



# Perfil fermentativo, calidad nutricional y estabilidad aerobia de ensilajes mezclados de hierba elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) y maní forrajero (*Arachis pintoi*)

Cleyton de Almeida Araújo<sup>1</sup> ; Judicael Janderson da Silva Novaes<sup>1</sup> ; Janiele Santos Araújo<sup>1</sup> ; Amelia de Macedo<sup>1</sup> ; Crislane de Souza Silva<sup>1</sup> ; Tamiris da Cruz da Silva<sup>1</sup> ; João Emerenciano Neto<sup>2</sup> ; Gherman Garcia Leal de Araújo<sup>3</sup> ; Fleming Sena Campos<sup>4</sup> ; Glayciane Costa Gois<sup>1\*</sup> .

<sup>1</sup>Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brazil.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, RN, Brazil.

<sup>3</sup>Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, Brazil.

<sup>4</sup>Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA, Brazil.

\*Correspondencia: [glayciane\\_gois@yahoo.com.br](mailto:glayciane_gois@yahoo.com.br)

Recibido: Noviembre 2021; Aceptado: Julio 2022; Publicado: Septiembre 2022.

## RESUMEN

**Objetivo.** Determinar el perfil fermentativo, composición centesimal y estabilidad aerobia de ensilajes mezclados de hierba-elefante combinadas con niveles de maní forrajero. **Materiales y métodos.** Distintos niveles de maní forrajero (0, 20, 40, 60 y el 80% en la base de la materia fresca) se adicionaron a los ensilajes de hierba-elefante. Se adoptó el delineamiento enteramente casualizado, con 5 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 15 silos experimentales que se abrieron tras 30 días de sellados. Perfil fermentativo, composición centesimal y estabilidad aerobia. **Resultados.** Se evaluaron el aumento de los niveles de maní forrajero en los ensilajes de hierba elefante promovió aumento en la porosidad, permeabilidad, densidad y pH ( $p < 0.001$ ). Se observó reducción de 0.58 en el índice de Fliieg para cada 1% de maní forrajero adicionado al ensilaje de hierba -elefante ( $p < 0.001$ ). La suma de la diferencia de temperatura del ensilaje con relación al ambiente ( $p = 0.032$ ) y estabilidad aerobia ( $p < 0.001$ ) presentó efecto cuadrático. La inclusión de maní forrajero en los ensilajes de hierba elefante redujo la materia seca, materia orgánica, fibra en detergente neutro y ácido, hemicelulosa, celulose y carbohidratos totales ( $p < 0.05$ ) y aumentó la materia mineral, proteína bruta, lignina, carbohidratos no fibrosos, y nutrientes digestibles totales ( $p < 0.05$ ). **Conclusiones.** En las condiciones experimentales, se recomienda la inclusión de hasta el 40% de maní forrajero combinado con hierba elefante para componer ensilajes mezclados, debido a la mejor dinámica fermentativa, perfil nutricional y estabilidad aerobia.

**Palabras clave:** *Arachis pintoi*; capacidad de calentamiento; preservación de forrajes; forrajeros tropicales (Fuente: CAB).

### Como citar (Vancouver).

Araújo, CA, Novaes JJS, de Araújo JS, de Macedo A, Silva CS, da Silva T da C, et al. Perfil fermentativo, calidad nutricional y estabilidad aerobia de ensilajes mezclados de hierba elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) y maní forrajero (*Arachis pintoi*). Rev MVZ Córdoba. 2022; 27(3):e2549. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2549>



©El (los) autor (es) 2022. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

## ABSTRACT

**Objective.** Determine the fermentative profile, proximate composition, and aerobic stability of mixed silages of elephant grass combined with levels of forage peanut. **Materials and methods.** Different levels of forage peanut (0, 20, 40, 60, and 80% on FM basis) were added to elephant grass silages. A completely randomized design was adopted, with 5 treatments and 3 repetitions, totaling 15 experimental silos that were opened after 30 days of sealing. Fermentative profile, proximate composition, and aerobic stability were evaluated. **Results.** The increase in the forage peanut levels in the elephant grass silages promoted an increasing on porosity, permeability, density, and pH ( $p < 0.001$ ). A 0.58 reduction in Flieg index for every 1% forage peanut added to the elephant grass silage was observed ( $p < 0.001$ ). The sum of the silage temperature difference compared to the environment ( $p = 0.032$ ) and aerobic stability ( $p < 0.001$ ) showed a quadratic effect. The forage peanut inclusion in elephant grass silages reduced the dry matter, organic matter, neutral and acid detergent fiber, hemicellulose, cellulose, and total carbohydrates ( $p < 0.05$ ) and increased the mineral matter, crude protein, lignin, non-fibrous carbohydrates, and total digestible nutrients ( $p < 0.05$ ). **Conclusions.** Under the experimental conditions, recommend the inclusion of up to 40% forage peanut combined with elephant grass to compose mixed silages, due to the better fermentative dynamic, nutritional profile, and aerobic stability.

**Keywords:** *Arachis pintoii*; heating capacity; forages preservation; tropical forages (Source: CAB).

## INTRODUCCIÓN

La utilización de leguminosas en la alimentación de rumiantes puede contribuir para aumentar la eficacia del sistema de producción, pues proporciona un aporte proteico de bajo costo, reduciendo la necesidad de inclusión de otras fuentes de ese nutriente (1). El maní forrajero (*Arachis pintoii* cv. Belmonte) es utilizado con éxito en sistemas de pasto consorciada, monocultivo, producción de heno o incluso como banco de proteína. Esta especie es adaptada a suelos de baja fertilidad y es persistente cuando sometida al pastoreo (2). Sin embargo, son pocos los estudios que evalúan el uso de maní forrajero en la composición de ensilajes.

El uso de leguminosas en la producción de ensilaje promueve mejoras en la calidad nutricional y en el perfil fermentativo, principalmente cuando asociado al pasto (3). Por otro lado, es necesario determinar el nivel ideal de inclusión de cada especie. La hierba elefante se destaca por su rusticidad y productividad, y es ampliamente utilizado en el proceso de ensilaje debido a su composición centesimal (el 22.9% de materia seca y el 73.1% de fibra en detergente neutro) (4).

