



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS
MESTRADO EM PRODUÇÃO ANIMAL

ANDRESSA KAROLINE DOS SANTOS

**NÍVEIS DE INCLUSÃO DE MILHO TRITURADO EM SILAGEM DE CAPIM-
ELEFANTE cv. BRS CAPIAÇU EM DIFERENTES DIAS DE ABERTURA**

GARANHUNS- PE

2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS MESTRADO EM
PRODUÇÃO ANIMAL**

ANDRESSA KAROLINE DOS SANTOS

**NÍVEIS DE INCLUSÃO DE MILHO TRITURADO EM SILAGEM DE CAPIM-
ELEFANTE cv. BRS CAPIAÇU EM DIFERENTES DIAS DE ABERTURA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Orientador (a): Airon Aparecido Silva de Melo

Coorientador: Daniel Barros Cardoso

Coorientadora: Maria Josilaine Matos dos Santos Silva

Linha de Pesquisa: Nutrição de Pequenos Ruminantes

GARANHUNS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIB-UFAPE)

Santos, Andressa Karoline dos
S237n Níveis de inclusão de milho triturado em silagem de Capim-elefante cv. BRS Capiçu em diferentes dias de abertura / Andressa Karoline dos Santos. – Garanhuns, 2024.
46 f. : il. color.

Orientador(a): Airon Aparecido Silva de Melo.
Coorientador(a): Maria Josilaine Matos dos Santos Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Garanhuns, BR-PE, 2024.

Inclui referências.

1. Milho. 2. Capim-elefante. 3. Silagem. I. Melo, Airon Aparecido Silva de (orient.) II. Silva, Maria Josilaine Matos dos Santos (coorient.) III. Universidade Federal do Agreste de Pernambuco Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens IV. Título
CDD 633.15

ANDRESSA KAROLINE DOS SANTOS

**NÍVEIS DE INCLUSÃO DE MILHO TRITURADO EM SILAGEM DE CAPIM-
ELEFANTE cv. BRS CAPIAÇU EM DIFERENTES DIAS DE ABERTURA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Orientador (a): Airon Aparecido Silva de Melo

Coorientador: Daniel Barros Cardoso

Coorientadora: Maria Josilaine Matos dos Santos Silva

Linha de Pesquisa: Nutrição de Pequenos Ruminantes

Aprovado em 28 / 10 / 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE)

Prof. Dr. Paulo Fernando Andrade Godoi

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE)

Prof. Dr. Vítor Visintin Silva de Almeida

Universidade Federal de Alagoas (UFAL) Campus Arapiraca

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria José (Liu) e Severino José (Sil), pelo amor e apoio incondicional. É por vocês!

Dedico...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e à Virgem Santa Maria Imaculada Conceição, que intercedeu por mim diversas vezes.

Agradeço aos meus pais, Maria José (Liu) e Severino José (Sil), que sempre me apoiaram e contribuíram com o que era possível para realizar meus sonhos. Aos meus irmãos, Emerson e Bruno, pelo incentivo e ajuda.

Aos meus primos Israel, Aline, Pedro, Bárbara, Daiany e Alicia, que considero irmãos, o apoio de vocês é inestimável. Às minhas tias, que sempre me apoiaram nessa jornada, vocês trazem alegria e inspiração à minha vida. Muito obrigado por tudo!

À minha cunhada, Eduarda (Duda), e aos meus sobrinhos, Iza e Isaac, agradeço pelo apoio e pela alegria que vocês trazem à nossa família.

Ao meu orientador, Dr. Airon Melo, e aos meus professores de graduação e pós-graduação, muito obrigado pelo conhecimento compartilhado, pela paciência e pelo incentivo constante. Cada lição, conselho e orientação foram fundamentais para a minha formação.

À minha querida coorientadora, Dra. Maria Josilaine Matos, que sempre esteve comigo desde a graduação. Ao meu coorientador, Dr. Daniel Barros, que foi uma pessoa espetacular! Um ser humano sensível e acolhedor, que mesmo estando atolado de coisas, sempre esteve à disposição, estando à frente em minha orientação.

Aos meus queridos amigos de graduação, que considero parte da minha família: Neila, Cris, Bruna, Roni, Nay, Amanda e Flávia. Vocês são amigos especiais que entraram comigo de mãos dadas na graduação.

Aos meus amigos Lucas e Alycia, com quem tive a honra de dividir apartamento, sonhos, conquistas e, principalmente, nossas histórias. E especialmente à minha grande amiga Andréia, sabíamos que não seria fácil, mas decidimos embarcar nessa jornada louca. Só tínhamos uma sanduicheira velha, alguns utensílios e um sonho kkkk. Agradeço por todos os momentos hilários, sensíveis e desafiadores que passamos juntas.

Aos meus grandes amigos Samuel e Luan, que gentilmente cederam os dados de sua pesquisa para o desenvolvimento deste trabalho. A amizade e parceria que construímos são presentes inestimáveis que a UFAL me proporcionou ao longo dessa jornada.

Estendo também minha gratidão ao Curso de Zootecnia da UFAL - Campus Arapiraca, onde foi conduzido o experimento, pela infraestrutura e apoio concedidos, que foram fundamentais para a realização desta pesquisa.

Aos amigos Julio Cesar, Val, Henrique, Sabrina, Elisman, Wendell e demais colegas, deixo meu profundo agradecimento pelo companheirismo e apoio constante.

Aos amigos da pós-graduação, agradeço pela parceria nas pesquisas, pelas discussões enriquecedoras e pela amizade que cresceu ao longo do tempo.

A todos, meu sincero agradecimento por fazerem parte dessa jornada. Cada um de vocês marcou minha vida de forma inesquecível, e sou muito grato por isso.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de milho triturado em diferentes níveis (0, 5% e 10%) na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv BRS Capiaçú em diferentes dias de abertura (18, 28 e 38 dias), avaliando características físicas e bromatológicas, perdas fermentativas e estabilidade aeróbia. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Campus Arapiraca, no município Arapiraca, no Centro de Desenvolvimento Experimental de Zootecnia (CEDEZOO). O experimento foi conduzido utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x3, sendo (três níveis de inclusão do milho triturado) e (três dias diferentes de abertura das silagens). Os níveis de inclusão de fubá de milho afetaram significativamente ($P < 0,05$) os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). No entanto, os dias de abertura (18, 28 e 38 dias) não influenciaram significativamente ($P > 0,05$) essas variáveis, o que sugere que a qualidade da silagem permaneceu relativamente estável em relação ao tempo de fermentação analisado. Os níveis de milho triturado influenciaram significativamente ($P < 0,05$) essas variáveis, indicando que o milho triturado foi eficaz na redução das perdas durante o processo de ensilagem. Por outro lado, os dias de abertura influenciaram ($P < 0,05$) apenas as perdas por efluentes (PE), sugerindo que o tempo de fermentação pode afetar o volume de líquidos expelidos pela silagem. O pH inicial (pHi) foi significativamente afetado ($P < 0,05$) pelos dias de abertura, enquanto outras variáveis relacionadas ao pH, como o pH final (pHf), pH máximo (pHMax) e o tempo para atingir o pH máximo (TpHMax), não foram influenciadas pela inclusão de milho triturado ($P > 0,05$). A inclusão de milho triturado foi eficaz para melhorar alguns aspectos nutricionais e reduzir as perdas na silagem, enquanto os dias de abertura tende a aumentar as perdas por efluentes a partir de 28 dias de abertura do silo.

Palavras-chave: Estabilidade aeróbia; Fermentação; pH.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of the inclusion of ground maize at different levels (0%, 5%, and 10%) in the silage of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. BRS Capiaçú at different opening times (18, 28, and 38 days), assessing physical and bromatological characteristics, fermentative losses, and aerobic stability. The experiment was conducted at the Federal University of Alagoas (UFAL) – Arapiraca Campus, in the municipality of Arapiraca, at the Centre for Experimental Development in Animal Science (CEDEZOO). The experiment was carried out using a Completely Randomised Design (CRD) in a 3x3 factorial scheme, with three levels of ground maize inclusion and three different silage opening days. The levels of ground maize inclusion significantly affected ($P<0.05$) the contents of dry matter (DM), organic matter (OM), mineral matter (MM), neutral detergent fibre (NDF), and acid detergent fibre (ADF). However, the days of opening (18, 28, and 38 days) did not significantly influence ($P>0.05$) these variables, suggesting that the quality of the silage remained relatively stable during the fermentation period analysed. The levels of ground maize significantly influenced ($P<0.05$) these variables, indicating that ground maize was effective in reducing losses during the ensiling process. On the other hand, the days of opening only influenced ($P<0.05$) effluent losses (EL), suggesting that the fermentation time could affect the volume of liquid expelled by the silage. The initial pH (pHi) was significantly affected ($P<0.05$) by the opening days, while other pH-related variables, such as final pH (pHf), maximum pH (pHMax), and the time to reach maximum pH (TpHMax), were not influenced by the inclusion of ground maize ($P>0.05$). The inclusion of ground maize was effective in improving some nutritional aspects and reducing silage losses, while the opening days tended to increase effluent losses from 28 days onwards.

