

Caracterização nutricional de silagens do coproduto da pupunha

Nutritional characterization of co-product silages of peyibaye

OLIVEIRA, Leandro Silva¹; PEREIRA, Luiz Gustavo Ribeiro²; AZEVEDO, José Augusto Gomes³; PEDREIRA, Márcio dos Santos⁴; LOURES, Daniele Rebouças Santana⁵; BOMFIM, Marco Aurélio Delmondes¹; BARREIROS, Diego Cabral⁴; BRITO, Roberta Lomonte Lemos de¹

¹Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, Ceará, Brasil.

²Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

³Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Ilhéus, Bahia, Brasil.

⁴Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga, Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Itapetinga, Bahia, Brasil.

⁵Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Universitário, Centro de Ciência Agrárias Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

*Endereço para correspondência: augustog@uesc.br

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a dinâmica de fermentação, a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens do coproduto da pupunha. Os tratamentos constituíram-se no coproduto da pupunha: *in natura*, emurchecido, com 10% de farelo de mandioca, com 10% de fubá de milho, com 10% de torta de dendê e com 1% de uréia. Os silos experimentais foram abertos com 1; 3; 5; 7; 14; 28 e 56 dias. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 7 (tratamentos e períodos de fermentação) com duas repetições. O pH variou de 3,78 a 3,93. As silagens com farelo de mandioca ou fubá de milho apresentaram menores concentrações de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulose e lignina. Houve redução nos teores de matéria seca no decorrer da abertura dos silos. O teor de proteína bruta da silagem com uréia foi superior. A adição de farelo de mandioca ou fubá de milho aumentou a DIVMS. As silagens apresentaram valores adequados de nitrogênio amoniacal. O coproduto da extração do palmito da pupunha apresenta potencial de conservação na forma de silagem, e a adição de farelo de mandioca melhora o seu valor nutritivo.

Palavras-chave: aditivos, composição química, digestibilidade, nutrição, ruminantes

SUMMARY

The objective in this work was to evaluate the fermentation kinetic; chemical composition and "in vitro" dry matter digestibility (IVDMD) of co-product silage from the extraction of peyibaye palmetto. The experimental treatments utilized were co-product extraction of peyibaye palmetto: *in nature*, with 10% of cassava meal, with 10% of corn meal, with 10% of palm kernel cake, with 1% of urea and wilted. The silos were opened after 1; 3; 5; 7, 14, 28 and 56 days. The experimental design utilized was a completely randomized design with factorial 6 x 7 (treatments and days after silage), with two repetitions. The pH ranged from 3.78 to 3.93. The silage with cassava or corn meal had less concentration of neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose and lignin. The content of crude protein of the silage with urea was greater than the other treatments. The additions of cassava or corn meal result in increase of IVDMD percentage. The silages showed appropriate values of ammonia nitrogen. The co-product silage of peyibaye palmetto extraction has conservation potential in silage form, and the addition of 10% of cassava meal improved its quality.

Keywords: additives, chemical composition, digestibility, nutrition, ruminant.

INTRODUÇÃO

A cultura da pupunha (*Bactris gasipaes*, Kunth) para produção de palmito tem se expandido no Brasil, devido a uma série de vantagens em comparação à de espécies tradicionalmente utilizadas para essa atividade (VEGA et al., 2004). No entanto, existe uma preocupação com a grande quantidade de coprodutos (como: folhas, caules e bainhas) desprezada, durante o processamento para a retirada do palmito.

Os trabalhos indicam que os coprodutos da pupunha apresentam valor nutritivo e potencial para serem utilizados nas dietas de ruminantes. Pereira et al. (2006), em análise da bainha do palmito, observaram conteúdo de 10,6% de matéria seca (MS); 9,6% de proteína bruta (PB); 61,6% de fibra em detergente neutro (FDN); 38,0% de fibra em detergente ácido (FDA) e 74,2% de digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), características de um volumoso de boa qualidade. Rombola et al. (2003) constataram que até 40% de substituição da silagem de milho pelo coproduto da pupunha não afeta a digestibilidade dos constituintes químicos da dieta.

A possibilidade de conservar esses produtos na forma de silagem é uma alternativa para serem fornecidos aos ruminantes durante períodos de menor disponibilidade de recursos forrageiros. No entanto, alguns artifícios têm que ser utilizados, já que a composição química desses coprodutos na forma *in natura* não possibilita fermentação adequada.

