



Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas¹

Izabela Vieira Oliveira Andrade², Aureliano José Vieira Pires³, Gleidson Giordano Pinto de Carvalho⁴, Cristina Mattos Veloso³, Paulo Bonomo⁵

¹ Projeto financiado pelo CNPq.

² UESB, Itapetinga – BA.

³ DTRA, UESB, Itapetinga – BA.

⁴ UFBA, Salvador – BA.

⁵ DEBI, UESB, Itapetinga – BA.

RESUMO - O experimento foi conduzido para avaliar as perdas por gases e efluente, as características fermentativas e o valor nutritivo de silagens de capim-elefante contendo como aditivos farelo de mandioca, casca de café ou farelo de cacau. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×4 , com três aditivos avaliados em quatro níveis (0, 10, 20 e 30% da matéria natural), cada um com cinco repetições. O material foi acondicionado em silos de PVC por 60 dias. Após abertura dos silos, foram realizadas pesagens para determinação das perdas, pela quantificação da produção de efluente e das perdas por gases. Amostras foram coletadas para posteriores análises de nitrogênio amoniacal e pH e da composição químico-bromatológica. A adição dos aditivos provocou aumento dos teores de matéria seca, e farelo de mandioca foi o aditivo mais eficiente no controle das perdas por efluente e gases. A adição de farelo de mandioca, casca de café e farelo de cacau garantiu altas taxas de recuperação de MS, enquanto o farelo de mandioca e o farelo de cacau favoreceram a redução dos valores de pH e os teores de nitrogênio amoniacal, respectivamente, refletindo na melhoria do perfil de fermentação das silagens. As silagens contendo farelo de mandioca apresentaram maiores teores de nutrientes digestíveis totais e garantiram os menores teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e lignina. A adição de farelo de cacau ao capim-elefante no momento da ensilagem contribuiu para o aumento dos teores de nitrogênio total, porém aumenta os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido.

Palavras-chave: efluente, ensilagem, gases, *Pennisetum purpureum*, resíduo

Losses, fermentation characteristics and nutritional value of elephant grass silage containing agricultural waste

ABSTRACT - The experiment was conducted to determine losses by gases and effluent, fermentation characteristics and nutritional value of elephant grass silage containing cassava meal, coffee hulls and cocoa meal. It was used a completely randomized experimental design in a 3×4 factorial scheme, with three additives evaluated in four levels (0, 10, 20 and 30% of natural matter), each one with five repetitions. The material was ensiled in PVC silos for 60 days. After opening of the silos, weightings were carried out for determination of losses through the quantification of effluent production and also by losses by gases. Samples were collected for subsequent analyses of ammonia nitrogen content and pH values, as well as the chemical-bromatological composition. The additive addition caused an increase in the dry matter contents and cocoa meal was the most efficient additive to control effluent and gas losses. The addition of cassava meal, coffee hulls and cocoa meal assured high recovery rates of dry matter, while cassava meal and cocoa meal favored the reduction of pH values and ammonia nitrogen contents, respectively, resulting in silages fermentation profile improvement. The silages containing cassava meal presented greater total digestible nutrients contents and they assured lower neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose and lignin contents. Addition of cocoa meal to elephant grass at the moment of the ensilage contributed to increase total nitrogen content, however it increases insoluble nitrogen contents in neutral detergent and acid detergent.

Key Words: by-product, effluent, ensilage, gases, *Pennisetum purpureum*

Introdução

A produção animal baseada em pastagens encontra entraves para manter a eficiência produtiva dos rebanhos em razão da sazonalidade na distribuição da produção forrageira ao longo do ano.

A ensilagem da forragem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) produzida na estação chuvosa é uma das alternativas utilizadas para suprir a escassez de volumoso na época seca, pois essa gramínea apresenta alta produção de matéria seca (MS) e bom valor nutritivo (Andrade & Lavezzo, 1998).

Entretanto, a presença de alto teor de umidade no momento ideal de corte e o baixo teor de carboidratos solúveis são fatores que inibem o adequado processo fermentativo, impedindo o rápido declínio do pH, permitindo fermentações secundárias indesejáveis e produzindo silagens de baixa qualidade, além de ocasionar perda de nutrientes pela elevada quantidade de efluente produzido (McDonald, 1981).

O uso de aditivos absorventes ou sequestrantes de umidade é uma das técnicas mais recomendadas para o controle da produção de efluente em silagens. Alguns aditivos absorventes, além de favorecerem o aumento do teor de MS, proporcionam incremento do valor nutritivo, como, por exemplo, o farelo de mandioca (Pires et al., 2009), a casca de café (Bernardino et al., 2005) e o farelo de cacau (Carvalho et al., 2007b).

O termo qualidade da silagem refere-se à eficiência do processo fermentativo para promover a conservação do valor nutritivo da forragem ensilada. Entre os principais parâmetros utilizados para avaliar a qualidade do processo fermentativo estão as características químicas apresentadas pelas silagens, como teor de MS, valor de pH e conteúdo de nitrogênio (N) amoniacal como proporção do N total (Tomich et al., 2003).

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da adição de farelo de mandioca, casca de café e farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante sobre as perdas da silagem, as características fermentativas e o valor nutritivo das silagens.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga, Bahia. Utilizou-se capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) proveniente de uma capineira já estabelecida em solo classificado como chernossolo argilúvio, estruturado hipereutrófico, com textura argilosa e relevo ondulado

(EMBRAPA, 1999), pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia. Realizaram-se um corte de uniformização, a 10 cm do solo, e adubação anual com 100 kg/ha de N (nitrocálcio), 100 kg/ha de P₂O₅ (superfosfato simples) e 60 kg/ha de K₂O (cloreto de potássio).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 × 4, com três aditivos (farelo de mandioca, casca de café e farelo de cacau), em quatro doses (0, 10, 20 e 30% da matéria natural), cada uma com cinco repetições.

O farelo de mandioca utilizado consistiu do resíduo sólido formado pelo material descartado dos planos ou canais de deposição do “leite de amido”, proveniente da lavagem da mandioca triturada para posterior obtenção da fécula, enquanto o farelo de cacau foi proveniente do subproduto resultante da industrialização da amêndoa do cacau para obtenção da manteiga do cacau e do chocolate. A casca de café é o resíduo proveniente do beneficiamento de grão de café por “via seca”, onde o fruto é seco em sua forma integral, resultando em resíduos de casca e pergaminho.

