



Valor nutritivo da silagem de capim-elefante em diferentes idades de rebrota

Mayra Suyapa SAUCEDA^{1*}, Joadil Gonçalves de ABREU¹, Lucas Matheus Barros ASSIS¹,
Eduardo André FERREIRA¹, Matheus Lima Corrêa ABREU¹, Dayana Aparecida de FARIA¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.

*E-mail: masusa05@gmail.com

Submissão: 19/08/2022; Aceito em 06/04/2023; Publicado em 21/04/2023.

RESUMO: Objetivou-se avaliar o valor nutritivo e características fermentativas de silagem de capim-elefante em diferentes idades de rebrota com farelo de arroz como aditivo. O delineamento foi em blocos casualizados com cinco tratamentos (idades: 42, 60, 76, 91 e 105 dias de rebrota) e quatro repetições. Utilizou-se o farelo de arroz a 10% da massa volumosa aplicado na forragem de capim-elefante antes da ensilagem. Foram analisados os teores de matéria seca (MS), carboidratos solúveis (CS), capacidade tampão (CT), coeficiente de fermentação (CF); valor de pH, teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), energia líquida de lactação (ELL), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), volume assintótico gás (Vf) e taxa de digestão da fração rapidamente (k1) e lentamente (k2) digestível, latência (L). Exceto para PIDN e taxa de k2, verificou-se efeito linear significativo (P<0,05) para as variáveis analisadas. Recomenda-se ensilar o capim-elefante com farelo de arroz (10%) até a idade de 60 dias, pois as silagens produzidas apresentam excelente valor nutricional.

Palavras-chave: aditivo; características fermentativas; *Pennisetum purpureum*.

Nutritive value of elephant grass silage at different regrowth ages

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the nutritive value and fermentative characteristics of elephant grass silage at different regrowth ages with rice meal as an additive. The design was in randomized blocks with five treatments (ages: 42, 60, 76, 91 and 105 days of regrowth) and four repetitions. Rice meal was used at 10% of the volume mass applied to elephant grass forage before ensiling. The dry matter (DM), soluble carbohydrates (SC), buffer capacity (BC), fermentation coefficient (FC); pH value, ammonia nitrogen content (N-NH₃), ash, crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDF_{ap}), neutral detergent-insoluble protein (NDIP) and acid (ADIP), indigestible neutral detergent fiber (iNDF), net lactation energy (NLE), *in vitro* dry matter digestibility (IVDM), gas asymptotic volume (Vf) and fraction digestion rate rapidly (k1) and slowly (k2) digestible, latency (L) were analyzed. Except for NDIP and K₂ rate, there was a significant linear effect (P<0,05) for the analyzed variables. It is recommended to ensile the elephant grass with rice meal (10%) until the age of 60 days because the silages produced have excellent nutritional value.

Keywords: additive; fermentative characteristics; *Pennisetum purpureum*.

1. INTRODUÇÃO

Geralmente a base da alimentação dos animais na pecuária da região do Centro-Oeste do Brasil, depende das áreas de pastagens, sendo o pasto a forma mais prática e econômica para os pecuaristas. No entanto, a sazonalidade na oferta de pasto constitui um dos fatores mais limitantes na produção dos ruminantes nessa região.

Nas regiões com baixa adoção de tecnologias, é comum encontrar em pequenas propriedades, áreas de capineiras com capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) devido ao alto rendimento de matéria seca e bom valor nutricional (MENEZES et al., 2015). Quando bem manejada, é de fácil corte manual e apresenta a possibilidade de colheita mecanizada, devido ao crescimento cespitoso. Como as demais forrageiras tropicais, apresenta sazonalidade e concentra seu crescimento vegetativo na época chuvosa. Uma das principais soluções adotadas pelos pequenos pecuaristas é a reserva de uma área estabelecida de pasto para

suprir a demanda de alimento nas épocas de estiagem. Contudo, a massa de forragem ofertada é de baixa qualidade, devido a maturidade avançada da planta.

O capim elefante apresenta uma ensilabilidade relativamente boa quando comparado a outras forrageiras tropicais, principalmente devido ao seu alto rendimento forrageiro e valor nutricional (PACHECO et al., 2014), entretanto, uma das desvantagens no período ideal de corte; é que apresenta um elevado teor de umidade e reduzido teor de carboidratos solúveis (PINEDO et al., 2019) que devem ser contornados com o uso de aditivos sequestrantes de umidade e substratos, sendo importante para minimizar as perdas na produção de silagem. Segundo Silva et al. (2014) também podem contribuir para melhorar o valor nutricional, assim diversos resíduos agroindustriais vêm sendo estudados como alimentos para animais.

Alguns subprodutos da agroindústria podem melhorar a fermentabilidade, embora estejam disponíveis em maior

quantidade e com menores preços, são também restritas a regiões onde ocorrem cultivos da matéria prima, como é o caso do milho, soja, citros, arroz, algodão, mandioca, dentre outros.

A região Centro-Oeste do Brasil é uma das maiores regiões produtoras de grãos do mundo. No caso específico de arroz, Mato Grosso é o principal produtor de terras altas do Brasil e ao longo dos anos tem atraído a instalação de indústrias destinadas ao beneficiamento das matérias primas na região. Conseqüentemente, a instalação destas agroindústrias tem aumentado a produção e oferta de alguns subprodutos como é o farelo de arroz.

O farelo de arroz provém do beneficiamento do arroz integral, por meio do processo de polimento deste para retirada da camada entre a casca e endosperma do cereal para produção do arroz polido (arroz branco), que é direcionado a alimentação humana. Para o processo de ensilagem de capim, apresenta-se como um coproduto com potencial de ser incluído nesse processo por sua capacidade em reter água e melhorar a composição química das silagens produzidas (BORGES et al., 2018), reduzindo assim, as perdas de nutrientes.

Nas gramíneas tropicais é importante considerar a idade ideal para a ensilagem. Neste processo, o estágio fenológico influencia diretamente na composição bromatológica da forragem a ser ensilada (OLIVEIRA et al., 2015). À medida que o estágio fenológico avança para a maturidade, o teor de MS tende a aumentar, (FLUCK et al., 2018), sendo uma característica benéfica do material a ser ensilado. Entretanto, quando as gramíneas são ensiladas em estágio avançado de maturidade, a forragem ensilada apresenta baixa digestibilidade o que pode resultar em diminuição do desempenho animal.