La hierba elefante es ampliamente utilizada en ensilaje, pero, problemas relacionados a pérdidas durante el proceso de fermentación reducen la calidad nutricional del ensilaje con pérdidas de la parte más digestible de la hierba, elevando las fracciones fibrosas y los componentes minerales

durante la percolación del efluente (5). En ese sentido, Pacheco et al (6) observaron mejoras en el ensilaje de hierba elefante al incluirse el 20% de heno de gliricidia, con reducción de las pérdidas y aumento de la concentración de materia seca y proteína. En ese sentido, se planteó la hipótesis de que el uso de maní forrajero para componer ensilajes mezclados de hierba-elefante puede mejorar el perfil nutricional y reducir las pérdidas de fermentación por aumentar la estabilidad aerobia.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el perfil de fermentativo, composición centesimal y estabilidad aerobia de ensilajes mezcladas de hierba-elefante combinadas con niveles de maní forrajero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación.** Se condujo el experimento en la Universidad Federal del Vale do São Francisco (UNIVASF), Pernambuco, Brasil (9° 19' 28" latitud sur, 40° 33' 34" longitud oeste, 393m de altitud).

**Diseño y producción de ensilajes.** Los niveles de inclusión de maní forrajero (0, 20, 40, 60 y el 80% en la materia fresca) se evaluaron en ensilaje de hierba-elefante, en delineamiento experimental enteramente casualizado, con 5 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 15 silos experimentales.

La hierba-elefante (cv. Cameron) utilizada en la confección de los ensilajes fue proveniente de un verdeo ya establecido tras 60 días de rebrota, cortado manualmente a 10 cm del suelo. Se recolectó maní forrajero de un área experimental utilizada como banco de proteína, establecido desde hace cuatro años, se recolectó manualmente tras 75 días de rebrota y cortado a 10 cm del suelo. Se procesó el material recolectado en forrajera estacionaria. Se evaluaron muestras de hierba-elefante y maní forrajero cuanto al tamaño medio de partícula (Tabla 1) utilizando el State Particle Size Separator (SPSS), con diámetros de 19 a 4 mm de porosidad y una caja de fondo (7) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Partículas y composición centesimal de hierba elefante y maní forrajero antes del ensilaje.

	Hierba elefante	Maní forrajero
<b>Tamaño de la partícula</b>		
>19 mm	24.23	46.58
9 – 19 mm	47.15	42.02
4 – 8 mm	15.43	5.52
< 4 mm	12.07	4.36
<b>Composición centesimal (g/kg MS)</b>		
Materia seca*	291.91	234.06
Materia mineral	66.12	88.69
Materia orgánica	933.88	911.31
Extracto etéreo	31.87	27.77
Proteína bruta	59.39	214.39
Fibra en detergente neutro	761.08	509.04
Fibra en detergente ácido	448.88	308.05
Hemicelulosa	312.20	200.99
Celulose	412.50	262.18
Lignina	36.38	45.87
Carbohidratos totales	842.62	669.15
Carbohidratos no fibrosos	81.54	160.11
Nutrientes digestibles totales	345.65	522.07

MS- Materia seca; \*in g/kg materia fresca

El material fue mezclado manualmente de acuerdo con los niveles de los tratamientos y ensilado en silos equipados con válvula de Bunsen para permitir la salida de los gases de la fermentación. Para drenaje de los efluentes, 1 kg de arena seca fue depositado en el fondo de los silos experimentales, protegidos por un tejido de algodón, evitando el contacto entre la masa ensilada y la arena. Tras sellados, los silos permanecieron por 30 días en galpón protegido.

**Determinación de la densidad de ensilajes y de las pérdidas de fermentación.** Se pesaron los silos vacíos, tras el ensilaje y otra vez pesados en la abertura, tras 30 días. La densidad de masa del ensilaje fue determinada por la ecuación:

$$D = m/V$$

en que: D = densidad; m = peso del material ensilado; V= volumen del material ensilado. El volumen de los silos experimentales se obtuvo por intermedio de la ecuación:

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

en que: V= volumen en cm<sup>3</sup>;  $\pi$ = 3.14; r<sup>2</sup>= rayo del silo en cm; h= altura del silo en cm. Posteriormente se convirtieron para metro cúbico y kilogramo, respectivamente, para poder expresar la densidad en kg/m<sup>3</sup>.

Las pérdidas por efluentes (PE), gases (PG) y la recuperación de materia seca (RMS) se estimaron conforme ecuaciones descritas por Amorim et al. (8). La permeabilidad (K, en  $\mu\text{m}^2$ ) se estimó por Williams (9), y la porosidad del ensilaje (POR, en  $\mu\text{m}$ ) se determinó por van Verseveld y Gebert (10).

**Perfil fermentativo.** Para la evaluación del perfil fermentativo, la temperatura interna (T, en °C) y la temperatura del tablero del silo (TP, en °C) se midieron en el momento de la abertura con la ayuda de un termómetro digital infrarrojo (Benetech, Rio de Janeiro – RJ, Brasil).

pH, pH máximo registrado tras la abertura de los silos (pH máximo), pH final, tiempo para alcanzar el pH máximo (TpH máximo, en horas), temperatura máxima tras la abertura de los silos (MT, en °C), tiempo para alcanzar la temperatura máxima (TMT, en horas), diferencia máxima entre la temperatura del ensilaje y la temperatura ambiente (DTS, en °C), la suma de la diferencia máxima de la temperatura de la ensilaje con el ambiente ( $\Sigma\text{DT}$ , en °C), y el tiempo para la temperatura del ensilaje con tendencia ascendente (STUT, en horas) se analizaron de acuerdo con Jobim et al. (11).

**Índice de Flieg** El índice de Flieg se calculó por la ecuación (12):

$$\text{Índice de Flieg} = [220 + (2 \times \%MS - 15) - 40 \times \text{pH}]$$

En que: MS= Materia seca. El punto se interpretó por intermedio de los siguientes escores: ensilajes de pésima calidad (puntuaciones <20); ensilajes malos (puntuaciones entre 21 y 40); ensilajes de calidad razonable (puntuaciones entre 41 y 60); ensilajes buenos (puntuación entre 61 y 80) y ensilajes óptimos (puntuaciones >81).

**Estabilidad aeróbica.** Se evaluó la estabilidad aerobia (EA, en horas) siguiendo la metodología de Costa et al. (13): La temperatura interna de los ensilajes se midió en intervalos de 1 hora por 120 horas. Durante la prueba de estabilidad, el pH se monitoreó en intervalos de 6 horas hasta 96 horas de exposición a aire (14).

**Capacidad de calentamiento.** El calentamiento de los ensilajes se cuantificó en grados-día por la ecuación (15):

$$^{\circ}\text{DAA} = \sum [(T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2] - T_{\text{amb}}$$

en que:  $^{\circ}\text{DAA}$ = Grados días de calentamiento acumulado;  $T_{\text{máx}}$ = Temperatura máxima diaria;  $T_{\text{mín}}$ = Temperatura mínima diaria;  $T_{\text{amb}}$ = Temperatura media del ambiente.

