

## Silagem de palma forrageira em dieta completa

Forage palm silage in complete diet

Ensilado de nopales forrajeros en una dieta completa

Recebido: 21/06/2022 | Revisado: 03/07/2022 | Aceito: 05/07/2022 | Publicado: 14/07/2022

### **Fredy Martins De Jesus**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9566-5774>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [dymartins23@gmail.com](mailto:dymartins23@gmail.com)

### **Fábio Andrade Teixeira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1215-7342>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [fteixeira@uesb.edu.br](mailto:fteixeira@uesb.edu.br)

### **Renata Rodrigues Jardim**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4022-5541>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [renatajardimagro@hotmail.com](mailto:renatajardimagro@hotmail.com)

### **Jeankarlo Penalva dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8061-3250>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [jeanzootec@hotmail.com](mailto:jeanzootec@hotmail.com)

### **José Ricardo dos Santos Filho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6136-6813>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [ricardo\\_s.filho@hotmail.com](mailto:ricardo_s.filho@hotmail.com)

### **Artur Amaral Nascimento**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4552-9165>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [arturamaralnascimento@hotmail.com](mailto:arturamaralnascimento@hotmail.com)

### **Thatiane Mota Vieira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9869-0713>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [thatiane.mvieira16@live.com](mailto:thatiane.mvieira16@live.com)

### **Hackson Santos da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4590-5850>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [hackkson@gmail.com](mailto:hackkson@gmail.com)

### **Samille Neres da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2332-713X>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [samille\\_neres@hotmail.com](mailto:samille_neres@hotmail.com)

### **Edson Marcos Viana Porto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4967-0967>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: [edson.porto@unimontes.br](mailto:edson.porto@unimontes.br)

### **Resumo**

Objetivou-se avaliar os aspectos qualitativos da silagem de palma forrageira associada à palhada do milho (PM) ou capim elefante (CE) como fonte volumosa em dieta completa. Avaliou-se duas fontes de volumosos (PM e CE) e quatro níveis de substituição do farelo de sorgo por palma forrageira (0%, 33%, 66% e 100%), com 5 repetições. A dieta contendo a PM apresentou maior teor de NDT, PB, MM, EE e CNF e menor teor de MS, FDN<sub>cp</sub>, LIG, FDN<sub>i</sub> e CHO tot. Para os níveis de substituição do farelo de sorgo pela palma forrageira houve um efeito linear decrescente para MS, LIG, CHO tot, CNF, FDN<sub>cp</sub>, FDN<sub>i</sub> e crescente para MM. Maior perda e menor recuperação de MS foram observadas na dieta com PM nos níveis de 33 e 66% de substituição. Para cada 1% de substituição ocorreu um decréscimo de 0,088g na perda de MS para dieta com PM. A dieta contendo CE os níveis de substituição mostrou comportamento quadrático, tendo como o nível de substituição com menor perda de MS o de 11,45%. Para cada 1% de substituição do farelo de sorgo pela palma forrageira na dieta com PM ocorreu um decréscimo de 0,061g na recuperação da MS. A dieta contendo CE os níveis de substituição apresentou comportamento quadrático, tendo como ponto máximo de substituição 38,5% apresentando 90% de recuperação de MS. A palma forrageira pode substituir de 35 a 55% do farelo de sorgo em silagem de dieta completa quando associada à PM ou CE.

**Palavras-chave:** Estabilidade aeróbica; Palhada de milho; Perfil fermentativo.

### Abstract

The objective was to evaluate the qualitative aspects of forage cactus silage associated with corn straw (CS) or elephant grass (EG) as a forage source in a complete diet. Two sources of forage (SC and EG) and four levels of replacement of sorghum meal by forage cactus (0%, 33%, 66% and 100%) were evaluated, with 5 replications. The diet containing CS had higher content of TDN, CP, MM, EE and CNF and lower content of DM, NDFap, LIG, NDFi and total CHO. For the levels of replacement of sorghum bran by forage cactus there was a decreasing linear effect for DM, LIG, Total CHO, NFC, NDFap, NDFi and increasing for MM. Greater loss and lesser recovery of DM were observed in the diet with CS at the levels of 33 and 66% replacement. For each 1% replacement, there was a 0.088g decrease in DM loss for the CS diet. The diet containing EG replacement levels showed quadratic behavior, with the replacement level with the lowest DM loss being 11.45%. For each 1% replacement of sorghum bran by forage cactus in the CS diet, there was a 0.061g decrease in DM recovery. The diet containing EG replacement levels showed quadratic behavior, with a maximum replacement point of 38.5%, with 90% DM recovery. The forage palm can replace 35 to 55% of sorghum meal in complete diet silage when associated with CS or EG.

**Keywords:** Aerobic stability; Corn straw; Fermentation profile.

### Resumen

El objetivo fue evaluar los aspectos cualitativos del ensilaje de nopal asociado a paja de maíz (PM) o pasto elefante (PE) como fuente forrajera en una dieta completa. Se evaluaron dos fuentes de forraje (PM y PE) y cuatro niveles de sustitución de harina de sorgo por nopal forrajero (0%, 33%, 66% y 100%), con 5 repeticiones. La dieta que contenía PM tuvo mayor contenido de NDT, PC, MM, EE y CNF y menor contenido de MS, FDN<sub>gp</sub>, LIG, fibra detergente neutro no digerible y CHO Tot. Para los niveles de sustitución de salvado de sorgo por nopal forrajero hubo un efecto lineal decreciente para MS, LIG, CHO tot, CNF, FDN<sub>gp</sub>, fibra detergente neutro no digerible y creciente para MM. Se observó mayor pérdida y menor recuperación de MS en la dieta con PM en los niveles de 33 y 66% de reposición. Por cada 1% de reemplazo, hubo una disminución de 0,088 g en la pérdida de MS para la dieta PM. La dieta que contenía niveles de reposición de PE mostró un comportamiento cuadrático, siendo el nivel de reposición con menor pérdida de MS el 11,45%. Por cada 1% de reemplazo de salvado de sorgo por nopal forrajero en la dieta PM, hubo una disminución de 0,061 g en la recuperación de MS. La dieta que contenía niveles de reemplazo de PE mostró un comportamiento cuadrático, con un punto máximo de reemplazo de 38,5%, con una recuperación de MS del 90%. El nopal puede reemplazar del 35 al 55% de la harina de sorgo en el ensilaje de dieta completa cuando se asocia con PM o PE.