Keywords: Aerobic stability; Fermentation; pH.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Granulometria de silagem de capim-elefante cv. Brs capiaçu com níveis de inclusão de milho triturado com diferentes dias de abertura (18, 28 e 38 dias)	29
Tabela 2. Composição química de silagem de capim-elefante cv. BRS Capiacu com níveis de inclusão de milho triturado (0, 5 e 10%) com diferentes dias aberturas (18, 28 e 38 dias).....	31
Tabela 3. Desdobramento da interação de níveis de inclusão de milho triturado (0, 5 e 10%) e diferentes dias aberturas (18, 28 e 38 dias) sobre os teores de proteína bruta.....	33
Tabela 4. Perdas fermentativas da silagem de capim-elefante cv. BRS Capiacu com níveis milho triturado (0, 5 e 10%) nos diferentes dias de abertura do silo (18, 28 e 38 dias)	34
Tabela 5. Valores médios de temperatura da silagem de capim-elefante cv. BRS Capiacu com níveis milho triturado (0, 5 e 10%) nos diferentes dias de abertura do silo (18, 28 e 38 dias) expostas ao meio aeróbio.....	36
Tabela 6. Valores médios de potencial hidrogeniônico (pH) da silagem de capim-elefante cv. BRS Capiacu com níveis milho triturado (0, 5 e 10%) nos diferentes dias de abertura do silo (18, 28 e 38 dias) expostas ao meio aeróbio.....	37

LISTAS DE ABREVIACOES E SIGLAS

ΣDTAS	Somatório da diferença temperatura da silagem em relação ao ambiente
A	Abertura
AGV	cidos Graxos Voláteis
C	Celsius
CECA	<i>Campus</i> de Engenharias e Ciências Agrarias
CV	Coefficiente de Variação
cv.	Cultivar
DAA	Graus dias de aquecimento acumulado
DTAS	Diferença máxima da temperatura da silagem em relação ao ambiente
E	Produção de efluente
EA	Estabilidade Aeróbia
EPM	Erro Padrão Médio
FDA	Fibra Detergente cido
FDN	Fibra Em Detergente Neutro
g	Gramas
G	Perda Por Gases
ha	Hectares
kg	Quilogramas
L	Litro
MFab	Massa de forragem na abertura
MFfe	Massa de forragem no fechamento
MFfe	Massa de forragem no fechamento
MFfe	Massa de forragem no fechamento
MM	Matéria Mineral
mm	Milímetro
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
MSab	Teor de matéria seca da forragem na abertura
MSfe	Teor de matéria seca da forragem no fechamento
MSfe	Teor de matéria seca da forragem no fechamento
MST	Matéria Seca Total
N	Nitrogênio

N	Níveis
Pab	Peso do balde cheio na abertura
Pab	Peso do conjunto (balde+tampa+areia+pano+tela) vazio na abertura
PB	Proteína Bruta
Pfe	Peso do balde cheio no fechamento
Pfe	Peso do conjunto (balde+tampa+areia+pano+tela) vazio no fechamento
pH	Potencial Hidrogeniônico
pHf	pH final
pHi	pH inicial
pHMax	pH máximo
PTMS	Perda Total de Matéria Seca
RMS	Índice de Recuperação de Matéria Seca
T média	Temperatura média
t	Toneladas
TM	Temperatura máxima
Tmax	Temperatura máxima alcançada
Tmax	Temperatura máxima da silagem
TpHmax	Tempo para atingir pH máximo
TTM	Tempo para atingir temperatura máxima da silagem
TTmax	Tempo para alcançar a temperatura máxima
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFAPE	Universidade Federal do Agreste De Pernambuco

LISTA DE SÍMBOLOS

(Opcional, centralizado, negrito, fonte 12, letras maiúsculas)

%	Percentual
#	Hastag
@	Arroba
°	Grau

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 Capim-elefante cv. BRS Capiagu	18
2.2 Processos fermentativos da silagem.....	19
2.3 Perdas fermentativas	20
2.4 Importância do período de fermentação e variação dos dias de abertura	22
2.5 Uso do milho triturado como aditivo em silagem de Capiagu.....	23
3. METODOLOGIA	26
3.1 Local de coleta	26
3.2 Processamento	26
3.3 Abertura dos baldes e perdas fermentativas	26
3.4 Análises bromatológicas	28
3.5 Temperatura e pH	28
3.6 Granulometria da silagem e densidade	29
3.7 Estabilidade aeróbia	29
3.8 Análise estatística	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5. CONCLUSÕES	40
6. REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a ensilagem, técnica predominante para conservação de forragens, é amplamente adotada devido à simplicidade e ao menor custo das máquinas utilizadas, em comparação com a fenação. A adoção de tais práticas em boa parte do país é necessária devido aos longos períodos de estiagem.

Para oferecer uma opção viável de suplementação volumosa, a Embrapa desenvolveu a cultivar BRS Capiacu de capim-elefante, caracterizada por alto potencial produtivo e bom valor nutritivo além de apresentar resistência a climas quentes e no momento ideal de corte apresenta teor de matéria seca de 16,5 a 19,7% (PEREIRA et al., 2016).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Shum.) é uma forrageira com excelente potencial de produção de matéria seca por área cultivada, com quantidades razoáveis de carboidratos solúveis. Apesar disso, o teor de umidade elevado, na fase em que é ótimo o seu valor nutritivo, representa um obstáculo para o seu aproveitamento na forma de silagem, resultando em fermentações indesejáveis, com perdas de nutrientes (ZANINE et al., 2006). Com isso o uso de aditivos absorventes ameniza esse problema de alta umidade no material ensilado (PAULA et al., 2020).

Na ensilagem do capim-elefante, são comumente utilizados aditivos conhecidos afim de reter umidade, minimizar perdas de nutrientes, promover a fermentação e influenciar o crescimento de microrganismos específicos da planta originalmente ensilada (VILELA, 2000; ZOPOLLATTO, 2020).

O baixo teor de matéria seca das forrageiras (capim-elefante) cv. BRS Capiacu é um dos principais fatores responsáveis pela produção de silagem de baixo valor nutritivo, o uso de aditivos absorventes ameniza esse problema (PAULA et al., 2020). Para resolver esse problema, é necessário utilizar estratégias viáveis para aumentar o teor de MS sem comprometer a qualidade nutricional da forragem. O uso de milho como aditivo é uma ótima sugestão, pois eles surgem com o objetivo de melhorar o teor de MS, afim de reduzir perdas fermentativas e evitar proliferação de organismos indesejáveis.

A inclusão do milho tende a aumentar a concentração de energia da silagem e favorece a fermentação láctica, promovida por bactérias ácido-lácticas, que reduzem o pH da massa ensilada. Isso inibe a proliferação de micro-organismos indesejados e melhora a conservação do material (MCDONALD et al., 1991; MUCK, 2010).

Abrir o silo precocemente, antes de um período mínimo de fermentação, pode resultar em uma silagem instável, com pH inadequado e maior suscetibilidade à deterioração aeróbica,

comprometendo o valor nutritivo do alimento. Segundo McDonald et al. (1991), o período mínimo recomendado para a estabilização da fermentação é de 21 a 30 dias. Durante esse período, a atividade microbiana converte carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, como o ácido láctico, que reduzem o pH, criando um ambiente ácido que impede o crescimento de bactérias indesejadas e preserva o material ensilado (MCDONALD et al., 1991).

A análise dos diferentes dias de abertura do silo, em combinação com a adição de milho, pode fornecer informações valiosas sobre o momento mais adequado para utilizar a silagem, evitando perdas por fermentação inadequada ou deterioração. Definir o tempo ideal de abertura do silo, associado ao uso de aditivos como o milho triturado, pode resultar em uma silagem mais estável e com maior valor nutritivo.

Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de milho triturado em diferentes níveis (0, 5% e 10%) na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) cv BRS Capiacu em diferentes dias de abertura (18, 28 e 38 dias), avaliando características físicas e bromatológicas, perdas fermentativas e estabilidade aeróbia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Capim-elefante cv. BRS Capiaçú

O Capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) cv. Capiaçú é uma cultivar desenvolvida pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Gado de Leite, para ser uma alternativa para suplementação volumosa com alto potencial de produção e bom valor nutritivo. O nome "BRS Capiaçú" foi escolhido devido ao seu elevado porte e potencial de produção, que em tupi-guarani "capiaçú" significa "capim grande".

Este cultivar é amplamente adotado devido às suas características agrônômicas favoráveis, como alta produtividade de biomassa e adaptabilidade a condições climáticas quentes, (LEAL et al., 2020). Forrageiras do gênero *Pennisetum*, como o capim-elefante, tem ganhado destaque no Brasil, especialmente nas regiões semiáridas.

A BRS Capiaçú foi criada para atender às necessidades de cultivares destinadas ao corte e produção de silagem, apresentando uma produção média de 100t/ha/corte de massa verde e 52 t/ano de matéria seca, com um potencial de produção superior a biomassa obtida com a produção de milho e sorgo, segundo Pereira et al. (2016), além da produtividade, a cultivar BRS Capiaçú oferece um alto valor nutricional apresentando digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) superior a 60%, o que a torna altamente digestível para ruminantes. Em termos de proteína bruta (PB), os teores podem variar de 6% a 8%, dependendo das condições de manejo, época de corte e fertilidade do solo.

Pereira et al. (2021) afirma que a cultivar BRS Capiaçú possui um potencial de produção de biomassa cerca de 30% superior às demais cultivares, alcançando em média 50 t/ha/ano de matéria seca. Valores semelhantes foram encontrados por Monção et al. (2019), onde obteve um valor de 72 t/ha de matéria seca. A elevada produção de matéria seca é possível devido a excelente capacidade de rebrota do BRS Capiaçú, que permite cerca de três cortes durante o ano.

