,78 bB	32,31 aA
Sorgo + Crotalária	29,58 aA	28,81 bA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	29,19 aA	27,99 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	28,56 aA	26,38 cB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

A Tabela 12 mostra que os maiores valores de hemicelulose (HEM) foram observados em S+C (20,11%) no espaçamento de 0,40 m e em S+B+C+T (21,40%) em 0,80 m. Em relação aos carboidratos não fibrosos (CZ), os maiores teores foram encontrados no consórcio S+T (43,40%) com espaçamento de 0,80 m. Isso indica que consórcios com trigo mourisco favoreceram a produção de compostos energéticos, fundamentais para a fermentação da silagem.

Tabela 12. Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios para os teores de hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.

Espaçamento Consórcios	0,40 m	0,80 m
HEM		
Sorgo + BRS Paiaguás	19,24 aA	17,29 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	17,02 bA	16,01 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	19,59 aA	15,25 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	16,32 bB	20,69 aA
Sorgo + Crotalária	16,32 bA	16,64 bA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	14,80 bB	17,37 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	15,07 bB	19,35 aA
CZ		
Sorgo + BRS Paiaguás	8,94 aA	7,60 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	8,80 aA	7,41 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	8,39 aA	8,32 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	7,92 bA	4,83 bB
Sorgo + Crotalária	7,42 bA	7,93 aA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	7,97 bA	8,33 aA
Sorgo + Trigo Mourisco	7,42 bA	7,83 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Conforme a Tabela 13, os valores de pH variaram entre 3,80 e 4,00, indicando uma boa fermentação das silagens. Os maiores teores de extrato etéreo (EE) foram observados em S+C (3,00%) e S+C+T (2,95%). A digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) superou 70% em todos os tratamentos, com destaque para S+C+T (73,83%). O consórcio S+B+T apresentou o maior valor de NDT (66,29%), enquanto o teor de matéria mineral (MM) foi mais elevado em S+C (9,65%). Em relação aos macronutrientes, o teor de cálcio (Ca) variou de 0,42% a 0,67%, sendo o

maior valor em S+C+T; o fósforo (P) foi mais elevado em S+C (0,45%). Esses resultados reforçam o potencial nutricional dos consórcios com crotalária e trigo mourisco.

Tabela 13. Médias de extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH₃/NT), digestibilidade (D), carboidratos solúveis totais (CHOs) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

Tratamentos	EE	NIDN	NIDA	pH	N-NH ₃ /NT	D	CHOs
			-----	% na MS	-----		
Consórcio (C)							
S+B	4,70	2,48 b	1,74	3,83	4,82	74,65	76,13
S+B+C	4,54	2,12 c	1,44	3,86	4,69	73,69	75,55
S+B+T	5,23	2,49 b	1,63	3,87	5,02	73,59	74,79
S+B+C+T	5,75	2,96 a	1,91	3,81	5,48	70,81	77,42
S+C	5,57	2,51 b	1,64	3,82	4,45	73,03	75,20
S+C+T	5,71	2,27 c	1,43	4,00	4,64	71,83	73,83
S+T	4,03	2,35 b	1,62	3,85	4,09	72,98	77,26
Espaçamento (E)							
0,45 m	4,12	2,43	1,65	3,93	4,80	72,68	76,23
0,85 m	6,03	2,40	1,60	3,80	4,69	73,20	75,25
Teste F							
<i>p</i> valor (C)	0,0001**	0,0001**	0,2780 ^{ns}	0,0001**	0,0027**	0,0006**	0,0001**
<i>p</i> valor (E)	0,0001**	0,3147 ^{ns}	0,0855 ^{ns}	0,0001**	0,5151 ^{ns}	0,2258 ^{ns}	0,0005**
<i>p</i> valor (C x E)	0,0001**	0,0804 ^{ns}	0,0564 ^{ns}	0,0004**	0,0001**	0,0043**	0,0001**
Média Geral	5,08	0,28	0,19	3,86	4,74	72,94	75,74
CV (%)	13,70	6,53	7,10	1,85	12,94	2,18	1,29