A utilização de estratégias de conservação de forragem por meio da ensilagem de culturas tradicionais, como o milho, exige do produtor um pacote tecnológico, que para muitos são inviáveis devido ao alto custo. No entanto, a adoção da técnica de ensilagem de capim-elefante no período que concentram maior parte da produção com inclusão de subprodutos agroindustriais, como é o caso de farelo de arroz pode ser uma alternativa de menor custo e risco aos pequenos pecuaristas, principalmente aqueles que estão em regiões onde este subproduto é abundante e com baixo custo de aquisição.

Portanto, objetivou-se avaliar o valor nutricional de silagem de capim elefante em diferentes idades de rebrota com a inclusão de farelo de arroz como aditivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Ovinocultura da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada no município de Santo Antônio de Leverger – MT, Brasil, situado a 15°51' de Latitude Sul e 56°04' de Longitude Oeste de Greenwich com altitude de 140 m, na região denominada de Baixada Cuiabana. Segundo a classificação de Köppen o clima da região, é do tipo Aw, caracterizando-se por duas estações bem definidas: seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março). A temperatura média mensal varia de 22 a 27°C com precipitação média em torno de 1.300 mm ano⁻¹.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A proeminente e o relevo plano. A caracterização físico-química do solo, antes do início do experimento, foi efetuada na camada de 0 a 20 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo da área experimental na camada de 0 a 20 cm de profundidade.
Table 1. Physical-chemical characterization of the soil of the experimental area in the 0 to 20 cm depth layer.

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	Al ³⁺	SB	T	V	MO	Arg.	Sil.	Are.
CaCl ₂	mg dm ⁻³		cm _e dm ⁻³						%	g kg ⁻¹			
5,5	6,6	84,0	2,7	1,0	2,2	0,0	3,9	6,1	64,3	11,8	227	66	707

pH: potencial hidrogeniônico; P: Fósforo; K: Potássio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; H+Al³⁺: acidez potencial; Al³⁺: acidez trocável; SB: soma de bases; T: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; MO: matéria orgânica; Arg.: Argila; Sil.: Silte; Are.:Areia.

A espécie forrageira utilizada foi o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Shum.) em diferentes idades de rebrota. No início do experimento, realizou-se o corte de uniformização rente ao solo e, logo após, foi aplicado em cobertura 500 kg ha⁻¹ de NPK 20-05-20. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 idades de rebrota (42, 60, 76, 91 e 105 dias) e quatro repetições. Cada parcela apresentava 5 m de comprimento e 4 m de largura, com espaçamento entrelinhas de 1 m. Considerou-se como área útil; 3 m das duas linhas centrais do meio de cada parcela.

Nas idades de rebrota pré-determinadas, o capim-elefante foi cortado rente ao solo e picado em partículas de 2 cm, sendo homogeneizado manualmente junto ao farelo de arroz em proporção de 10% da massa de forragem ensilada. A composição de farelo foi: 911,4; 90,05; 512,8; 303,5 g kg⁻¹ de MS, PB, fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), respectivamente.

Para a determinação da capacidade de fermentação da massa ensilada, foram retiradas amostras de 500 g da massa de forragem com inclusão de farelo de arroz no momento da ensilagem, em seguida colocadas em sacos de papel e secas

em estufa de ventilação forçada de ar, a temperatura de 55 °C, até atingir massa constante. As amostras pré-secas foram pesadas e moídas utilizando moinho estacionário tipo Willey, com peneira de 20 mesh, e acondicionadas em recipientes de polietileno. Para a análises de matéria seca (MS; %), as amostras foram colocadas em cadinhos de porcelana e levados a estufa de 105°C por 24 horas (AOAC, 1990). Foram determinados os teores de carboidratos (CHOs; %), capacidade tampão (g de ácido láctico/100 g de MS) e capacidade fermentativa (Equação (1), WEISSBACH; HONIG, 1996).

$$CF = MS + \frac{8 \times CHOS}{CT} \quad (01)$$

em que: CF = capacidade fermentativa; MS = matéria seca (%); CT = capacidade tampão; em g de ácido láctico/100 g de MS; CHOs = teores de carboidratos solúveis (%).

No processo de ensilagem, cada silo experimental (parcela) constituiu-se de um cano de PVC com 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento, tendo capacidade para

acondicionar 2,50 kg de forragem (densidade de 600 kg m⁻³ de forragem verde). A compactação foi realizada com soquetes de madeira e a vedação com tampas de PVC dotadas de válvula tipo Bunsen, para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. Posteriormente, as tampas foram lacradas com fita adesiva.

Após 30 dias, os silos foram abertos. Na coleta das amostras foram desprezados os 5 cm da porção superior e inferior dos silos. Em seguida, a silagem foi dividida em duas partes. A primeira parte (500 g) foi acondicionada em sacos plásticos e congelada para determinação de pH (Silva e Queiroz, 2002) e de nitrogênio amoniacal (N-NH₃). A outra parte (500 g) foi colocada em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada a temperatura de 55 °C por 72 horas. Após este procedimento, as amostras pré-secas foram pesadas e moídas utilizando moinho estacionário tipo Willey, com peneira de 20 mesh, e armazenadas em recipientes de polietileno para a determinação da composição bromatológica. As amostras de forragens e de silagens foram submetidas à análise dos teores de MS, cinzas (%), proteína bruta (PB; %), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN; %) e ácido (PIDA; %), fibra em detergente neutro (FDN; %) e ácido (FDA; %) (AOAC, 1990; VAN SOEST et al., 1994). A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi; %) e a FDN foram determinadas a partir das subtrações das cinzas e proteína insolúveis ao detergente neutro (FDNcp; %) (SNIFFEN et al., 1992) e a energia líquida da lactação (Equação (2), DAVID, 2001).

$$ELL = 2,39 - (FDA \times 0,028) \quad (02)$$

em que: ELL = energia líquida da lactação, em Mcal kg⁻¹; fibra em detergente ácido, em %.

Na Tabela 2 são apresentados os dados da composição bromatológica da forragem de capim-elefante com 10% de aditivo em diferentes idades de rebrota, antes do processo de ensilagem.

Tabela 2. Composição bromatológica de capim elefante com 10% de farelo de arroz em diferentes idades de rebrota antes do processo de ensilagem.