Após 40 dias de crescimento, período este que coincidiu com o adequado desenvolvimento (aproximadamente 1,2–1,5 m de altura) e bom valor nutritivo da forragem, o que condiz com os parâmetros recomendados para a produção de silagem de boa qualidade, o capim-elefante foi cortado manualmente a 10 cm do solo e picado em partículas de cerca de 2 cm, em ensiladeira estacionária. Após homogeneização, o material foi ensilado juntamente com os respectivos aditivos, em silos experimentais de PVC de 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro. As tampas dos silos eram providas de válvulas do tipo “Bunsen” para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação e possibilitar que as perdas de MS advindas do processo fermentativo fossem quantificadas. No fundo de cada silo foi colocado 1 kg de areia, separado da forragem por uma tela fina de plástico tipo sombrite, para captação do efluente proveniente da forragem ensilada. Foram colocados em cada silo 1.800 g da mistura capim-elefante mais aditivo, compactada com auxílio de soquetes, obtendo-se massa específica de 600 kg/m³ de matéria verde.

Foram pesados silo+tampa+areia seca+tela, antes da ensilagem, e os silos cheios e tampados, para determinação quantitativa das perdas por gases, da recuperação de matéria seca (RMS) e das perdas por efluente, com base nas diferenças gravimétricas. Após a ensilagem, os silos foram armazenados sob temperatura ambiente até a abertura que ocorreu após 60 dias.

Antes do início do processo de ensilagem, amostras de capim-elefante, farelo de mandioca, casca de café e farelo de

cacau foram colhidas para análises. As composições bromatológicas do capim-elefante e dos aditivos (Tabela 1) foram obtidas segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

As perdas das silagens, sob as formas de gases e efluente, e a recuperação de matéria seca foram quantificadas por diferença de peso, pelas equações adaptadas a partir de Santos et al. (2008).

As perdas por gases foram obtidas pela seguinte equação: $PG (\% \text{ da MS}) = [(PsChf - PsCha) / (MVFE \times MSFE)] \times 100$, em que: PG – perdas por gases; PsChf – peso do silo cheio no fechamento da ensilagem (kg); PsCha – peso do silo cheio na abertura (kg); MVFE – matéria verde da forragem ensilada (kg); MSFE – matéria seca da forragem ensilada (%).

A produção de efluente foi calculada pela equação a seguir, baseada na diferença de peso da areia colocada no fundo do silo por ocasião do fechamento e abertura dos silos: $PE (\text{kg/t de MV}) = [(PVf - Ts) - (PVi - Ts)] / MFi \times 100$, em que: PE – perdas por efluente; PVf – peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg); Ts – tara do silo; PVi – peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg); MFi – massa de forragem no fechamento (kg).

A seguinte equação foi utilizada para estimar a recuperação de MS: $RMS (\%) = (Mf \times MSf) / (MFi \times MSi) \times 100$, em que: RMS – taxa de recuperação de matéria seca (%); Mf – massa de forragem na abertura (kg); MSf – teor de matéria seca da forragem na abertura (% MS); MFi – massa de forragem no fechamento (kg); MSi – teor de matéria seca da forragem no fechamento (% MS).

Amostras das silagens *in natura* foram processadas em liquidificador e filtradas em gaze para extração do suco que foi utilizado imediatamente para determinação do valor de pH em potenciômetro digital (Silva & Queiroz, 2002) e do teor de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) como porcentagem do nitrogênio total, segundo metodologia descrita por Licitra et al. (1996).

Após 60 dias efetuou-se a abertura dos silos, sendo colhidas amostras que foram submetidas à pré-secagem, por 72 horas, em estufa de ventilação forçada regulada a 55°C e, em seguida, foram moídas em moinho de facas tipo Wiley para posterior avaliação da composição química.

Foram realizadas análises de nitrogênio total (NT) para a estimativa do teor de proteína bruta (PB) e análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). As análises dos teores de FDN e FDA foram realizadas com a utilização de autoclave, seguindo método descrito por Pell & Schofield (1993).

A partir da composição química das silagens, foram estimados os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), segundo Weiss et al. (1992), com modificações sugeridas pelo NRC (2001): $NDT = CNFD + PBD + (AGD \times 2,25) + FDND - 7$, sendo: $CNFD = 0,98 \{100 - [(FDN - PBFDA) / PB + EE + CIN]\} \times FAP$; $PBD = PB [-1,2 \times (PBFDA / PB)]$; $AGD = AG = EE - 1$ (se $EE < 1$, $AG = 0$); $FDND = 0,75 \times [(FDN - PBFDA) / (FDN - PBFDA) - 1 - [LIG / (FDN - FDNPB)]] \times 0,667$ (¹ se a FDN for determinada adicionando sulfato de sódio, não subtrair a PBFDA); CNFD – carboidratos não-fibrosos verdadeiramente digestíveis; PBD – proteína bruta verdadeiramente digestível; AGD – ácidos graxos verdadeiramente digestíveis; FDND – FDN verdadeiramente digestível; PBFDA – proteína bruta ligada à FDN; FAP – fator de ajuste de processamento, nesse caso igual a 1; PBFDA – proteína bruta ligada à FDA; LIG – lignina.

Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando como fontes de variação os aditivos, suas doses de inclusão e a interação entre esses fatores, sendo a interação desdobrada, ou não, de acordo com a sua significância. O efeito da adição das doses foi avaliado por

Tabela 1 - Composição química dos alimentos antes da ensilagem, em porcentagem da matéria seca

Item	Capim-elefante	Farelo de mandioca	Casca de café	Farelo de cacau
Matéria seca	15,9	84,5	87,9	86,9
Matéria orgânica	90,3	98,7	94,4	90,2
Nitrogênio total	1,1	0,3	1,5	3,0
Extrato etéreo	2,7	0,8	1,1	3,1
Fibra em detergente neutro	62,4	11,2	63,7	45,5
Fibra em detergente ácido	40,9	6,9	42,9	32,6
Celulose	34,3	5,5	29,5	16,9
Hemicelulose	21,5	4,2	20,9	12,9
Lignina	5,4	1,6	13,0	14,8
NIDN/NT	16,2	37,3	60,8	46,3
NIDA/NT	13,5	17,2	38,3	35,8

NIDN/NT: nitrogênio insolúvel em detergente neutro, em % do nitrogênio total;
NIDA/NT: nitrogênio insolúvel em detergente ácido, em % do nitrogênio total.

análise de regressão, tomando como base o valor do coeficiente de determinação. Para efeito de aditivo, foi aplicado o teste Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Houve efeito ($P < 0,05$) da interação entre os aditivos e os níveis de inclusão sobre o teor de MS, com comprovado efeito linear crescente ($P < 0,05$) de todos os aditivos no aumento dos teores de MS (Tabela 2).

Os aumentos nos teores de MS nas silagens foram estimados em 0,52; 0,55 e 0,63 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mandioca, casaca de café e farelo de cacau, respectivamente. A elevação dos teores de MS das silagens com a inclusão de farelo de mandioca, casca de

café e farelo de cacau foi ocasionada pelos altos teores de MS nesses aditivos (84,5; 87,9 e 86,9%, respectivamente) e sua capacidade de retenção de umidade, enquanto a silagem sem aditivos apresentou teor de MS próximo ao do capim-elefante no momento da ensilagem.

Aumento do teor de MS também foi observado por Souza et al. (2003), que adicionaram casca de café nos níveis 0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% ao capim-elefante contendo 14,4% de MS e verificaram acréscimo de 0,54% de MS a cada unidade percentual de casca adicionada, efeito próximo ao verificado neste experimento, que foi de 0,55 unidade percentual.

O nível de 30% de farelo de cacau provocou o maior aumento do teor de MS (37,6%) das silagens de capim-elefante, seguida pela adição de 20% de casca de café (32,2%), confirmando os resultados encontrados por

Tabela 2 - Perdas e características fermentativas da silagem de capim-elefante

Aditivo	Nível (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
	Matéria seca (%)						
Farelo de mandioca	18,7	23,3a	27,7b	34,8b	28,6	$\hat{Y} = 18,23 + 0,5273*FM$	0,98
Casca de café	18,7	25,0a	32,2a	34,7b	30,6	$\hat{Y} = 19,38 + 0,5512*CC$	0,97
Farelo de cacau	18,7	22,9a	29,7b	37,6a	30,1	$\hat{Y} = 17,74 + 0,6325*FC$	0,98
Média	18,7	23,7	29,8	35,7	27,0		
CV (%)	5,7						
	Efluente (kg/t de MV)						
Farelo de mandioca	145,9	55,3b	6,0b	4,8a	22,0	$\hat{Y} = 146,23 - 11,43*FM + 0,2234*FM^2$	0,99
Casca de café	145,9	128,4a	47,0a	5,2a	60,2	$\hat{Y} = 151,04 - 3,2105*CC + 0,0607*CC^2$	0,96
Farelo de cacau	145,9	7,9c	2,2b	1,5a	3,8	$\hat{Y} = 139,51 - 14,689*FC + 0,3434*FC^2$	0,94
Média	145,9	63,8	18,4	2,8	58,0		
CV (%)	8,6						
	Gases (%)						
Farelo de mandioca	6,1	5,1	6,3	6,7	6,1a		
Casca de café	6,1	3,5	2,7	2,9	3,0b		
Farelo de cacau	6,1	3,2	2,9	2,4	2,8b		
Média	6,1	3,9	4,0	4,0	4,5	$\hat{Y} = 5,9345 - 0,2221*X + 0,0054*X^2$	0,92
CV (%)	43,5						
	Nitrogênio amoniacal (% do NT)						
Farelo de mandioca	0,39	0,31	0,33	0,35	0,33 ^a		
Casca de café	0,39	0,31	0,24	0,25	0,27 ^b		
Farelo de cacau	0,39	0,16	0,18	0,17	0,17 ^c		
Média	0,39	0,26	0,25	0,26	0,29	$\hat{Y} = 0,3821 - 0,0144*X + 0,0003*X^2$	0,96
CV (%)	19,4						
	pH						
Farelo de mandioca	4,2	3,8	3,8	3,8	3,8c		
Casca de café	4,2	4,2	4,1	4,2	4,2a		
Farelo de cacau	4,2	4,0	4,1	4,1	4,1b		
Média	4,2	4,0	4,0	4,0	4,1	$\hat{Y} = 4,2674 - 0,0318*X + 0,0008*X^2$	0,92
CV (%)	2,0						
	Recuperação de MS (%)						
Farelo de mandioca	92,1	99,8	93,4	97,2	96,8a		
Casca de café	92,1	91,7	97,4	93,4	94,3a		
Farelo de cacau	92,1	92,2	99,8	98,3	96,8a		
Média	92,1	94,5	96,9	96,3	95,0	$\hat{Y} = 92,739 + 0,1497*X$	0,80
CV (%)	7,2						

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.
*($P < 0,05$); CV – coeficiente de variação.

Carvalho et al. (2007a), que utilizaram farelo de cacau (0, 7, 14, 21 e 28%) como aditivo absorvente na ensilagem de capim-elefante contendo 20% de MS. Os autores observaram acréscimo do teor de MS da silagem de 0,74% por unidade de farelo de cacau adicionada, caracterizando esse resíduo vegetal como excelente aditivo sequestrante de umidade.

Embora o teor de MS do capim-elefante ensilado sem aditivos (18,7%) encontre-se abaixo da faixa ideal (25 a 35%) para garantir que o alimento seja bem conservado (Muck, 1988), a adição de casca de café e de farelo de cacau no nível de 30% resultou em aumento de 18,7% para 34,7 e 37,6%, respectivamente, nos teores de MS das silagens.

Para a produção de efluente, foi detectado efeito ($P < 0,05$) da interação entre os aditivos e os níveis utilizados, e o farelo de cacau foi o aditivo mais eficiente em reduzir esse tipo de perda (Tabela 2). A inclusão desse aditivo no nível de 14,23% foi suficiente para inibir a produção de efluente, enquanto, no caso do farelo de mandioca e da casca de café, foram necessários níveis de 25,63 e 30%, respectivamente, para reduzir a valores mínimos essas perdas. Ressalta-se que a redução das perdas por efluente diminui as perdas de nutrientes por percolação junto ao efluente produzido durante a ensilagem.