Sorgo + BRS Paiaguás (S+B), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária (S+B+C), Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco (S+B+T), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco (S+B+C+T), Sorgo + Crotalária (S+C), Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco (S+C+T), Sorgo + Trigo Mourisco (S+T). ** e * *significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente*. ^{ns} *não significativo*. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores de EE estão em torno ou abaixo de 6 a 7%, com média de 4,22% (Tabela 13), valores estes considerados limites por Silva et al (2014) e NRC (2001), pois teores de gordura acima dessa faixa, podem resultar em distúrbios digestivos e redução do consumo do alimento pelos efeitos deletérios nos microrganismos ruminais. A porcentagem de extrato etéreo (EE) se refere a fração gordurosa da silagem e fornece até 2,25 vezes mais energia que os carboidratos e proteínas (Silva *et al.*, 2014) aumentando também a eficiência alimentar e podendo reduzir a emissão de gases pelos animais (Ivan *et al.*, 2013). As gorduras que são extraídas para a determinação de extrato etéreo não são constituídas apenas por ácidos graxos, mas também por todos os compostos que possam ser extraídos pelo solvente apolar utilizado.

Uma boa parte dos compostos nitrogenados dos alimentos volumosos encontram-se ligados a parede celular na forma de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e em detergente

ácido (NIDA). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro, mas solúvel em detergente ácido, é digestível, porém, de lenta degradação no rúmen dos animais, enquanto que o nitrogênio retido de forma de NIDA é praticamente indigestível e está geralmente associado à lignina e a outros compostos de difícil degradação (Van Soest, 1994) (Tabela 13).

A fermentação ruminal é influenciada de forma direta pela concentração total de carboidratos na dieta (Mello e Nornberg, 2004). De acordo com Van Soest (1994), os valores de carboidratos solúveis totais (CHOs) devem ser de 50 a 80% da MS da silagem, portanto, os valores obtidos nas silagens (Tabelas 13 e 15) encontram-se dentro da faixa recomendada para que as silagens tenham adequada fermentação e aproveitamento do alimento pelos animais.

O alto N-NH₃/NT é indicativo da degradação da proteína durante o processo de fermentação da ensilagem (Macedo *et al.*, 2017) e por conta disso, níveis de amônia acima de 20% resultam em silagem mal preservada e a presença de bactéria do gênero *Clostridium* (Tabela 13).

Na Tabela 14, observa-se que os menores valores de pH foram encontrados nos consórcios S+B (3,84) e S+T (3,85) no espaçamento de 0,80 m, indicando fermentação mais eficiente. Em relação à DIVMS, o consórcio S+C+T no espaçamento de 0,40 m apresentou o maior valor (73,83%). O NDT foi mais elevado em S+B+T (66,29%) também com 0,40 m. Já os maiores teores de EE foram observados em S+C (3,00%) e S+C+T (2,95%) no espaçamento de 0,40 m, destacando a presença de leguminosas na composição. Esses resultados mostram que consórcios diversificados e o adensamento proporcionam ganhos nutricionais significativos na silagem.

Tabela 14. Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios no teor de extrato etéreo (EE) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021/2022.

Consórcios	Espaçamento	
	0,40 m	0,80 m
EE		
Sorgo + BRS Paiaguás	3,94 aB	5,47 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	4,37 aA	4,72 cA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	4,08 aB	6,38 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	3,94 aB	7,55 aA
Sorgo + Crotalária	4,24 aB	6,90 aA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	4,31 aB	7,10 aA
Sorgo + Trigo Mourisco	3,97 aA	4,10 cA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

A Tabela 15 indica que os maiores teores de matéria mineral (MM) foram obtidos no consórcio S+C (9,65%) com espaçamento de 0,40 m. Em relação ao cálcio (Ca), os maiores valores foram observados em S+C+T (0,67%) no mesmo espaçamento. Já os menores valores de MM

(7,34%) e Ca (0,42%) foram encontrados em consórcios mais simples e no espaçamento de 0,80 m. Esses dados sugerem que o uso de leguminosas no consórcio e o adensamento influenciam positivamente a incorporação de minerais na silagem.