Table 2. Bromatological composition of elephant grass with 10% of rice meal at different harvest ages before ensiling process.

Variáveis (g kg ⁻¹ MS)	Idades de rebrota (dias)				
	42	60	75	90	105
Cinzas	143,3	119,0	104,6	103,6	94,8
FDN _{cp}	507,6	545,7	563,7	611,9	668,6
FDA	367,1	394,4	398,4	426,8	437,1
FDNi	185,0	230,0	255,5	322,2	325,9
PB	168,3	131,8	113,7	102,6	86,8
PIDN _{MS}	53,9	52,5	51,5	51,4	50,2
PIDN _{PB}	320,0	401,2	454,6	500,1	587,0
PIDA _{MS}	26,4	24,9	22,8	22,5	20,6
PIDA _{PB}	157,0	192,9	200,8	219,2	238,4
NDT	602,9	581,6	578,5	556,4	548,4
ELL; Mcal kg ⁻¹ MS	1,36	1,28	1,27	1,19	1,16

FDN_{cp}: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA: fibra em detergente ácido; FDNi: fibra em detergente neutro indigestível; PB: proteína bruta; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido; NDT: nutrientes digestíveis totais; ELL: energia líquida da lactação.

Para a avaliação da cinética de produção de gás, foi coletado o inóculo ruminal de dois touros Nelore inteiros

(450 ± 50 kg de peso corporal), com cânula ruminal permanente, homologada pela CEUA da Universidade Federal de Mato Grosso (Processo n° 23108.207702017-76). O líquido ruminal foi coletado a partir das 6h na Fazenda Experimental da UFMT, filtrado através de um pano e armazenado em uma garrafa térmica pré-aquecida a 39°C. Foram pesadas 0,5 ± 0,05 g de amostras pré-secas e colocadas em frascos tipo penicilina (100 mL), sendo adicionados 40 mL de tampão McDougal e 10 mL de fluido ruminal (proporção 1:4; inóculo e solução tampão). Antes de lacrar as garrafas, seu espaço livre estava saturado de CO₂.

Os frascos foram fechados com rolha de borracha e selados com arruelas de alumínio. As leituras de pressão foram feitas em psi em 2, 4, 6, 8, 10, 12, 19, 24, 36, 48, 60, 72, 84 e 96 horas de incubação, usando um transdutor de pressão (Press Data 800, LANA-CENA / USP, Piracicaba, Brasil). As leituras da pressão do gás em psi foram transformadas para o volume de produção de gás em mL por 0,1 g de MS.

A cinética de produção cumulativa de gás foi analisada utilizando o procedimento (PROC NLIN) software SAS (Univesity Edition). Os modelos não lineares (Equação (3) - (7), foram utilizados para ajustar a cada perfil de produção cumulativa de gás *in vitro* (SCHOFIELD et al., 1994). Os modelos unicompartmentais (Equação 3 e 4) foram utilizados para a produção assintótica de gás. A equação (3) foi utilizada para descrever a cinética de degradação exponencial de primeira ordem, sem latência, por outro lado a Equação (4) referida ao modelo sigmoide de Gompertz com parâmetro de latência discreta (L). A equação (5) a (7) são modelos bicompartimentais, que possuem um compartimento de rápida e lenta degradação no rúmen. Os modelos representados nas equações (5) e (7) referidos a fração de lenta digestão (segundo compartimento) foi representada pela função de Gompertz com parâmetro latência. Nos modelos das equações (5) e (6), a fração de rápida digestão (primeiro compartimento) foi representada por uma função exponencial de primeira ordem sem latência. No caso do modelo bicompartimental (Equação (7)), os dois compartimentos são uma função de Gompertz, tendo uma latência comum para ambos os compartimentos, enquanto na equação (6) os compartimentos foram representados pela função exponencial de primeira ordem sem latência.

$$V_t = V_f[1 - \exp(-kt)] + \epsilon \quad (03)$$

$$V_t = V_f \exp\{-\exp[1 + ke(L - t)]\} + \epsilon \quad (04)$$

$$V_t = V_{f1}[1 - \exp(-k_1t)] + V_{f2} \exp\{-\exp[1 + k_2e(L - t)]\} + \epsilon \quad (05)$$

$$V_t = V_{f1}[1 - \exp(-k_1t)] + V_{f2}[1 - \exp(-k_2t)] + \epsilon \quad (06)$$

$$V_t = V_{f1} \exp\{-\exp[1 + k_1e(L - t)]\} + V_{f2} \exp\{-\exp[1 + k_2e(L - t)]\} + \epsilon \quad (07)$$

em que: V_t= produção cumulativa de gases em um dado tempo (t, h); V_f = produção total de gás em 96 horas; k (h⁻¹) = taxa de degradação do substrato produzido por hora (sendo este uma proporção do V_f); V_{f1} = compartimento de rápida degradação e V_{f2}= compartimento de lenta degradação no rúmen (representando a produção assintótica (mL) de gás de ambos os compartimentos; k₁ e k₂ (h⁻¹) = taxa degradação específica para cada um dos compartimentos; e = base dos logaritmos naturais; ε = erro aleatório.

A seleção de multimodelos utilizando o critério de Akaike corrigido (AICc) foi realizada para encontrar o modelo mais verossímil, entre os modelos candidatos (Equações (3) – (7)), em reproduzir o perfil de produção cumulativa de gás *in vitro*. A soma do quadrado do resíduo (SQR) foi registrado para calcular o AICc_i (Equação (8)), levando em consideração número de parâmetros do modelo estimado. A partir do AICc_i calculado foi possível obter a diferença entre os valores de AICc_i (Δ_i; Equação. (9)), em seguida, a probabilidade do modelo (w_i; Equação (10)) que o valor pode variar de 0,00 a 1,00, e quando w_i ≥ 0,95, o modelo é considerado unânime e, portanto, é evidentemente melhor entre os demais avaliados para descrever os dados. Além disso, foi calculada a razão de evidência (Equação (11), VIEIRA et al., 2012).

$$AICc_i = n_i \ln \left(\frac{SQR}{n_i} \right) + 2\theta_i + 2\theta_i \frac{\theta_i + 1}{n_i - \theta_i - 1} \quad (08)$$

$$\Delta_i = AICc_i - \min AICc_i \quad (09)$$

$$w_i = \frac{\exp(-\Delta_i/2)}{\sum_{i=1}^4 \exp(-\Delta_i/2)} \quad (10)$$

$$ER_i = \frac{\max_i}{w_i} \quad (11)$$

em que: minAICc_i = o AICc_i mínimo entre os modelos candidatos; i = i-ésimo modelo candidato avaliado, sendo i=1, 2, ...,4; SQR = soma do quadrado do resíduo; θ_i = erro aleatório; n_i = tamanho

amostral; exp = base do logaritmo natural; w_i = probabilidade do modelo; max w_i = w_i máximo do i-modelos candidatos; ER_i = razão de evidência.