A utilização de aditivos absorventes de umidade reduziu a produção de efluente, o que confirma os resultados obtidos por Aguiar et al. (2001), que incluíram polpa cítrica peletizada em três níveis (0, 5 e 10%) na massa ensilada de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia 1) e constataram diminuição na produção de efluente. Nesse mesmo sentido, Fransen & Strubi (1998) também relataram menor produção de efluente de silagens de gramíneas pela inclusão de aditivos absorventes, os quais promoveram a elevação dos teores de MS.

Entretanto, segundo Jones & Jones (1995), outros fatores devem ser considerados na avaliação da produção de efluente, podendo-se destacar características como tipo e dimensionamento do silo, determinação da massa específica e homogeneidade de aplicação dos aditivos. Utilizando casca de café para diminuir a produção de efluente em silagem de capim-elefante com alta umidade (12,4% de MS), Bernardino et al. (2005) concluíram que doses superiores a 20% foram suficientes para eliminar totalmente a produção de efluente.

Na análise estatística dos dados das perdas por gases, não se comprovou efeito ($P > 0,05$) da interação entre aditivos e doses (Tabela 2). O farelo de cacau e a casca de café foram mais eficientes em diminuir essas perdas, enquanto o farelo de mandioca proporcionou as maiores perdas por gases. Houve maior perda na silagem sem adição de aditivos, coincidentemente com a do farelo de mandioca (6,1% da MS),

que, em condições de excesso de umidade, pode ser atribuída à maior incidência de fermentações indesejáveis pelas bactérias heterofermentativas, principalmente a fermentação butírica promovida por bactérias do gênero *Clostridium* (McDonald, 1981).

Na análise de regressão, detectou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) da adição de doses crescentes dos aditivos sobre a produção de gases, com perdas mínimas estimadas de 3,7% de MS para a dose de 20,6% de aditivo. A redução das perdas por gases deve-se, provavelmente, à redução de microrganismos produtores de gás, como as enterobactérias e bactérias clostrídicas, que se desenvolvem em silagens mal conservadas (Pereira & Santos, 2006). A inclusão dos aditivos, por fornecer carboidratos solúveis e aumentar o teor de MS, pode ter resultado em estímulo da fermentação láctica, que, segundo McDonald (1981), resulta em mínimas perdas de MS nas silagens.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos aditivos nem dos níveis utilizados sobre os teores de nitrogênio amoniacal em porcentagem do nitrogênio total ($N-NH_3/NT$) (Tabela 2). A equação de regressão comprova efeito quadrático ($P < 0,05$) das doses dos aditivos adicionados ao capim-elefante no momento da ensilagem, com teor mínimo de $N-NH_3/NT$ estimado de 0,21% para a dose de 24% de aditivo.

O farelo de cacau foi o aditivo que proporcionou o menor teor de $N-NH_3/NT$ (0,17%) em comparação ao farelo de mandioca e à casca de café (0,33 e 0,27%, respectivamente). Resultados semelhantes quanto aos teores de $N-NH_3/NT$ foram relatados por Teixeira et al. (2005), que, estudando os efeitos da adição de farelo de cacau durante a ensilagem de capim-elefante contendo 18,9% de MS, obtiveram redução dos teores de $N-NH_3$ (1,6; 1,7; 1,2 e 0,6%) conforme aumentaram as doses do aditivo (0; 5,8; 10 e 16% peso/peso).

Segundo Evangelista et al. (2004), os teores de $N-NH_3$, juntamente com os valores de pH, podem sugerir a forma como se processou a fermentação. Conforme se observa, os teores de $N-NH_3$ oscilam entre 0,16 e 0,35% do nitrogênio total para os aditivos utilizados (Tabela 2). Esses valores são baixos e estão na faixa considerada desejável, logo, durante o processo fermentativo, houve reduzida degradação da PB, com preservação das proteínas e compostos nitrogenados. Conforme relatos de Muck (1988), as silagens que apresentam valores de $N-NH_3$ até 10% do NT são consideradas de boa qualidade.

Não foi detectado efeito da interação ($P > 0,05$) entre os aditivos e os níveis de inclusão sobre o pH das silagens (Tabela 2). Os níveis dos aditivos tiveram efeito quadrático ($P < 0,05$), ocasionando pH mínimo estimado de 3,75 para o nível de 19,8% do aditivo, segundo equação de regressão.

A silagem sem aditivos apresentou pH mais elevado (4,2) em comparação àquelas com 10, 20 e 30% de aditivos, porém encontram-se dentro da faixa considerada ótima (3,8 a 4,2) para fermentação adequada, indicando possível inibição de microrganismos responsáveis por fermentações secundárias (McDonald, 1981).

As silagens com farelo de mandioca apresentaram pH de 3,8, indicativo de fermentação satisfatória. Souza et al. (2003) também observaram efeito dos níveis de casca de café (0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% da MN) sobre o pH de silagens de capim-elefante (14,5% MS), cujo valor mínimo estimado foi de 3,8 para o nível de 26,87% de casca de café. Embora o valor de pH da silagem não seja considerado, isoladamente, um bom indicador para avaliação das fermentações (Bernardino et al., 2005), pode-se sugerir que as silagens com 10, 20 e 30% de aditivos apresentaram bom padrão de conservação e valores de pH final entre 3,8 e 4,2. Os adequados valores de pH associados aos baixos valores de N-NH₃ dessas silagens confirmam a ocorrência de fermentações satisfatórias, com mínimas perdas em valor nutritivo.

A recuperação de matéria seca não foi influenciada (P>0,05) pela interação entre os aditivos e as doses, uma vez que as médias foram estatisticamente similares (Tabela 2). A inclusão dos aditivos proporcionou aumento linear crescente na recuperação de MS, cujo acréscimo foi de 0,15 unidade percentual para cada unidade de aditivo adicionada ao capim-elefante no momento da ensilagem.