Segundo Pinho et al. (2008), alternativas para aumentar o teor de matéria seca e o aporte de carboidratos solúveis no material a ser ensilado têm sido amplamente estudadas em todo o país. Porém, o uso de recursos naturais, disponíveis regionalmente, como

aditivos estimulantes da fermentação, inibidores da deterioração aeróbia, nutritivos e absorventes de umidade para o processo de ensilagem, devem ser priorizados. Além disso, o aditivo deve ser de baixo custo e de fácil aquisição e manipulação.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar a dinâmica de fermentação, a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens de coproduto (bainha), oriundo da extração do palmito da pupunha, *in natura*, emurhecido e aditivado com farelo de mandioca, fubá de milho, torta de dendê e uréia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos Laboratórios de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Ilhéus – Bahia e do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos e Ovinos, Sobral - Ceará.

O coproduto agroindustrial da extração do palmito da pupunha, constituído da bainha (entrecasca), foi cedido pela Empresa Inaceres LTDA, localizada no município de Uruçuca, na região sul da Bahia. O material foi picado a 2cm em picadeira estacionária e, em seguida, foi pesado e amontoado em seis porções distintas, nas dependências da Empresa, para preparação dos tratamentos a serem ensilados.

Os aditivos utilizados foram: farelo de mandioca, fubá de milho, torta de dendê e uréia. Os aditivos foram acrescentados ao coproduto da pupunha momentos antes da ensilagem, em quantidade calculada em referência ao peso da matéria natural. Para realização do emurhecimento, o coproduto foi espalhado de forma homogênea, sobre o chão de alvenaria, por um período de 4

horas. Uma quantidade de cada tratamento foi amostrada para ser analisada como material original (Tabela 1).

Os silos experimentais foram confeccionados com o uso de canos de

policloreto de vinil "PVC", com 10cm de diâmetro e 40cm de comprimento, com tampa adaptada com válvula tipo "Bunsen" para permitir o escape dos gases e com capacidade para aproximadamente 2,5 a 3kg de silagem.

Tabela 1. Composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do co-produto da pupunha e dos aditivos absorventes

Itens	Co-produto <i>in natura</i>	Farelo de mandioca	Fubá de milho	Torta de dendê
MS ¹	14,34	92,62	91,65	90,45
MO ²	95,29	99,03	96,12	96,99
PB ²	4,45	1,39	10,44	13,84
FDN ²	72,33	31,33	26,37	75,16
FDA ²	52,4	9,44	6,25	51,98
HEM ²	19,93	21,89	20,12	23,18
CEL ²	45,31	6,1	6,15	37,6
LIG ²	6,83	2,64	0,36	13,97
CT ^{2,3}	--	96,44	81,61	76,35
CNF ^{2,3}	--	65,11	55,24	1,19
DIVMS ¹	54,03	84,58	77,53	41,37

¹%; ²% da MS e ³valores estimados.

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido, HEM = hemicelulose, CEL = celulose, LIG = lignina, CT = carboidratos totais, CNF = carboidratos não fibrosos.

A compactação da massa ensilada foi realizada com um bastão de madeira, com acomodações de camadas de aproximadamente 10cm de espessura com o objetivo de se atingir densidade de 500 a 600kg/m³ de forragem. Após a acomodação final do material, os silos foram fechados e vedados com fitas adesivas e pesados, para, em seguida, serem transportados ao Laboratório de Nutrição Animal da UESC, onde permaneceram à temperatura ambiente até o momento das aberturas.

Antes de cada abertura, os silos foram novamente pesados, e todo o conteúdo foi despejado em badeja plástica e homogeneizado, com retirada de duas amostras para posteriores análises.

A primeira amostra foi submetida à prensa hidráulica, com obtenção de

extrato da silagem com finalidade de determinar a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃/NT), mediante utilização do óxido de magnésio, cloreto de cálcio (AOAC, 1980) e do pH com o uso de um potenciômetro (SILVA & QUEIROZ, 2002).

O material original e a silagem de cada tratamento foram dispostos em bandejas de alumínio, pesadas e mantidas em estufa de ventilação forçada e temperatura controlada de 55-60°C, por 72 horas. Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa e deixadas por duas horas em temperatura ambiente e posteriormente foram pesadas, moídas em moinho tipo Willey provido de peneira com crivos de 1mm e acondicionadas em potes de polietileno para posteriores análises.