Chaves Melo et al. (2023), ao avaliar a produção e o valor nutricional do capim BRS-Capiaçú sob quatro idades de corte, notaram que o aumento da idade de corte da planta promoveu alterações no conteúdo da parede celular, aumentando a fibra em detergente neutro (FDN), e fibra em detergente ácido (FDA) mais precisamente os compostos fenólicos (lignina), e decrescendo os teores de proteína bruta (PB). Além disso, o BRS Capiaçú apresentou baixos teores de umidade, mesmo aos 60 dias de idade de rebrotação, atingindo produção de 32.695,97

kg MS ha⁻¹, evidenciando o aumento de matéria seca total (MST) com a elevação das diferentes idades de corte.

Retore et al. (2021) avaliando os efeitos das idades de corte e da adubação nitrogenada de capim-elefante cv. BRS Capiaçú evidenciaram que as plantas colhidas aos 120 dias de idade e adubadas com 100 kg N/ha/ano ou 200 kg N/ha/ano alcançaram as maiores produções de biomassa, com uma média de 77.350 kg de matéria seca por hectare ao ano e a idade de corte do capim influenciou na altura das plantas, com maiores valores para o corte de 120 dias.

No estudo de Monção et al. (2019), que avaliou a produtividade, eficiência produtiva e valor nutricional da cultivar de capim-elefante BRS Capiaçú (*Pennisetum purpureum* Schum.), manejada em quatro idades de rebrota durante o inverno na região semiárida do norte de Minas Gerais, foi observado um aumento de 76,25% na altura do capim BRS Capiaçú à medida que os dias de corte aumentaram de 30 para 120 dias. Além disso, foi registrado um aumento diário na produção de matéria verde (1081 kg/ha) e na produção de matéria seca (237 kg/ha).

Alves et al. (2021) avaliaram o potencial forrageiro da cultivar BRS Capiaçú nas idades de corte de 60, 90 e 120 dias, observaram que as frações fibrosas seguiram comportamento inverso aos teores de PB, tendo uma elevação nos teores de FDN, FDA e lignina e diminuição dos teores de PB, para idade de corte de 120 dias, comportamento semelhante aos encontrados na pesquisa de Pereira et al. (2016).

A BRS Capiaçú apresenta resistência ao tombamento, facilidade para a colheita mecânica, ausência de joçal (pelos) e touceiras eretas e densas. O plantio deve ser realizado no início da estação chuvosa, em sulcos de, aproximadamente, 20-30 cm de profundidade e espaçados entre si de 0,80 m a 1,20 m e que seja realizado imediatamente após a colheita dos colmos a fim de evitar a perda de umidade (PEREIRA et al., 2016; PEREIRA et al., 2021).

O capim-elefante BRS Capiaçú se destaca como uma solução eficiente e produtiva para a produção de forragem. Seu valor nutricional elevado permite flexibilidade de uso, sendo adequado tanto para pastejo direto quanto para a produção de silagem. No entanto, é essencial monitorar o período de corte, pois ele influencia diretamente na produção e qualidade da biomassa dessa forragem.

2.2 Processos fermentativos da silagem

A ensilagem é um método eficaz para conservar forragens e outros alimentos volumosos o que permite prolongar a disponibilidade de um alimento todo ano, especialmente em regiões onde a produção de forragem é limitada, devido ao prolongamento do período seco. O processo

de produção de silagem pode ser dividido em quatro fases: aeróbica, fermentativa, estabilidade e abertura do silo (BOLSEN et al., 1992).

A primeira fase, a aeróbia, vai desde a coleta do material até a vedação do silo, é primordial que não ocorra falhas desde o início, pois irá interferir na qualidade da silagem. Neste primeiro momento a forragem é coletada e cortada em pequenas partículas para facilitar a compactação e retirada do oxigênio, em seguida o material é compactado em silos. A compactação feita corretamente é importante para excluir o máximo de oxigênio possível e garantir condições anaeróbias favorecendo a preservação dos nutrientes e criando um ambiente necessário para a fermentação (PAULA et al., 2020).

Martinkoski e Vogel (2013), recomendam iniciar a ensilagem quando as plantas entre 25% e 35% MS, esse intervalo é essencial para assegurar uma fermentação adequada e a preservação adequada dos nutrientes na silagem, com partículas da forragem com tamanho de 0,5 a 2,0 cm pois facilita a compactação adequada do material ensilado.

Durante a fase fermentativa, ou anaeróbia, os microrganismos começam a consumir os açúcares solúveis da forragem, produzindo ácido lático, bem como outros ácidos orgânicos e durante este processo, ocorre uma redução no pH, alcançando uma faixa ideal de estabilidade entre 3,80 e 4,20 criando um ambiente que inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis (MCDONALD et al., 1991). De acordo com Van Soest (1994), o tempo de fermentação geralmente varia de 10 a 14 dias, sendo influenciado principalmente pelo teor de FDN, FDA e pelo conteúdo de umidade da forragem.

Na fase de estabilização da silagem, ocorre uma diminuição controlada da atividade fermentativas e onde as bactérias ácido-láticas predominam na massa ensilada devido à produção principalmente de ácidos graxos voláteis (AGVs), contribuindo para a conservação do material ensilado (PEREIRA et al., 2008; MACÊDO et al., 2017). Com a queda do pH, o crescimento de microrganismo é inibido, à medida que as bactérias ácido-láticas perdem atividade, sua população diminui lentamente, mantendo o pH em torno de 4,0 que se prolonga até a abertura do silo (MACÊDO et al., 2017).

Após o processo de ensilagem estar completo, o material pode ser armazenado por períodos prolongados, que podem variar de vários meses a até mesmo anos, dependendo das condições ideais de armazenamento.

2.3 Perdas fermentativas

As perdas fermentativas na ensilagem ocorrem quando nutrientes e matéria seca são degradados por micro-organismos, especialmente em condições de fermentação inadequada. Esses processos incluem perdas causadas pela respiração microbiana, produção de gases e escoamento de líquidos, resultando em uma redução no valor nutritivo e na quantidade de alimento disponível.

Segundo Ramos et al. (2021) Fatores como o teor de matéria seca da forragem, a compactação, a vedação do silo, além do uso de aditivos, têm impacto direto na minimização dessas perdas.

As gramíneas tropicais são conhecidas por apresentarem carboidratos solúveis e teores reduzidos de matéria seca à medida que alcançam seu melhor valor nutritivo. Para diminuir as perdas na ensilagem de capim-elefante, uma estratégia eficaz tem sido aumentar o teor de matéria seca através da adição de aditivos absorventes (ANDRADE et al., 2010). Isso não apenas reduz as perdas durante o processo, mas também melhora a composição química da silagem.

Silagem com baixo teor de MS resultam em perdas elevadas por efluente, favorecendo o desenvolvimento de fungos e bactérias indesejáveis como as bactérias de *Clostridium* e requerem uma maior produção de ácidos para a redução do pH devido à diluição causada pela alta concentração de água na forragem (MOURA et al., 2024).

Segundo Faria et al. (2010) as perdas por efluente afetam negativamente o valor nutricional da silagem, uma vez que esta solução contém nutrientes como carboidratos solúveis, ácidos orgânicos, minerais e compostos nitrogenados solúveis. Isso resulta em uma maior proporção dos componentes da parede celular na silagem, os quais são menos desejáveis do ponto de vista nutricional.

A produção de ácidos orgânicos na massa ensilada resulta da ação de microrganismos de diferentes gêneros, sejam eles homofermentativos ou heterofermentativos (Macedo et al., 2017). Esses ácidos são essenciais para a preservação do material ensilado. Em especial, a produção adequada de ácidos de cadeia curta, como o acético e o propiónico, é crucial para minimizar as perdas e assegurar a qualidade da silagem após a abertura do silo.

Se o processo de fermentação não for adequadamente controlado, seja pela falha em atingir um pH adequado ou pela presença de oxigênio, microrganismos indesejados, como leveduras e fungos, podem proliferar. Jobim et al. (2007) explica o aumento do pH após a exposição da silagem ao ar é um forte indicador de deterioração de massa, além disso, fatores como queda no teor de carboidratos solúveis e baixa concentração de ácido lático também pode estar relacionados.

A fermentação bacteriana do ácido láctico produz ácidos que reduzem o pH, impedindo o crescimento de microrganismos anaeróbicos prejudiciais, enquanto o ambiente anaeróbico favorece o crescimento das bactérias do ácido láctico (MUCK, 2010). O baixo pH ajuda a conservar o material ensilado; entretanto, ele não consegue impedir completamente os processos de deterioração. Por outro lado, um pH elevado, juntamente com um alto teor de umidade, pode favorecer o rápido crescimento de microrganismos indesejáveis, acelerando o processo de deterioração da silagem e aumentando as perdas.

A produção de gases indesejados na ensilagem de capim-elefante ocorre principalmente devido a uma fermentação inadequada, em que micro-organismos como leveduras e bactérias clostridiais degradam os nutrientes da forragem de maneira ineficiente. Entre os gases gerados estão o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), que são subprodutos da respiração microbiana e da fermentação butírica. O acúmulo desses gases está associado a perdas significativas de matéria seca e à redução do valor nutricional da silagem (MCDONALD et al., 1991).