Após a seleção do modelo mais verossímil a maioria dos 60 perfis avaliados, foram registrados os valores dos parâmetros deste modelo para a etapa da análise da cinética de produção cumulativa de gás *in vitro*. As análises foram realizadas pelo procedimento linear misto (PROC MIXED) do software SAS (versão University edition). Os parâmetros cinéticos foram analisados em regressão, sendo testados as regressões de primeiro e segundo grau, com nível de significância de 0,05.

3. RESULTADOS

Na composição bromatológica da forragem e padrão fermentativo da silagem, o avanço na idade não teve efeito significativo (p>0,05) sobre os teores de CHOS, CT e CF da forragem e no teor de N-NH₃ da silagem de capim-elefante aditivada com farelo de arroz (Tabela 3).

Observou-se efeito linear crescente (p<0,01) do teor de MS de capim elefante, antes da ensilagem, em função do avanço da idade com uma taxa de acréscimo no teor de MS de 1,37 g kg⁻¹ ao dia. Por outro lado, verificou-se efeito linear decrescente (p<0,01) do valor do pH da silagem em função da idade com uma taxa de decréscimo 0,0034 ao dia (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de Matéria seca (MS), carboidratos solúveis (CHOS), capacidade tampão (CT), coeficiente de fermentação da forragem (CF) e padrão fermentativo da silagem de capim elefante com 10% de farelo de arroz em diferentes idades de rebrota. Table 3. Dry matter contents (DM), soluble carbohydrates (SCHO), buffer capacity (BC) and forage fermentation coefficient (FC) and fermentative pattern of elephant grass silage with 10% rice meal at different harvest ages.

Variáveis	Idades de rebrota (dias)					Equação regressão	CV (%)	R ²
	42	60	75	90	105			
	Capim elefante							
MS (g kg ⁻¹)	204,6	218,6	238,0	251,0	289,9	ŷ = 140,5 + 1,372x**	4,10	0,97
CHOS (g kg ⁻¹)	79,5	83,9	67,3	84,7	70,9	ŷ = 77,2	15,28	-
CT (g/100 g DM ⁻¹)	2,65	2,34	2,56	1,85	2,11	ŷ = 2,30	10,47	-
CF (g kg ⁻¹)	446,7	506,8	450,1	627,5	560,1	ŷ = 518,2	12,54	-
	Silagem							
pH	4,03	3,91	3,91	3,84	3,81	ŷ = 4,15 - 0,0034x**	1,01	0,87
N-NH ₃ (% NT)	4,75	8,05	4,30	3,85	5,27	ŷ = 5,24	31,32	-

pH: potencial de hidrogênio; N-NH₃: nitrogênio amoniacal; NT: nitrogênio total; CV: coeficiente de variação; R²: coeficiente de determinação. **: Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Com relação ao valor nutritivo da silagem, a idade afetou de forma linear decrescente (p<0,01) os teores de cinza, PB, DIVMS e ELL da silagem de capim-elefante aditivada com farelo de arroz integral, com taxas de redução de 0,8; 1,2; 1,3 g kg⁻¹ e 0,003 Mcal kg⁻¹ para cada dia de rebrota do capim elefante, respectivamente. No entanto, houve efeito linear crescente (p<0,01) para os teores MS, FDN_{CP}, FDA, FDN_i, PIDN_{PB} e PIDA_{PB} da silagem, com taxas de incremento de 1,3; 2,9; 1,1; 2,5; 4,7 e 1,2 g kg⁻¹, respectivamente, para cada dia de avanço na idade do capim-elefante. O teor de PIDN_{MS} não foi afetado pela idade (p>0,05) (Tabela 4).

Com relação à cinética de produção de gás, entre os cinco modelos avaliados (Equação (3)-(7)), o modelo

bicompartimental exponencial+gompertz (Equação (5)), foi o que melhor se ajustou aos perfis de produção cumulativa de gás *in vitro*. Dos 60 perfis avaliados, 58 deles, o modelo bicompartimental (Equação (5)) foi unânime (w_i ≥ 0,95), entre os demais modelos avaliados.

Portanto, ao avaliar os parâmetros cinéticos da produção de gás *in vitro* da silagem de capim elefante com farelo de arroz, foi observado efeito linear decrescente (p<0,01) nos valores de Vf₁ e L com aumento da idade do capim elefante. Em contrapartida, verificou-se efeito linear crescente (p<0,01) para Vf₂ e k₁. Apenas a taxa de digestão da fração de lenta digestão não apresentou efeito (p>0,05) de regressão em função da idade de colheita (Tabela 5).

Tabela 4. Composição bromatológica da silagem de capim elefante com 10% de farelo de arroz em diferentes idades de rebrota.
Table 4. Bromatological composition of elephant grass silage with 10% of rice meal at different harvest ages.