Estimou-se o conteúdo de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em ácido sulfúrico e celulose das silagens, do coproduto da pupunha e dos aditivos, conforme metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de hemicelulose foram calculados por diferença entre FDN e FDA. Para a obtenção da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foram seguidas as recomendações propostas por Tilley & Terry (1963).

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 6 x 7 (seis tratamentos x sete períodos de fermentação) com duas repetições. Os tratamentos experimentais foram: coproduto do palmito da pupunha *in natura*; coproduto + 10% de farelo de mandioca (farelo da casca e aparas de mandioca desidratados); coproduto + 10% de fubá de milho; coproduto + 10% de torta de dendê; coproduto + 1% de uréia e coproduto emurhecido. Os períodos de fermentação da ensilagem do coproduto da pupunha foram 1; 3; 5; 7; 14; 28 e 56 dias.

Os dados foram analisados pelos procedimentos da análise de variância e regressão. Realizou-se o estudo para verificar se as pressuposições de distribuição normal de aditividade e de homocedasticidade dos dados foram atendidas.

Para os fatores qualitativos (silagens com e sem aditivo e emurhecida), as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Enquanto que, para os fatores quantitativos (tempo de fermentação em dias), procedeu-se à análise de regressão polinomial. Testou-se o modelo de regressão linear simples ($\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1x$) e, em seguida, foi testado o modelo de segundo grau ($\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$), em

que se considerou “ \hat{Y} ” como variável dependente e “ x ” como variável independente, além de “ $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ” como coeficientes médio, de efeito linear e de efeito quadrático, respectivamente. Diante da semelhança estatística de dois modelos, optou-se pelo de menor ordem. Considerou-se tendência significativa aquela cujo modelo ajustado obteve $P < 0,05$. Como medida de precisão do modelo, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2/r^2). Empregou-se, como ferramenta de auxílio, o programa SAEG versão 9.0 (SAEG, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos na silagem e o dia de fermentação das silagens para as concentrações de PB, Hemicelulose, $N-NH_3/NT$ e DIVMS (Tabela 2).

Independente do dia de fermentação, a adição de 1% de uréia foi o aditivo com maior ($P < 0,05$) conteúdo de PB em relação aos demais e chegou a uma superioridade de 6,7 vezes em relação ao aditivo farelo de mandioca no 28º dia de fermentação.

Os tratamentos com fubá de milho e torta de dendê não diferiram entre si ($P > 0,05$) para o conteúdo de PB, em todos os dias de fermentação e foram superiores ($P < 0,05$) aos tratamentos com silagens *in natura*, emurhecida e aditivada com farelo de mandioca, que também se apresentaram semelhantes ($P > 0,05$) entre si, em todos os dias de fermentação, com exceção dos dias 3º e 28º dia, já que o conteúdo de PB do tratamento com mandioca foi inferior ($P < 0,05$) aos tratamentos com silagens *in natura* e emurhecida. De acordo com Sampaio et al. (2009), a dieta deve

conter, no mínimo, 7% de PB para o fornecimento de nitrogênio suficiente para uma efetiva fermentação microbiana, e, assim, somente as silagens aditivadas com uréia, fubá de milho e torta de dendê atenderam a esse requisito.

O período de fermentação não exerceu efeito sobre os conteúdos de PB nas

silagens que foram aditivadas com farelo de mandioca, fubá de milho, torta de dendê e a silagem emurchecida, com conteúdos médios de 3,65; 7,09, 7,79 e 4,35% na MS ao longo dos dias de fermentação das silagens, respectivamente.