Estudos envolvendo o efeito da adição de fubá de milho em diferentes níveis na ensilagem de capim-elefante cv BRS Capiagu sobre o valor nutricional desta silagem e as perdas fermentativas observaram que o aumento progressivo no uso de fubá de milho reduziu as perdas fermentativas, resultando em uma melhoria significativa no valor nutritivo da silagem de capim-elefante (PAULA et al., 2020).

As perdas fermentativas acabam sendo inevitáveis em algum grau durante a ensilagem, mas o manejo adequado, incluindo controle do teor de umidade, compactação e vedação, pode minimizar essas perdas, garantindo uma silagem de alta qualidade.

2.4 Importância do período de fermentação e variação dos dias de abertura

A fermentação na silagem envolve a conversão de açúcares presentes na forragem em ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico, por bactérias ácido-láticas. Este processo é essencial para reduzir o pH do material ensilado e inibir a ação de micro-organismos indesejados, garantindo a preservação da silagem. Segundo McDonald et al. (1991), o período mínimo para que a fermentação estabilize a silagem é de 21 a 30 dias, tempo necessário para que o pH da massa atinja níveis suficientemente baixos, impedindo o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes.

Zopollatto (2020) indicam que um período mínimo de 15 a 20 dias é necessário para a estabilização da fermentação em silagens de capim, ressaltando que aberturas antes deste período tendem a comprometer o valor nutricional do material.

O tipo de forragem ensilada afeta significativamente o tempo ideal de abertura do silo. De acordo com Bernardes et al. (2014), a silagem de milho, que possui alto teor de carboidratos solúveis, favorece uma fermentação mais rápida e eficiente, permitindo a abertura entre 30 e 45 dias.

Segundo Oliveira e Martins (2021) o silo deve permanecer fechado por no mínimo 30 dias, que é o tempo necessário para garantir que o processo de fermentação se complete adequadamente. Esse período permite a estabilização da silagem, garantindo a preservação dos nutrientes. Quando o silo é corretamente enchido, vedado e protegido contra o ar e a umidade, ele pode permanecer fechado por muitos anos, sem comprometer a qualidade do material armazenado, assegurando a longevidade da silagem.

Diversos fatores, além do tipo de forragem, influenciam o tempo de abertura da silagem. A compactação e a vedação do silo são cruciais para determinar a eficácia da fermentação. Jobim et al. (2007) afirmam que uma vedação inadequada pode permitir a entrada de oxigênio, atrasando a estabilização da fermentação e aumentando o risco de deterioração aeróbica. Neste caso, o silo pode precisar de um período mais longo antes de ser aberto, a fim de garantir uma fermentação completa.

O uso de aditivos também pode reduzir o tempo necessário para a abertura do silo. A adição de inoculantes bacterianos acelera o processo de fermentação láctica, promovendo uma queda mais rápida do pH e, assim, permitindo a abertura do silo em um período menor. Muck (2010) observa que silagens tratadas com inoculantes de bactérias ácido-láticas tendem a estabilizar em menos de 30 dias, permitindo a abertura precoce sem comprometer a qualidade.

2.5 Uso do milho triturado como aditivo em silagem de Capiáçu

Atualmente, há um interesse crescente em encontrar alternativas para minimizar as perdas durante o processo de fermentação das silagens de forrageiras e a combinação de diferentes aditivos pode ser uma estratégia promissora para controlar e diminuir de forma significativa as perdas durante este processo e desempenhar um papel crucial na obtenção de silagens de alta qualidade.

Os aditivos utilizados em silagens, conforme classificação de McDonald et al. (1991), são divididos em cinco categorias: estimulantes de fermentação, inibidores de fermentação,

inibidores de deterioração aeróbia, nutrientes e absorventes. O milho surge como um aditivo absorvivo de umidade, contribuindo para manter a silagem seca e reduzir o crescimento de microrganismos indesejáveis, podendo melhorar o potencial de ingestão e digestibilidade da matéria seca (MS) (DANIEL et al., 2019). Esse tipo de aditivo ajuda a manter a silagem mais seca, reduzindo perdas de nutrientes solúveis e melhorando a qualidade geral da silagem.

Proença et al. (2022) estudando sobre valor nutricional da silagem de capim elefante cv. BRS Capiacu com diferentes aditivos e inoculante, observaram que adição de farelo de milho ao nível de 7% no processo de ensilagem do capim BRS Capiacu trouxe benefícios significativos, como o aumento nos níveis de matéria seca e proteína bruta, sem interferir na porcentagem de nutrientes digestíveis totais do material ensilado.

Estudos mostram que a inclusão de milho moído em silagem de capim-elefante proporciona alterações na composição da silagem (BEZERRA et al., 2019; ORTIZ-ROBLEDO et al., 2017), tendo uma maior concentração de proteína bruta, matéria seca e carboidratos não fibrosos, além de melhorar os padrões fermentativos indicando alterações benéficas para uma silagem de melhor qualidade. Umidade elevada é considerada desvantajosa devido ao potencial de aumento do crescimento de clostrídios. A inclusão do milho da silagem, permitiria a retenção da umidade e melhora na qualidade dos componentes nutricionais.

A absorção de água pelo milho resulta na sua reidratação, o que pode melhorar a qualidade da ensilagem e aumentar o valor nutricional do grão de milho seco. Esse processo favorece uma fermentação láctica mais eficiente, conduzida por bactérias ácido-láticas, que ajudam a estabilizar o pH do material ensilado e inibir a ação de micro-organismos deteriorantes (DANIEL et al., 2019).

Os benefícios da reidratação do milho incluem a melhora na digestibilidade do amido, tornando-o mais facilmente disponível para os animais, além da redução de perdas pós-colheita. Esse processo permite o aproveitamento de milho que, de outra forma, estaria excessivamente seco para ser ensilado diretamente. (MOMBACH et al., 2019).

Estudos realizados por Silva et al. (2024) sobre a adição de níveis crescentes de milho moído na silagem de capim elefante cv. BRS Capiacu milho moído na silagem de capim elefante cv. BRS Capiacu, com corte aos 132 dias, resultou em melhorias significativas na qualidade centesimal conforme as análises realizadas com até 6% de substituição, apresentando valores ótimos para matéria seca, proteína bruta e o maior valor observado para nutrientes digestíveis totais.

Logo, o uso do milho como aditivo surge como uma estratégia para aumentar o teor de MS das silagens. Seu efeito absorvente permite que, na ensilagem de forragens com baixo teor

de MS, como o capim-elefante BRS Capiacu, diminua o teor de água presente e crie um ambiente mais adequado para a fermentação, promovendo a atividade de bactérias benéficas com o objetivo de preservar a silagem.

3. METODOLOGIA

3.1 Local de coleta

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – *Campus* Arapiraca, situado entre as coordenadas 9°42'04.3"S e 36°41'12.3"W no município Arapiraca, no Centro de Desenvolvimento Experimental de Zootecnia (CEDEZOO).

O capim elefante BRS Capiaçú foi adquirido na propriedade Agropecuária Exuberante do Agreste, zona rural de Arapiraca, e transportado para a Cede Demonstrativa e Experimental de Zootecnia- CEDEZOO

3.2 Processamento

Utilizou-se um esquema fatorial 3×3 , com três níveis de inclusão de farelo de milho (0, 10 e 15% MN) e três períodos de abertura (18, 28 e 38 dias), em delineamento inteiramente casualizado.

O capim foi cortado aos 91 dias, o mesmo não recebeu nenhum tipo de adubação, teve média de 1,7 m de altura, apresentou 22,11% de MS. O corte da BRS Capiaçú foi feito de forma manual através de cutelos, facas, foices e facões, após foi picado em partículas de 2 a 3 cm utilizando uma ensiladeira estacionária.

O milho triturado foi adicionado e misturado ao material picado, com diferentes níveis de adição: no primeiro nível, não houve adição de milho triturado, correspondendo a 0%; no segundo nível, foram adicionados 5% de milho triturado; e, no terceiro e último nível, foram adicionados 10% de milho triturado.

Os silos experimentais foram constituídos por baldes com tampa (tampas adaptadas com válvula tipo Bunsen), com capacidade para 15 L, onde foi adicionado 4,055 kg de areia, a separação do material picado da areia foi por duas camadas de tela, impedindo contato entre os materiais e permitindo a passagem do efluente.

Para compactação, as camadas de forragem foram sendo adicionadas aos poucos, sendo dispostas e compactadas com o pé dentro dos baldes. Após montado o conjunto com o material ensilado e bem compactado foi vedado e identificado de acordo com cada projeção de abertura.

3.3 Abertura dos baldes e perdas fermentativas

Decorridos dias pré-estabelecidos, 18, 28 e 38 dias, após abertura de cada balde foi feito a pesagem, areia e tela para obtenção do efluente, ou seja, foi pesado balde+areia+tela final e comparado ao balde+areia+tela inicial, ademais foi feito pesagem no fechamento e na abertura dos baldes para quantificação das perdas por gases e índice de recuperação de matéria seca seguindo a metodologia proposta por Paziane et al. (2006).

O percentual de Perdas por gases foi obtido pela diferença de peso observada na abertura, em comparação com o peso registrado na data de fechamento, correspondeu à perda de massa na forma de gases, como observado na equação 1:

$$G = \frac{(Pfe - Pab)}{(MFfe \times MSfe)} \times 100$$

Onde,

G = perda por gases (% MS);

Pfe = peso do balde cheio no fechamento (kg);

Pab = peso do balde cheio na abertura (kg);

MFfe = massa de forragem no fechamento (kg);

MSfe = teor de matéria seca da forragem no fechamento (% MS).