Em geral, a adição dos subprodutos à forragem elevou a recuperação de MS em comparação à silagem sem aditivo. O benefício dos aditivos pode ser comprovado pela redução de perdas na forma de gases e de efluente, assim como pela menor ocorrência de fermentações indesejáveis, traduzidas pelos menores valores de pH e N-NH₃ (Tabela 2).

A interação entre os aditivos e os níveis de inclusão teve efeito (P<0,05) sobre os teores de matéria orgânica das silagens (Tabela 3). A silagem com adição de farelo de mandioca foi superior às demais, cujos valores foram semelhantes. Os níveis de farelo de mandioca tiveram efeito linear crescente (P<0,05) no teor de matéria orgânica, com acréscimo de 0,18 unidade percentual a cada unidade adicionada ao capim-elefante, enquanto a adição de casca de café teve efeito quadrático (P<0,05), com teor máximo de 90,7% de MO no nível de 19,5% desse aditivo. A inclusão de farelo de cacau também teve efeito quadrático (P<0,05) sobre essa variável, cujo teor mínimo foi estimado em 89,9% no nível de 7,8% de farelo.

Os teores de extrato etéreo (EE) não foram afetados (P>0,05) pela interação entre os aditivos e os níveis de aditivos (Tabela 3). As silagens aditivadas com farelo de cacau apresentaram maiores teores de EE (5,6%), enquanto a adição de farelo de mandioca e casca de café proporcionaram teores semelhantes. O estudo de regressão comprovou efeito quadrático dos aditivos, de modo que o teor máximo foi de 4,9% de EE no nível de 10,2% de aditivo.

Em comparação ao farelo de cacau, o aumento dos níveis de farelo de mandioca e casca de café durante a

Tabela 3 - Composição química das silagens de capim-elefante contendo aditivos

Aditivo	Nível (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
Matéria orgânica (% da MS)							
Farelo de mandioca	90,0	92,0a	93,8a	95,4a	93,7	$\hat{Y} = 90,106 + 0,1787*FM$	0,99
Casca de café	90,0	90,5b	90,8b	90,5b	90,6	$\hat{Y} = 89,984 + 0,078*CC - 0,002*CC^2$	0,99
Farelo de cacau	90,0	89,9b	90,1b	90,7b	90,3	$\hat{Y} = 90,0 - 0,0267*FC + 0,0017*FC^2$	0,99
Média	90,0	90,8	91,6	92,2	91,1		
CV (%)	0,5						
Extrato etéreo (% da MS)							
Farelo de mandioca	4,8	5,1	4,3	3,6	4,3b	-	
Casca de café	4,8	4,6	4,5	3,9	4,3b	-	
Farelo de cacau	4,8	5,3	5,5	6,0	5,6a	-	
Média	4,8	5,0	4,8	4,5	4,8	$\hat{Y} = 4,8057 + 0,0244*X - 0,0012*X^2$	0,96
CV (%)	16,8						
Nutrientes digestíveis totais (%)							
Farelo de mandioca	63,0	72,6a	77,0a	79,7a	76,4	$\hat{Y} = 64,913 + 0,5445*FM$	0,92
Casca de café	63,0	60,0b	55,4b	52,4c	55,9	$\hat{Y} = 63,167 - 0,3655*CC$	0,99
Farelo de cacau	63,0	58,9b	57,4b	57,4b	57,9	$\hat{Y} = 61,96 - 0,1848*FC$	0,80
Média	63,0	63,8	63,3	63,1	63,3		
CV (%)	3,1						

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem (P<0,05) pelo teste Tukey.
*(P<0,05); CV – coeficiente de variação.

ensilagem do capim-elefante ocasionou redução dos teores de EE, o que pode ser explicado pelos menores teores dessa fração no farelo de mandioca e na casca e café (Tabela 1). Ferrari Jr. & Lavezzo (2001), estudando a inclusão de farelo de mandioca (0, 2, 4, 8 e 12% da MN) na ensilagem de capim-elefante, observaram redução de 0,04 unidade percentual no teor de EE da silagem com o aumento das doses desse aditivo.

O aumento do teor de EE nas silagens com a inclusão do farelo de cacau pode ser justificado pelo teor de EE desse subproduto (3,1%, Tabela 1), já que o capim-elefante apresentou menor teor dessa fração (2,7%). Aumento nos teores de EE também foi observado por Pires et al. (2009) utilizando o farelo de cacau como aditivo na ensilagem do capim-elefante.

Verificou-se efeito da interação ($P < 0,05$) entre os aditivos e as doses utilizadas nas silagens para os valores de NDT (Tabela 3). Aumento linear ($P < 0,05$) do NDT foi observado de acordo com as doses de farelo de mandioca empregadas, com acréscimo estimado de 0,54 unidade percentual no valor de NDT por unidade de farelo de mandioca adicionada, enquanto a casca de café e o farelo de cacau apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$), com redução de 0,36 e 0,18 unidades percentuais por unidade de casca de café e farelo de cacau adicionada, respectivamente.

Esse comportamento do teor de NDT conforme os níveis de casca de café e do farelo de cacau deve-se aos elevados teores de NIDA e lignina presentes nos aditivos (Tabela 1). Na estimativa do teor de NDT das silagens, calculada a partir da equação proposta por Weiss et al. (1992) e adaptada pelo NRC (2001), são consideradas a PB verdadeiramente digestível, calculada a partir da fração de NIDA, e a FDN verdadeiramente digestível, que, entre outras frações, leva em consideração o teor de lignina da forragem, afetando negativamente os valores de NDT estimados para as silagens.

Na silagem com farelo de mandioca, a composição em NDT foi maior que nas demais. Em comparação às silagens com farelo de mandioca, aquela sem aditivo apresentou maior teor de nitrogênio amoniacal, maiores perdas por gases e maior produção de efluente, o que caracteriza a ocorrência de fermentações secundárias e maiores perdas físicas na ensilagem, o que poderia justificar seu menor teor de NDT.

Costa et al. (2005) estimaram em 42,4% a composição em NDT de silagens de capim-elefante, valor muito abaixo do estimado neste trabalho, que foi de 63% (Tabela 3). Esse fato pode estar relacionado aos teores de NIDA e de lignina das silagens, que foram mais altos (17,8 e 10,2%, respectivamente) se comparados aos deste estudo, que foram de 11,8% para NIDA e de 5,3% para lignina (Tabelas

4 e 5), fato que afeta diretamente os cálculos de predição das equações propostas pelo NRC (2001).

Observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre os aditivos e os níveis de inclusão sobre os teores de FDN das silagens (Tabela 4). Foi observado efeito linear decrescente ($P < 0,05$) da inclusão de farelo de mandioca nos valores de FDN, que reduziram 1,23 unidade percentual a cada unidade de farelo de mandioca adicionada ao capim-elefante. Essa redução acentuada pode ser explicada pelo efeito de diluição causado, provavelmente, pelo fato de o farelo de mandioca apresentar baixo teor de FDN se comparado ao capim-elefante.

A adição de casca de café não influenciou ($P > 0,05$) os teores de FDN das silagens, cujo valor médio estimado foi de 65%. A semelhança nos teores dessa fração pode ser atribuída ao fato da casca de café apresentar em sua composição valores muito próximos aos encontrados para o capim-elefante (Tabela 1). Contrariamente a esses resultados, Carvalho et al. (2007a) observaram redução de 0,18 unidade percentual nos teores de FDN conforme aumentaram os níveis de casca de café (0; 6; 12; 18 e 24%) na ensilagem de capim-elefante.

Os teores de FDN das silagens reduziram de foram linear ($P < 0,05$) conforme aumentaram os níveis de farelo de cacau na ensilagem; a redução foi de 0,43 unidade percentual a cada unidade de farelo adicionada, possivelmente em razão do menor teor de FDN desse aditivo em comparação ao capim-elefante no momento da ensilagem. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (2007b), que também observaram redução de 0,52 unidade percentual nos valores de FDN de silagens contendo farelo de cacau (0; 7; 14; 21 e 28%).

Os teores de FDA nas silagens de capim-elefante com aditivos foram afetados ($P < 0,05$) pela interação entre os aditivos e seus níveis na silagem (Tabela 4).

A análise de regressão comprovou efeito linear decrescente ($P < 0,05$) dos níveis de farelo de mandioca nos teores de FDA, que reduziram 0,83 unidade percentual a cada unidade de farelo de mandioca adicionada ao capim-elefante. O farelo de mandioca apresentou teor de FDA 34 pontos percentuais menor que o do capim-elefante (Tabela 1), o que, possivelmente, contribuiu para a redução desse componente, representando um indicativo de melhor qualidade das silagens que continham aditivo.

Os teores de FDA das silagens foram influenciados ($P < 0,05$) pelos níveis de casca de café, uma vez que, na análise de regressão, detectou-se efeito linear crescente, com acréscimo de 0,27 unidade percentual a cada unidade de casca de café adicionada, enquanto a adição do farelo de cacau promoveu efeito quadrático ($P < 0,05$), com teor mínimo de FDA estimado em 38,7% para o nível de 17,4% desse

Tabela 4 - Componentes da parede celular das silagens de capim-elefante contendo diferentes aditivos vegetais

Aditivo	Nível (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
Fibra em detergente neutro (% na MS)							
Farelo de mandioca	65,1	46,0c	33,0c	28,3c	35,8	$\hat{Y} = 61,587 - 1,2326*FM$	0,93
Casca de café	65,1	64,5a	66,6a	64,7a	65,3	$\hat{Y} = \bar{Y} = 65,3$	-
Farelo de cacau	65,1	57,5b	52,9b	52,3b	54,2	$\hat{Y} = 63,398 - 0,431*FC$	0,88
Média	65,1	56,0	50,8	48,4	55,1		
CV (%)	4,6						
Fibra em detergente ácido (% na MS)							
Farelo de mandioca	42,1	30,0b	22,5c	17,1c	23,2	$\hat{Y} = 40,344 - 0,8274*FM$	0,96
Casca de café	42,1	44,0a	47,1a	50,1a	47,1	$\hat{Y} = 41,767 + 0,2704*CC$	0,98
Farelo de cacau	42,1	39,4a	38,7b	40,5b	39,6	$\hat{Y} = 42,147 - 0,393*FC + 0,0113*FC^2$	0,99
Média	42,1	37,8	36,1	35,9	38,0		
CV (%)	12,0						
Celulose (% na MS)							
Farelo de mandioca	34,5	25,5b	19,0c	15,0c	19,8	$\hat{Y} = 33,779 - 0,6722*FM$	0,96
Casca de café	34,5	34,5a	34,4a	34,6a	34,5	$\hat{Y} = \bar{Y} = 34,5$	-
Farelo de cacau	34,5	28,3b	26,6b	26,4b	27,1	$\hat{Y} = 34,35 - 0,7078*FC + 0,015*FC^2$	0,98
Média	34,5	29,5	26,7	25,3	29,2		
CV (%)	11,4						
Hemicelulose (% na MS)							
Farelo de mandioca	22,9	15,9	10,5	11,3	12,6b		
Casca de café	22,9	20,5	19,6	14,6	18,2a		
Farelo de cacau	22,9	18,1	14,2	11,7	14,6b		
Média	22,9	18,2	14,7	12,5	17,1	$\hat{Y} = 22,31 - 0,3475*X$	0,97
CV (%)	23,1						
Lignina (% na MS)							
Farelo de mandioca	5,3	3,3b	2,7b	2,1b	2,7	$\hat{Y} = 4,8873 - 0,1017*FM$	0,89
Casca de café	5,3	8,1a	11,4a	13,5a	11,0	$\hat{Y} = 5,3956 + 0,2797*CC$	0,99
Farelo de cacau	5,3	10,0a	12,4a	13,5a	12,0	$\hat{Y} = 6,2582 + 0,2709*FC$	0,91
Média	5,3	7,1	8,9	9,7	7,8		
CV (%)	17,1						

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. * ($P < 0,05$); CV – coeficiente de variação.

aditivo. Essa resposta pode estar associada aos teores de FDA do farelo de cacau (32,6%) e do capim-elefante *in natura* (40,9%), que são diferentes, diminuindo essa fração nas silagens aditivadas.