Tabela 2. Conteúdo de proteína bruta (PB) de silagens do coproduto da pupunha em função dos dias de fermentação

Tratamentos	Dia de fermentação (d)								Regressão ¹	R ²
	0	1°	3°	5°	7°	14°	28°	56°		
<i>In natura</i>	4,45 ^c	3,96 ^c	4,22 ^c	4,27 ^c	4,50 ^c	4,75 ^c	5,18 ^c	5,01 ^c	1	0,85
Farelo de mandioca	3,53 ^c	3,60 ^c	3,48 ^d	3,55 ^c	4,16 ^c	3,84 ^c	3,44 ^d	3,61 ^c	$\hat{Y} = 3,65$	ns
Fubá de milho	6,70 ^b	7,13 ^b	6,85 ^b	7,40 ^b	6,96 ^b	6,56 ^b	7,62 ^b	7,50 ^b	$\hat{Y} = 7,09$	ns
Torta de dendê	7,74 ^b	7,61 ^b	7,34 ^b	8,08 ^b	7,53 ^b	7,90 ^b	8,19 ^b	7,94 ^b	$\hat{Y} = 7,79$	ns
Uréia	18,66 ^a	19,11 ^a	20,38 ^a	21,18 ^a	21,23 ^a	20,87 ^a	23,00 ^a	22,63 ^a	2	0,85
Emurchecido	3,94 ^c	4,02 ^c	4,29 ^c	4,39 ^c	4,65 ^c	4,64 ^c	4,43 ^c	4,47 ^c	$\hat{Y} = 4,35$	ns
CV (%)	8,38	13,47	3,04	4,73	7,20	6,96	4,58	5,17	-	-

^{a,b,c,d}Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

¹Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"; ns – Não significativo.

1- $\hat{Y} = 4,12094 + 0,05521d - 0,00069799d^2$; 2- $\hat{Y} = 19,35206 + 0,20207d - 0,00257d^2$

Observou-se comportamento quadrático para o conteúdo protéico dessas silagens, durante o período de fermentação. Estimativas para o ponto de máximo conteúdo de PB estiveram próximas a 40 dias de fermentação.

Houve interação (P<0,05) entre o dia de fermentação e tratamento para o conteúdo de hemicelulose (Tabela 3). Diferenças significativas nos conteúdos de hemicelulose entre os tratamentos foram observadas no 1°, 28° e 56° dias de fermentação das silagens, em que a silagem aditivada com farelo de mandioca manteve-se entre as silagens que apresentaram os menores valores (P<0,05) para os respectivos dias. No 28° dia, o tratamento com adição de

farelo mandioca reduziu o conteúdo de hemicelulose, em até 32,11%, em relação aos demais tratamentos, que obtiveram um teor médio de 13,99% na MS. Ao 56° dia de fermentação, a silagem com torta de dendê apresentou a maior concentração de hemicelulose.

A maior concentração da hemicelulose no último dia de fermentação da silagem aditivada com torta de dendê pode ser justificada pela maior concentração de lignina nesse tratamento, o que leva à hipótese da proteção da hemicelulose pela lignina que dificulta a atuação das enzimas específicas na degradação dessas ao longo do dia de fermentação das silagens (VAN SOEST et al., 1994).

Tabela 3. Conteúdo de hemicelulose de silagens do coproduto da pupunha em função dos dias de fermentação

Silagem	Dia de fermentação (d)								Regressão ¹	R ² /r ²
	0	1 ^o	3 ^o	5 ^o	7 ^o	14 ^o	28 ^o	56 ^o		
<i>In natura</i>	19,93	18,59 ^b	14,47	16,83	13,03	13,18	14,47 ^a	13,47 ^c	$\hat{Y} = 15,51$	ns
Farelo de mandioca	19,32	17,56 ^b	13,72	13,46	10,97	10,29	9,50 ^b	10,82 ^c	1	0,77
Fubá de milho	23,48	25,43 ^a	15,72	17,50	14,24	13,63	13,46 ^a	14,91 ^b	2	0,61
Torta de dendê	18,96	19,78 ^b	19,10	17,48	16,47	15,64	14,80 ^a	16,83 ^a	3	0,89
Uréia	18,38	16,70 ^b	16,53	15,10	14,99	11,46	13,75 ^a	12,44 ^c	4	0,47
Emurhecido	20,43	18,37 ^b	16,25	15,56	14,20	12,56	13,39 ^a	12,23 ^c	5	0,75
CV (%)	6,79	8,81	13,83	7,78	15,15	8,91	9,54	4,01	-	-

^{a,b,c}Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

¹Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”; ns – Não significativo.

