

CIRCULAR TÉCNICA

n. 438 - dezembro 2025

ISSN 0103-4413

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Departamento de Informação Tecnológica
Av. José Cândido da Silveira, 1647 - União - 31170-495
Belo Horizonte - MG - www.epamig.br - Tel. (31) 3489-5000

EPAMIG
Pesquisa Agropecuária

AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



**GOVERNO
DE MINAS**
AQUI O TREM PROSPERA.

Impacto do uso de aditivos e tempo de estocagem na fermentação da silagem de 'BRS Capiáçu'¹

Fernanda de Kássia Gomes², Karina Toledo da Silva³, Núbia Micaela Ferreira Lima⁴,
Júlia dos Santos Moreira⁵, Raissa da Silva Rodrigues⁶, Júlio César Ribeiro da Silva Junior⁷

INTRODUÇÃO

A ensilagem é uma prática amplamente utilizada nos sistemas pecuários de Minas Gerais e tem contribuído de forma decisiva para reduzir os efeitos da estacionalidade das pastagens. No Brasil, é considerada uma estratégia para minimizar os efeitos da escassez de alimentos durante o período seco, permitindo manter ou até aumentar a taxa de lotação animal (Daniel *et al.*, 2019). Mesmo sendo uma técnica consolidada, o processo continua sendo aperfeiçoado à medida que novos materiais forrageiros e alternativas de manejo são estudados (Muck, 2010; Wilkinson; Muck, 2019).

Tradicionalmente, o milho e o sorgo são as culturas mais utilizadas para produção de silagem (Bernardes; Rêgo, 2014), especialmente em virtude do elevado teor de carboidratos não fibrosos, da boa compactação e do excelente padrão fermentativo (Kung Jr *et al.*, 2018). Seguindo estas duas culturas, observa-se que gramíneas tropicais também ocupam lugar de destaque na confecção de silagem. Dentre estas forrageiras, o capim-elefante (*Cenchrus purpureus*) destaca-se pelo elevado po-

tencial produtivo e pela eficiência no uso dos recursos, aspectos relevantes diante dos custos operacionais de corte, de transporte e de compactação da massa (Rigueira *et al.*, 2018).

Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone cv. BRS Capiáçu vem sendo amplamente difundida por apresentar alta produção de matéria seca (MS) por hectare, bom valor nutricional e maior tolerância a períodos de veranico (Pereira *et al.*, 2016). Entretanto, o elevado teor de umidade em cortes jovens dificulta a ensilagem, aumentando o risco de fermentações indesejáveis, produção de efluentes e perdas de nutrientes (Muck, 2010). Por outro lado, o corte em estádios mais avançados reduz esses riscos, mas diminui o valor nutritivo e a frequência de cortes anuais (Monção *et al.*, 2019).

Dentre as alternativas disponíveis para ajustar a MS no momento da ensilagem, destaca-se o uso de aditivos sequestrantes de umidade. Produtos como fubá, farelo de trigo e polpa cítrica, muitos destes provenientes da agroindústria regional, têm sido empregados com bons resultados, contribuindo tanto para elevar a MS quanto para melhorar o perfil

Apoio Fapemig, Finep, CNPq e MAPA.

¹Circular Técnica produzida pela EPAMIG Centro-Oeste - CESR, (31) 97102-1541, cesr@epamig.br.

²Engenheira-agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste - CESR, Prudente de Morais, MG, fernanda.gomes@epamig.br.

³Zootecnista, D.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste - CESR, Prudente de Morais, MG, karinatoledo@epamig.br.

⁴Engenheira-agrônoma, Bolsista BDCTI-III FAPEMIG/EPAMIG Centro-Oeste - CESR, Prudente de Morais, MG, nubia.micaela@gmail.com.

⁵Bióloga, Bolsista BDCTI-IV FAPEMIG/EPAMIG Centro-Oeste-CESR, Prudente de Morais, MG, 02jds@gmail.com.