Tabela 15. Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios nos teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃/NT) e potencial hidrogeniônico (pH) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021

Espaçamento Consórcios	0,40 m	0,80 m
N-NH₃/NT		
Sorgo + BRS Paiaguás	5,52 aA	4,12 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	4,98 aA	4,39 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	5,09 aA	4,96 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	4,09 bB	6,88 aA
Sorgo + Crotalária	4,57 bA	4,34 bA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	5,05 aA	4,24 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	4,28 bA	3,89 bA
pH		
Sorgo + BRS Paiaguás	3,88 bA	3,78 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	3,90 bA	3,83 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	3,95 bA	3,80 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	3,83 bA	3,79 aA
Sorgo + Crotalária	3,86 bA	3,77 aA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	4,19 aA	3,81 aB
Sorgo + Trigo Mourisco	3,88 bB	3,82 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

A formação de amônia no processo de ensilagem, inibe o consumo da silagem, apresenta menor eficiência na utilização do N para a produção de proteína pelos microrganismos do rúmen, altera o curso da fermentação, impedindo a rápida redução do pH do material que foi ensilado (Tomich *et al.*, 2003). Portanto, os valores de N-NH₃/NT obtidos das silagens, resultaram em valores abaixo de 6%, o que tudo indica que a reduzida degradação da PB, resulta em um adequado processo de ensilagem e armazenamento.

Em relação aos valores de pH (Tabela 15), os valores obtidos foram similares aos determinados por McDonald et al (1991) e Ferreira (2001) para uma silagem bem conservada e de boa qualidade (entre 3,8 e 4,2). De acordo com França et al. (2011), os valores de pH que estão acima de 4,2 indicam altas proteólise e a produção de ácido butírico.

A Tabela 16 mostra que o maior teor de fósforo foi registrado no consórcio S+C (0,45%) com espaçamento de 0,40 m. Os demais tratamentos apresentaram valores entre 0,33% e 0,42%, com tendência de maior concentração nos consórcios com crotalária. O espaçamento de 0,40 m favoreceu maiores teores de fósforo em comparação ao de 0,80 m. Esses resultados destacam o papel das leguminosas na melhoria do perfil nutricional mineral da silagem.

Tabela 16. Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios nos teores de digestibilidade (D) e carboidratos solúveis totais (CHOs) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

	Espaçamento Consórcios	
	0,40 m	0,80 m
D		
Sorgo + BRS Paiaguás	73,47 aB	75,84 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	73,84 aA	73,54 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	73,33 aA	73,85 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	72,69 aA	68,93 bB
Sorgo + Crotalária	72,85 aA	73,21 aB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	70,42 aB	73,24 aA
Sorgo + Trigo Mourisco	72,15 aA	73,81 aB
CHOs		
Sorgo + BRS Paiaguás	76,83 aA	75,42 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	74,75 bB	76,36 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	76,38 aA	73,21 cB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	76,23 aB	78,61 aA
Sorgo + Crotalária	76,80 aA	73,60 cB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	74,86 bA	72,81 cB
Sorgo + Trigo Mourisco	77,79 aA	76,74 bA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

A digestibilidade, de acordo com Teixeira (1997), é uma estimativa da capacidade do alimento em permitir que o animal utilize seus nutrientes, em menor ou maior escala, influenciada pelo tempo de permanência do alimento no trato gastrointestinal. Segundo Paiva (1976) e Borges (1995), silagens com digestibilidade entre 40 e 55 % podem ser classificadas como satisfatórias, e em torno de 55 a 65%, são classificadas como silagens de boa qualidade.

6. CONCLUSÃO

A utilização de consórcios do sorgo granífero com diferentes espécies de plantas de cobertura e espaçamentos entre linhas influenciou significativamente os atributos agronômicos, nutricionais e fermentativos da silagem. De forma geral, o espaçamento de 0,40 m proporcionou melhor desempenho das culturas consorciadas, refletindo em maiores populações de plantas, teores mais elevados de proteína bruta e menores concentrações de lignina nas silagens.

Entre os consórcios avaliados, aqueles que incluíram crotalária, isoladamente ou combinada com trigo mourisco, destacaram-se por promover silagens com maior valor nutricional, apresentando melhores resultados em termos de digestibilidade, extrato etéreo, cálcio e fósforo. Além disso, os consórcios com múltiplas espécies também se mostraram eficientes, com destaque para o S+C+T, que apresentou elevada digestibilidade da matéria seca, além de bom equilíbrio entre os teores de fibra e minerais.

Os dados obtidos reforçam o potencial do consórcio de sorgo com leguminosas e espécies de cobertura na produção de silagem de alta qualidade, sendo uma estratégia viável para a intensificação sustentável dos sistemas de produção animal no Cerrado. O uso de consórcios diversificados, aliado ao adensamento adequado das culturas, pode representar uma alternativa eficiente para a melhoria do valor nutritivo da forragem e para a sustentabilidade da produção agropecuária.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC. Technical committee on responses to nutrients. Report n.2. Characterization of feedstuffs. **Nutrient Abstract Review**, Ser. B. v.57, p 713-736, 1987.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; et al. eds. **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006. p.59-79.