Variáveis (g kg ⁻¹ MS)	Idade de rebrota (dias)					Equação Regressão	CV (%)	R ²
	42	60	75	90	105			
MS	188,0	205,9	233,0	243,0	270,3	$\hat{y} = 129,57 + 1,353x^{**}$	9,51	0,98
Cinzas	141,0	120,3	110,6	102,2	90,8	$\hat{y} = 170,72 - 0,793x^{**}$	11,20	0,96
FDN _{CP}	543,0	619,9	631,0	685,5	729,8	$\hat{y} = 43,00 + 2,911x^{**}$	4,88	0,94
FDA	374,3	410,7	425,4	439,7	446,9	$\hat{y} = 335,43 + 1,154x^{**}$	5,33	0,89
FDNi	187,8	234,9	263,5	329,9	339,2	$\hat{y} = 85,42 + 2,551x^{**}$	7,57	0,88
PB	151,7	119,6	102,3	85,2	76,5	$\hat{y} = 15,89 - 1,219x^{**}$	5,92	0,92
PIDN _{MS}	50,1	48,4	48,2	47,2	46,2	$\bar{y} = 48,0$	6,79	-
PIDN _{PB}	330,8	404,2	471,6	553,9	614,0	$\hat{y} = 133,03 + 4,696x^{**}$	8,78	0,95
PIDA _{MS}	25,3	22,9	22,2	19,5	17,8	$\hat{y} = 30,34 - 0,120x^{**}$	12,99	0,93
PIDA _{PB}	166,8	192,4	218,2	229,3	239,0	$\hat{y} = 121,77 + 1,201x^{**}$	16,45	0,93
DIVMS	526,7	488,0	457,6	455,3	441,7	$\hat{y} = 571,5 - 1,312x^{**}$	4,06	0,90
ELL Mcal kg ⁻¹	1,34	1,24	1,19	1,15	1,13	$\hat{y} = 1,45 - 0,0032x^{**}$	5,15	0,89

MS: matéria seca; FDN_{CP}: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA: fibra detergente ácido; FDNi: fibra em detergente neutro indigestível; PB: proteína bruta; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido; DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca; ELL: energia líquida da lactação; CV: coeficiente de variação; R²: coeficiente de determinação.

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5. Parâmetros cinéticos da produção cumulativa de gases *in vitro* da silagem de capim-elefante com adição de 10% de farelo de arroz.
Table 5. Kinetic parameters of *in vitro* cumulative gas production from elephant grass silage with 10% of rice meal.

Variáveis	Idade de rebrota (dias)					Equação Regressão	CV (%)	R ²
	42	60	75	90	105			
Vf ₁ (mL g ⁻¹ MS)	9,77	8,69	8,28	6,99	6,74	$\hat{y} = 11,80 - 0,0497x^{**}$	9,64	0,96
Vf ₂ (mL g ⁻¹ MS)	9,60	9,20	9,48	11,37	11,46	$\hat{y} = 7,48 + 0,0367x^{**}$	8,24	0,68
k ₁ (h ⁻¹)	0,085	0,086	0,101	0,126	0,132	$\hat{y} = 0,042 + 0,0008x^{**}$	27,55	0,91
k ₂ (h ⁻¹)	0,019	0,018	0,019	0,020	0,020	$\bar{y} = 0,019$	9,98	-
L (h)	47,3	39,7	37,3	29,1	27,6	$\hat{y} = 60,07 - 0,3202x^{**}$	21,61	0,96

Vf₁: volume máximo de gás para a fração de rápida digestão (mL); Vf₂: volume de gás para a fração de lenta digestão (mL); k₁: taxa de digestão (ou de produção de gás) para a fração de rápida digestão (h⁻¹); k₂: taxa de digestão para a fração de lenta digestão (h⁻¹); L: tempo de latência para produção de gás (h); CV: coeficiente de variação; R²: coeficiente de determinação.

** , * : Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

4. DISCUSSÃO

Kung Jr. et al. (2018) afirmaram que uma fermentação ideal ocorre quando os teores de MS estão acima de 25%, sendo assim a produção de silagem será de qualidade. No entanto, Lira Junior et al. (2018) consideram que a qualidade de silagens também está associada a o teor de carboidratos presente no material a ser ensilado favorecendo a fermentação. Além dos cuidados normais como a época de corte, a compactação da forragem e a vedação do silo (PACHECO et al., 2013).

Verificou-se que a partir da idade de 102 dias, houve um adequado teor de MS na forragem a ser ensilada para obtenção de silagens de boa qualidade. No entanto, com o avanço na idade do capim-elefante, observou-se menores teores de PB e NDT, e maiores teores de FDN_{cp}, FDA e FDNi na forragem aditivada com farelo de arroz (Tabela 2).

Outros autores fazem referência ao aumento linear nos teores de MS nas silagens de capim-elefante à medida que se adicionou feno de gliricídia (PACHECO et al., 2013) e a adição de raspas de mandioca (ZANINE et al., 2010), enquanto houve um decréscimo linear nos teores de PB, FDN, FDA e hemicelulose. Bonfá et al. (2015) concluíram que a inclusão da casca de maracujá *in natura* e da casca de abacaxi (BONFÁ et al., 2017) no momento da ensilagem, favoreceu o processo fermentativo dentro dos silos, elevando o valor nutritivo da silagem de capim-elefante com teores elevados de MS (acima de 40%). Isso revela que a utilização de aditivos pode auxiliar o processo fermentativo, uma vez

que eleva o teor de MS, o que é desejável para que a fermentação aconteça de maneira adequada. Além disso, o uso de aditivos contribui na redução das deficiências nutricionais, aumentando o crescimento dos microrganismos do rúmen, influenciando na fermentação microbiana com maior extração de carboidratos de forragem e aumento na produção de ácidos graxos voláteis, melhorando a eficiência de utilização da energia metabolizável proveniente da forragem (SANTOS et al., 2019).

Lima Junior et al. (2014) observaram que uma fermentação ideal, é esperada quando a forragem a ser ensilada apresenta de 30 a 35% da MS, e nestas condições com teores de CHOS de 6 a 8% seriam suficientes para desencadear fermentações lácticas, desde que a CT não seja elevada (MONTEIRO et al., 2011). No entanto, no estudo de Fernandes et al. (2021) as concentrações de CHOS foi de 13,70%, o que indica a possibilidade de obtenção de silagem de qualidade por estar ainda dentro dos padrões do valor nutritivo (LIMA JUNIOR et al., 2014). Em relação ao CF, pode-se determinar que a forragem aditivada com farelo de arroz em todas as idades avaliadas, possui substrato suficiente para a fermentação láctica, considerando que para uma boa fermentação, é importante que tenha a maior estabilidade aeróbia, o que pode estar relacionada às concentrações de carboidratos solúveis residuais e de ácido láctico nas silagens (AZEVEDO et al., 2020).