⁶Graduanda Medicina Veterinária UNIFEMM - Centro Universitário, Bolsista Fundação Educacional Monsenhor Messias, Sete Lagoas, MG, raissasilva2124@gmail.com.

⁷Graduando Engenharia Agrônoma UFSJ, Bolsista BDCTI-VI, Sete Lagoas, MG, juliocrzcesar03@yahoo.com.

fermentativo das silagens (Gomes *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2025). A escolha do aditivo envolve aspectos nutricionais, operacionais e econômicos, que variam entre propriedades e Sistemas de Produção (Gandra *et al.*, 2025; National Research Council, 2001).

A polpa cítrica atua como fonte de carboidratos solúveis e como sequestrante de umidade, elevando o teor de MS e reduzindo o pH, a amônia-N e as perdas por efluentes (PE) (Gomes *et al.*, 2017). Já o farelo de trigo, além de aumentar a MS, fornece proteína e contribui para a melhoria da digestibilidade e da fermentação (Silva *et al.*, 2014). O fubá de milho é o aditivo mais utilizado e muito eficaz, pois fornece açúcares fermentáveis e eleva o teor de MS, embora o custo, muitas vezes, seja um fator limitante para o seu uso.

Considerando o aumento do uso da 'BRS Capiçu' em Minas Gerais e a necessidade de informações específicas para orientar técnicos e produtores, este estudo avaliou o efeito de três sequestrantes de umidade (fubá, farelo de trigo e polpa cítrica) sobre a composição bromatológica e as características fermentativas de silagens dessa cultivar, após 30 e 60 dias de armazenamento. Os resultados apresentados nesta Circular Técnica visam apoiar a tomada de decisão e contribuir para o aprimoramento das práticas de ensilagem adotadas no Estado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na EPAMIG Centro-Oeste - Campo Experimental Santa Rita (CESR), Prudente de Morais, MG. A área experimental correspondeu a uma capineira de *Cenchrus purpureus* cv. BRS Capiçu, com área total de 1.333 m², previamente implantada no local (Fig. 1). No início de março de 2025, foi realizada uma uniformização da capineira.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 × 2, com quatro repetições por tratamento (quatro aditivos e dois tempos de estocagem). Os tratamentos corresponderam à inclusão de quatro aditivos sequestrantes (Fig. 2) na ensilagem da 'BRS Capiçu' (sem aditivos - controle; inclusão de fubá, farelo de trigo ou polpa cítrica) e dois tempos de estocagem (30 e 60 dias). A composição bromatológica dos ingredientes está descrita na Tabela 1.

A forragem foi colhida no período seco, nos dias 8 e 10 de julho de 2025, com teor médio de MS de 29,77% e altura aproximada de 2,2 m. A deter-

minação prévia da MS foi utilizada para padronizar a inclusão dos aditivos, de modo que todas as silagens apresentassem teor final próximo a 35% de MS. Após a mistura dos materiais, foram coletadas amostras pré-ensilagem para análises laboratoriais.

O material foi compactado manualmente em minissilos, confeccionados em baldes de plástico com capacidade de 3,6 kg (Fig. 3). Cada minissilo continha, no fundo, uma camada de areia seca recoberta com tecido não tecido (TNT), para determinação das PE e perdas por gases (PG). Após a compactação, os minissilos foram vedados com tampa e fita adesiva, pesados e armazenados em local coberto e ventilado.

Ao término dos períodos de armazenamento/estocagem (30 e 60 dias), os minissilos foram novamente pesados e abertos para coleta das amostras. As amostras, antes e após a ensilagem, foram submetidas às análises de MS, matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB), conforme metodologia da Association of Official Analytical Collaboration (AOAC) (Helrich, 1990). Os constituintes da fração fibrosa foram analisados segundo Van Soest (1994), para fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

Figura 1 - Capineira de 'BRS Capiçu' – EPAMIG Centro-Oeste - Campo Experimental Santa Rita (CESR), Prudente de Morais, MG – 8 de julho de 2025



Karina Toledo da Silva

O teor de hemicelulose foi obtido pela diferença entre os teores de FDN e FDA. Os aditivos também foram analisados quanto à sua composição bromatológica.