O acréscimo nos teores de FDA com a inclusão de casca de café pode ser explicado pelo teor de FDA desse aditivo, que é superior ao do capim-elefante no momento da ensilagem, ocorrendo efeito de adição. Bernadino et al. (2005) não observaram influência da adição de casca de café nos valores de FDA da silagem de capim-elefante ensilado com 12,4% de MS.

Ferrari Jr. & Lavezzo (2001), trabalhando com capim-elefante (18,7% de MS) emurchecido ou acrescido de farelo de mandioca (0; 2; 4; 8 e 12%), registraram tendência de decréscimo no valor de FDA – de 48,3% nas silagens sem farelo de mandioca para 41,0% nas silagens com 12% desse aditivo –, fato também observado neste estudo com a utilização desse mesmo aditivo.

A interação entre os aditivos e os níveis utilizados influenciou ($P < 0,05$) a composição em celulose (Tabela 4).

Empregando-se o nível de 10%, os farelos de mandioca e de cacau proporcionaram menores valores dessa fração (25,5 e 28,3%, respectivamente), enquanto nas doses de 20 e 30%, o farelo de mandioca conferiu os menores teores de celulose. A equação de regressão comprovou efeito linear decrescente ($P < 0,05$) Da adição de farelo de mandioca sobre a redução de 0,67 unidade percentual na composição em celulose a cada unidade desse aditivo, enquanto a adição de casca de café não influenciou ($P > 0,05$) os valores dessa fração, que foram de 34,5%.

A adição de farelo de cacau teve efeito quadrático ($P < 0,05$) nos teores de celulose, cujo teor mínimo estimado foi de 26% para o nível de 23,6% de farelo. Esses resultados podem ser explicados pela presença de baixos teores dessa fração, tanto no farelo de mandioca como na casca de café e no farelo de cacau (Tabela 1).

A análise estatística dos dados observados de hemicelulose das silagens de capim-elefante não revelou efeito ($P > 0,05$) da interação entre os aditivos e as doses estudadas (Tabela 4). A análise de regressão detectou

efeito linear decrescente ($P < 0,05$), com redução estimada média de 0,35 unidade percentual para cada unidade de aditivo adicionada ao capim-elefante no momento da ensilagem. A silagem contendo casca de café apresentou o valor mais alto de hemicelulose (18,2% na MS), ao passo que nas demais os valores foram semelhantes (12,6 e 14,6%, respectivamente).

A análise estatística dos dados de lignina das silagens de capim-elefante revelou efeito ($P < 0,05$) da interação entre os aditivos e os níveis de inclusão. O farelo de mandioca, em todas os níveis, proporcionou os menores teores dessa fração (Tabela 4).

Efeito linear decrescente ($P < 0,05$) da inclusão de farelo de mandioca foi observado nos teores de lignina das silagens, que reduziram 0,10 unidade percentual a cada unidade de farelo de mandioca adicionada no momento da ensilagem. Como no farelo de mandioca, o teor de lignina é 3,8% inferior ao do capim-elefante (Tabela 1), acredita-se que a inclusão desse aditivo tenha sido o fator determinante da redução dessa fração, pelo efeito de diluição.

A casca de café e o farelo de cacau tiveram efeito linear crescente ($P < 0,05$) sobre os teores de lignina. Para ambos os aditivos, foram estimados acréscimos respectivos de 0,28 e 0,27 unidade percentual a cada unidade de aditivo utilizada, que podem ser explicados pelos altos teores dessa fração nesses aditivos em comparação aos do capim-elefante no momento da ensilagem. Resultado próximo ao encontrado neste trabalho foi relatado por Carvalho et al. (2007b), que ensilaram capim-elefante com farelo de cacau (0; 7; 14; 21 e 28% da MN) e observaram aumento de 0,35 unidade percentual no teor de lignina.

Bernardino et al. (2005) adicionaram 10; 20; 30 e 40% de casca de café à silagem de capim-elefante, também constataram aumento linear dos teores de lignina, com acréscimo de 0,14 unidade percentual a cada unidade de casca adicionada.

Na análise do nitrogênio total, foi detectado efeito ($P < 0,05$) da interação entre os aditivos e os níveis de inclusão (Tabela 5). A adição de farelo de mandioca reduziu linearmente ($P < 0,05$) os teores de nitrogênio total das silagens, causando redução de 0,01 unidade percentual a cada unidade de inclusão do aditivo. No farelo de mandioca, os teores de nitrogênio total foram muito baixos (Tabela 1), o que pode ter favorecido a redução desse nutriente nas silagens aditivadas, caracterizando efeito de diluição.

Para a adição de casca de café, também foi observado efeito linear ($P < 0,05$), porém com aumento estimado de 0,02 unidade percentual do nitrogênio total para cada unidade de casca de café adicionada ao capim-elefante no momento da ensilagem. Isso pode ser explicado pelo maior

teor de nitrogênio total na casca de café (Tabela 1) em relação ao capim-elefante, causando efeito de adição do nutriente. Resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho et al. (2007b), que, ao estudarem a adição de farelo de cacau (0, 7; 14; 21 e 28% da MN) na ensilagem de capim-elefante (20% de MS), observaram aumento de 0,9 para 1,7% no nitrogênio total das silagens com 28% de farelo de cacau.

O teor de nitrogênio total das silagens com farelo de cacau comportou-se de forma quadrática ($P < 0,05$) de acordo com os níveis desse aditivo, de modo que, para atingir seu valor máximo (2,2%), o nível máximo de farelo de cacau deve ser de 24% para evitar redução dessa fração. Dos três aditivos, o farelo de cacau foi o que apresentou maior teor de nitrogênio total (3%), o que pode ter favorecido o aumento dos teores proteicos das silagens, melhorando seu valor nutritivo. Na silagem controle, os teores de nitrogênio total foram bem próximos dos encontrados no capim-elefante antes da ensilagem, contudo foram observados menores teores desse nutriente na silagem sem aditivos, o que, segundo Carvalho et al. (2007b), pode ser atribuído à produção de efluente que provoca perdas de nutrientes.