**Composición centesimal.** Las muestras se secaron en invernadero de ventilación forzada a 55°C por 72 horas y procesadas en molino de cuchillas, utilizándose tamices de 1 mm. Los análisis proximales se realizaron de acuerdo con

el AOAC (16) para determinar la materia seca (MS), materia mineral (MM), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y fibra en detergente ácido (FDA). Fibra detergente neutro (FDN), lignina (LIG), hemicelulosa (HEM) y celulosa (CEL) se determinaron de acuerdo con Van Soest et al (17). Los carbohidratos totales (CT) fueron estimados por Sniffen et al (18). El grado de carbohidratos no fibrosos (CNF) se calculó por Hall (19), y los nutrientes digestibles totales (NDT) se estimaron por Horst et al. (20).

**Análisis estadístico.** Un análisis descriptivo de los picos de temperatura y pH durante la estabilidad aerobia se realizó de acuerdo con Wilkinson y Davies (21). Los datos se sometieron al análisis de variancia (ANOVA) y regresión al 5% de probabilidad para error tipo I. La significancia de los parámetros estimados por los modelos y los coeficientes de determinación fueran el criterio para seleccionar los modelos de regresión.

## RESULTADOS

La inclusión de maní forrajero en los ensilajes de hierba elefante modificó las características físicas de los ensilajes promoviendo efecto linear creciente ( $p < 0.001$ ) sobre la POR y  $K$  de los ensilajes, con aumento de 0.05  $\mu\text{m}$  y 1.39  $\mu\text{m}^2$ , respectivamente para las variables, a cada el 1% de maní forrajero incluido (Tabla 2).

**Tabla 2.** Pérdidas y perfil fermentativo de ensilajes de hierba elefante con niveles de inclusión de maní forrajero.

Ítems	Niveles de maní forrajero (%)					EP	P valor	
	0	20	40	60	80		L	Q
PG	21.34	22.94	21.85	21.96	23.16	0.96	0.406	0.913
PE	26.69	33.84	22.10	48.22	20.16	10.46	0.969	0.425
RMS	90.26	90.39	92.21	89.62	92.18	1.50	0.533	0.938
POR <sup>1</sup>	71.05	71.87	72.92	74.25	75.36	0.36	<0.001	0.551
$K^2$	835.90	837.15	909.45	912.93	937.66	10.55	<0.001	0.592
D <sup>3</sup>	398.60	391.64	453.61	443.76	457.51	8.53	<0.001	0.364
pH <sup>4</sup>	3.48	3.77	4.13	4.19	4.45	0.10	<0.001	0.362
T	27.83	27.50	28.16	27.50	27.83	0.25	0.998	0.998
TP <sup>5</sup>	24.00	24.00	24.16	25.33	25.50	0.10	<0.001	0.007

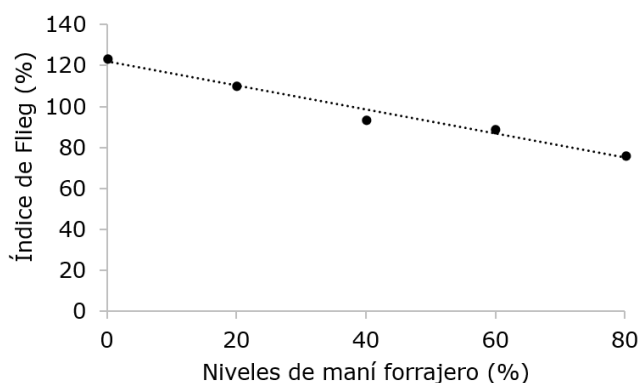
PG- Pérdidas por gases (% Materia seca), PE- Pérdidas por efluentes (kg/t Materia natural), RMS- Recuperación de materia seca (% Materia seca), POR- Porosidad ( $\mu\text{m}$ ),  $K$ - Permeabilidad ( $\mu\text{m}^2$ ), D- Densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), pH- Potencial hidrógeno, T- Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), TP- Temperatura del tablero del silo ( $^{\circ}\text{C}$ ), EP- Error patrón, L- Linear, Q- Cuadrático. Significativo al 5% de probabilidad.

$^1\hat{y} = 70.8987 + 0.0549x$ ,  $R^2 = 0.99$ ;  $^2\hat{y} = 830.7645 + 1.3965x$ ,  $R^2 = 0.88$ ;  $^3\hat{y} = 395.0427 + 0.8497x$ ,  $R^2 = 0.73$ ;  $^4\hat{y} = 3.5333 + 0.0118x$ ,  $R^2 = 0.96$ ;  $^5\hat{y} = 23.7333 + 0.0217x$ ,  $R^2 = 0.83$ .

Hubo efecto lineal creciente de la inclusión del maní forrajero sobre la densidad de los ensilajes. Cada 1% de inclusión de maní aumentó la densidad del ensilaje en 0.849 kg.m<sup>3</sup> (p<0.001; Tabla 2). La inclusión de maní forrajero en los ensilajes de hierba elefante no alteró la PG, PE y RMS (p<0.05; Tabla 2).

El pH de los ensilajes aumentó de manera lineal con la inclusión de la hierba forrajera a los ensilajes de hierba elefante (p<0.001; Tabla 2). La temperatura del ensilaje no fue afectada (p=0,998) por la inclusión del maní forrajero, sin embargo, la temperatura del tablero del silo presentó efecto lineal creciente (p<0.001), estimándose aumento de 0.02°C para cada 1% de maní forrajero incluido en la masa ensilada (Tabla 2).

Hubo reducción lineal para el índice de Flieg, con decrecimiento de 0.58 en la escala de Flieg para cada 1% de inclusión de maní forrajero a los ensilajes de hierba elefante (p<0.001; Figura 1).



**Figura 1.** Índice de Flieg en los ensilajes de hierba elefante con niveles de inclusión de maní forrajero ( $\hat{y} = 121.8500 - 0.5831x$ ;  $R^2 = 0.98$ ;  $p < 0.001$ ).

Los niveles de maní forrajero proporcionaron efecto cuadrático en el pH final de los ensilajes (p<0.001), con aumento del 25.34% para la inclusión del 80% (4.55) maní forrajero, con relación al ensilaje exclusiva de hierba elefante - 0% de inclusión de maní forrajero (3.63) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Estabilidad aerobia del ensilaje de hierba-elefante con niveles de inclusión de maní forrajero.