Outra parte das amostras foi utilizada para determinação do perfil fermentativo das silagens. Foram avaliados o pH e o teor de nitrogênio amoniacal (N-NH_3), a partir de extrato aquoso. As medi-

ções de pH foram realizadas com peagâmetro digital, e o N-NH_3 determinado pelo método do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA N007/1), descrito por Detmann *et al.* (2012). As perdas de matéria seca (PMS), por PE e por PG foram calculadas de acordo com o proposto por Jobim *et al.* (2007).

Figura 2 - Capim 'BRS Capiçu' fresco e triturado e diferentes aditivos sequestrantes de umidade adicionados previamente à ensilagem



Nota: A - 'BRS Capiçu' (fresco e triturado) - controle; B - Fubá; C - Farelo de trigo; D - Polpa cítrica.

Tabela 1 - Composição bromatológica dos aditivos

Aditivo	Matéria seca (%)	Matéria mineral (% MS)	Proteína bruta (% MS)	Fibra em detergente neutro (% MS)	Fibra em detergente ácido (% MS)
Fubá	90,31	1,47	8,21	9,89	4,08
Farelo de trigo	90,36	5,37	18,02	40,50	13,37
Polpa cítrica	91,22	10,15	7,01	25,34	40,20

Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 3 - Processo de confecção dos minissilos experimentais



Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), em arranjo fatorial 3×2 (três aditivos e dois tempos de estocagem), utilizando o software SAS Studio⁸. Antes da ANOVA, foram verificados os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição bromatológica antes da ensilagem

A inclusão dos aditivos sequestrantes de umidade promoveu alterações significativas na composição bromatológica do material pré-ensilado (Tabela 2). O teor de MS aumentou com o uso dos

aditivos, passando de 26,23% no controle para valores superiores nos tratamentos com fubá (34,85%), intermediários, com farelo de trigo (32,91%), e menores com polpa cítrica (33,64%).

A PB também foi influenciada pelos aditivos, com destaque para o farelo de trigo (6,62%), seguido pelo fubá (5,4%), e, posteriormente a polpa cítrica (4,65%), sendo o controle o menor teor (4,06%). Além disso, a inclusão de aditivos influenciou a fração fibrosa da silagem. O fubá demonstrou efeito mais expressivo, reduzindo o teor de FDN para 51,65%, valor consideravelmente inferior ao observado no controle (76,5%).

Quanto à FDA, o fubá destacou-se por promover a redução mais expressiva, com teor final de 31,99%, em contraste com os 48,63% do controle.

Tabela 2 - Composição bromatológica do material pré-ensilagem

Item	Inclusão				Erro padrão da média	P-valor*		
	Controle	Fubá	Farelo de trigo	Polpa cítrica		Inclusão (I)	Tempo (T)	Interação I*T
MST (%)	26,23d	34,85a	32,91b	33,64b	1,3629	<0,01	0,66	0,19
PB (% MS)	4,06d	5,4b	6,62a	4,65c	0,0595	<0,01	0,98	0,75
PIDN (% MS)	1,63b	1,56b	2,00a	1,94a	0,0006	<0,01	0,63	0,89
FDN (% MS)	76,5a	51,65d	70,06b	66,13c	3,2662	<0,01	0,42	0,99
FDA (% MS)	48,63a	31,99d	42,09c	46,49b	1,0381	<0,01	0,77	0,35
Hemi (% MS)	26,99a	18,85b	27,08a	18,51b	2,1993	<0,01	0,44	0,69
Cinzas (% MS)	4,93c	3,8d	5,2ab	5,46a	0,0462	<0,01	0,26	0,90

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: MST - Matéria seca total; PB - Proteína bruta; PIDN - Proteína insolúvel em detergente neutro; FDN - Fibra em detergente ácido; FDA - Fibra em detergente neutro; Hemi - Hemicelulose; MS - Matéria seca.

Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

* Tempo de estocagem.

⁸Linguagem de programação SAS para o processamento e análise estatística de dados.

O farelo de trigo também contribuiu para a diminuição dessa fração fibrosa, alcançando 42,09%. Embora positivo, seu efeito foi mais moderado, quando comparado ao observado com o fubá. Por fim, o teor de cinzas variou com o uso dos aditivos, passando de 3,8% com o fubá, para valores superiores nos tratamentos com polpa cítrica (5,46%) e farelo de trigo (5,2%), e, intermediários, no controle (4,93%).

Não houve efeito significativo do tempo de estocagem (30 x 60 dias) ou da interação inclusão x tempo, para as características bromatológicas de 'BRS Capiçu', com diferentes aditivos sequestrantes de umidade antes da ensilagem.

Composição bromatológica da silagem

A inclusão dos aditivos sequestrantes de umidade promoveu alterações significativas na composição bromatológica da silagem de 'BRS Capiçu' (Tabela 3). O teor de MS na silagem também aumentou com o uso dos aditivos, passando de 25,33% no controle para valores mais elevados nos tratamentos com fubá (33,88%), e valores intermediários com farelo de trigo (30,29%) e polpa cítrica (30,97%). O teor

de PB na silagem foi influenciado de maneira notável pelos aditivos, com destaque para o farelo de trigo, que apresentou o maior valor (7,11%), seguido pelo fubá (5,65%), e, posteriormente pela polpa cítrica (4,92%), enquanto o controle mostrou o menor teor (4,01%).

As frações fibrosas nas silagens mostraram modificações mais pronunciadas. O fubá novamente apresentou o efeito mais pronunciado, reduzindo drasticamente a FDN para 48,41%, em comparação aos 78,33% do controle, o que representa redução aproximada de 38%. A polpa cítrica (69,09%) e o farelo de trigo (71,83%) também reduziram a FDN, embora de forma menos intensa, com reduções de aproximadamente 12% e 8%, respectivamente. Na fração FDA, esse efeito repetiu-se: o fubá apresentou o menor valor (29,48%), seguido pelo farelo de trigo (43,49%), pela polpa cítrica (48,58%), e o controle (50,19%) apresentando o maior teor. A hemicelulose foi igualmente reduzida pelos aditivos, com destaque para o fubá (18,27%) e a polpa cítrica (19,19%), enquanto o farelo de trigo (27,48%) e o controle (27,37%) mantiveram os maiores teores.

Tabela 3 - Composição bromatológica e características fermentativas da silagem

Item	Inclusão				Erro padrão da média	Estocagem (dias)		Erro padrão da média	P-valor*		
	Controle	Fubá	Farelo de trigo	Polpa cítrica		30	60		Inclusão (I)	Tempo (T)	Intera- ção I*T
	Composição bromatológica										
MST (%)	25,33c	33,88a	30,29b	30,97b	2,1230	31,15	30,58	0,3642	<0,01	0,27	0,94
PB (% MS)	4,01d	5,65b	7,11a	4,92c	0,1183	5,48	5,36	0,0860	<0,01	0,33	0,96
PIDN (% MS)	1,00b	0,68c	1,06b	1,56a	0,0002	1,13	1,06	0,0036	<0,01	0,29	0,16
FDN (% MS)	78,33a	58,41d	71,83b	69,09c	3,8282	67,43	66,40	0,4891	<0,01	0,15	0,69
FDA (% MS)	50,19a	39,48c	43,49b	48,58a	2,069	43,14	42,72	0,3596	<0,01	0,42	0,93
Hemi (% MS)	27,37a	18,27b	27,48a	19,19b	1,4791	23,47	22,69	0,3040	<0,01	0,08	0,62
Cinzas (% MS)	5,24b	3,97c	5,57b	6,27a	0,2276	5,11	5,41	0,1192	<0,01	0,09	0,85
	Característica fermentativa										
pH	4,09a	4,18a	4,23a	4,32a	0,0319	4,14	4,28	0,0447	0,09	0,03	0,77
N-NH ₃ (% NT)	7,23b	6,42b	9,26a	4,56c	0,8266	6,33	7,41	0,2273	<0,01	<0,01	0,40
PMS (% MS)	4,57	4,24	3,52	3,76	0,5792	3,99	4,65	0,2896	0,28	<0,01	0,86
PG (% MS)	0,0789	0,0861	0,1110	0,1150	0,02746	0,0982	0,0973	0,0137	0,48	0,96	0,59
PE (kg/t MN)	31,82a	20,21ab	17,12b	18,91ab	5,222	16,94	27,08	2,611	0,04	0,01	0,85