**Palabras clave:** Estabilidad aeróbica; Paja de maíz; Perfil de fermentación.

## 1. Introdução

Nas regiões tropicais as pastagens constituem o principal recurso alimentar para o rebanho. No entanto, estas pastagens, possuem um padrão estacional de produção, com oferta e valor nutricional variável ao longo do ano, causando indiscutivelmente um dos maiores entraves que o sistema a pasto enfrenta, com destaque para o período seco, onde ocorre uma queda acentuada na qualidade e quantidade das pastagens, resultando em menor desempenho dos animais.

Atualmente existem vários métodos que visam aproveitar e conservar o volumoso para o período de escassez de forragem. Entre estes métodos podemos destacar o processo de ensilagem, que consiste em transformar os carboidratos solúveis da planta em ácidos orgânicos por meio de bactérias, com o objetivo de baixar o pH da massa e preservar os nutrientes. O uso de silagens de dieta completa é algo interessante. Neste processo, o alimento volumoso, energético, proteico, mineral, vitaminas e aditivos são balanceados, a fim de atender a demanda nutricional de determinado grupo de animais, e ensilados de forma conjunta (Yuan et al., 2015).

As elevadas proporções de carboidratos não fibrosos da palma forrageira (Oliveira et al., 2010) e alta produção de matéria seca por hectare (Santos et al., 2006) têm despertado o interesse para sua utilização em substituição a ingredientes energéticos no processo de ensilagem. Desta forma, o uso de volumosos de baixa qualidade como palha de milho e capineiras subutilizadas, associadas ao alto coeficiente de digestibilidade da palma forrageira surge como uma alternativa interessante e viável para a redução de custo com alimentação do rebanho, e substituição parcial do volumoso da dieta.

Diante desse exposto este trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos qualitativos da silagem de palma forrageira, associado à palhada do milho ou capim elefante como fonte volumosa em silagens de dieta completa.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de Forragicultura, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Campus de Itapetinga. O experimento foi realizado no período de julho a dezembro de 2018.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2x4, sendo duas fontes de volumosos (palhada de milho e capim elefante) e quatro níveis de substituição do farelo de sorgo por palma forrageira (0%, 33%, 66% e 100%), totalizando oito tratamentos. As unidades experimentais (UE) foram distribuídas ao acaso, com 5 repetições, totalizando 40 UE.

O material a ser ensilado foi coletado no início da manhã, sendo o capim elefante (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso), com estágio fonológico avançado (início da floração) e a palhada do milho (*Zea mays*) após a retirada da espiga. Os mesmos foram colhidos manualmente, a 10 cm do solo, sendo picados em fragmentos a dois cm em ensiladeira estacionária. A palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera*) foi coletada logo em seguida, sendo também picada em fragmentos de dois centímetros em ensiladeira estacionária.

Após a coleta retirou-se uma amostra de cada ingrediente para a definição da composição bromatológica dos alimentos. Nas amostras foi realizada a determinação dos teores de: matéria seca (MS) (AOAC 2005; método 934,15); material mineral (MM) (AOAC 2005; método 930,15); proteína bruta (PB) (AOAC 2005; método 990,03); extrato etéreo (EE) (AOAC, 2005, método 992.16); fibra em detergente neutro (FDN) de acordo Van Soest (1994); (AOAC, 2005; método 920,39); concentração de carboidratos não fibrosos (CNF) segundo Detmann & Valadares Filho (2010); nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados de acordo Cappelle et al. (2001) (Tabelas 1 e 2). Os ingredientes usados na composição da dieta (Tabela 3) seguiram uma proporção de 55: 45 % (volumoso/concentrado, respectivamente) para atender às exigências de vacas leiteiras com produção estimada de 12 kg/dia, de acordo NRC (2001).

**Tabela 1.** Composição químico-bromatológica dos ingredientes da dieta (g/kg de MS).

Item	MS	MM	PB	FDN	EE	CNF	NDT
Farelo de Sorgo	839,6	11,7	123,5	156,5	92,3	532,8	698,8
Farelo de Soja	871,2	67,6	525,7	192,2	65,2	250,0	812,5
Palhada do milho	313,1	129,4	106,7	617,0	70,3	181,2	505,9
Capim Elefante	340,5	63,2	48,2	715,7	57,4	148,7	427,5
Palma Forrageira	67,9	209,1	94,4	122,0	100,4	479,9	691,0

MS- Matéria seca; MM- matéria mineral; PB- Proteína bruta; FDN- Fibra em detergente neutro; EE- Extrato etéreo; CNF - Carboidratos não fibrosos NDT- nutrientes digestíveis totais. Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 2.** Composição químico-bromatológica das dietas completas pré-ensiladas (g/kg de MS).

Item		MS	MM	PB	FDNcp	EE	CNF	Lig	NDT
Volumoso	% Subs.								
<b>Palhada do Milho</b>	0	363,3	62,8	175,7	421,0	79,6	253,6	37,4	596,2
	33	294,7	84,1	197,9	384,8	76,3	255,8	29,0	556,5
	66	231,5	82,5	172,4	383,0	78,4	257,6	34,5	562,6
	100	149,7	76,3	212,8	434,6	84,6	178,5	26,1	550,0
<b>Capim Elefante</b>	0	403,0	72,3	149,6	495,4	68,9	213,4	13,8	632,5
	33	348,9	80,3	155,5	487,5	78,6	198,6	56,2	525,0
	66	242,5	81,7	149,2	533,5	76,0	159,8	58,1	501,1
	100	228,1	79,8	113,8	508,9	78,7	218,6	72,1	495,9

MS- Matéria seca; MM- matéria mineral; PB- Proteína bruta; EE- Extrato etéreo; FDNcp- Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; FDA- Fibra em detergente ácido; Lig- Lignina; CNF - Carboidratos não fibrosos; CT- Carboidratos totais. Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 3.** Proporção dos ingredientes das dietas de silagem de ração completa (g/kg de MS).