Segundo Jobim et al. (2007), os CHOS são os principais substratos que contribuem no processo de fermentação, sendo indispensáveis para uma boa ensilagem. O material

ensilado com baixos teores de CHOS, MS e maior teor de N-NH₃/NT, menor será a qualidade da silagem, apresentando degradação de compostos nitrogenados (proteína verdadeira, peptídios, aminoácidos, aminas e amidas) pelas bactérias do gênero *Clostridium* até amônia (CÂNDIDO et al., 2007). A amônia formada gera vários efeitos como a inibição do consumo da silagem, alteração do processo de fermentação, impedindo a rápida queda do pH do material ensilado. Em revisão acerca da interpretação dos componentes químicos e microbiológicos de silagens, Kung Jr. et al. (2018) destacaram que o ácido láctico, produzido pelas bactérias ácido lácticas (BAL), é o ácido encontrado em maior concentração em silagens, contribuindo para o decréscimo do pH durante a fermentação, sendo 10 a 12 vezes mais forte que qualquer outro ácido encontrado em silagens.

O processo fermentativo ocorreu de forma adequada, com bons valores de pH e N-NH₃. Considerando que o N-NH₃ é produto da fermentação indesejável por *Clostridium*, valores adequados de pH associados a baixos valores N-NH₃ nas silagens admitem mínimas perdas no valor nutritivo durante o processo da ensilagem com o uso de aditivos adicionados ao capim-elefante. Por exemplo, o farelo de cacau proporcionou o menor teor de N-NH₃ /NT (0,17%) em comparação ao farelo de mandioca e à casca de café (0,33 e 0,27%, respectivamente) (ANDRADE et al., 2010) e a inclusão de diferentes níveis da casca de abacaxi, favoreceu o processo fermentativo dentro dos silos, resultando em menores concentrações de N-NH₃ nas silagens (BONFÁ et al., 2017). Neste sentido fica evidente que as silagens de capim-elefante aditivadas com farelo de arroz apresentaram fermentações desejáveis.

Levando-se em conta que em uma silagem de qualidade, o pH deve variar de 3,8 a 4,2, verificou-se que em todos os tratamentos estudados, o pH ficou dentro dos valores preconizados de uma silagem de boa qualidade. Carvalho et al. (2008) observaram valores de pH semelhantes (3,89), quando adicionaram 21 e 28% de farelo de cacau na ensilagem do capim-elefante.

O aumento das frações fibrosas (FDN_{cp}, FDA e FDN_i) da silagem de capim-elefante com o avanço na idade, está em consonância com a literatura (SALES et al., 2014). Esse resultado era esperado, uma vez que ocorre o espessamento da parede celular à medida que se eleva a idade. Rodrigues et al. (2007) também verificaram que o avanço na idade resultou em acréscimo linear nos teores de FDN da silagem de capim-elefante, variando de 67,5 a 72,1% dos 40 aos 120 dias de idade, sem a adição do aditivo de polpa cítrica. Altos teores de FDN podem limitar a ingestão de alimentos, em função do enchimento ruminal, ao contrário, menores teores tem um efeito positivo na nutrição de ruminantes (BONFÁ et al., 2017). Nesse sentido, estima-se que o capim-elefante deve ser ensilado com no máximo 58 dias. A FDA é constituída pelas frações celulose e lignina que vão aumentando com o avanço da idade das plantas, estando inversamente relacionada com a digestibilidade da forragem, sendo menor quanto maior for o teor de FDA.

Monteiro et al. (2011) avaliando a composição bromatológica da silagem de capim-elefante com 60 dias de idade, verificaram que a utilização dos diferentes aditivos contribuiu para o decréscimo de FDN e FDA da silagem de capim-elefante.

Carvalho et al. (2007) constataram teores de 32,6 e 30,7% de FDN_i para a silagem de capim-elefante emurcheda e não emurcheda respectivamente, sem aditivos, cortado aos 50

dias, sendo superior aos obtidos no presente estudo (21,29%) para a mesma idade de corte. Além disso, esses autores verificaram que com o aumento das doses de farelo de cacau, houve aumento dos teores de FDN_i. De outra forma, Monteiro et al. (2011) observaram que não houve diferença entre os aditivos utilizados na silagem de capim-elefante para os teores de FDN_i. Os resultados obtidos comprovam a hipótese de que à medida que as forrageiras tropicais envelhecem, a porcentagem de colmos aumenta, elevando a proporção de estruturas fibrosas da planta. Tal fato pode acarretar diminuição do valor nutritivo da silagem, uma vez que as frações solúveis são inversamente proporcionais às frações fibrosas quando aumenta a idade.

Apesar da redução no teor de PB com o avanço na idade, as silagens aditivadas com farelo de arroz apresentaram teores acima de 7%. Conforme Santos et al. (2019), esse valor é considerado essencial para a atividade dos microrganismos do rúmen e consequentemente, influencia positivamente na digestibilidade.

Bonfá et al. (2017) também verificaram que as silagens de capim-elefante adicionada com casca de abacaxi apresentaram aumento de teor de PB e redução de PIDN e PIDA. Os teores de PIDN e PIDA representam a quantidade de nitrogênio do alimento que é lenta e parcialmente degradada no rúmen. A PIDN pode ser degradada mais lentamente que a proteína presente no conteúdo celular. A PIDA é pouco degradada, e dependendo de suas ligações com a lignina, faz com que a proteína seja indisponível para o animal. Portanto, quanto maior a porcentagem de PIDN e PIDA em um alimento, menor ou mais lenta é a degradação da proteína (MAURICIUS; FRANCISCO, 2018). Os dados encontrados neste trabalho ressaltam que mesmo o capim-elefante apresentando baixos teores de PB e teores elevados de PIDN e PIDA na forragem (Tabela 2), a inclusão de farelo de arroz elevou os teores de PB e diminuiu os teores de PIDN e PIDA das silagens produzidas, o que pode otimizar a utilização da proteína pelos microrganismos ruminais.

Andrade et al. (2010) observaram efeito quadrático da PIDA em resposta aos níveis de casca de café e farelo de cacau na ensilagem, sendo que os valores máximos estimados foram de 46,9% para a casca de café e 44,7% para o farelo de cacau nos níveis de 28,3 e 43,6% desses subprodutos. Nesse contexto, a caracterização das frações proteicas da silagem de capim-elefante obtido em diferentes idades de corte representa um importante instrumento para adequação de dietas formuladas.

Os teores de NDT e ELL diminuíram com o avanço nas idades. Monteiro et al. (2011) verificaram teores de 63% de NDT para a silagem de capim-elefante cortado aos 60 dias e aditivado com farelo de arroz (10%). Os resultados apresentados demonstram que a composição bromatológica é amplamente influenciada pela idade de corte.