Ítems	Niveles de maní forrajero (%)					EP	P valor	
	0	20	40	60	80		L	Q
pH máximo	3.95	4.75	4.75	4.26	4.61	0.16	0.145	0.050
pH final <sup>1</sup>	3.63	3.77	4.11	4.22	4.55	0.06	<0.001	0.512
TM	27.16	26.83	26.50	27.16	26.83	0.29	0.731	0.391
TF <sup>2</sup>	26.83	26.83	26.50	26.16	25.50	0.25	0.002	0.198
TMT <sup>3</sup>	30.66	30.66	4.00	4.00	4.00	4.21	<0.001	0.099
DTS	4.00	2.66	2.50	2.50	2.50	0.47	0.060	0.139
ΣDT <sup>4</sup>	44.83	34.83	28.73	32.83	33.50	3.38	0.044	0.032
EA <sup>5</sup>	28.00	24.00	48.00	24.00	24.00	0.89	0.018	<0.001

TM- Temperatura máxima (°C), TF- Temperatura final (°C), TMT- tiempo para alcanzar la temperatura máxima (h), DTS- diferencia máxima entre la temperatura del ensilaje y la temperatura ambiente (°C), ΣDT- suma de la diferencia máxima de la temperatura del ensilaje con relación al ambiente (°C), EA- Estabilidad aerobia (h), EP- Error patrón, L- Lineal, Q- Cuadrático. Significativo al 5% de probabilidad.

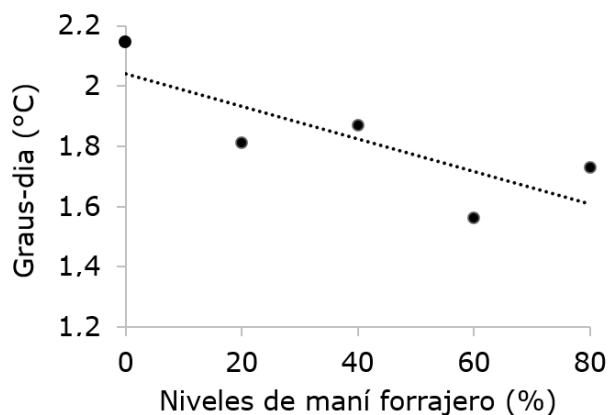
<sup>1</sup> $\hat{y} = 3.6020 + 0.0114x$ ,  $R^2 = 0.97$ ; <sup>2</sup> $\hat{y} = 27.0333 - 0.0167x$ ,  $R^2 = 0.89$ ; <sup>3</sup> $\hat{y} = 30.6667 - 0.4100x$ ,  $R^2 = 0.74$ ; <sup>4</sup> $\hat{y} = 44.3848 - 0.5738x + 0.0056x^2$ ,  $R^2 = 0.92$ ; <sup>5</sup> $\hat{y} = 25.4857 + 0.5314x - 0.0071x^2$ ,  $R^2 = 0.47$ .

La TF aumentó de manera lineal con la inclusión de maní forrajero (p=0.002), presentando un aumento de 0.01°C para cada 1% de maní forrajero incluido. La inclusión de maní forrajero no afectó el pH máximo, TM y DTS (p>0.05; Tabla 3). El TMT presentó una disminución, anticipando en 0.41 horas a TMT del ensilaje para cada 1% de maní forrajero incluido en el ensilaje de hierba-elefante (p<0.001; Tabla 3).

Hubo efecto cuadrático (p=0.032) en el ΣDT, con reducción del 35.91% conforme la inclusión del 40% de hierba forrajera (28.73°C), en comparación con la inclusión del 0% (44.83°C). La estabilidad aerobia presentó efecto cuadrático (p<0.001), con más estabilidad (48 horas) para los ensilajes conteniendo el 40% de maní forrajero y su composición, confiriendo un retardo de 20 horas para la deterioración del ensilaje con relación

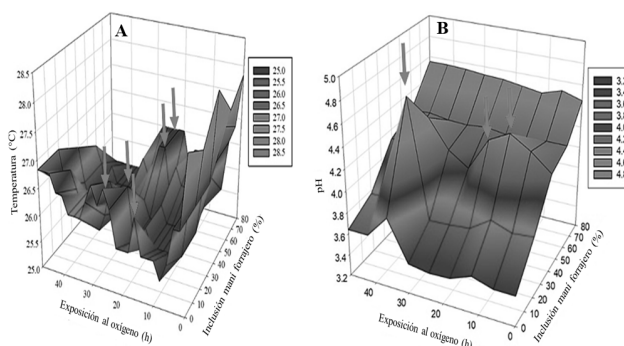
a los ensilajes conteniendo exclusivamente hierba elefante (28 horas) (Tabla 3).

El DAA se redujo de manera lineal, con reducción de 0.005°C del calentamiento acumulado del ensilaje a cada 1% de maní forrajero incluido (p=0.039; Figura 2).



**Figura 2.** Grados días de calentamiento acumulado en la estabilidad aerobia en ensilajes de hierba elefante con niveles de maní forrajero. ( $\hat{y}=2.0408 - 0.0054x$ ;  $R^2=0.64$ ;  $p=0.039$ ).

Los niveles de inclusión de maní forrajero presentaron picos de temperatura que antecedieron la deterioración del ensilaje. Los niveles de 0, 20, 60 y el 80% presentaron picos entre 25 y 40 horas de exposición (Figura 3A). Solo el ensilaje con el 60% de maní forrajero presentó dos picos de elevación del pH durante la exposición al oxígeno (Figura 3B).



**Figura 3.** Elevaciones de temperatura (A) y pH (B) de ensilajes de ensilajes de hierba elefante con niveles de maní forrajero durante la estabilidad aerobia.

La inclusión de maní forrajero redujo los contenidos de MS, FDN, FDA, HEM, CEL y CT ( $p<0.001$ ; Tabla 4), y aumentó MM ( $p=0.001$ ), PB ( $p<0.001$ ), LIG ( $p=0.001$ ), CNF ( $p<0.001$ ) y NDT ( $p<0.001$ ) en los ensilajes de hierba elefante (Tabla 4).