1- $\hat{Y} = 16,85782 - 0,55542d + 0,00811d^2$; 2- $\hat{Y} = 21,49214 - 0,65397d + 0,00975d^2$; 3- $\hat{Y} = 19,31597 - 0,31490d + 0,00486d^2$; 4- $\hat{Y} = 16,08755 - 0,0822d$; 5- $\hat{Y} = 18,18095 - 0,38527d + 0,0051d^2$

As equações ajustadas para o conteúdo de hemicelulose ao longo dos dias de fermentação das silagens comportaram-se de forma semelhante para os tratamentos com mandioca, milho, dendê e emurhecido, já que apresentaram declínio progressivo a partir do 32^o dia de fermentação, aproximadamente, e, em todos os tratamentos, o conteúdo de hemicelulose no 56^o dia de fermentação foi menor do que o observado no dia zero. Jayme et al. (2007), em avaliação das características fermentativas da ensilagem de cinco híbridos de *Sorghum bicolor x Sorghum sudanense*, observaram que a concentração de hemicelulose não apresentou variação significativa entre os períodos de fermentação, porém eles relataram que, aos 56 dias de ensilagem, a maioria dos híbridos tenderam a apresentar menor teor de hemicelulose em comparação à concentração do dia zero. Para esses autores, essa tendência se explica pela quebra da hemicelulose durante o processo fermentativo, o que fornece açúcares adicionais para a fermentação láctica.

Após a utilização dos carboidratos solúveis do material original, a hemicelulose pode sofrer hidrólise

ácida e liberar componentes solúveis para fermentação (ÁVILA et al., 2003). Assim, a redução do conteúdo da hemicelulose pode ser explicada por sua hidrólise, que, segundo McDonald et al. (1991), é influenciada por diversos fatores, tais como: atividade enzimática da hemicelulase presente na forragem e produzida pelas bactérias e a hidrólise ácida por causa da presença de ácidos orgânicos produzidos durante o processo de fermentação.

Entre as silagens, aquela aditivada com uréia foi a única que apresentou comportamento linear em que concentração de hemicelulose diminuiu durante o período de fermentação, e, para cada dia de fermentação, o conteúdo reduzia em 0,0822% de hemicelulose na MS, a partir do dia inicial que apresentou média de 16,09% de hemicelulose na MS.

Apenas no 3^o e 5^o dia de fermentação não houve diferenças significativas (P>0,05) entre os tratamentos para valores de N-NH₃/NT (Tabela 4). No primeiro dia de fermentação, a adição do farelo de mandioca apresentou maior (P<0,05) conteúdo de N-NH₃/NT em relação aos outros tratamentos. Nos dias 7, 14 e 28 de fermentação das

silagens, os tratamentos com 10% de torta de dendê e 1% de uréia, respectivamente, apresentaram os menores ($P < 0,05$) conteúdos de $N-NH_3/NT$ com médias de 3,92; 3,94 e 4,21%, respectivamente.

No 56° dia de fermentação, o tratamento com 10% de fubá de milho apresentou o maior ($P < 0,05$) valor de $N-NH_3/NT$, e isso representou 150% a mais em relação à média dos tratamentos que tiveram os menores valores.

Tabela 4. Conteúdo de $N-NH_3/NT$ das silagens do coproduto da pupunha em função dos dias de fermentação

Silagem	Dia de fermentação (d)							Regressão ¹	R ² /r ²
	1°	3°	5°	7°	14°	28°	56°		
<i>In natura</i>	5,07 ^b	6,26	6,90	7,42 ^a	8,84 ^a	8,94 ^a	10,04 ^b	1	0,89
Farelo de mandioca	6,10 ^a	8,07	8,34	8,22 ^a	9,58 ^a	10,02 ^a	10,22 ^b	2	0,84
Fubá de milho	3,10 ^c	4,91	5,44	6,50 ^a	9,25 ^a	11,22 ^a	14,83 ^a	3	0,98
Torta de dendê	2,45 ^c	3,10	3,06	3,48 ^b	3,99 ^b	4,21 ^c	5,81 ^c	4	0,94
Uréia	3,41 ^c	3,66	4,02	4,36 ^b	3,90 ^b	4,21 ^c	4,90 ^c	5	0,70
Emurchecido	4,48 ^b	5,88	6,02	6,54 ^a	7,40 ^a	7,05 ^b	7,07 ^c	6	0,71
CV (%)	7,95	11,22	8,61	13,21	11,61	13,37	6,97	-	-

^{a,b,c}Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$);