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: MST - Matéria seca total; PB - Proteína bruta; PIDN - Proteína insolúvel em detergente neutro; FDN - Fibra em detergente neutro; FDA - Fibra em detergente ácido; Hemi - Hemicelulose; PMS - Perda de matéria seca; PG - Perda gasosa; PE - Perda por efluente; MS - Matéria seca; NT - Nitrogênio total; MN - Matéria natural.

Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P < 0,05).

* Tempo de estocagem.

O teor de cinzas também variou com o uso dos aditivos no material ensilado, passando de 3,97% com o fubá, para valores superiores no tratamento com polpa cítrica (6,27%) e intermediários com o farelo de trigo (5,57%) e no controle (5,24%). O tempo de estocagem (30 e 60 dias) e a interação inclusão x tempo de estocagem não influenciaram as variáveis da composição bromatológica da silagem.

Características fermentativas

Em relação às características fermentativas (Tabela 3), não houve efeito na interação inclusão x tempo de estocagem. O pH não foi influenciado pela inclusão, no entanto, observou-se efeito significativo do tempo de estocagem ($P = 0,03$), com valores médios passando de 4,14 aos 30 dias para 4,28 aos 60 dias.

O teor de $N-NH_3$ foi afetado pelos aditivos, com o farelo de trigo apresentando o maior valor (9,26%) e a polpa cítrica o menor (4,56%), sugerindo maior degradação proteica no farelo de trigo durante a fermentação. O teor de $N-NH_3$ aumentou com o tempo de estocagem ($P < 0,01$).

Para a PMS, embora os valores numéricos tenham apresentado pouca variação entre os tratamentos, não foi observado efeito significativo da inclusão dos aditivos ($P = 0,28$). Em contrapartida, o tempo de estocagem influenciou esse parâmetro ($P < 0,01$), com incremento de 3,99 para 4,65 entre 30 e 60 dias. De forma semelhante, para a PE observou-se efeito significativo do tempo de estocagem, sendo o valor aos 60 dias aproximadamente 60% superior ao observado aos 30 dias (27,08 e 16,94, respectivamente).

Não houve efeito significativo da interação inclusão x tempo de estocagem para as características fermentativas.

DISCUSSÃO

O uso dos aditivos promoveu incremento claro no teor de MS (Tabelas 2 e 3), demonstrando sua eficácia em modificar as condições físicas da massa. Este aumento é resultado tanto do maior teor de MS desses ingredientes quanto de sua capacidade de retenção de umidade (Kung Jr *et al.*, 2018; Muck, 2010).

A inclusão dos aditivos também influenciou a fração fibrosa da silagem. O fubá apresentou o efeito mais expressivo, reduzindo o teor de FDN (Tabela 2). Esta redução está associada ao efeito de diluição da parede celular pelo acréscimo de carboidratos não

fibrosos (CNF) presentes no fubá, diminuindo a porcentagem relativa de fibra na MS da silagem. Para a polpa cítrica e o farelo de trigo, embora ambos tenham reduzido a FDN em relação ao controle, o efeito foi menos pronunciado do que o observado para o fubá, possivelmente em razão do maior teor de amido do fubá, que promove diluição mais intensa da fração fibrosa (Gandra *et al.*, 2025; Silva *et al.*, 2025). Na silagem, esta tendência se manteve: o fubá novamente apresentou o maior impacto, reduzindo o teor de FDN para 58,41% em comparação aos 78,33% do controle. Esse comportamento reforça o papel do fubá como aditivo altamente eficaz para melhorar a densidade energética e diluir a fibra em materiais tropicais (Silva *et al.*, 2025).