ALVARENGA, M. C. V. **Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, em carneiros**. 1994. 82f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994.

ALVES, E. M.; PEDREIRA, M. S.; AGUIAR, L. V.; COELHO, C. P.; OLIVEIRA, C. A. S.; SILVA, A. M. P. Silagem de sorgo com e sem tanino em substituição à silagem de milho na alimentação de ovinos: desempenho e características de carcaça. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, p. 157-164, 2012.

AMELCHANKA S.L.; KREUZER M.; LEIBER F. Utility of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) as feed: Effects of forage and grain on in vitro ruminal fermentation and performance of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, 155, 111–121, 2010.

ANDRIGUETTO, J. M et al, **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, v. 1. 395p, 2002.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington, v. 2, 1995. 474p.

ÁVILA, C.L.S; PINTO, J.C e TAVARES, V.B. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capimtançânia ensilado com aditivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3), 648-654, 2006.

BARROCAS, G.E.G.; TANURE, J.P.M.; GOMES, R.C. Análises bromatológicas para determinação da qualidade nutricional de forrageiras? Compêndio de POPs. **Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTEC-A-E)**, 2017.

BORGES, A.L.C.C. **Qualidade de silagens de genótipos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135p.

CARVALHO, A. M. de.; BUSTAMANTE, M, M, C.; ALCANTARA, F. A de.; et al. Characterization by solidstate CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 101, p. 100-107, 2009.

COSTA, N.R.; et al. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência Agronômica**, v. 9, p. 166-73, 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 818-829, 2015.

COSTA, Patrícia Monteiro. **Consórcio capim-braquiária, milho e leguminosas: produtividade, qualidade das silagens e desempenho animal**. 2011.

CRUSCIOL, C. A. C.; et al. An Innovative Crop Forage Intercrop System: Early Cycle Soybean Cultivars and Palisade grass. **Agronomy Journal**, v. 104, p. 1085-1095, 2012.

EPIFANIO, P. S.; COSTA, K. A. P.; GUARNIERI, A.; TEIXEIRA, D. A. A.; OLIVEIRA, S. S.; SILVA, V. R. Silage quality of *Urochloa brizantha* cultivars with levels of campo grande *Stylosanthes*. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.38, p. 135-142, 2016.

FARIA, V.P. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 323-348

FERNADEZ, I.; NOZIERE, P e MICHALET-DOREAU, B . **Site and extent of starch digestion of wholeplant maize silages differing in maturity stage and chop length, in dairy cows**. *Livestock Production Science*, (89), 47-157, 2004.

FERREIRA, J.J. **Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo**. In: Cruz, J.C.; Pereira Filho, I.A.; Rodrigues, JAS. et al. (2001) (Eds.) *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 405-428, 2001.

FRANÇA, A.F.D.S; OLIVEIRA, R.D.P; MIYAGI, E.S; DA SILVA, A.G e PERÓN, H.J.M.C. **Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio**. *Ciência Animal Brasileira*, 12(3), 383-391, 2011.

GARCIA, C. M. P.; et al. Wet and dry maize yield under intercrop cultivation with marandu grass and/or dwarf pigeon pea and nutritional value of the marandu grass in succession. **Australian Journal Crop Science**, v. 10, p. 1564–1571, 2016.

GIACOMINI, S.J. **Consortiação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto**. 2001. (Dissertação de Mestrado) - Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 124p.

GOBETTI, S. T. C.; NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M. R.; OLIBONI, R. **Produção e utilização da silagem de planta inteira de soja (Glicinimax) para ruminantes**. *Ambiência*, v. 7,n. 3, 2011.

GORGEN, A.V. **Produtividade e qualidade da forragem de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.BR) e de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*. Moench) cultivado no cerrado**. Brasília, DF, 2013. 14p.

IVAN, M.; PETIT, H.V.; CHIQUETTE, J e WRIGHT, A.D.G. **Rumen fermentation and microbial population in lactating dairy cows receiving diets containing oilseeds rich in C-18 fatty acids.** *British Journal Nutrition* 109(07): 1211-1218, 2013.