Ingredientes	0%	33%	66%	100%
<b>Farelo de Sorgo</b>	270	180	90	0
<b>Farelo de soja</b>	150	150	150	150
<b>Palma Forrageira</b>	0	90	180	270
<b>Palhada do milho</b>	550	550	550	550
<b>Ureia</b>	10	10	10	10
<b>Mistura mineral</b>	20	20	20	20
<b>Total</b>	1000	1000	1000	1000
Ingredientes	0%	33%	66%	100%
<b>Farelo de Sorgo</b>	270	180	90	0
<b>Farelo de soja</b>	150	150	150	150
<b>Palma Forrageira</b>	0	90	180	270
<b>Capim elefante</b>	550	550	550	550
<b>Ureia</b>	10	10	10	10
<b>Mistura mineral</b>	20	20	20	20
<b>Total</b>	1000	1000	1000	1000

Fonte: Dados da pesquisa.

No processo de ensilagem, misturaram-se os ingredientes do concentrado e volumoso de forma manual, os quais foram compactados nos silos utilizando soquetes de concreto. Foram utilizados 40 silos experimentais de PVC, com 50 cm de altura por 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen, contendo no fundo 1,0 kg de areia desidratada em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas. A areia foi separada da forragem por uma tela cortada de acordo o diâmetro dos tubos de PVC, para evitar contaminação.

Os pesos das massas ensiladas utilizados foram de aproximadamente 2,4; 2,8; 2,7; 2,1 kg/silo experimental, para as respectivas dietas com o volumoso palhada do milho e 0%, 33,3%, 66,6% e 100% de substituição de farelo de sorgo por palma

fornageira e 2,1; 2,5; 2,6 2,5 kg/silo experimental, para as respectivas dietas com o volumoso Capim Elefante e 0%, 33,3%, 66,6% e 100% de substituição de farelo de sorgo por palma forrageira, com a densidade média de 697 kg/m<sup>3</sup>.

Os silos foram fechados com tampa de PVC e vedados com fita plástica adesiva e mantidos em galpão coberto. Após 90 dias, os silos foram abertos, aerados por 30 minutos, para permitir a volatilização de gases e pesados com e sem a tampa, para aferição da perda por gases.

As perdas de gases e efluentes e a determinação da recuperação de matéria seca foram calculadas por meio da diferença de peso seguindo as seguintes equações: Perda por gases:  $PG = (PCf - PCa)$ ; sendo PG = perdas por gases (% MN); PCf = peso do mini-silo cheio no fechamento (kg) e PCa = peso do mini-silo cheio na abertura (kg); Perdas por efluentes:  $PE = (PVa - PVf)$ , sendo PE = perda por efluentes (% MN); PVa = peso do mini-silo vazio + peso da areia na abertura (kg); PVf = peso do cano vazio + peso da areia no fechamento (kg); Recuperação de matéria seca:  $RMS (\%MN) = (MfF \times MSf) / (Mfi \times MSi) \times 100$ , sendo RMS (%MN) = taxa de recuperação de matéria seca (% MN); Mfi = massa de forragem no fechamento (kg); MSi = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%); MfF = massa de forragem na abertura (kg); MSf = matéria seca (% da forragem na abertura e Perdas de MS:  $PMS = [(MSi - MSf) / MSi] \times 100$ , sendo PMS = perda total de matéria seca; MSi = quantidade de matéria seca inicial; MSf = quantidade de matéria seca final (Jobim et al., 2007).

Uma alíquota foi coletada de cada silo na abertura (D0) para determinação dos teores de: MS (AOAC 2005; método 934,15); MM (AOAC 2005; método 930,15); PB (AOAC 2005; método 990,03); EE (AOAC, 2005, método 992,16); fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp) de acordo Van Soest (1994); lignina (Lig) foi determinado de acordo Gomes et al. (2011); O CNF segundo Detmann e Valadares Filho (2010) e carboidratos totais (CT) (PB + EE + Cinzas) segundo Sniffen et al. (1992). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados de acordo Cappelle et al. (2001) e o FDN indigestível (FDNi), obtido após incubação ruminal por 240 horas (Casali, 2006),

Em seguida todo o conteúdo de silagem foi retirado dos silos e colocados em baldes plásticos com capacidade de 10 L e armazenados em câmara climática a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , para avaliação da estabilidade aeróbia. A temperatura do ambiente foi controlada por meio de termostato, do aparelho refrigerador, e por meio de termômetros suspensos no ar. As temperaturas das silagens foram aferidas em intervalos de 8 horas durante 96 horas, após a acomodação dos baldes na câmara climática, com o uso de termômetro inserido a 10 cm no centro da massa ensilada, conforme metodologia proposta por Kung Júnior, Stokes & Lin (2003) e Bernardes et al. (2007).

Os parâmetros para avaliação da estabilidade aeróbia constituíram-se no: aumento em  $2^\circ\text{C}$  da temperatura da silagem em relação à temperatura ambiente após a abertura dos silos (Moran et al., 1996), número de horas para elevação da temperatura da silagem em  $2^\circ\text{C}$  em relação à temperatura ambiente e temperatura máxima conforme O'Kiely et al. (1999).

Outro parâmetro utilizado para avaliação da estabilidade aeróbia das silagens foi o pH, sendo realizada nos seguintes períodos: 0 (D0), 1 (D1), 4 (D4) e 5 (D5) dias de exposição aeróbia, de modo que o tempo zero foi considerado o momento da abertura dos silos. Foram retiradas, aproximadamente 15 g da massa de cada silo para determinação do pH, conforme Cherney e Cherney (2003).