O teor de PB também foi influenciado pelos aditivos, com destaque para o farelo de trigo, que resultou no maior valor observado (7,11%), em comparação ao controle (4,01%). Este comportamento mostra que a escolha do aditivo pode impactar não apenas o ajuste da umidade, mas também o aporte proteico da silagem (Zanine *et al.*, 2007). No caso do farelo de trigo (Tabela 1), seu elevado teor de PB (18,02%) contribuiu de forma direta para o aumento do nitrogênio total (NT) no material ensilado, refletindo em silagens com maior concentração de proteína.

De forma geral, a inclusão de aditivos sequestrantes de umidade alterou de maneira expressiva o padrão nutricional, conforme observado também por Silva *et al.* (2025), que reportaram melhorias consistentes na composição química e na fermentação de silagens de 'BRS Capiapu' aditivadas com fubá. O fubá foi o aditivo de maior destaque, promovendo as reduções mais acentuadas de FDN e FDA e contribuindo para o maior teor final de MS. Esses efeitos decorrem da complementaridade entre o fubá e a 'BRS Capiapu': enquanto a forragem apresenta alto teor de carboidratos estruturais, o fubá fornece grande quantidade de amido – carboidratos não fibrosos (CNF) e menor fração fibrosa, resultando em diluição da fibra e aumento da densidade energética.

O farelo de trigo e a polpa cítrica também melhoraram a qualidade nutricional da silagem, embora em menor magnitude. O farelo de trigo, em virtude do elevado teor de PB e da fração fibrosa intermediária, proporcionou aumento do teor proteico e reduções moderadas na fibra. Já a polpa cítrica exerceu efeito menos pronunciado sobre a MS e reduziu parcialmente a fração fibrosa, comportamento associado à presença de pectinas altamente fermentáveis, que favorecem a fermentação e aumentam a disponibilidade energética da silagem.

A qualidade de resíduos agroindustriais usados como aditivos tende a variar conforme a origem, o processamento e o lote, o que pode alterar sua composição química e, consequentemente, o efeito na silagem, como já reportado por Gandra *et al.* (2025), que destacam a variabilidade química de subprodutos agroindustriais e seu impacto direto no desempenho da silagem.

No caso da polpa cítrica, valores de referência indicam FDN entre 20% e 25% e FDA entre 17% e 21% (National Research Council, 2001), refletindo sua característica de subproduto rico em pectinas e com baixa fração de parede celular (Van Soest, 1994). Nesse estudo, foram observados teores um pouco acima do esperado, o que indica que a polpa cítrica recebida, provavelmente, continha mais material fibroso (casca, restos de casca ou sementes), reduzindo sua eficiência como suplemento energético e modificando os efeitos esperados sobre a MS e as fibras da silagem. Essa variabilidade reforça a necessidade de analisar a composição química de cada lote, antes da utilização como aditivo.

Como característica típica das gramíneas tropicais, a 'BRS Capiáçu' apresenta elevados teores de carboidratos estruturais (FDN acima de 65% da MS) e baixa concentração de carboidratos não estruturais. Assim, a combinação entre a composição da forragem e as propriedades nutricionais dos aditivos (amido do fubá, proteína do farelo de trigo e pectinas da polpa cítrica) explica o padrão consistente de melhoria observado na qualidade bromatológica das silagens produzidas, padrão já descrito em estudos recentes com aditivos energéticos e fibrosos em silagens tropicais (Gandra *et al.*, 2025).