A produção de efluente foi estimada após a retirada de toda forragem do silo experimental, onde pesou-se o conjunto vazio e, subtraindo-se deste o peso do conjunto antes da ensilagem, como observado na equação 2:

$$E = \frac{(Pfe - Pab)}{MFfe} \times 100$$

Onde,

E = produção de efluente (kg t-1 massa verde);

Pab = peso do conjunto (balde+tampa+areia+pano+tela) vazio na abertura, (kg);

Pfe = peso do conjunto (balde+tampa+areia+pano+tela) vazio no fechamento, (kg);

MFfe = massa de forragem no fechamento (kg).

O índice de recuperação de matéria seca (RMS) foi obtido através da diferença de peso obtida pela pesagem da massa de forragem nos momentos da ensilagem e da abertura e seus respectivos teores de MS, como observado na equação 3:

$$RMS = \frac{(MFab \times MSab)}{(MFfe \times MSfe)} \times 100$$

Onde,

RMS = índice de recuperação de matéria seca (%);

MFab = massa de forragem na abertura (kg);

MSab = teor de matéria seca da forragem na abertura (%);

MFfe = massa de forragem no fechamento (kg);

MSfe = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

3.4 Análises bromatológicas

A determinação da Matéria Seca (MS), Matéria Mineral (MM), Matéria Orgânica (MO) e Proteína Bruta (PB) pelo método de Silva e Queiroz (2002), Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Fibra em Detergente Ácido (FDA) pela metodologia de Detmann (2012) realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFAL no *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias-CECA.

3.5 Temperatura e pH

A temperatura foi mensurada com a introdução de um termômetro nos silos imediatamente após a abertura do mesmo. Foi utilizado um valor médio de temperatura de ambiente e 2°C acima como temperatura limite.

Para análise do pH, foram coletadas amostras de vinte e cinco gramas e, conforme recomendação de uso das fitas utilizadas, em seguida, foi adicionado cinquenta mililitros de água sem sais ou resíduos, e, após o repouso aproximado de duas horas, foi realizado a medição do pH.

As variáveis de pH máximo registrado após a abertura dos silos (pH máximo); pH final; Temperatura máxima registrada após a abertura dos silos (TM, em °C); Tempo para atingir temperatura máxima (TTM, em horas); Diferença máxima entre a temperatura da silagem e do ambiente (DTAS, em °C); Somatório da diferença máxima da temperatura da silagem em relação ao ambiente (Σ DT, em °C); Tempo para que a temperatura das silagem apresente tendência de elevação (TET, em horas) foram analisadas conforme metodologia descrita por Jobim et al. (2007).

3.6 Granulometria da silagem e densidade

Para obter valores sobre a granulometria da silagem, foram utilizadas 3 peneiras com granulometria de 19mm, 8mm e 4mm, afim de separar as partículas e um último recipiente fechado para coletar partículas menores de 4mm. Os valores obtidos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Granulometria de silagem de capim-elefante cv. Brs capiaçu com níveis de inclusão de milho triturado com diferentes dias de abertura (18, 28 e 38 dias)

Granulometria	Níveis de inclusão de milho triturado (%)			Abertura (dias)		
	0	5	10	18	28	38
19mm	0,330	0,260	0,200	0,295	0,241	0,252
8mm	0,081	0,098	0,086	0,068	0,104	0,092
4mm	0,070	0,120	0,160	0,098	0,121	0,119
fechada	0,010	0,020	0,050	0,027	0,028	0,026
Densidade	666,110	665,760	666,230	652,450	665,490	680,160

A densidade da silagem pode ser determinada pela razão entre a massa do capim utilizado e o volume do recipiente, expressa pela fórmula M/V , apresentando média de 666,03 kg/m³, respectivamente

3.7 Estabilidade aeróbia

A avaliação da estabilidade aeróbia foi realizada aos 18, 28 e 38º dia, após a ensilagem, seguindo a metodologia proposta por Andrade et al. (2012). Foram coletados e transferidos 2kg de silagem, de cada repetição, para caixas de isopor com capacidade de 5L, em que as temperaturas foram medidas com um termômetro digital tipo espeto. As temperaturas foram medidas nos tempos: 0, 6, 12, 48, 72 e 96 horas após a abertura dos silos.

Para determinar a estabilidade aeróbia foi utilizado dados de temperatura, foram estudadas as seguintes variáveis: temperatura máxima alcançada (Tmax); tempo para alcançar a temperatura máxima (TTmax); temperatura média (T média); TmaxA: temperatura máxima da silagem descontando-se a temperatura ambiente; Tquebra: tempo necessário para a

temperatura da silagem atingir 2°C acima da temperatura ambiente. Foi quantificado o aquecimento em graus-dia da silagem através da equação:

$$^{\circ}DDA = \sum \left[\frac{(T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{i}n})}{2} \right] - T_{amb}$$

Em que:

$^{\circ}DAA$ = Graus dias de aquecimento acumulado;

$T_{m\acute{a}x}$ = Temperatura máxima diária;

$T_{m\acute{i}n}$ = Temperatura mínima diária;

T_{amb} = Temperatura média do ambiente. Uma análise descritiva dos picos de temperatura e pH foi realizada durante a estabilidade.

3.8 Análise estatística

O experimento foi conduzido utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x3, sendo (três níveis de inclusão do milho triturado) e (três dias diferentes de abertura das silagens), com 3 repetições cada.

Os resultados obtidos foram analisados e interpretados por meio de análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, sendo utilizado o programa (SAS (Statistical Analysis Systems Institute Inc.), 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito ($P < 0,05$) dos níveis de inclusão de fubá de milho na silagem de capim-elefante cv BRS Capiaçú, para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), e fibra em detergente ácido (FDA), (Tabela 2). Nenhuma variável foi influenciada ($P > 0,05$) pelos dias de abertura.

Tabela 2. Composição química de silagem de capim-elefante cv. BRS Capiaçú com níveis de inclusão de milho triturado (0, 5 e 10%) com diferentes dias aberturas (18, 28 e 38 dias)

Variáveis	Níveis de inclusão de milho triturado (%)			Abertura (dias)			CV	N	A	NxA
	0	5	10	18	28	38				
	MS	17,85 c	20,64 b	23,36 a	20,66	20,49				
MO	90,31 c	91,83 b	92,91 a	91,74	91,68	91,63	0,32	<.001	0,739	0,506
MM	9,69 a	8,17 b	7,09 c	8,26	8,32	8,37	3,62	<.001	0,739	0,506
FDN	74,19 a	61,76 b	53,78 c	62,43	63,57	63,73	5,27	<.001	0,672	0,921
FDA	43,04 a	35,28 b	31,13 c	35,14	36,79	37,52	5,36	<.001	0,053	0,898

CV= coeficiente de variação; MS= Matéria seca; MO= Matéria orgânica MM= Matéria Mineral; PB= proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Foi observado, na tabela 2, que os tratamentos contendo 10% de inclusão de fubá de milho obtiveram um valor maior de matéria seca, o que já era esperado uma vez que o milho é um aditivo absorvente e isso eleva o teor de MS, o capim-elefante geralmente apresenta um baixo teor de MS para ensilagem, raramente ultrapassando os 20% de MS (RETORE et al., 2020), apesar de não chegar ao teor ideal de MS, que varia entre 28% e 34%, a adição do fubá de milho aumentou gradativamente seus teores de MS nos níveis de 5% e 10% da silagem.

Ramos Neto et al. (2020) avaliando a Inclusão de diferentes níveis de fubá de milho em silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Napier) notaram que a adição acima de fubá de milho aumentou os valores de matéria seca, resultando em uma silagem de melhor qualidade, resultado semelhantes aos de Paula et al. (2020) onde o fubá de milho demonstrou eficiência na redução do teor de umidade das silagens devido ao seu alto teor de matéria seca (88,0%) e à sua excelente capacidade de retenção de umidade e a adição de 10%

de fubá de milho fez com que as silagens ultrapassassem o limite mínimo ideal de 25% de matéria seca.

Em relação à MO e MM verificou-se que houve diferenças significativas ($P < 0,05$) para os níveis de inclusão de milho triturado. À medida que se elevou os níveis de milho triturado na silagem, o teor de MO também se elevou, enquanto o teor de MM reduziu. As médias mostraram que a inclusão de 10% de milho triturado resultou em um teor de MO de 92,91%, enquanto 5% de inclusão apresentou 91,83% e a ausência de milho triturado (0%) apresentou 90,31%. Os maiores teores de matéria orgânica, podem estar relacionados a acréscimo dos níveis de milho na silagem. Durante os processos fermentativos, os microrganismos utilizam substratos presentes na matéria orgânica (MO), que são derivados de carboidratos solúveis. Esses carboidratos são essenciais para promover uma boa fermentação, pois são metabolizados pelas bactérias presentes na silagem e convertidos em ácidos orgânicos, como o ácido láctico, que são fundamentais para reduzir o pH e preservar a silagem (MACÊDO et al., 2017).

A redução da quantidade de matéria mineral na silagem pode ser atribuída ao aumento dos níveis de milho triturado, dado o teor naturalmente baixo desse componente no milho. O que difere dos resultados encontrados por Santos et al. (2024) onde observou um efeito crescente, indicando que o aumento da adição de milho moído na silagem resultou em um aumento MM.