Houve interação entre os aditivos e os níveis adicionados à silagem ($P < 0,05$) sobre os teores de NIDN. As silagens com farelo de mandioca apresentaram os menores teores dessa fração, enquanto o farelo de cacau favoreceu a ocorrência de teores mais elevados (Tabela 5). Pela análise de regressão dos teores de NIDN, os níveis de farelo de mandioca tiveram efeito linear crescente ($P < 0,05$), provocando aumento de 0,21 unidade percentual nos valores de NIDN a cada unidade de farelo de mandioca adicionada.

Com a inclusão de casca de café e farelo de cacau, os valores de NIDN ajustaram-se de modo quadrático ($P < 0,05$), com valores máximos estimados em 47,7 e 56,9% de NIDN no nível de 24%, tanto de casca de café quanto de farelo de cacau, respectivamente. Esses aumentos nos teores de NIDN podem ser atribuídos aos elevados teores dessa fração na casca de café (60,8%) e no farelo de cacau (46,3%) em relação ao capim-elefante *in natura* (16,2%) (Tabela 1). Carvalho et al. (2007b), estudando a adição de casca de café na ensilagem de capim-elefante, verificaram comportamento semelhante ao encontrado neste estudo, com valor máximo estimado de 31,7% de NIDN com a inclusão do nível de 22,5%.

A interação dos aditivos e os níveis utilizados tiveram efeito ($P < 0,05$) sobre os teores de NIDA das silagens de capim-elefante. Os de farelo de mandioca tiveram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) sobre essa variável, cuja redução foi estimada em 0,17 unidade percentual a cada unidade adicionada desse aditivo. Por outro lado, a utilização de casca de café e farelo de cacau proporcionou efeito inverso,

Tabela 5 - Composição proteica das silagens contendo diferentes aditivos vegetais

Aditivo	Nível (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
Nitrogênio total (% na MS)							
Farelo de mandioca	1,0	1,0c	0,9c	0,7c	0,9	$\hat{Y} = 1,0544 - 0,0103*FM$	0,97
Casca de café	1,0	1,2b	1,4b	1,5b	1,4	$\hat{Y} = 1,0415 + 0,0162*CC$	0,97
Farelo de cacau	1,0	1,9a	2,0a	2,2a	2,0	$\hat{Y} = 1,068 + 0,0888*FC - 0,0018*FC^2$	0,97
Média	1,0	1,3	1,4	1,5	1,3		
CV (%)	8,3						
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (% do NT)							
Farelo de mandioca	18,5	17,2c	22,7c	23,7c	21,2	$\hat{Y} = 17,377 + 0,2106*FM$	0,73
Casca de café	18,5	40,7b	44,3b	46,7b	43,9	$\hat{Y} = 19,391 + 2,365*CC - 0,0495*CC^2$	0,97
Farelo de cacau	18,5	49,4a	50,6a	56,7a	52,2	$\hat{Y} = 20,271 + 3,0158*FC - 0,062*FC^2$	0,93
Média	18,5	35,8	39,2	42,3	34,0		
CV (%)	3,8						
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (% do NT)							
Farelo de mandioca	11,8	10,4c	8,9c	6,7c	8,7	$\hat{Y} = 11,97 - 0,1677*FM$	0,98
Casca de café	11,8	21,4b	27,8b	28,9b	26,0	$\hat{Y} = 13,818 + 0,5774*CC$	0,90
Farelo de cacau	11,8	25,5a	34,4a	41,6a	33,8	$\hat{Y} = 13,595 + 0,983*FC$	0,98
Média	11,8	19,1	23,7	25,8	20,1		
CV (%)	12,8						

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. * ($P < 0,05$); CV – coeficiente de variação.

com aumento linear crescente ($P < 0,05$) em resposta aos níveis desses aditivos. Para a casca de café, o aumento foi estimado em 0,58 unidade percentual a cada unidade adicionada, enquanto o farelo de cacau promoveu acréscimo de 0,98 unidade percentual por unidade adicionada, fato explicado pelos maiores valores de NIDA desses aditivos em relação ao do capim-elefante no momento da ensilagem (Tabela 1).

Conclusões

Os farelos de mandioca e de cacau e a casca de café são eficientes como aditivos, pois reduzem o teor de umidade das silagens de capim-elefante e eliminam totalmente as perdas por efluente a partir das doses de 14,2, 26,3 e 30%, respectivamente. Esses aditivos melhoram as características fermentativas das silagens, diminuindo os valores de pH e os teores de nitrogênio amoniacal. Entre eles, o farelo de mandioca proporciona os menores teores da fibra em detergente neutro e lignina. O farelo de cacau ocasiona aumento do nitrogênio total, porém a elevação dos teores de nitrogênio indisponível aos ruminantes é um fator limitante.

Referências

AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.F.; NUSSIO, L.G. et al. Efeito do tamanho de partícula na composição da fração nitrogenada de silagem de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2001. p.314-318.

ANDRADE, J.B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do capim-elefante. I. Composição bromatológica das forragens e das

respectivas silagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.11, p.1859-1872, 1998.

- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2185-2291, 2005.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Fracionamento de carboidratos de silagens de capim-elefante emurchecido ou com farelo de cacau. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007a (supl.1).
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurchecido ou com adição de farelo de cacau. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1495-1501, 2007b (supl.1).
- COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.1, p.280-287, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- EVANGELISTA, A.R.; PERON, A.J.; AMARAL, P.N.C. Forrageiras não convencionais para silagem – mitos e realidades. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV, 2004. p.463-507.
- FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) emurchecido ou acrescido de farelo de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.
- FRANSEN, S.C.; STRUBI, F.J. Relationships among absorbents on the reduction of grass silage effluent and silage quality. *Journal of Dairy Science*, v.81, n.10, p.2633-2644, 1998.
- JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.60, n.1, p.73-81, 1995.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 226p.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements so dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 450p.
- PEREIRA, O.G.; SANTOS, E.M. Microbiologia e o processo de fermentação em silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2006. p.393-430.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.34-39, 2009.
- SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- SOUZA, A.L.; BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.
- TEIXEIRA, F.A.; SANTOS, L.C.; NASCIMENTO, P.V.N. et al. Perdas por nitrogênio amoniacal em silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) acrescido de farelo de cacau (*Theobroma cacao*). **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.6, n.11, p.1-6, 2005.
- TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. **Características para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20p. (Documentos, 57).
- WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.S. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, p.95-110, 1992.