O tempo de estocagem influenciou o pH, que aumentou de 4,14 aos 30 dias para 4,28 aos 60 dias (Tabela 3). Este leve incremento é típico da fase de estabilização, quando persistem reações bioquímicas residuais no silo (Kung Jr *et al.*, 2018). Ainda assim, os valores permaneceram abaixo de 4,4, faixa segura para silagens de gramíneas tropicais e indicativa de ausência de fermentações indesejáveis (Van Soest, 1994).

O N-NH₃ foi influenciado pelos aditivos, com maiores valores no farelo de trigo e menores na polpa cítrica (Tabela 3). Este padrão indica maior intensidade de proteólise no tratamento com farelo de trigo, compatível com seu maior teor de PB (18,02%) (Tabela 1), que fornece mais substrato para proteases vegetais e microbianas. Ainda assim, todos os

valores permaneceram dentro da faixa esperada para silagens bem-preservedas. O tempo de estocagem também elevou os teores de N-NH₃ (Tabela 3), evidenciando que a proteólise continua após a estabilização inicial. Tal comportamento reforça que a dinâmica fermentativa permanece ativa durante o armazenamento.

O tempo de estocagem também influenciou a PMS (P = 0,05), com incremento de 3,99% para 4,65%, entre 30 e 60 dias (Tabela 3). Este aumento está associado também à continuidade da atividade microbiana e à metabolização de carboidratos solúveis, além de eventuais reações secundárias. Mesmo assim, os valores mantiveram-se dentro da faixa esperada para silagens de capim-elefante, refletindo condições adequadas de compactação e de vedação.

Entre os parâmetros avaliados, a PE mostrou maior sensibilidade aos tratamentos (Tabela 3), com efeito tanto da inclusão dos aditivos (P = 0,04) quanto do tempo de estocagem (P = 0,01). O controle apresentou maior volume de efluente, enquanto, farelo de trigo e polpa cítrica resultaram nos menores valores, coerentes com a maior capacidade de retenção de água proporcionada por seus teores de fibra efetiva e pectinas. A redução do efluente nos tratamentos com farelo de trigo e polpa cítrica segue as recomendações apontadas por Gomes *et al.* (2017) e Rigueira *et al.* (2018), que observaram a capacidade retentora de água de aditivos fibrosos e pectínicos e sua utilidade em forragens de baixa MS. Já o aumento da PE entre 30 e 60 dias (16,94 para 27,08 kg/t MN) sugere intensificação gradual dos processos fermentativos e maior liberação de líquidos ao longo do armazenamento. A progressiva solubilização de componentes estruturais, a compactação natural da massa e a redistribuição interna de umidade podem liberar frações líquidas adicionais ao longo do armazenamento. Assim, o incremento observado não necessariamente reflete piora da fermentação, mas sim a continuidade dos processos de rearranjo físico-químico, típicos da fase de estabilização tardia (Muck, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição de sequestrantes de umidade melhorou a qualidade da silagem de 'BRS Capiáçu', atendendo ao objetivo deste estudo. O fubá apresentou o melhor desempenho geral, elevando a MS, reduzindo as frações fibrosas e diminuindo o volume de PE. O farelo de trigo destacou-se pelo aumento do teor

de PB, enquanto a polpa cítrica apresentou efeito intermediário sobre a composição e o perfil fermentativo.

Como orientações práticas, recomenda-se: priorizar o uso de fubá, quando os objetivos forem elevar a MS e reduzir as frações fibrosas da silagem; utilizar farelo de trigo, nos casos em que se busca aumentar o teor de PB; e empregar polpa cítrica como alternativa intermediária, principalmente quando houver disponibilidade regional do subproduto.

Além disso, os resultados indicam que 30 dias de estocagem já são suficientes para garantir boa estabilidade fermentativa da silagem de 'BRS Capiáçu', com pH adequado, menores PE e menor acúmulo de N-NH₃. Embora a silagem mantida por 60 dias permaneça estável, observou-se incremento de PMS, aumento de PE e maior N-NH₃, indicando continuidade das reações fermentativas e maior degradação proteica. Assim, recomenda-se priorizar a abertura dos silos a partir de 30 dias, evitando prolongar o armazenamento além do necessário, para minimizar perdas e preservar o valor nutritivo da silagem.