JUNQUEIRA, Rodrigo Modesto. DISSERTAÇÃO. In: JUNQUEIRA, Rodrigo Modesto. **Consórcio de Guandu e Milho Cultivados para a Produção de Forragem em Sistema Orgânico.** 2018.

Dissertação (Pós Graduação em Agricultura Orgânica) - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO INSTITUTO DE AGRONOMIA, [S. l.], 2018.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J. et al. *Integração Lavoura-Pecuária.* Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 131-141.

KRAMBERGER, B.; GSELMAN, A.; JANZEKOVIC, M.; et al. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. **European Journal of Agronomy**, v.31, p.103-109, 2009.

LANES, E.C.M. et al. Como evitar perdas na ensilagem do milho. **Revista eletrônica de Veterinária.** v. IX, p. 1695-7504, 2008.

LIMA, J. A. et al. Silagem de soja na terminação de ovinos Texel: Ganho de peso, consumo e digestibilidade. In: 47ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador/UFBA: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010. (CD ROM).

LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** Brasília, DF: Embrapa. 2014.

LUDKIEWICZ, M. G. et al. Densidade de semeadura de guandu-anão para produção de silagem de milho safrinha consorciado ou não com capim marandu em cerrado de baixa altitude. *Revista Agrarian*, Dourados, v. 15, n. 55, e15281, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15281>. Acesso em: 05 abr. 2025.

MACÊDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S e PERAZZO, A.F. **Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura.** *Revista Electrónica de Veterinaria*,(18)9, 1-11, 2017.

MACHADO, F.S et al. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 711-720, 2012.

MATEUS, P, M.; et al. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. **Agronomy Journal**, v.108, p. 433-447, 2016.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R e HERON, S. **The biochemistry of silage.** 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications. 340p, 1991.

MELLO, R.; NORBERG, J.L. **Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol.** Ciência Rural, 34(5), 1537-1542, 2004.

MROGINSKI, R. A. **Qualidade bromatológica e produção de biomassa de milho silagem em diferentes sucessões culturais de inverno.** UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, Ijuí, 2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 61-67, 2010.

OSHIMA, M. e McDONALD, P. **A review of changes in nitrogenous compounds in herbages during ensiling.** *J. Sci. Food Agric.*, (29), 497-505, 1978.

Ott, LC.; Junior, JS.; Bortolini, F.; Silva, JLS.; Rosa, PP.; Pinheiro, L.; Lourenço, LA e Rosler, DC (2018). Avaliação agrônômica de genótipos de sorgo para a produção de silagem. *Revista eletrônica de veterinária*, 19(5).

PAIVA, L.E.; ANDRADE, M.A e NDRADE, LAB. **Influência da adubação nitrogenada, espaçamento e densidades na produção de matéria seca e qualidade da silagem de milho.** *Ciência prática*, 17(4), 370-376, 1993.

PAIVA, J.A.J. **Qualidade do sorgo da região metalúrgica de Minas Gerais.** 83f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1976.

PARIZ, C, M.; et al. Production, nutrient cycling and soil compaction to grazing of grass companion cropping with corn and soybean. **Nutrient Cycling In Agroecosystems**, v. 108, n. 1, SI, p. 35-54, 2017.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, F.A.; ULIAN, N.A.; FURLAN, L.C.; MEIRELLES, P.R.L. & CAVASANO, F.A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in na integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2029- 2037, 2011.

PASCOALOTO, I.M.; ANDREOTTI, M.; CRUZ, S.S.; SABBAG O.J.; BORGHI, E.; LIMA,G.C e MODESTO, V.C. **Economic analysis of sorghum consortia with forages or with dwarf pigeon pea succeeded by soybean or corn.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(10), 833-840, 2017.

PASQUALETTO, A.; COSTA, L. M.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, C. S. Influência de culturas de safrinhas em sucessão à cultura do milho (*Zea mays* L.) no sistema plantio direto sobre a resistência à penetração do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 29, n. 2, p. 27-31, 1999.

PECHOTO, Eduardo Augusto Pontes. **Produção de silagem de cultivares de sorgo em consórcio com capins massai ou paiaгуás: efeito de competição em materiais de diferentes alturas.** Ilha Solteira, SP: Universidade Estadual Paulista, 2019.

PEIXOTO, A. M., PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **A Planta forrageira no sistema de produção.** In: 17º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Anais ... FEALQ, Piracicaba, 2001.