A análise de nitrogênio amoniacal/nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT) foi executada a partir do suco da silagem, em que foi retirada aproximadamente 25 g de silagem de cada balde. Em seguida, estas foram tratadas com 200 mL de solução de ácido sulfúrico a 0,2N, inseridas em potes com tampas e mantidas em repouso durante 48 horas sob refrigeração para solubilização do N-NH<sub>3</sub>. Em seguida, as amostras foram filtradas em papel-filtro e assim submetidas à destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2N pelo método Kjeldahl e em seguida titulado com ácido clorídrico (HCl) 0,1N, conforme Bolsen et al. (1992).

Os dados foram avaliados por meio de análise de variância e regressão, utilizando o SAS System 9.0. Os modelos estatísticos foram escolhidos de acordo com a significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste "t". E o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) como estatística auxiliar para verificação da adequação do modelo. Adotou-se  $\alpha = 0,05$ .

### 3. Resultados e Discussão

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) da interação entre as fontes de volumosos e os níveis de substituição de farelo de sorgo por palma forrageira nas variáveis da análise bromatológica (tabela 4), exceto para variável NDT (Tabela 5). Porém houve diferença significativa ( $P<0,05$ ) entre as fontes de volumosos avaliadas e níveis de substituição de forma isolada para as mesmas características (Tabelas 4 e 6).

**Tabela 4.** Significância e equações das análises bromatológicas na pós-ensilagem.

Variável	CV (%)	Probabilidade					R <sup>2</sup>
		Volumoso	N.S	Interação	Equações		
MS (g)	2,75	0,0001	0,0001	0,0961	$\hat{Y} = 373,1 - 1,898x$	0,976	
PB (g)	10,93	0,0001	0,0560	0,9566	$\hat{Y} = 169,85$	-	
FDNcp (g)	6,47	0,0001	0,0001	0,3100	$\hat{Y} = 459,2 - 0,616x$	0,905	
LIG (g)	17,07	0,0001	0,0370	0,4687	$\hat{Y} = 37,13 - 0,071x$	0,905	
FDNi (g)	10,41	0,0001	0,0001	0,0713	$\hat{Y} = 211,8 - 0,535x$	0,88	
MM (g)	12,97	0,0001	0,0001	0,0825	$\hat{Y} = 80,76 + 0,314x$	0,858	
EE (g)	3,71	0,0001	0,1251	0,1142	$\hat{Y} = 72,1$	-	
CHO tot (g)	3,96	0,0001	0,0116	0,2623	$\hat{Y} = 674,6 - 0,395x$	0,994	
CNF (g)	15,02	0,0064	0,0001	0,0981	$\hat{Y} = 283,7 - 0,915x$	0,991	

N.S - níveis de substituição; MS - Matéria Seca; PB - Proteína Bruta; FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; LIG - Lignina; FDNi - Fibra em detergente neutro indigestível; MM - Matéria mineral; EE - Extrato etéreo; CHO tot - Carboidratos totais; CNF - carboidrato não fibroso. Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 5.** Efeito da substituição no nutriente digestível total das dietas pós ensiladas (g/kg da MS).

	Níveis de substituição %				CV (%)	Interação	Equações	R <sup>2</sup>
	0	33	66	100				
NDT- P.M (g)	609,1	594,2	580,9	540,3	2,24	0,0062	$\hat{Y} = 607,7 - 0,095x + 0,005x^2$	0,985
NDT- C.E (g)	526,6	526,3	515,3	499,6	2,24		$\hat{Y} = 530,7 - 0,276x$	0,878

NDT- P.M - Nutrientes digestíveis totais dietas com volumoso palhada de milho; NDT- C.E - Nutrientes digestíveis totais dietas com volumoso Capim Elefante; CV - coeficiente de variação. Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 6.** Composição química bromatológica das dietas pós-ensiladas (g/kg da MS).

Variável	Volumoso			Palma (%)		
	Pal. de Milho	Capim Elefante	0	33	66	100
MS (g)	248,9	308,6	384,8	297,7	239,1	193,4
PB (g)	203,5	136,2	176,8	173,0	173,5	156,1
FDNcp (g)	369,0	488,2	467,4	428,3	415,4	403,2
LIG (g)	19,3	47,9	38,1	33,5	32,2	30,5
FDNi (g)	117,1	253,3	219,9	183,8	173,2	164,0
MM (g)	106,0	86,9	76,7	94,0	107,9	107,1
EE (g)	79,0	65,2	70,7	71,8	72,3	73,6
CHO tot (g)	605,1	704,9	675,4	661,2	647,0	636,3
CNF (g)	254,7	221,7	281,3	254,9	227,7	188,9

MS - Matéria Seca; PB - Proteína Bruta; FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; LIG - Lignina; FDNi - Fibra em detergente neutro indigestível; MM - Matéria mineral; EE - Extrato etéreo; CHO tot - Carboidratos totais; CNF - carboidrato não fibroso. Fonte: Dados da pesquisa.

A dieta completa contendo como fonte de volumoso a palhada do milho apresentou maior teor de NDT, PB, MM, EE e CNF e menor teor de MS, FDNcp, LIG, FDNi e CHO tot (Tabelas 5 e 6), o que pode ser justificado pela composição desse volumoso (Tabela 1).

Para os níveis de substituição do farelo de sorgo por palma forrageira houve um efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para matéria seca, lignina, carboidrato total, carboidrato não fibroso, fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína, fibra em detergente neutro indigestível e crescente para matéria mineral. Para proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) a substituição não apresentou efeito significativo (Tabela 4). O nutriente digestível total apresentou comportamento quadrático para dietas com volumoso palhada de milho e linear para dietas com volumoso capim elefante (Tabela 5).