**Tabla 4.** Composición aproximada del ensilaje de hierba-elefante con niveles de inclusión de maní forrajero.

Ítems g/kg DM	Niveles de maní forrajero (%)					EP	P valor	
	0	20	40	60	80		L	Q
MS* <sup>1</sup>	289.43	281.20	270.75	257.41	246.81	3.69	<0.001	0.592
MM <sup>2</sup>	64.29	66.86	70.74	67.91	77.74	1.75	0.001	0.261
EE <sup>3</sup>	19.72	26.61	22.04	25.73	23.98	0.70	0.007	0.007
PB <sup>4</sup>	66.27	88.56	93.01	106.81	141.31	5.03	<0.001	0.103
FDN <sup>5</sup>	800.22	721.46	688.91	645.44	577.69	10.52	<0.001	0.784
FDA <sup>6</sup>	519.50	479.89	464.30	415.24	377.60	13.13	<0.001	0.561
HEM <sup>7</sup>	280.72	241.57	224.61	230.20	183.51	11.85	<0.001	0.870
CEL <sup>8</sup>	480.28	439.81	423.34	372.47	334.94	12.74	<0.001	0.563
LIG <sup>9</sup>	39.21	40.07	40.96	42.77	43.16	0.73	0.001	0.995
CT <sup>10</sup>	849.72	817.96	814.21	799.55	756.96	5.24	<0.001	0.128
CNF <sup>11</sup>	49.50	96.50	125.30	154.11	179.28	11.41	<0.001	0.331
NDT <sup>12</sup>	318.25	417.54	396.16	426.59	474.02	7.36	<0.001	0.784

\*g/kg Materia fresca; MS- Materia seca; MM- Materia mineral, EE- Extracto etéreo, PB- Proteína bruta, FDN- Fibra en detergente neutro, FDA- Fibra en detergente ácido, HEM- Hemicelulosa, CEL- Celulose, LIG- Lignina, CT- Carbohidratos totales, CNF- Carbohidratos no fibrosos, NDT- Nutrientes digestibles totales, EP- Error patrón, L- Linear, Q- Cuadrático. Significativo al 5% de probabilidad.

<sup>1</sup> $\hat{y}=290.9307 - 0.5453x$ ,  $R^2=0.99$ ; <sup>2</sup> $\hat{y}=63.9153 + 0.1398x$ ,  $R^2=0.73$ ; <sup>3</sup> $\hat{y}=20.7997 + 0.1673x - 0.0016x^2$ ,  $R^2=0.37$ ; <sup>4</sup> $\hat{y}=65.5287 + 0.8446x$ ,  $R^2=0.92$ ; <sup>5</sup> $\hat{y}=790.9613 - 2.6054x$ ,  $R^2=0.98$ ; <sup>6</sup> $\hat{y}=520.9933 - 1.7422x$ ,  $R^2=0.98$ ; <sup>7</sup> $\hat{y}=273.2833 - 1.0290x$ ,  $R^2=0.86$ ; <sup>8</sup> $\hat{y}=481.7753 - 1.7901x$ ,  $R^2=0.98$ ; <sup>9</sup> $\hat{y}=39.120 + 0.0529x$ ,  $R^2=0.96$ ; <sup>10</sup> $\hat{y}=848.4660 - 1.0196x$ ,  $R^2=0.91$ ; <sup>11</sup> $\hat{y}=57.5033 + 1.5859x$ ,  $R^2=0.98$ ; <sup>12</sup> $\hat{y}=324.7260 + 1.8208x$ ,  $R^2=0.98$ .

## DISCUSIÓN

Características físicas, como Dens y POR, modulan la tasa de penetración de oxígeno en la masa de ensilaje (12). Por su vez, Dens y MS influyen en K profundamente. Mayores Dens y MS acarretan menor K (9), pero la presente investigación no apuntó ese efecto debido a la reducción del nivel de MS del ensilaje. Densidades entre 350 y 450 kg/m<sup>3</sup> pueden resultar en K de 275 a 375 μm<sup>2</sup> (9) inferior al K estimado en este estudio.

Por otro lado, la Dens de los ensilajes aumentaron por la inclusión de maní. Este resultado ya era esperado: el aumento de la humedad abarca mejores agregaciones de partículas con relación a los ensilajes con más contenidos de MS. Los aumentos de K y POR influenciaron la estabilidad de los ensilajes aeróbicos (12), induciendo mayores difusiones de oxígeno, permitiendo el desarrollo de microorganismos aerobios. Borreani et al. (22) verificaron que la porosidad de 35.00 a 75.00 μm puede ser encontrada en ensilajes con concentración de MS entre 300 a 600 g/kg con base en la materia natural. Ese resultado no corrobora los hallazgos de la presente investigación, en que aún los ensilajes con concentraciones de MS entre 246.81 y 289.43 g/kg con base en materia natural (Tabla 4), presentaron porosidad dentro de la faja establecida por Borreani et al (22).

El pH de los ensilajes aumentó con la inclusión de maní forrajero. Este efecto era esperado debido a la capacidad llenadora de las leguminosas, que presentan altos niveles de ortofosfato y sales de ácidos orgánicos y alta concentración proteica, factores responsables por la capacidad llenadora de una planta forrajera (23). La inclusión de maní forrajero a partir del 40% proporcionó a los ensilajes valores de pH dentro de la faja considerada adecuada para ensilajes debidamente fermentadas (3.8 a 4.2) (24). Ese resultado difiere de los hallazgos de Gomes et al (25) que observaron que niveles a partir del 25% de maní forrajero en ensilajes de hierba-marandu proporcionaron a los ensilajes valores de pH dentro de los límites establecidos.

El pH más elevado se observó en el ensilaje conteniendo el 80% de maní forrajero (4.45). Aunque el ensilaje presentando esa elevación de pH del 27.87% con relación al ensilaje control, presentaba pH inferior el suficiente (inferior a 5.00) para inhibir el crecimiento y desarrollo de enterobacterias (26). Según Liu et al (27), algunos hongos y levaduras pueden crecer en

valores de pH relativamente bajos, pH inferior a 4.5 inhibe el desarrollo de esos microorganismos y reduce la deterioración del ensilaje.

El aumento de la temperatura es reflejo de la actividad biológica y de la fermentación dentro de los silos. La elevación de la temperatura con el aumento de la inclusión de maní forrajero indica que hubo prolongación de la fase aerobia en el interior del silo. A la medida que el oxígeno se agota, la temperatura tiende a disminuir (28). Azevedo et al (29) trabajando con ensilaje de hierba elefante con niveles de inclusión de *Moringa oleífera*, observaron temperaturas entre 28 y 29°C, siendo superiores a las observadas en este estudio (24.0–25.5°C).

El índice de Flieg demostró que ensilajes con hasta el 60% de inclusión de maní forrajero presentan excelente calidad (score > 81.0) según Dong et al (12). Por otro lado, el ensilaje con el 80% de maní forrajero presentó buena fermentación, con índice de Flieg entre 61-80 (30). Los ensilajes de leguminosas acostumbran a presentar índices de Flieg alrededor de 60,00, caracterizándose como ensilajes con preservación comprometida (23).