A DIVMS também diminuiu com o passar do tempo. Esta variável está intimamente relacionada ao consumo voluntário (BONFÁ et al., 2015). A baixa digestibilidade pode implicar em maior tempo de retenção da forragem no rúmen, promovendo limitações de consumo de ordem física. Segundo Ferreira et al. (2017), a digestibilidade dos alimentos para os ruminantes depende da proporção e digestibilidade dos componentes da parede celular. Com o crescimento das plantas forrageiras, ocorre aumento nos teores de carboidratos estruturais e lignina, o que proporcionará redução na digestibilidade.

Os dados obtidos neste trabalho demonstram que a forragem colhida aos 105 dias apresentou a maior produção total de MS, porém com baixos teores de PB, embora não tenha atingido valores que sejam tão prejudiciais. Maiores teores de FDN e FDA, revelaram baixa qualidade para grande quantidade de MS. Estas observações corroboram com os dados registrados na literatura de que o capim-elefante, quando é mais novo, apresenta melhor valor nutritivo, sendo fundamental encontrar um ponto ótimo para o momento de corte da planta.

Os comportamentos lineares decrescente e crescente em função da idade nos valores assintóticos V_{f1} e V_{f2} (frações de rápida e de lenta digestão, respectivamente), tiveram influência no processo de senescência no capim elefante ao longo do tempo de colheita.

Teixeira et al. (2015) afirmaram que as plantas mais velhas proporcionaram menor consumo e digestibilidade da MS em detrimento dos maiores teores de frações fibrosas e por esse fato proporcionou de forma linear, o aumento na produção de gás da fração lentamente digestível.

O aumento linear crescente da velocidade com que a fração rapidamente digestível (k_1) foi digerida pode ter sido influenciada pela maior proporção do amido e carboidratos solúveis do aditivo de farelo de arroz no CNF total (forrageira + aditivo) com o aumento da idade. Isto porque o amido do arroz é mais prontamente disponível (SVIHUS et al., 2005).

Os valores do parâmetro da latência (L) foram superestimados pelo modelo e não reproduziu um comportamento biologicamente plausível. Contudo, mesmo que a magnitude dos valores esteja fora da realidade, o comportamento linear decrescente ($p < 0,05$) pode refletir uma informação plausível de que a latência da fração lentamente digestível foi negativamente afetada pela fração rapidamente digestível por inibir a proliferação e colonização das bactérias fibrolíticas com a redução do pH do meio (MERTENS; LOFTEN, 1980). A justificativa seria a concentração CNF residual, como o amido na silagem nas primeiras idades de colheita, proporcionando maior proliferação de bactérias amilolíticas como *Streptococcus bovis*, assim elevando a produção de ácidos orgânicos de cadeia curta, como ácido lático o que causou a queda no pH do meio.

5. CONCLUSÕES

Recomenda-se ensilar o capim-elefante aditivado com farelo de arroz (10%) até a idade de 60 dias, pois as silagens produzidas apresentam excelente valor nutricional.

6. REFERÊNCIAS

AOAC_Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 15 ed. Arlington: AOAC, 1990. 1117p.

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P. D.; VELOSO, C. M.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2578-2588, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001200004>

AZEVEDO, M. M. R.; GUIMARAES, A. K. V.; DOS SANTOS CABRAL, Í.; BARBOSA, C. R.; MACHADO,

L. S.; DE CARVALHO PANTOJA, J.; AMARAL, T. E.; AGUIAR, A. S. Características de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis de inclusão de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 71418-71433, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-549>

BORGES, B. R. S.; NEGRÃO, F. de M.; ZANINE, A. de M.; MACHADO, A.; CALDEIRA, F. H. B.; LINS, T. O. J. D. A. Potencial da ensilagem de capim-braquiária com inclusão de farelo de arroz: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 12, n. 2, p. 1-9, 2018. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v12n2a28.1-9>

BONFÁ, C. S.; VILLELA, S. D. J.; CASTRO, G. H. D. F.; SANTOS, R. A. D.; EVANGELISTA, A. R.; PIRES, O. D. S. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, p. 176-182, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201764020010>

BONFÁ, C. S.; CASTRO, G. H. F.; VILLELA, S. D. J.; SANTOS, R. A.; EVANGELISTA, A. R.; JAYME, C. G.; GONÇALVES, L. C.; PIRES NETO, O. S.; BARBOSA, J. A. S. Elephant grass silage added to passion fruit's peel. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 3, p. 801-808, 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7982>

CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; FERREIRA, A. C. H. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1489-1494, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000700005>

CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G.; FERNANDES, F. E. P.; CARVALHO, B. M. A. Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurchechido ou com adição de farelo de cacau. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 234-242, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000100032>

CARVALHO, G. G. P. D.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G.; FERNANDES, F. E. P.; OBEID, J. A., CARVALHO, B. M. A. D. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurchechido ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1000-1005. 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000500003>

DAVID, F.M. **Composição e degradabilidade, através da técnica de produção de gás, de quatro gramíneas tropicais submetidas a corte em diferentes idades**. 110p. Dissertação [Mestrado em Zootecnia] - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

FERREIRA, V. L.; VILELA, H. R.; GRIZOTTO, R. K.; JESUS, N. G.; FARIA, J. C.; COELHO, L. M.; FERREIRA, A. A. G. Capim-elefante ensilado com a planta inteira de soja e fubá. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 9-15, 2017. <http://dx.doi.org/10.21206/rbas.v7i2.405>

FERNANDES, F. D.; JÚNIOR, R. G.; VIEIRA, E. A.; DE FREITAS FIALHO, J.; CARVALHO, M. A.; BRAGA, G. J.; FONSECA, C. E. L.; CELESTINO, S. M. C.; MALAQUIAS, J. V. Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de raízes de