A cada 1% de inclusão de palma ocorreu um decréscimo de 1,89 g/kg de MS. Essa redução nos níveis de MS em resposta a substituição do farelo de sorgo por palma forrageira está relacionada ao baixo teor de matéria seca encontrado na palma (6,89%), o que resultou em uma variação entre 384,8 g/kg para os níveis 0% até 193,4 g/kg para os níveis 100% de substituição (Tabela 1). A palma de um modo geral apresenta um alto teor de umidade (Borges et al., 2020).

Embora alguns valores de matéria seca encontrados neste estudo estejam abaixo do recomendado para silagem, entre 30 e 35% (Wilkinson & Davies, 2012), as silagens apresentaram-se dentro dos padrões aceitáveis de qualidade e valor nutritivo. O teor de matéria seca parece não ser limitante quando associado a elevado teor de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão (Yan & Agnew, 2004).

Os teores de PB e EE não apresentaram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) com a substituição de farelo de sorgo por palma forrageira (Tabela 4). Como os níveis dessas variáveis em relação à matéria seca eram semelhantes para ambos os ingredientes não houve variação decorrente a substituição (Tabela 1).

As variáveis FDNcp, FDNi e lignina apresentaram um decréscimo 0,616, 0,535 e 0,071 g/kg, respectivamente, a cada 1% de substituição do farelo de sorgo por palma forrageira. Essa variação está associada ao baixo teor destes componentes na palma forrageira.

O efeito linear crescente da MM com o aumento dos níveis de palma podem ser explicados pela a elevada fração de MM encontrada na palma forrageira utilizada neste estudo (209,01 g/kg da MS) (Tabela 1). Os valores médios de MM na palma estão entorno de 120 g/kg da MS (Bispo et al., 2007; Barros et al., 2016).

Os teores de CHO tot e CNF diminuíram à medida que o farelo de sorgo foi substituído pela palma forrageira. A cada 1% de substituição ocorreu um decréscimo de 0,395 g/kg e 0,915 g/kg, respectivamente (Tabela 4). Essa redução está relacionada ao menor teor de CNF da palma (479,9 g/kg de MS) em relação ao farelo de sorgo (532,8 g/kg de MS) (Tabela 1).

Neste estudo, a variável NDT para dieta com volumoso palhada de milho apresentou como ponto de máxima com 9,5 % de substituição de farelo de sorgo por palma forrageira chegando a 607,2 g/kg de NDT (Tabela 5). Já para as dietas com volumoso capim elefante a cada 1% de substituição do farelo de sorgo por palma forrageira ocorreu um decréscimo de 0,27 g/kg de NDT.

A palma forrageira apresenta teores de NDT elevados, muitas vezes superiores ao de volumosos amplamente usados na dieta de ruminantes (Frota et al., 2015). Outros fatores que interfere nos níveis de NDT são as perdas por gases e efluentes que são inevitáveis devido aos processos provenientes da fermentação (Andrade et al., 2010).

Para a variável perda por gases, os níveis de substituição de 33, 66 e 100% apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as fontes de volumosos (palhada de milho e capim elefante). Para os níveis de substituição o efeito foi quadrático para ambos os volumosos, onde o ponto máximo para a dieta com volumoso palhada de milho, a qual apresentou maiores perdas quando comparada ao capim elefante, nos níveis 33 e 66%, foi de 50,3% (Tabela 7).

Quando substituiu o sorgo por 100% de palma na dieta com volumoso palhada de milho, houve menor perda por gases. Maiores perdas por gases são esperadas em condições de maior umidade, em contraste ao esperado, na dieta com 100% de palma em substituição ao farelo de sorgo houve redução das perdas. A característica intrínseca da mucilagem da palma e o seu nível de carboidratos solúveis associados com os carboidratos da palhada de milho podem ter promovido uma melhor fermentação resultando em menores perdas.

A variável perda por efluente apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as fontes de volumosos PM e CE, com a maior perda observada para a PM, que era o volumoso com menor MS (Tabela 1). Foi verificado um comportamento linear para os níveis de substituição para as dietas contendo volumoso PM, onde para cada 1% do nível de substituição ocorreu um aumento de 1,531g nas perdas por efluentes. As dietas contendo CE como volumoso apresentou comportamento quadrático, onde o nível de substituição 18,9% apresentou menores perdas por efluente (Tabela 7).

**Tabela 7.** Perfil Fermentativo de dieta completa.

VOLUMOSO	Níveis de substituição %				Equação
	0	33	66	100	
<b>Perdas por Gases (g)</b>					
P.M	26A	86A	94A	17B	$\hat{Y} = 24,49 + 3,02x - 0,03x^2$
C.E	12A	12B	23B	123A	$\hat{Y} = 11,25 - 0,42x + 0,015x^2$
<b>Perdas por efluentes (g)</b>					
P.M	13A	68A	116A	167A	$\hat{Y} = 14,81 + 1,531x$
C.E	6B	10B	53 B	174A	$\hat{Y} = 7,762 - 0,947x + 0,025x^2$
<b>Perda de Matéria Seca (%)</b>					
P.M	11,5 A	16,7 A	17,1 A	18,2 A	$\hat{Y} = 9,605 + 0,088x$
C.E	11,2 A	11,2 B	13,0 B	20,4 A	$\hat{Y} = 11,45 - 0,077x + 0,001x^2$
<b>Recuperação de Matéria Seca (%)</b>					
P.M	88,4 A	83,2 B	82,8 B	81,7 A	$\hat{Y} = 87,15 - 0,061x$
C.E	88,7 A	88,7 A	86,9 A	79,5 A	$\hat{Y} = 88,54 + 0,077x - 0,001x^2$

P.M: Palhada do milho /C.E: Capim elefante /VOL: volumoso / Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ( $P > 0,05$ ). Fonte: Dados da pesquisa.



A maior perda por efluentes quando houve substituição de farelo de sorgo pela palma está relacionada ao alto teor de umidade da palma forrageira. Plantas de palmas mais jovens apresentam menor quantidade de mucilagem e maior teor de umidade, resultando em maiores perdas por efluentes. Além do teor de umidade, a compactação da massa ensilada pode ter influenciado na quantidade de efluente produzida. A intensificação da compactação, visando à obtenção de maior densidade, propicia maior produção de efluentes. Com o aumento das perdas por efluentes podem-se observar maiores perdas de nutrientes (Bernardes et al., 2008).