La activación de los microorganismos aeróbicos comienza durante la exposición al oxígeno del ensilaje. Esas bacterias se multiplican y prevalecen en el medio por el consumo de carbohidratos residuales y por los productos de la fermentación aeróbica, como el ácido láctico (31). En ese sentido, el aumento de la actividad de los microorganismos aerobios está asociado con el aumento del pH, temperatura y dióxido de carbono. A medida que los ensilajes son expuestos al oxígeno, su pH final aumenta. Nascimento et al (32) al evaluar el pH de ensilajes de maíz durante la exposición al oxígeno, observaron un aumento gradual del pH durante el período de exposición, pasando de un pH de 3.5 (primeras 24 horas de exposición) para 6.5 (las 144 horas de exposición). La elevación del pH está asociada al proceso de oxigenación del ensilaje: a medida que ese proceso es activado, el metabolismo de las levaduras se reinicia (ácidos succínico y láctico), causando aumento del pH (28).

El aumento de la temperatura deriva de la actividad biológica que produce calor y dióxido de carbono. La difusión de oxígeno también permite mayor aeración de los silos por el aumento de K y POR del ensilaje. La inclusión de maní forrajero redujo la capacidad de calentamiento de los ensilajes. Este efecto es derivado de la

reducción de la MS del ensilaje, promoviendo más humedad y aumentando el calor necesario para calentar una molécula de agua. El aumento de EA observado en ensilajes con el 40% de inclusión de maní forrajero puede estar asociado al aumento de la producción de ácido láctico (23), pues disturbios en la fermentación y producción de ácido acético y láctico pueden reducir la estabilidad aeróbica (21). La estabilidad aeróbica fue superior a la encontrada por Amaral et al (33) con estabilidad aeróbica del ensilaje exclusivo de hierba elefante de 21.2 horas, con temperatura máxima registrada de 33.8°C y TMT de 33.1 horas.

Los grados-día de calentamiento acumulados en la estabilidad presentaron reducción, hecho también observado por Ziech et al (34), que observaron reducción en los grados-día a la medida que las proporciones de maní forrajero en asociación con Coastcross y Tifton - 85 gramíneas fueron aumentadas. La reducción de los grados-día puede estar relacionada a los picos de temperatura observados durante a exposición del ensilaje al medio aeróbico. La deterioración es inicialmente demostrada por el aumento de la temperatura (35). Durante las elevaciones de temperatura, es posible observar que la primera elevación de temperatura está asociada a la actividad de levaduras y bacterias productoras de ácido acético, que indujeron la elevación del pH. Tras el primer pico de temperatura, el segundo aumento deriva de la actividad del hongo (21).

La composición nutricional de los ensilajes deriva de la calidad nutricional de los ingredientes aislados. Semejante al presente estudio, Carvalho et al (36), verificaron que la inclusión del 30% de maní forrajero en los ensilajes de maíz y sorgo redujo la concentración de MS con relación a los tratamientos control. La reducción de la MS está asociada a la mayor cantidad de maní forrajero en el proceso de ensilaje (Tabla 1).

Los valores medios observados para MM aumentaron con la presencia de maní forrajero en la composición de los ensilajes. Ese aumento en los contenidos de MM se debe a la mayor proporción de ese componente en la composición nutricional del maní forrajero, con relación a la hierba-elefante (Tabla 1). Este hecho también fue observado por Nurhayu et al (37) al asociar una leguminosa (*Indigofera* sp.) a la hierba-elefante en la producción de ensilajes. Los autores observaron que en niveles crecientes de

hasta el 60% de *Indigofera* sp. aumentó la MM de los ensilajes de hierba-elefante (159.5 g/kg MS) con relación al tratamiento control (143.9 g/kg MS).

Los ensilajes que contuvieron maní forrajero presentaron los mayores valores de EE con relación al ensilaje conteniendo el 100% de hierba-elefante (el 0% maní forrajero). Según Carvalho et al (36), la asociación de culturas ayuda a equilibrar el valor energético del ensilaje, que es importante en la fermentación ruminal, digestibilidad de la fibra y tasa de pasaje. Valores semejantes de EE fueron encontrados por Chen et al (38) evaluando ensilajes de baja materia seca producidas con mezclas del 75% sorgo sacarino y el 25% alfalfa con relación al mayor valor (26.21g/Kg MS) obtenido en el presente estudio en el nivel del 20% de maní forrajero y el 80% de hierba elefante (26.21 g/kg MS)

La composición nutricional del ensilaje de hierba-elefante se ha mejorado con la inclusión de maní forrajero debido a la mayor concentración de PB en esta planta forrajera (214.39 g/kg MS; Tabla 1). Esa asociación proporcionó a los ensilajes valores de proteína bruta superior del mínimo necesario para garantizar una adecuada fermentación ruminal, que es del 7% según Pereira et al (24), reforzando las contribuciones positivas de la presencia de maní forrajero en la composición química de los ensilajes de hierba-elefante. Gomes et al (25) también relataron aumentos lineares en el contenido de PB em *Urochloa brizantha* cv. Marandu con adición de maní forrajero a los ensilajes. Además de eso, la preservación de la cantidad de proteína está asociada al pH del ensilaje: cuanto más rápido el pH sea reducido y alcanzar niveles abajo de 4,0, mejor será la preservación del contenido proteico y de carbohidratos del ensilaje (39).

Por otro lado, la fracción fibrosa del ensilaje disminuyó con el aumento del maní forrajero. Lima et al (40) evaluando las concentraciones de tarta de maní en ensilaje de hierba-massai también observaron que el aumento de los niveles de tarta de maní en los ensilajes redujo los contenidos de FDN, FDA, celulose y hemicelulosa con relación al ensilaje conteniendo el 100% de hierba-massai (el 0% de tarta de maní). La reducción de esos componentes está asociada a los ácidos orgánicos producidos durante la fermentación, hidrolizando a pared celular más digestible durante el ensilaje.



El aumento del contenido de LIG es una característica nutricional no deseable, afectando la biodegradación de la lignocelulosa (41). El aumento de los contenidos de LIG corrobora los aumentos observados por Gomes et al. (25) al incluir niveles de maní forrajero en la composición de *U. brizantha* cv. Marandu (césped palizada).

El contenido de CT se ha reducido con el aumento de los contenidos de maní forrajero en los ensilajes. Chen et al (38) observaron comportamiento semejante al presente estudio con reducción de la CT (770.1 a 370.5 g/kg MS) en estudio de ensilajes mezcladas con alfalfa y sorgo sacarino (0, 25, 50,75 y el 100%). La reducción del CT puede haber sucedido debido al proceso de catabolismo de la pared celular. Esa conversión visa fornecer más substrato con potencial fermentativo (como la glucosa) para las bacterias del ácido láctico (42), lo que también causa aumento de CNF.