Moraes et al. (2014), ao avaliarem a adição de diferentes aditivos na silagem de capim-elefante, observaram que a silagem com adição de farelo de milho resultou em uma diminuição da porção fibrosa em comparação às amostras sem aditivos. Eles concluíram que o uso de alimentos concentrados ricos em carboidratos, como o farelo de milho, e com alto teor de matéria seca, é uma estratégia viável para melhorar o perfil fermentativo e a qualidade da silagem de capim-elefante, especialmente quando este apresenta alta umidade.

Para FDN e FDA, foram observados que quanto maior o nível de inclusão do milho, menor foi o percentual de cada variável. Sendo o tratamento com 0% de inclusão superior aos de 5% e 10%, respectivamente. O estudo indica que o fubá de milho reduz os teores de FDN e FDA na silagem, semelhante ao que foi encontrado por Ramos Neto et al. (2020) que encontraram efeitos lineares decrescente distintos para cada tipo de fibra analisada.

Van Soest (1991) sugere que a redução do FDA pode ser utilizada como um indicador de melhoria de qualidade de silagem, uma vez que FDA representa a fração de fibra indigestível, que compreende principalmente a lignina e celulose, que são menos susceptíveis à digestão pelos microrganismos presentes no trato digestivo dos animais, logo, com a redução da FDA ocorre por consequência a elevação da digestibilidade da matéria seca (MS).

De acordo com as variáveis apresentadas para composição bromatológica é possível afirmar que no presente trabalho que a inclusão de milho triturado na silagem de capim-elefante cv. BRS Capiacu resultou em uma melhoria na qualidade bromatológica não apresentando variações significativas ao longo dos diferentes dias de abertura, exceto para valores de proteína bruta, indicando que a adição de milho triturado pode ser uma prática eficaz para aprimorar a qualidade da silagem sem ser afetada pelo tempo de armazenamento.

Essa ausência de efeito para dias de abertura pode estar envolvida com processos fermentativos precoce, influenciados pela efetividade do processo de ensilagem que obteve estabilidade dentro período proposto. De acordo com Van Soest (1994), o processo de fermentação pode ocorrer normalmente se completa entre 10 e 14 dias, essa estimativa será influenciada pelas características da forragem e processo de ensilagem. Já Zopollatto et al. (2020) indicam que um período mínimo de 30 dias é necessário para a estabilização da fermentação em silagens de capim, ressaltando que aberturas antes deste período tendem a comprometer o valor nutricional do material.

Verificou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre níveis de inclusão de milho triturado e dias de abertura nos teores de PB (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação de níveis de inclusão de milho triturado (0, 5 e 10%) e diferentes dias aberturas (18, 28 e 38 dias) sobre os teores de proteína bruta

Abertura (dias)	Níveis de inclusão de Milho triturado (%)			média
	0	5	10	
18	8,08aA	8,11aA	8,27aA	8,15
28	8,15aA	8,12aA	8,35aA	8,21
38	7,97aA	8,55aA	6,83bB	7,78
média	8,07	8,26	7,82	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Na Tabela 3, é possível observar o efeito da interação entre os níveis de inclusão de milho e os dias de abertura da silagem. Os tratamentos de 10% de milho triturado com 38 dias de fermentação resultaram em um menor percentual de proteína bruta, quando comparada aos demais tratamentos. Isso sugere que o nível de inclusão de milho e o tempo de fermentação influenciam diretamente a composição química da silagem, especialmente no teor de proteína

bruta, destacando a importância de ajustar essas variáveis para otimizar a qualidade nutricional da silagem.

Um fator que pode ter contribuído para esse resultado é o escoamento de parte da proteína, o que aumentou a produção de efluentes. Paula et al. (2020) atribui a diminuição do teor de proteína bruta (PB) na silagem a essa possível perda por efluentes, observada também por Faria et al. (2007) e Tavares et al. (2009). Esses autores destacam que perdas significativas de nutrientes solúveis, como a proteína, podem ocorrer quando há alta produção de efluentes, especialmente em silagens com teores de umidade elevados.

Não foi verificado efeito de interação ($P>0,05$) da inclusão de farelo de milho e dias de abertura para as variáveis índice de recuperação de matéria seca (IRMS), perdas totais de matéria seca (PTMS), perdas por gases (PG) e Perdas por efluentes (PE) (Tabela 3). Houve efeito ($P<0,05$) dos níveis de inclusão de milho triturado na silagem de capim-elefante cv BRS Capiacu, para o índice de recuperação de matéria seca (IRMS), perdas totais de matéria seca (PTMS), perdas por gases (PG) e Perdas por efluentes (PE) (Tabela 4). Já para os diferentes dias de abertura (18, 28 e 38 dias) foram observadas diferenças significativas ($P<0,05$) para PE.

Tabela 4. Perdas fermentativas da silagem de capim-elefante cv. BRS Capiacu com níveis milho triturado (0, 5 e 10%) nos diferentes dias de abertura do silo (18, 28 e 38 dias)

Variáveis	Níveis de inclusão de milho triturado (%)			Abertura (dias)			CV	P-Valor		
	0	5	10	18	28	38		N	A	NxA
	IRMS	85,70b	88,03ab	90,80a	88,72	87,65		88,16	3,59	0,011
PTMS	13,41a	11,97ab	10,00b	11,19	12,35	11,84	4,62	0,011	0,775	0,537
PG	11,50a	9,47a	4,43b	8,63	8,16	8,61	36,80	0,001	0,937	0,752
PE	45,05a	35,60b	41,94a	37,00b	41,83a	43,76a	8,55	0,001	0,001	0,174

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey, a 5% de significância.

Com a inclusão de 10% de milho triturado, observou-se o maior valor de recuperação de matéria seca (90,80%), comparado com a inclusão de 0% (85,70%) (tabela 4). Este resultado

sugere que o milho triturado pode melhorar a eficiência da conservação de matéria seca, possivelmente devido à maior estabilidade proporcionada pela presença do amido.

O aumento da umidade atribuído ao grão de milho, pode contribuir para uma melhora na estabilidade aeróbica da silagem após a abertura do silo, uma vez que cria condições mais favoráveis para o controle da fermentação e a preservação da qualidade nutricional do material armazenado. Esses fatores combinados garantem que a silagem seja mais resistente à deterioração quando exposta ao ar, mantendo sua qualidade por mais tempo (FERRARETO et al., 2013).

A silagem com 10% de milho triturado preservou uma quantidade maior de matéria seca original, o que pode indicar uma silagem de melhor qualidade, independentemente dos dias de abertura do silo (18, 28 e 38 dias). As maiores taxas de recuperação de matéria seca indicam menores perdas durante o processo fermentativo da silagem (PAULA et al. 2020).

O índice de recuperação de matéria seca (IRMS) indica o quanto a matéria seca que foi preservada durante o processo de ensilagem, refletindo na eficiência do processo (SANTOS et al., 2013; RETORE et al., 2020), diferente da perda total de matéria seca, que representa a quantidade de matéria seca que foi perdida durante o processo de ensilagem, altos valores de PTMS podem comprometer a qualidade da silagem.

A adição de 10% de milho triturado reduziu significativamente as perdas gasosas (4,43%) em comparação com 0% de milho (11,50%). Esse dado é crucial, pois perdas gasosas são um indicador de ineficiência no processo de fermentação. A diminuição das perdas gasosas pode estar relacionada a um ambiente fermentativo mais estável, resultante de melhores condições anaeróbicas no silo.

A inclusão de 5% de milho resultou na maior perda de efluente comparado aos níveis de 0% e 10%. Segundo Ramos et al. (2021) a umidade alta está ligada diretamente ao alto índice de perdas por efluentes, pois atua diretamente na fermentação do material. Van Soest (1994) sugere que o teor de MS da forragem esteja entre 30 a 35%, para evitar perdas fermentativas e crescimento de microrganismos indesejáveis, afim de ter uma silagem com padrão de qualidade alto.

Paula et al. (2020), ao estudarem níveis crescentes de fubá de milho em silagem de capim-elefante cv. BRS Capiapu, observaram uma redução nas perdas fermentativas. O estudo evidenciou a diminuição das perdas por gases e efluentes, além do aumento na recuperação de matéria seca, à medida que os níveis de fubá de milho na silagem foram elevados.

A relação entre o aumento do tempo de abertura e o aumento do volume de efluente não é diretamente estabelecida na literatura. Normalmente, a maior produção de efluentes ocorre

nos primeiros dias após o fechamento do silo, quando o material ainda tem alta umidade e os processos fermentativos iniciais liberam gases e líquidos. Segundo Loures et al (2003) o volume do efluente produzido em um silo é influenciado, principalmente, pelo conteúdo de matéria seca da espécie forrageira ensilada e o grau de compactação devido ao aumento de pressão da massa.

Não foi verificado efeito de interação ($P>0,05$) da inclusão de farelo de milho e dias de abertura, bem como os efeitos isolados também não influenciaram ($P>0,05$) os valores médios de Tf, Tmax, Tmin, TTmax, SDT, DTAS e EA (tabela 5).