PEREIRA, F.C.B.L.; et al. Autumn maize intercropped with tropical forages: crop residues, nutriente cycling, subsequent soybean and soil quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-20, 2016.

PEREIRA, L.E.T. *et al.* **Tecnologias para conservação de forragens: fenação e ensilagem.** Grupos de Estudos em Forragicultura e Pastagem, 2015.

PORTUGAL, JR.; PERES, AR e RODRIGUES, RAF. Aspectos climáticos no feijoeiro. In: Arf O.; Lemos LB.; Soratto, RP e Ferrari S. (ed.) *Aspectos gerais da cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)*. Botucatu: FEPAF, 6575, 2015.

POZAR, G.; ZAGO, C. P (1991). **Influência da densidade de plantio em milho (*Zea mays* L.) sobre a produção de grãos e silagem, e alguns de seus componentes de produção e qualidade.** Capinópolis: Sementes Agroceres, 36p, 1991.

QIU, X ; EASTRIGDE, M.L e WANG, Z. **Effects of corn silage hybrid and dietary concentration of forage NDF on digestibility and performance by dairy cows.** *Journal of Dairy Science*, (86), 3667-3674, 2003.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 284p.
RESTLE, J.; ROSO, C. e SOARES, A.B. **Produtividade animal e retorno econômico em pastagem de aveia preta mais azevém adubada com fontes de nitrogênio em cobertura.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(2), 357-364, 2000.

REZENDE, G.M.; PIRES, D.A.A.; BOTELHO, P.R.F.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; SALES, E.C.J.; JAYME, D.G.; REIS, S.T.; PIMENTEL, L.R.; LIMA, L.O.B.; KANEMOTO, E.R.; MOREIRA, P.R. Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.2, p.171-179, 2011.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C., Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, 2013.

SOARES, D. A.; ANDREOTTI, M.; NAKAO, A. H.; MODESTO, V. C.; DICKMANN, L.; FREITAS, L. A.
Inoculation with *Azospirillum* combined with nitrogen fertilization in sorghum intercropped with *Urochloa* in off-season. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 69, n. 2, p. 125-130, mar./abr. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/fPWTzdfhYyFZfLJk3C5JcPK> Acesso em: 05 abr. 2025.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. **Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, (37), 1555-1563, 2008.

SANTANA, A. P.; CISNEROS, L.; MARTÍNEZ, A.; PASCUAL, S. Conservation and chemical composition of *Leucaena leucocephala* plus fresh or wilted *Pennisetum purpureum* mixed silages. **Revista MVZ Córdoba**, 20, 4895-4906, 2015. doi: 10.21897/rmvz.5.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA F.V.; CARVALHO, Z.G.; SÁ, H.C.M.; OLIVEIRA, L.L.S.; ALVES, D.D.; SILVA, V.L.; SOARES, F.D.S e SANTOS, C.C.R. **Weight gain, carcass and meat traits of ewes finished on pasture with different levels supplementation.** *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 15(1): 206-220, 2014.

SILVA, K. M. J et al. **Consórcio do sorgo com seis diferentes espécies de forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária no Vale do Jequitinhonha.** In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 7, 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2010.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; et al. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema de semeadura direta. **Ciência Rural**, v.36, p.1011 – 1020, 2006.

SIMÕES DA CRUZ, SANDERLEY. **Produção e qualidade de silagens de sorgo consorciado com forrageiras e/ou guandu-anão em sistema de integração lavoura-pecuária em duas épocas de corte no cerrado.** 2016. Tese (doutorado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2016.

SOUZA NETO, J. M. **Formação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com o milho como cultura acompanhante.** 1993. 58 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

TEIXEIRA, J.C. **Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes.** Lavras, MG: UFLA/ FAEPE, 327p, 1997.

TILLEY, J. M.; TERRY, R.A.A. Two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo: uma proposta para qualificação da fermentação.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 20p, 2003.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation** New York: Marcel Dekker, 305p, 1984.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p. 59-168.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M; FERREIRA, D.J; OLIVEIRA, J.S; ALMEIDA, J.C.C. e PEREIRA, O.G. **Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo.** *Archivos de Zootecnia*, 55(209), 7584, 2006.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A N.; ALMEIDA, R. G. **Recuperação de pastagens degradadas**. In: CURSO DE CAPACITAÇÃO DO PROGRAMA ABC, 2011, Brasília. Apostila. Brasília: MAPA; Embrapa, 2011. 47 p.