El aumento del contenido de CNF de los ensilajes de hierba-elefante con la adición de niveles de maní forrajero se debe al alto contenido de CNF en la composición del maní forrajero (160.11 g/kg MS) con relación a la hierba-elefante (81.54 g/kg MS) (Tabla 1). Según Serra-Ferreira et al (43), los CNF's son considerados solubles y de alta digestibilidad, contribuyendo para el aumento del valor nutricional de los ensilajes. Cuando el contenido de CNF es alto, significa que hay gran cantidad de almidón y azúcares. Ese hecho es relevante porque son nutrientes que vuelven el alimento rico en energía (44). Sin embargo, según Serra-Ferreira et al (43) ese

aumento en el valor nutricional aún dependerá de la acción de microorganismos homo o hetero fermentativos y de los productos generados durante la fermentación (agua, calor, CO<sub>2</sub>, alcohol y ácidos láctico, acético, propiónico y butírico).

El aumento del contenido de NDT está asociado a la presencia de maní forrajero en la composición de los ensilajes de hierba-elefante. Esos valores son inferiores a los encontrados por Zhang et al (45) con reducción de 730.35 para 664.62 g/kg MS y relatados por Chen et al (38) con aumento de 659.3 para 753.8 g/kg MS de NDT, ambos autores utilizando niveles de alfalfa adicionados al ensilaje de sorgo.

En conclusión, en las condiciones experimentales, se recomienda la inclusión de hasta el40% de *Arachis pinto* combinado con *Pennisetum purpureum* para componer ensilajes mezcladas, debido a la mejor dinámica fermentativa, perfil nutricional y estabilidad aeróbica.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener intereses financieros competitivos o relaciones personales que puedan haber influenciado el estudio relatado en este documento.

### Agradecimientos

A la Coordinación de Continuo Mejoramiento de Personal de Nivel Superior - CAPES, por la concesión de beca de postdoctorado (Proceso 8882.316819/2019-01).

## REFERENCIAS

1. Luscher A, Mueller-Harvey I, Soussana JF, Rees RM, Peyraud JL. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass For Sci.* 2014; 69(2):206–228. <https://doi.org/10.1111/gfs.12124>
2. Gondim Filho AGC, Moreira GR, Gomes-Silva F, Cunha Filho M, Gomes DA, Ferreira AL, et al. Avaliação nutricional de genótipos de amendoim forrageiro (*Arachis pinto*) por técnicas multivariadas. *Res Soc Dev.* 2020; 9(8):1-19. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6039>.
3. Rigueira JPS, Pereira OG, Ribeiro KG, Valadares Filho SC, Cezário AS, Silva VP, et al. Silage of Marandu grass with levels of stylo legume treated or not with microbial inoculant. *J Agric Sci.* 2017; 9(9):36-42. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n9p36>
4. Silveira HVL, Braz TGS, Rigueira JPS, Santos MV, Gusmão JO, Alves MA, et al. Macauba palm cake as additive in elephant grass silage. *Acta Sci Anim Sci.* 2020; 42(1):1-10. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.47171>

5. Zanine AM, Sene OA, Ferreira DJ, Parente HN, Parente M.O.M., Pinho, RMA, et al. Fermentative profile, losses and chemical composition of silage soybean genotypes amended with sugarcane levels. *Sci Rep.* 2020; 10(e21064):1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78217-1>
6. Pacheco WF, Carneiro MSS, Pinto AP, Edvan RL, Arruda PCL, Do Carmo ABR. Fermentation losses of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) silage with increasing levels of *Gliricidia sepium* hay. *Acta Vet Bras.* 2014; 8(3):155-162. <https://doi.org/10.21708/avb.2014.8.3.3289>
7. Darabighane B, Aghjehgheshlagh FM, Mahdavi A, Navidshad B, Bernard JK. Replacing alfalfa hay with dry corn gluten feed alters eating behavior, nutrient digestibility, and performance of lactating dairy cows. *Italian J Anim Sci.* 2020; 19(1):1266–1276. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1830722>
8. Amorim DS, Edvan RL, Nascimento RR, Bezerra LR, Araújo MJ, Silva AL, et al. Fermentation profile and nutritional value of sesame silage compared to usual silages. *Italian J Anim Sci.* 2020; 19(1):230-239. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1724523>
9. Williams AG. The permeability and porosity of grass silage as affected by dry matter. *J Agric Eng Res.* 1994; 59(2):133-140. <https://doi.org/10.1006/jaer.1994.1070>
10. van Verseveld CJW, Gebert J. Effect of compaction and soil moisture on the effective permeability of sands for use in methane oxidation systems. *Waste Manag.* 2020; 107(1):44-53. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.038>
11. Jobim CC, Nussio LG, Reis RA, Schmidt P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Rev Bras Zootec.* 2007; 36(suppl.):101-119. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>
12. Dong Z, Yuan X, Wen A, Desta ST, Shao T. Effects of calcium propionate on the fermentation quality and aerobic stability of alfalfa silage. *Asian-Austral J Anim Sci.* 2017; 30(9):1278-1284. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0956>
13. Costa DM, Carvalho BF, Bernardes TF, Schwan RF, Ávila CLS. New epiphytic strains of lactic acid bacteria improve the conservation of corn silage harvested at late maturity. *Anim Feed Sci Technol.* 2021; 274:e114852. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114852>
14. Araújo CA, Santos APM, Monteiro CCF, Lima DO, Torres AM, Santos CVS, et al. Efeito do tempo de ensilagem sobre a composição química, perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de silagens de milho (*Zea mays*). *Diversitas J.* 2020; 5(1):547-561. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i1-1035>
15. Williams SD, Shinnors KJ. Farm-scale anaerobic storage and aerobic stability of high dry matter sorghum as a biomass feedstock. *Biom Bioen.* 2012; 46(1):309-316. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.08.010>
16. AOAC. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists. Version 15 edition. Arlington, VA; 2019.
17. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 1991; 74(10):3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
18. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Anim Sci.* 1992; 70(11):3562–3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
19. Hall MB. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. *J Anim Sci.* 2003; 81(12):3226-3226. <https://doi.org/10.2527/2003.81123226x>
20. Horst EH, Neumann M, Mareze J, Leão GFM, Bumbieris Júnior VH, Mendes MC. Nutritional composition of pre-dried silage of different winter cereals. *Acta Scient. Anim Sci.* 2018; 40(1):e42500. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.42500>