AGRADECIMENTO

Aos colaboradores, técnicos e bolsistas, pelo apoio durante a condução deste estudo. À técnica de laboratório, Elizabete, e a toda sua equipe, cujo empenho e dedicação foram essenciais para o andamento das atividades experimentais e realização das análises. Aos funcionários de campo, pelo cuidado contínuo com a capineira e pelo apoio na coleta do material e confecção dos minissilos, etapas fundamentais para a execução deste estudo. À EPAMIG e ao suporte dos órgãos de fomento, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), pelo apoio financeiro e institucional para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

- BERNARDES, T.F.; RÊGO, A.C. do. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.97, n.3, p.1852-1861, Mar. 2014.
- DANIEL, J.L.P. *et al.* Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, v.74, n.2, p.188-200, June 2019.
- DETMANN, E. *et al.* Avaliação do nitrogênio amoniacal em fluido ruminal. In: DETMANN, E. *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: UFV: INCT-Ciência Animal, 2012. v.1, cap.14, p.193-204.
- GANDRA, J.R. *et al.* Can pre-wilting, corn, and limestone improve BRS Capiáçu silage fermentation quality?. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.68, n.7, p.2033-2051, 2025.
- GOMES, R. dos S. *et al.* Impacts of citrus pulp addition and wilting on elephant grass silage quality. **Bio-science Journal**, Uberlândia, v.33, n.3, p.675-684, May/June 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1072318/1/Cnppl2017BioscJGomesImpacts.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2025.
- HELDRICH, K.C. (ed.). **Official methods of analysis of the AOAC**. 15th ed. Washington: AOAC, 1990. v.2.
- JOBIM, C.C. *et al.* Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, p.101-119, jul. 2007. Suplemento especial.
- KUNG JR, 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, May 2018.
- MONÇÃO, F.P. *et al.* Yield and nutritional value of BRS Capiáçu grass in different age of regrowth. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.40, n.5, p.2045-2056, set./out. 2019.
- MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.39, p.183-191, 2010. Suplemento especial.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: NRC, 2001. 381p.
- PEREIRA, A.V. *et al.* **BRS Capiáçu**: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2016. 6p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 79). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1056288/1/ComunicadoTecnico79.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2025.
- RIGUEIRA, J.P.S. *et al.* Fermentative profile and nutritional value of elephant grass silage with different levels of crude glycerin. **Semina: Ciências Agrárias**,

- Londrina, v.39, n.2, p.833-844, mar/abr. 2018. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/30569/23217>. Acesso em: 22 dez. 2025.
- SILVA, J.K. da *et al.* Elephant grass ensiled with wheat bran compared with corn silage in diets for lactating goats. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.43, n.11, p.618-626, nov. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/K4R9ZHZJh6VpKWWNng4bstc/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2025.
- SILVA, M.I.M. *et al.* Fermentative profile, chemical composition and in situ rumen degradability of Capiçu elephant grass silage wilted or with added corn meal. **Applied Sciences**, v.15, n.22, Article 12001, 2025.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. [476p.].
- WILKINSON, J.M.; MUCK, R.E. Ensiling in 2050: some challenges and opportunities. **Grass and Forage Science**, v.74, n.2, p.178-187, June 2019.
- ZANINE, A. de M. *et al.* Características fermentativas e composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com ou sem *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo isoladamente ou em combinação. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.4, p.621-628, out./dez. 2007. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/ciencia-animal-brasileira/8-\(2007\)-4/caracteristicas-fermentativas-e-composicao-quimico-bromatologica-de-si/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/ciencia-animal-brasileira/8-(2007)-4/caracteristicas-fermentativas-e-composicao-quimico-bromatologica-de-si/). Acesso em: 22 dez. 2025.