Tabela 5. Valores médios de temperatura da silagem de capim-elefante cv. BRS Capiçu com níveis milho triturado (0, 5 e 10%) nos diferentes dias de abertura do silo (18, 28 e 38 dias) expostas ao meio aeróbio

Variáveis	Níveis de inclusão de			Abertura (dias)			CV	N	A	Nx A
	milho triturado (%)									
	0	5	10	18	28	38				
Tf	30,10	30,43	31,53	30,93	30,50	30,63	3,59	0,348	0,889	0,990
Tmax	30,93	34,50	34,57	32,63	32,37	35,00	6,08	0,150	0,320	0,998
Tmin	26,77	27,13	27,47	27,10	27,03	27,23	1,01	0,083	0,684	0,999
TTMax	56,00	64,00	64,00	64,00	68,00	52,00	42,77	0,913	0,755	0,898
SDT	9,20	18,80	22,53	13,97	14,00	22,57	37,08	0,126	0,265	0,999
DTAS	2,64	6,21	6,28	4,34	4,08	6,71	40,18	0,150	0,320	0,989
EA (h)	72,00	44,00	44,00	60,00	56,00	44,00	28,56	0,138	0,477	0,984

CV= coeficiente de variação; Tmax= temperatura máxima (°C); Tmin= temperatura mínima (°C); Tf=Temperatura final (°C); TTMax= Tempo para atingir temperatura máxima da silagem (h); DTAS= Diferença máxima da temperatura da silagem em relação ao ambiente (°C); EA= Estabilidade aeróbia (h). médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Na tabela 4 podemos observar que os valores médios de temperatura da silagem de capim-elefante cv. BRS Capiçu, expostas ao meio aeróbio, independentemente da junção dos fatores ou seus efeitos isolados, a silagem manteve um comportamento térmico semelhante, o que é importante para a manutenção da qualidade da silagem após a abertura do silo e exposição ao oxigênio. A velocidade com que a silagem pode se deteriorar após ser exposta ao ar indica perda de estabilidade isso pode ser observado quando sua temperatura excede em 2°C a temperatura ambiente. (AZEVEDO et al., 2020)

A temperatura da silagem é um parâmetro eficaz para indicar a eficiência do processo de fermentação e conservação. Todas as silagens apresentaram temperaturas abaixo de 35°C, próximo à temperatura ambiente (28°C), o que pode indicar uma boa preservação do material ensilado. Se a silagem for devidamente embalada e selada imediatamente, a temperatura da massa de forragem não deve exceder 8°C acima da temperatura ambiente. Temperaturas elevadas estão associadas à presença excessiva de ar preso na forragem, resultando na oxidação por microrganismos aeróbicos (KUNG et al., 2018). Segundo Retore et al. (2022), quando expostas ao ar, as silagens com altos teores de ácido lático apresentam maiores problemas de deterioração aeróbica, que resulta em menor estabilidade aeróbia. Isso ocorre porque o ácido lático é rapidamente utilizado por microrganismos aeróbicos assim que a silagem é exposta ao oxigênio, conseqüentemente eleva-se a temperatura e ocorre a quebra da estabilidade.

Muck et al. (2018) relataram que altas concentrações de carboidratos solúveis podem comprometer a estabilidade aeróbia da silagem. Após a abertura dos silos, esses açúcares solúveis tornam-se rapidamente acessíveis para fungos e leveduras e a rápida utilização desses carboidratos por esses microrganismos pode resultar em um aumento significativo da temperatura, o que, por sua vez, diminui a qualidade da silagem.

A estabilidade aeróbia é essencial para assegurar a qualidade e o valor nutritivo da silagem após a abertura do silo. Logo, é de suma importância monitorar e controlar as condições de fermentação e armazenamento da silagem para reduzir perdas e conservar os nutrientes do material ensilado.

Não foi verificado efeito de interação ($P>0,05$) da inclusão de milho triturado e dias de abertura. Houve efeito ($P<0,05$) somente para pH_i para níveis de inclusão de milho na silagem de Capim elefante cv BRS Capiaçú. Não houve efeito significativo ($p>0,05$) para os diferentes dias de abertura para as medias de pH_i, pH_f, pH_{Max} e TpH_{Max} (tabela 6).

Tabela 6. Valores médios de potencial hidrogeniônico (pH) da silagem de capim-elefante cv. BRS Capiaçú com níveis milho triturado (0, 5 e 10%) nos diferentes dias de abertura do silo (18, 28 e 38 dias) expostas ao meio aeróbio

Variáveis	Níveis de inclusão						CV	N	A	Nx A
	de milho triturado			Abertura (dias)						
	(%)			18	28	38				
pH _i	0	5	10	18	28	38	0,97	0,025	0,548	0,230

pHf	5,94	6,23	7,29	5,30	6,42	7,74	16,05	0,346	0,106	0,506
pHMax	6,00	6,33	7,33	5,35	6,52	7,78	16,40	0,379	0,118	0,588
TpHMax	80,00	92,00	92,00	80,00	92,00	92,00	13,64	0,444	0,444	0,421

CV= coeficiente de variação; pH_i= pH inicial; pH_{Max}= pH máximo; TpH_{max}= tempo para atingir pH máximo; pH_f= pH final. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Na Tabela 6, observa-se que, à medida que os níveis de milho triturado na silagem aumentam, ocorre uma diminuição do pH_i. A silagem com 10% de inclusão de milho apresentou o valor mais ácido. A redução do pH_i com o aumento dos níveis de milho triturado na silagem pode estar relacionada ao aumento na fermentação dos carboidratos presentes no milho, pois ocorre um incremento na quantidade de açúcares fermentáveis, o que favorece a produção de ácidos, especialmente o ácido láctico, durante a fermentação. Esse aumento na produção de ácidos resulta na redução do pH da silagem, tornando-a mais ácida. A fermentação bacteriana do ácido láctico gera ácidos que reduzem o pH, inibindo o crescimento de microrganismos anaeróbicos prejudiciais. Ao mesmo tempo, o ambiente anaeróbico favorece o crescimento de bactérias produtoras de ácido láctico (MUCK, 2010).

Os valores iniciais de pH variaram de 3,63 a 3,75, indicando que a silagem começou com uma acidez adequada para o processo de fermentação, o que é ideal para promover a produção de ácidos que estabilizam a silagem. Mc Donald et al. (1991), consideram ideal para silagens um pH entre 3,8 e 4,2 para assegurar uma qualidade ótima, entretanto, pode variar a depender do tipo de cultura utilizada.

O tempo de armazenamento dentro do intervalo estudado (18, 28 e 38 dias) não foi um fator determinante para alterar as características fermentativas da silagem de capim Capiacu. Possivelmente, a fermentação atingiu um estado estável rapidamente, mantendo a qualidade da silagem independentemente do tempo de abertura. Fatores como um adequado teor de matéria seca, boa compactação e um perfil adequado de carboidratos solúveis, podem ter contribuído para essa estabilização precoce.

A exposição ao oxigênio pode promover o crescimento das leveduras e o consumo de ácido láctico, isso pode influenciar no aumento do pH (DUNIERE et al., 2017). Um pH mais alto pode indicar menor estabilidade aeróbia, ou seja, a silagem pode deteriorar mais rapidamente após ser exposta ao oxigênio, o pH tende a aumentar, o que pode levar à deterioração aeróbica devido à proliferação de microrganismos indesejáveis, como leveduras,

bolores e certas bactérias (SÁNCHEZ-GUERRA et al., 2024), logo, quanto mais tempo o pH se mantiver estável, melhor será a conservação da silagem.

Neste caso, é possível observar na tabela 1, que a compactação foi muito eficiente, atingindo valores de densidade superiores a 650 kg/m³. Uma boa compactação favorece a fermentação anaeróbica, o que resulta em uma redução rápida do pH. Quanto mais rápido o pH atinge níveis adequados (abaixo de 4,5), menor será o risco de deterioração da silagem e menor será o tempo de estabilização (MCDONALD et al., 1991). Segundo Jobim et al. (2007) o tempo recomendado é de 30 a 60 dias, sendo esse intervalo necessário para estabilizar a produção de ácidos orgânicos, como o ácido lático, que é essencial para a redução do pH e a preservação da silagem.

Entretanto, é possível afirmar a partir dos resultados encontrados neste trabalho, que nenhuma das variáveis estudadas foram afetadas negativamente em função dos dias de abertura do silo. Os intervalos de tempo 18, 28 e 38 dias atingiram padrões químicos-bromatológicos esperados de boa silagem.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que a inclusão de milho triturado (5 e 10%) melhorou a qualidade nutricional da silagem ao aumentar a matéria seca e reduzir as fibras, além de reduzir as perdas de matéria seca. A silagem de capim BRS Capiacu com níveis crescentes de inclusão de milho tende a aumentar as perdas por efluentes a partir de 28 dias de abertura do silo

6. REFERÊNCIAS

ALVES, Joyce Pereira et al. **Potencial forrageiro das cultivares BRS Kurumi e BRS Capiacu**. 2021.

ANDRADE, A. et al. Qualitative aspects of elephantgrass silage with corn meal and soybean hulls / Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja (in Portuguese with abstract in English). **SEMINA: CIENCIAS AGRARIAS**, v. 33, p. 1209–1218, 29 jun. 2012.

ANDRADE, I. V. O. et al. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2342–2348, nov. 2010.

AZEVEDO, M. M. R. et al. Características de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis de inclusão de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) / Characteristics of elephant grass silage (*Pennisetum purpureum* Schum.) with inclusion levels of moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 71418–71433, 23 set. 2020.