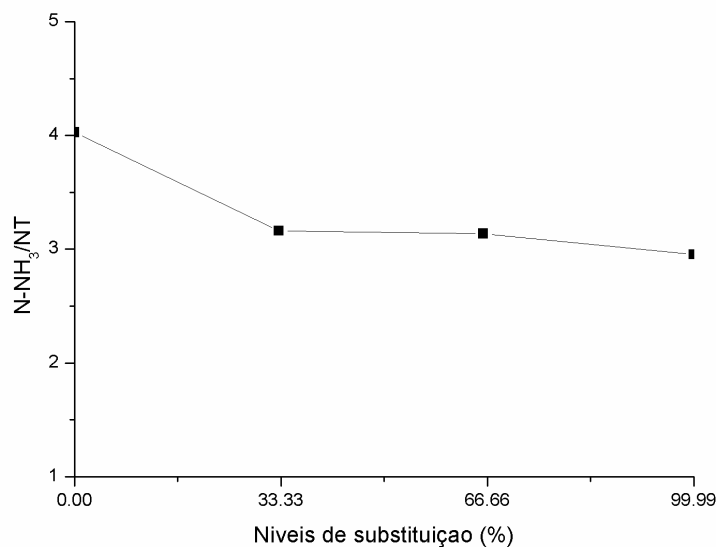
Para a perda de matéria seca os níveis 33 e 66% apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os volumosos avaliados como maior perda para dieta contendo PM, conseqüentemente, os mesmos tratamentos apresentaram menor recuperação da MS. Houve efeito linear para os níveis de substituição para dieta com volumoso PM, onde a cada 1% de substituição ocorreu um decréscimo de 0,088g na perda de matéria seca. Com relação à dieta contendo volumoso CE os níveis de substituição mostrou comportamento quadrático, tendo como o nível de substituição com menor perda o de 11,45% (Tabela 7).

Para recuperação de matéria seca o nível de substituição apresentou efeito linear para dieta com volumoso PM. Para cada 1% de substituição do farelo de sorgo por palma forrageira ocorreu um decréscimo de 0,061g na recuperação da matéria seca. Na dieta contendo o volumoso CE os níveis de substituição apresentou comportamento quadrático, tendo como ponto máximo de substituição 38,5% apresentando 90% de recuperação de matéria seca.

A taxa de recuperação da matéria seca é altamente influenciada pelas perdas por efluentes e gases das silagens, sendo o cálculo determinado em função dessas duas variáveis, ou seja, dietas que tiveram maiores perdas por gases e efluentes, a recuperação da matéria seca foi menor. A silagem originada com o maior teor de matéria seca resultou em elevação na recuperação da matéria seca

Neste estudo a cada 1% da substituição de farelo de sorgo por palma forrageira ocorreu um decréscimo de 0,0096% no  $N-NH_3/NT$  (Figura 1).

**Figura 1.** Nitrogênio amoniacal em silagens de palma forrageira em substituição ao farelo de sorgo em dietas completas  $\hat{Y} = 3,80257 - 0,00973X$  ( $R^2 = 0,75641$ ).



Fonte: Dados da pesquisa.

Os parâmetros normalmente empregados como critérios na classificação de silagens abrangem a quantificação dos valores de pH, a concentração dos ácidos orgânicos, e o teor de nitrogênio amoniacal - N-NH<sub>3</sub> (Bernardes et al., 2008). O N-NH<sub>3</sub>, expresso em % N-Total, indica a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação.

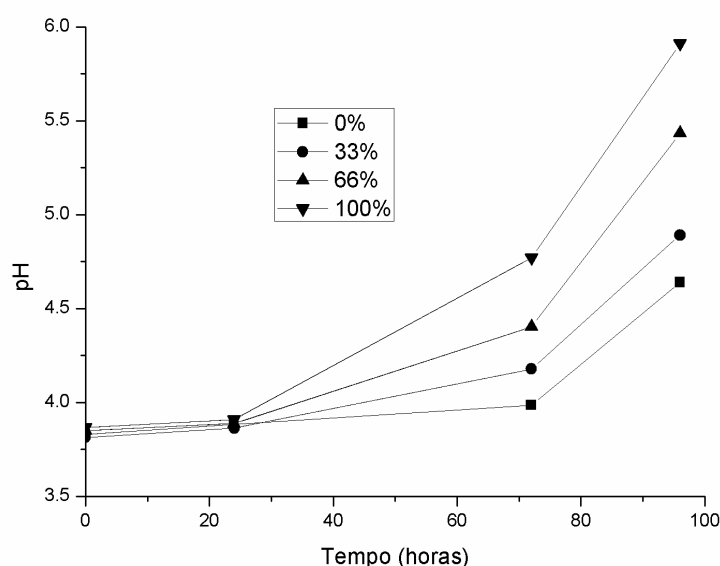
Segundo Pacheco et al. (2014), a silagem pode ser classificada quanto ao teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, como: muito boa, valores inferiores a 10%, adequada entre 10 e 15%, aceitável entre 15 a 20% e insatisfatória quando os valores se situam acima de 20%. Baseando-se nessa informação, as silagens avaliadas podem ser consideradas como de bom padrão fermentativo, ou seja, com baixo índice proteolítico.

Gusmão et al. (2018) avaliando silagens de ração total contendo capim elefante como fonte volumosa obtiveram redução nos níveis de N-NH<sub>3</sub> quando adicionou a polpa cítrica como opção energética. Segundo os autores o rápido declínio do pH reduziu a atividade das proteases das plantas. Dietas compostas por ingredientes ricos em amido possuem lenta redução do pH, o que aumenta a proteólise e os níveis de N-NH<sub>3</sub> (Jobim et al., 2007), sendo a palma um alimento rico em carboidratos solúveis e o sorgo rico em amido, os níveis mais altos de palma resultou em uma redução nos níveis de N-NH<sub>3</sub>/NT.