21. Wilkinson JM, Davies DR. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass For Sci.* 2012; 68(1):1-19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>
22. Borreani G, Tabacco E, Schmidt RJ, Holmes BJ, Muck RE. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J Dairy Sci.* 2018; 101(5):3952-3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
23. Wang M, Franco M, Cai Y, Yu Z. Dynamics of fermentation profile and bacterial community of silage prepared with alfalfa, whole-plant corn and their mixture. *Anim Feed Sci Technol.* 2020; 270(1):e114702. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114702>.
24. Pereira DS, Lana RP, Carmo DL, Costa YKS. Chemical composition and fermentative losses of mixed sugarcane and pigeon pea silage. *Acta Scient. Anim Sci.* 2019; 41(1):e43709. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.43709>
25. Gomes FM, Ribeiro KG, Souza IA, Silva JL, Agarussi MCN, Silva VP, et al. Chemical composition, fermentation profile, microbial population and dry matter recovery of silages from mixtures of palisade grass and forage peanut. *Trop Grassl-For Trop.* 2021; 9(1):34-42. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(9\)34-42](https://doi.org/10.17138/TGFT(9)34-42)
26. Vu VH, Li X, Wang M, Liu R, Zhang G, Liu W, et al. Dynamics of fungal community during silage fermentation of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) produced in northern Vietnam. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2019; 32(7):e996. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0708>.
27. Liu B, Yang Z, Huan H, Gu H, Xu N, Ding C. Impact of molasses and microbial inoculants on fermentation quality, aerobic stability, and bacterial and fungal microbiomes of barley silage. *Sci. Rep.* 2020; 10(1):1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62290-7>
28. Freitas CAS, Anjos AJ, Alves WS, Macêdo AJS, Coutinho DN, Barcelos MP, et al. Realocação de silagens em propriedades rurais: uma abordagem sobre o estado da arte. *Res Soc Dev.* 2020; 9(12):1-15. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10860>
29. Azevedo MMR, Guimaraes AKV, Cabral ÍS, Barbosa CR, Machado LS, Pantoja JC, et al. Características de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis de inclusão de moringa (*Moringa oleífera* Lam.). *Braz J Dev.* 2020; 6(9):71418-71433. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-549>
30. Zhao GQ, Wei SN, Liu C, Kim HJ, Kim JG. Effect of harvest dates on  $\beta$ -carotene content and forage quality of rye (*Secale cereale* L.) silage and hay. *J Anim Sci Technol.* 2021; 63(2):354-366 <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e28>
31. Dong Z, Wang S, Zhao J, Li J, Shao T. Effects of additives on the fermentation quality, *in vitro* digestibility and aerobic stability of mulberry (*Morus alba* L.) leaves silage. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2019; 33(8):e1292. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0420>
32. Nascimento G, Zenatti TF, Cantoia Júnior RC, Del Valle TA, Campana M, Fontanetti A, et al. Ensilagem de milho de diferentes genótipos produzidos com adubação orgânica. *Agr.* 2019; 12(44):196-203. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i44.9377>
33. Amaral RC, Carvalho BF, Costa DM, Morenz MJF, Schwan RF, Ávila CLS. Novel lactic acid bacteria strains enhance the conservation of elephant grass silage cv. BRS Capiagu. *Anim Feed Sci Technol.* 2020; 264(1):e114472. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114472>
34. Ziech MF, Olivo CJ, Ziech ARD, Martin TN. Morphogenesis in pastures of Coastcross-1 and Tifton 85 mixed with forage peanut, submitted to cutting management. *Semina: Ci. Agr.* 2016; 37(3):1461-1474. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n3p1461>
35. Ferrero F, Piano S, Tabacco E, Borreani G. Effects of the conservation period and the inoculum of *Lactobacillus hilgardii* on the fermentative profile and aerobic stability of whole corn and sorghum silages. *J Sci Food Agric.* 2018; 99(5):2530-2540. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9463>

36. Carvalho WG, Costa KAP, Epifanio PS, Perim RC, Teixeira DAA, Medeiros LT. Silage quality of corn and sorghum added with forage peanuts. *Rev Caat.* 2016; 29(2):465-472. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n224rc>
37. Nurhayu A, Saenab A, Ella A, Ishak ABL, Qomariyah N The effects of elephant grass silage combined with *Indigofera* sp. On the performance of bali cattle. *J Anim Health Prod.* 2021; 9(3):229-235. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.jahp/2021/9.3.229.235>
38. Chen L, Dong Z, Li J, Shao T. Ensiling characteristics, in vitro rumen fermentation, microbial communities and aerobic stability of low-dry matter silages produced with sweet sorghum and alfalfa mixtures. *J Sci Food Agric.* 2019; 99(5):2140-2151. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.9406>
39. Özyurt G, Gökdoğan S, Şimşek A, Yuvka I, Ergüven M, Boga EK. Fatty acid composition and biogenic amines in acidified and fermented fish silage: a comparison study. *Arch Anim Nut.* 2016; 70(1):72-86. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2015.1117696>
40. Lima LS, Oliveira RL, Borja MS, Bagaldo AR, Faria EFS, Silva TM, et al. Peanut cake concentrations in massai grass silage. *Rev MVZ.* 2013; 18(1):3265-3272. <https://doi.org/10.21897/rmvz.187>
41. Machado E, Pintro PTM, Ítavo LCV, Agustinho BC, Daniel JLP, Santos NW, et al. Reduction in lignin content and increase in the antioxidant capacity of corn and sugarcane silages treated with an enzymatic complex produced by white rot fungus. *Plos ONE.* 2020; 15(2):e0229141. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229141>
42. Irawan A, Sofyan A, Ridwan R, Hassim HA, Respati AN, Wardani WW, et al. Effects of different lactic acid bacteria groups and fibrolytic enzymes as additives on silage quality: A meta-analysis. *Bioresour. Technol Rep.* 2021; 14(1):e100654. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100654>
43. Serra-Ferreira CM, Farias-Souza AG, Almeida-Mendonça RC, Simões-Souza M, Lopes-Filho WRL, Faturi C, et al. Murumuru (*Astrocaryum murumuru*) meal as an additive to elephant grass silage. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 2020; 33(4):264-272. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v33n4a06>
44. Silva MDA, Carneiro MSS, Pinto AP, Pompeu RCFF, Silva DS, Coutinho MJF, et al. Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. *Semina: Ci Agr.* 2015; 36(1):571-578. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p571>
45. Zhang SJ, Chaudhry AS, Osman A, Shi CQ, Edwards GR, Dewhurst RJ, et al. Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. *Anim Feed Sci Technol.* 2015; 206(2015):29-38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.006>.