BERNARDES, T. F., NUSSIO, L. G., & AMARAL, R. C. (2014). Estratégias para a conservação de silagens de milho e cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 43(7), 450-457.

BEZERRA, H. F. C. et al. Características fermentativas e composição química da silagem de capim elefante com solo milho e suco fermentado de bactérias epifíticas do ácido láctico. **Jornal Sul-Africano de Ciência Animal**, 49(3):522–533. 2019.

BOLSEN, K. K., LIN, C., BRENT, B. E., FEYERHERM, A. M., URBAN, J. E., AIMUTIS, W. R. Effect of Silage Additives on the Microbial Succession and Fermentation Process of Alfalfa and Corn Silages. **Journal of Dairy Science**. 75:3066– 3083. 1992.

BORREANI, G. et al. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3952–3979, 2017.

CHAVES MELO, J. et al. Produção e qualidade do BRS Capiacu em diferentes idades de corte fertirrigado com águas residuárias de piscicultura. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 9, n. 1, p. 13, 13 jun. 2023.

DANIEL, J. L. P. et al. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass Forage Science**. 2019.

DETMANN, E. et al. **Métodos para análise de alimentos**- INCT- Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

DUNIERE, L. et al. Bacterial and fungal core microbiomes associated with small grain silages during ensiling and aerobic spoilage. **BMC Microbiology**, v. 17, n. 1, p. 50, 3 mar. 2017.

DUNIÈRE, L. et al. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. **Animal Feed Science and Technology**, v. 182, n. 1–4, p. 1–15, jun. 2013.

FARIA, D. J. G. et al. Produção e composição do efluente da silagem de capim-elefante com casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39(3), 471-478, 2010.

FARIA, D. J. G. et al. Composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante com níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 301–308, abr. 2007.

FERRARETTO, L.F.; CRUMP, P.M.; SHAVER, R.D. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **J. Dairy Sci.** v.96, p.533-550, 2013.

HUSSBAUM, A. H. et al. Grobfutterbewertung: Teil A-DLG-Schlüssel zur bewertung von grünfutter, silage und heu mit hilfe der sinnenprüfung. **DLG Information**, n. 1, p. 1–16, 2004.

JOBIM, C. C. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101–119, jul. 2007.

Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A., & Schmidt, P. (2007). Silagem de capins tropicais: utilização de aditivos microbianos e outras alternativas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(1), 237-251.

- KUNG, L. et al. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4020–4033, 1 maio 2018.
- LEAL, D. B. et al. Correlações entre as características produtivas e nutricionais do capim-BRS capiaçu manejado na região semiárida. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 18951–18960, 2020.
- LOURES, Daniele Rebouças Santana et al. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1851-1858, 2003.
- MACÊDO, A. et al. Microbiology of silages: Literature Review. **Revista Electronica de Veterinaria**, v. 18. 2017.
- MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F. Utilização de sorgo como alternativa na produção de silagem. 2013. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** v. 8, n. 5, p. 177 - 187, (Edição Especial) dezembro, 2013. ISSN 1981-8203
- McDONALD, P., HENDERSON, A.R., HERON, S. The biochemistry of silage. 2ed. **Marlow: Chalcombe Publicatins**, p. 340, 1991.
- MOMBACH, M. A. et al. Silage of rehydrated corn grain. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, p. 959–966, 14 jun. 2019.
- MONÇÃO, F. P. et al. Yield and nutritional value of BRS capiaçu grass at different regrowth ages. **Semana: Ciências Agrárias**, 41(5), 745-755, 2019.
- MORAES, S. A.; COSTA, S. A. P.; DE AZEVEDO, S. G. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 115**. [s.d.].
- MOURA, M. M. A. et al. Estratégias de manejo para a cultivar BRS capiaçu: uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. e69353–e69353, 2 maio 2024.
- MUCK, R. E. et al. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 3980-4000, 2018.
- MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. suppl spe, p. 183–191, jul. 2010.

OLIVEIRA, J. S. E; MARTINS, C. E. **Vedação e Abertura do Silo - Portal Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao/conservacao-de-forrageiras-e-pastagens/silagem/colheita-da-forrageira/vedacao-e-abertura-do-silo>. Acesso em: 23 out. 2024.

ORTIZ-ROBLEDO, F. et al. Nutritional and fermentative quality of maralfalfa (*Pennisetum* sp.) silages at different cutting ages and ground corn levels. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, 2017.

PAULA, P. Composição bromatológica da silagem de capim- elefante BRS Capiaçú com inclusão fubá de milho. **Pubvet**, v. 14, n. 10, 8 out. 2020.

PAZIANI, S. F. et al. Influência do teor de matéria seca e do inoculante bacteriano nas características físicas e químicas da silagem de capim Tanzânia. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 3, p. 265–271, 10 jan. 2006.

PAZIANI, S. F; NUSSIO, L. G; PIRES, A. V. et al. Efeito do emurchecimento e do inoculante bacteriano sobre qualidade da silagem de capim Tanzânia e o desempenho de novilhas. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 28, n. 4, p. 393-400, 2006.

PEREIRA, A. et al. BRS Capiaçú: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. **Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico**, 1(1678). 2016.

PEREIRA, A. V. et al. **BRS Capiaçú e BRS Kurumi: Cultivo e uso**. BRASÍLIA, DF: Embrapa, 2021.

PEREIRA, A.V., LÉDO, F.J.S., SHIMOYA, A., TECHIO, V.H. Melhoramento genético de *Pennisetum purpureum*. In Resende RMS, Valle CB and Jank L (eds) Melhoramento de forrageiras tropicais. **Embrapa**, p. 89-116, 2008.

PROENÇA, B. C. et al. Valor nutricional da silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* schum) cv. BRS capiaçu com diferentes aditivos e inoculantes. **Ars Veterinaria**, v. 38, n. 3, p. 79–83, 28 set. 2022.

RAMOS NETO, K. X. C. R. et al. Inclusão de diferentes níveis de fubá de milho em silagem de capimelefante (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Napier). **Revista eletrônica NutriTime**, 17(5), 1-7. 2020

RAMOS, B. L. P. et al. Perdas no Processo de Ensilagem: Uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e8910514660, 28 abr. 2021.

RETORE, M. et al. Qualidade da silagem do capim-elefante BRS Capiaçú. **Comunicado Técnico 261**.Dourados-MS, 2020.

RETORE, M. et al. **Manejo do capim BRS Capiaçú para aliar produtividade à qualidade**. n. 1^a, set. 2021.

RETORE, M. et al. **Silagem de ração mista total com capim-elefante cv. BRS Capiaçú**. 2022.

SÁNCHEZ-GUERRA, N. A. et al. Improvements in fermentation and nutritive quality of elephant grass [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] silages: a review. **Tropical Animal Health and Production**, v. 56, n. 5, p. 171, 21 maio 2024.

SANTOS, A. S. et al. Microensilados de pasto elefante BRS Capiaçú adicionados con consorcio microbiano comercial en diferentes días de rebrote. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 15, n. 1, p. 32–48, 19 jan. 2024.

SANTOS, A. S. S. et al. Microensilados de pasto elefante BRS Capiaçú adicionados con consorcio microbiano comercial en diferentes días de rebrote. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 15, n. 1, p. 32–48, 19 jan. 2024.

SANTOS, E. M. et al. Effect of regrowth interval and a microbial inoculant on the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 7, p. 4423–4432, jul. 2014.

SANTOS, R. J. C. et al. Elephant grass clones for silage production. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 1, p. 6–11, 2013.

SANTOS, S. D. et al. Análise centesimal da silagem do capim elefante BRS capiaçu com diferentes níveis de inclusão de milho moído. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 5, p. e4416, 24 maio 2024.

SILVA, C. D. S. et al. Perfil fermentativo, valor nutricional e estabilidade aeróbia de silagens mistas de capim-elefante e cunhã. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, p. e-76994, 2024a.

- SILVA, C. F. P. G. et al. Cinética e parâmetros de fermentação ruminal in vitro de silagens de parte aérea e raízes de mandioca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 64(6), 1639-1648. 2012.
- SILVA, J. M. Silagem de forrageiras tropicais. **Embrapa Gado de Corte**. Campo Grande, MS, 2001. Disponível em: . Acesso em: 26 abr. 2012.
- SILVA, M. et al. Composição química, perfil fermentativo e econômico de silagem a base de capiaçu, feijão guandu e milho. **Brazilian Journal of Development**, v. 10, n. 1, p. 774–789, 11 jan. 2024c.
- SILVA, V. F. DA et al. Uso de aditivos nas silagens de capins tropicais: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. e68716–e68716, 8 abr. 2024b.
- Siqueira, G. R., Roth, A. P. T. P., & Resende, F. D. (2010). Milho e cana-de-açúcar na produção de silagem: estratégias para melhorar a qualidade e reduzir perdas. Simpósio sobre Nutrição de Ruminantes, 15(1), 89-105.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Comstock Public. Association. 1994.
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., & LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, 74(10), 3583–3597. 1991.
- VILELA, D. Aditivos na ensilagem: quando e como utilizar. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 2000.
- WILLIAMS, S. D.; SHINNERS, K. J. Farm-scale anaerobic storage and aerobic stability of high dry matter sorghum as a biomass feedstock. **Biom Bioen**. 2012;46(1):309-16.
- ZANINE, A. M. et al. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Archivos de zootecnia**, v. 55, n. 209, 2006.
- ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba, PR: Senar Ar/Pr, 2020.