Não houve diferença de pH entre as dietas. Os valores médios foram de 3,83; 3,81; 3,90 e 3,86 para os níveis 0, 33, 66 e 100% de substituição de farelo de sorgo por palma forrageira. Valores aceitáveis de pH para silagens estão em torno de 3,8 a 4,2 (Muck, 2010), o que caracteriza a presença de ácidos orgânicos como o ácido lático, principal responsável pela estabilidade da silagem (Greggi et al., 2014).

Em todos os níveis de substituição do farelo de sorgo por palma forrageira, no momento da abertura (zero hora) as dietas apresentaram valores de pH dentro da faixa aceitável, após 24 horas de exposição se mantiveram estáveis entre a faixa de 3,8 a 4,0, tendo uma elevação após 72 horas de exposição ao ar, chegando à faixa entre 4,0 a 4,9, com 96 horas ocorreu uma variação entre 4,1 chegando a 6,3 (Figura 2).

**Figura 2.** Comportamento temporal do pH das silagens de dieta completa durante o período de exposição aeróbia.



Fonte: Autores.

O N-NH<sub>3</sub> e o pH são variáveis que estão relacionadas, isto porque, valores de pH entre 3,8 e 4,0 indicam maior produção de ácido lático em detrimento dos demais ácidos orgânicos, ocorrendo assim uma redução na multiplicação de microrganismos indesejáveis como *Clostridium*, devido a uma maior sensibilidade desses microrganismos a ambiente mais

ácidos, refletindo em uma menor utilização dos substratos da silagem e menor proteólise (menor N-NH<sub>3</sub>). A presença de bactérias do gênero *Clostridium* na silagem afeta a qualidade, aceitabilidade, o consumo e a eficiência na utilização de nitrogênio pelos ruminantes, comprometendo diretamente o desempenho animal (Freixal & Alpendre, 2013).

Para a estabilidade aeróbia (número de horas para elevação da temperatura da silagem em 2°C em relação à temperatura ambiente), houve interação significativa (P<0,05) entre as fontes de volumosos e os níveis de substituição (Tabela 8). No nível 0% de substituição maior tempo para a quebra da estabilidade foi constatado na dieta contendo o CE. Já no nível com 100% maior tempo para a quebra da estabilidade aeróbia foi observada na dita com PM.

**Tabela 8.** Número de horas para elevação da temperatura da silagem em 2°C em relação à temperatura ambiente.

VOL	Níveis de substituição (%)				Equação	R <sup>2</sup>
	0	33	66	100		
Tempo (Horas)						
P.M	49,6 B	42,2 A	41 A	76 A	$\hat{Y} = 0,009x^2 - 0,713x + 51,06$	0,948
C.E	88,8 A	55,4 A	52,2 A	39,4 B	$\hat{Y} = -0,454x + 81,53$	0,858

PM: Palhada do milho /C.E: Capim elefante / VOL: volumoso / Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si a (P>0,05). Fonte: Dados da pesquisa.

Para as dietas contendo o volumoso PM houve um comportamento quadrático para o número de horas para elevação da temperatura da silagem, em que o menor tempo de quebra da estabilidade foi de 36,9 horas de exposição ao ar, observado no nível 39,6% de substituição de farelo de sorgo por palma forrageira. As dietas contendo o volumoso capim elefante apresentaram comportamento linear decrescente, onde a cada 1% de substituição do farelo de sorgo por palma forrageira ocorreu um decréscimo de 0,454 horas no tempo para a quebra da estabilidade aeróbia (Tabela 8).

O contato do material ensilado com o oxigênio atmosférico após a abertura do silo promove o desenvolvimento de microrganismos oportunistas que estavam em dormência, que iniciam sua atividade metabólica e utilizam produtos da fermentação como substrato para produzir calor (Jobim et al., 2007).

A estabilidade aeróbia da silagem pode ser definida como a resistência da silagem à deterioração após abertura do silo. A perda de estabilidade aeróbia das silagens geralmente é manifestada por aumento de temperatura e alteração do pH em reflexo da intensidade de reações promovidas por fungos, leveduras e bactérias aeróbias (Amaral et al., 2008). Segundo O'Kiely et al. (1999) a estabilidade aeróbica pode ser definida como o número de horas que a temperatura da silagem permanece estável, antes de elevar em 2°C sua temperatura em relação ao ambiente. Essa produção de calor da silagem é um indicativo que o processo de deterioração aeróbia está se iniciando e irão ocorrer perdas de matéria seca por oxidação do material (Zopollatto et al., 2009).

#### 4. Conclusão

A substituição do farelo de sorgo em uma silagem de dieta completa pela palma forrageira pode ser realizada entre 35 a 60%, sendo ela associada à palhada de milho após colheita da espiga e/ou ao capim elefante em estágio fenológico avançado.

#### Referências

- Amaral, R. C., Bernardes, T. F., Siqueira, G. R. & Reis, R. A. (2008). Estabilidade aeróbia de silagens do capim Marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(6), 977-983. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000600004>
- Andrade, I. V. O., Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P. de, Veloso, C. M. & Bonomo, P. (2010). Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (12), 2578-2588. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001200004>