- mandioca. **Científica**, v. 49, n. 2, p. 92-101, 2021. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2021v49n2p92-101>
- FLUCK, A. C.; SCHAFFHÄUSER, J.; ALFAYA, H.; COSTA, O. A. D.; FARIAS, G. D.; SCHEIBLER, R. B.; RIZZO, F. A.; MANFRON, J. A. S.; FLOREZE, V. I.; RÖSLER, D. C. Composição química da forragem e do ensilado de azevém anual em função de diferentes tempos de secagem e estádios fenológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 6, p. 1979-1987, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9981>
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>
- KUNG JR. L.; SHAVER R. D.; GRANT R. J.; SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- LIMA, JUNIOR. D. M.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, A. S.; OLIVEIRA, J. P. F.; MACIEL, M. V. Silagem de gramíneas tropicais não-graníferas. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 10, n. 2, p. 1-11, 2014. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v10i2.284>
- LIRA JUNIOR, W. B.; BEZERRA, S. B. L.; PAULA, T. A.; BEELEN, R. N.; AMORIN, P. L.; BEELEN, P. M. G. Características de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e casca de maracujá in natura. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 3, p. 905-912, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9410>
- PEGORARO, M.; FERNANDES JUNIOR, F. Avaliação nutricional e cinética de degradação in vitro de fenos utilizados na alimentação de ovinos e bovinos. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 10, n. 30, p. 1-15, 2018.
- MENEZES, B. R. S.; DAHER, R. F.; GRAVINA, G. A.; PEREIRA, A. V.; SOUSA, L. B.; RODRIGUES, E. V.; SILVA, V. B.; GOTTARDO, R. D.; SCHNEIDER, L. S. A.; NOVO, A. A. C. Estimates of heterosis parameters in elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) for bioenergy production. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 75, n. 4, p. 395-401, 2015. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000500003>
- MERTENS, D. R.; LOFTEN, J. R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 9, p. 437-444, 1980. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83101-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83101-8)
- MONTEIRO, I. J. G.; ABREU, J. G.; CABRAL, L. S.; RIBEIRO, M. D.; REIS, R. H. P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 347-352, 2011. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i4.12629>
- OLIVEIRA, L. V.; FERREIRA, O. G. L.; PEDROSO, C. E. D. S.; COSTA, O. A. D.; ALONZO, L. A. G. Características estruturais de cultivares diploides e tetraploides de azevém. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 883-889, 2015.
- PACHECO, W. F.; CARNEIRO, M. S. S.; PINTO, A. P.; EDVAN, R. L.; ARRUDA, P. C. L.; CARMO, A. B. R. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Acta Veterinaria Brasileira**, v. 8, n. 3, p. 155-162, 2014. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i2.22220>
- PACHECO, W. F.; CARNEIRO, M. S. de s.; EDVAN, R. L.; DE ARRUDA, P. C. L.; CARMO, A. B. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante, *Pennisetum purpureum*, Shum, com feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*, (Jacq.), Walp). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 240-246, 2013.
- PINEDO, L. A.; SANTOS, B. R. C.; FIRMINO, S. S.; ASSIS, C. L. C. D. S. L.; BRAGA, A. P.; LIMA, P. O.; OLIVEIRA, P. V. C.; PINTO, M. M. F. Silagem de sorgo aditivada com coproduto alternativo da torta de semente de cupuaçu. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 29633-29645, 2019.
- RODRIGUES, P. H. M.; LOBO, J. R.; SILVA, E. J. A. D.; BORGES, L. F. O.; MEYER, P. M.; DEMARCHI, J. J. A. D. A. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1751-1760, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000800007>
- SALES, E. C. J. D.; SARAIVA, C. R. S.; REIS, S. T. D.; ROCHA JUNIOR, V. R.; PIRES, D. A. D. A.; VITOR, C. M. T. Morphogenesis and productivity of Pioneiro elephant grass under different residual heights and light interceptions. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, n. 2, p. 137-143, 2014. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i2.22220>
- SANTOS, B. R. C.; GOMES, F. A.; PINEDO, L. A.; MAIA, G. F. N. Silagens de capim-elefante e embaúba aditivada com produtos alternativos na Amazônia Ocidental. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 820-827, 2019. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i6.6463>
- SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 11, p. 2980-2991, 1994. <https://doi.org/10.2527/1994.72112980x>
- SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; LEÃO, A. G. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação animal. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 370-379, 2014. <https://doi.org/10.14295/cs.v5i4.870>
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of animal science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
- SVIHUS, B.; UHLEN, A.K.; HARSTAD, O.M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. **Animal Feed Science and technology**, v. 122, n. 3-4, p. 303-320, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.025>
- TEIXEIRA, A. M.; GONÇALVES, L. C.; VELASCO, F. O.; RIBEIRO JR, G. O.; FARIA JR, W. G.; CRUZ, D.S.; JAYME, D.G. Respirometria e emissão de metano por

ovinos alimentados com capim-elefante cortado com diferentes idades. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 841-849, 2015. <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v31n3a2015-22577>

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

VIEIRA, R. A. M.; CAMPOS, P. R. D. S. S.; DA SILVA, J. F. C.; TEDESCHI, L. O.; TAMY, W. P. Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ. **Animal Feed Science and technology**, v. 171, n. 2-4, p. 154-166, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.11.001>

WEISSBACH, F; HONIG H. Über die vorhersage und steuerung des gärungsverlaufs bei der silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. **Landbauforschung Volkenrode** v. 1, p. 10- 17, 1996.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; DÓREA, J. R. R.; DANTAS, P. A. S.; SILVA, T. C. S.; PEREIRA, O. G. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 39, n. 12, p. 2611-2616, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001200008>

Agradecimentos

Não aplicável.

Contribuições dos Autores:

M.S. - Conceituação, Metodologia, Administração ou supervisão, Redação (esboço original); Redação (Revisão e edição); J.G.A. - Conceituação, Análise estatística, Administração ou supervisão, Validação, Redação (Revisão e edição); L. M. B. A. e E.A.F. - Conceituação, Metodologia, Investigação ou coleta de dados, Redação (esboço original); M. L. C. A. e D.A.F. - Metodologia, Administração ou supervisão, Redação (Revisão e edição). Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamentos:

Não aplicável.

Revisão Institucional:

Não aplicável.

Comitê de Ética da área:

Pesquisa homologada pela CEUA da Universidade Federal de Mato Grosso (Processo nº 23108.207702017-76).

Disponibilização dos dados do estudo:

Os dados da pesquisa podem ser obtidos via e-mail, mediante solicitação ao autor correspondente ou ao primeiro (a) autor (a).

Conflito de interesses:

Os autores declaram não haver conflito de interesses.