- AOAC. (2005). Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International*. 17 ed. Washington.
- Barros, J. L. de, Donato, S. L. R., Gomes, V. M., Donato, P. E. R., Silva, J. A. da & Padilha Júnior, M. C. (2016). Palma forrageira 'gigante' cultivada com adubação orgânica. *Revista Agroecologia*, 7 (1), 53-65. [10.12971/2179-5959/agrotecnologia.v7n1p53-65](https://doi.org/10.12971/2179-5959/agrotecnologia.v7n1p53-65)
- Bernardes, T. F., Reis, R. A., Siqueira, G. R., Amaral, R. C. do & Pires, A. J. V. (2007). Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36 (4), 754–762. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000400002>
- Bernardes, T. F., Reis, R. A., Amaral, R. C. do, Siqueira, G. R., Roth, A. P. de T. P., Roth, M. de T. P. & Berchielli, T.T. (2008). Fermentative profile, aerobic stability, and nutritive value of marandu grass silages using additives in silage. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 37(10), 1728–1736. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001000003>
- Bispo, S. V., Ferreira, M. de A., Vêras, A. S. C., Batista, A. M. V., Pessoa, R. A. S. & Bleuel, M. P. (2007). Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante: efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(6), 1902-1909. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800026>
- Bolsen, K. K., Lin, C., Brent, B. E., Feyerherm, A. M., Urban, J. E. & Aimutis, W. R. (1992). Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science*, 75 (11), 3066-3083. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78070-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78070-9)
- Borges, L. da S., Peixoto, R. M., Pinedo, L. A., Santos, B. R. C. dos, Ribeiro, A. A., Oliveira, P. V. C. de, Amorim, D. S., Chacón, S. G. & Firmino, S. S. (2020). Caracterização bromatológica e perfil fermentativo de silagem de capim elefante misturada com ingredientes alternativos. *Research, Society and Development*, 9 (9), e897998207. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8207>
- Casali, A.O. (2006). *Procedimentos metodológicos in situ na avaliação do teor de compostos indigestíveis em alimentos e fezes de bovinos*. Viçosa, UFV. 47p. Dissertação (Mestrado).
- Cappelle, E. R., Valadares Filho, S. C., Silva, J. F. C. da & Cecon, P. R. (2001). Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira Zootecnia*, 30 (6), 1837-1856. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000700022>
- Cherney, J.H. & Cherney, D.J.R. (2003). Assessing Silage Quality. In: Buxton, D. R., Muck, R. E. & Harrison, J. H. (Eds.) *Silage Science and Technology*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, p. 141-198.
- Detmann, E. & Valadares Filho, S. C. (2010). On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62 (4), 980 - 984. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000400030>
- Freixial, R. & Alpendre, P. (2013). *Conservação de Forragens (Ensilagem)*: Texto de apoio para as Unidades Curriculares. Universidade de Évora - Escolas de ciências e tecnologia departamento de fitotecnia, 51p.
- Frota, M. N. L., Carneiro, M. S. de S., Carvalho, G. M. C. & Araújo Neto, R. B. de. (2015). *Palma forrageira na alimentação animal*. Documentos: Embrapa Meio-Norte, 48p.
- Gomes, D. I., Detmann, E., Valadares Filho, S. de C., Fukushima, R. S., Souza, M. A. de, Valente, T. N. P., Paulino, M. F. & Queiroz, A. C. de. (2011). Evaluation of lignin contents in tropical forages using different analytical methods and their correlations with degradation of insoluble fiber. *Animal Feed Science and Technology*, 168 (3–4), 206–222. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.05.001>
- Gregghi, G. F., Barcelos, B., Saran Netto, A., Vilela, F. G., Rodrigues, P. H. M. & Marino, C. T. (2014). Contribution of citrus pulp and soybean hulls for silage quality of brewery waste. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66 (1), 277-283. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352014000100037>
- Gusmão, J. O., Danés, M. A. C., Casagrande, D. R. & Bernardes, T. F. (2018). Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. *Grass Forage Science*. 73, p. 717–726. <https://doi.org/10.1111/gfs.12357>
- Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A. & Schmidt, P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36 (suplemento), 101–119. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>
- Kung Junior, L., Stokes, M.R. & Lin, C.J. (2003). Silage additives. In: Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. (Eds) *Silage Science and Technology*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, p. 305-360.
- Moran, J. P., Weinberg, Z. G., Ashbell, G., Hen, Y. & Owen, T. R. (1996). *A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage*. In: Proceeding of XI International Silage Conference. University of Wales, Aberystwyth, UK, p. 162-163.
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (suplemento), 183–191. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. (7a ed.), National Academic Press, 381p.
- O'Kiely, P.; Moloney, A., Keating, T. & Shiels, P. (1999). *Maximising output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems*. Dunsany: Grange Research Centre, 64p.
- Oliveira, F. T. de, Souto, J. S., Silva, R. P. da, Andrade Filho, F. C. de & Pereira Júnior, E. B. (2010). Palma Forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista Verde*, 5 (4), 27–37.
- Pacheco, W. F., Carneiro, M. S. de S., Pinto, A. P., Edvan, R. L., Arruda, P. C. L. de & Carmo, A. B. R. do. (2014). Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). *Acta Veterinaria Brasilica*, 8 (3), 155-162. <https://doi.org/10.21708/avb.2014.8.3.3289>

Santos, D. C. dos, Farias, I., Lira, M. de A., Santos, M. V. F. dos, Arruda, G. P. de, Coelho, R. S. B., Dias, F. M. & Melo, J. N. de. (2006). *Manejo e utilização da palma forrageira (Opuntia e Nopalea) em Pernambuco*. Documentos 30: IPA, 48p.

Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G. & Russell, J. B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets.II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 70 (11), 3562 - 3577. [10.2527/1992.70113562x](https://doi.org/10.2527/1992.70113562x).

Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminants*. Ithaca: Cornell University Press. 476 p.

Wilkinson, J. M. & Davies, D. R. (2012). The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. *Grass and Forage Science*, 68 (1), 1-19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>

Yan, T. & Agnew, R.E. (2004). Concentrations using nutrient compositions and fermentation characteristics Prediction of nutritive values in grass silages: I. Nutrient digestibility and energy. *Journal of Animal Science*, 82 (5), 1367-1379. <https://doi.org/10.2527/2004.8251367x>

Yuan, X., Guo, G., Wen, A., Desta, S. T., Wang, J., Wang, Y. & Shao, T. (2015). The effect different additives on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. *Animal Feed Science and Technology*, 207, 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.001>

Zopollatto, M., Daniel, J. L. P. & Nussio, L. G. (2009). Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38 (suplemento), p.170-189. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300018>