¹Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"; 1- $\hat{Y} = 5,63362 + 0,21265d - 0,00244d^2$; 2- $\hat{Y} = 6,93562 + 0,19744d - 0,00251d^2$; 3- $\hat{Y} = 3,48362 + 0,40592d - 0,00367d^2$; 4- $\hat{Y} = 2,85557 + 0,5347d$; 5- $\hat{Y} = 3,73924 + 0,02053d$; 6- $\hat{Y} = 5,19411 + 0,1466d - 0,00206d^2$

Os valores de $N-NH_3/NT$ obtidos para todas as silagens, com exceção da aditivada com fubá de milho, no último dia de fermentação (56° dia), estão abaixo da faixa ideal (10%) relatada por Tomich et al. (2003) para silagens consideradas de boa qualidade. Para Texeira et al. (2008), a concentração de $N-NH_3/NT$ pode ser explicada pela concentração de MS, a qual pode reduzir a atividade de bactérias do gênero *Clostridium*, promotoras da proteólise e da liberação do $N-NH_3/NT$ durante o processo de ensilagem. Outro fator que também pode ter contribuído para os baixos teores de $N-NH_3/NT$ foram os baixos valores do pH ao longo dos dias de fermentação das silagens. Isso porque a rápida inibição da atividade proteolítica da planta e dos clostrídeos requer queda rápida do pH logo após a ensilagem.

O efeito do dia de fermentação das silagens sobre a variação de $N-NH_3/NT$ foi verificado para todos os tratamentos, cujos dados se ajustaram ao modelo quadrático para as silagens *in natura*, emurchecida e aditivada com mandioca e milho, enquanto que, para os tratamentos com silagens aditivadas com dendê e uréia, o modelo que melhor se ajustou foi o linear crescente (Tabela 4).

Ávila et al. (2003), em trabalho com doses crescentes de diferentes aditivos (fubá de milho, farelo de trigo e polpa cítrica) na ensilagem de capim-tanzânia, notaram o efeito do tempo de fermentação das silagens sobre os teores de $N-NH_3/NT$. Guimarães Júnior et al. (2005), na determinação do perfil de fermentação de três genótipos de milheto, também observaram aumento

nos valores de nitrogênio amoniacal ao longo dos dias de fermentação. Detectou-se interação ($P < 0,05$) entre o período de fermentação e tratamento sobre a DIVMS (Tabela 5). Os maiores ($P < 0,05$) valores para DIVMS foram observados para o tratamento com farelo de mandioca. Contudo, todos os artifícios utilizados na ensilagem para

melhoria da DIVMS do material original foram eficientes. Entre os tratamentos com silagens aditivadas, os menores ($P < 0,05$) valores na DIVMS da silagem foram observados com a torta de dendê, e isso pode ser atribuído à menor DIVMS desse aditivo, decorrente do elevado conteúdo de lignina.

Tabela 5. Valores médios para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca em função dos de fermentação

Silagem	Dia de fermentação (d)								Regressão ¹	R ²
	0	1 ^o	3 ^o	5 ^o	7 ^o	14 ^o	28 ^o	56 ^o		
<i>In natura</i>	54,03	54,55	51,58 ^b	53,22 ^b	52,80 ^c	48,02 ^c	48,04 ^b	47,99	1	0,85
Farelo de mandioca	66,64	66,74	60,38 ^a	67,12 ^a	66,42 ^a	65,04 ^a	65,08 ^a	63,05	$\hat{Y} = 65,06$	ns
Fubá de milho	60,65	59,56	61,29 ^a	62,59 ^a	60,57 ^b	56,36 ^b	52,42 ^b	54,52	2	0,80
Torta de dendê	46,57	45,38	46,17 ^c	53,38 ^b	51,20 ^c	42,22 ^d	48,60 ^b	50,18	$\hat{Y} = 47,96$	ns
Uréia	57,03	54,89	52,52 ^b	57,07 ^b	49,11 ^c	48,01 ^c	48,81 ^b	50,93	3	0,62
Emurchecido	58,68	55,41	51,58 ^b	53,29 ^b	52,14 ^c	48,32 ^c	51,10 ^b	53,31	4	0,88
CV (%)	1,94	3,86	3,74	3,36	3,78	2,91	2,82	5,98	-	-

^{a,b,c,d}Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

¹Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"; ns - Não significativo.

1- $\hat{Y} = 54,18028 - 0,38664d + 0,00497d^2$; 2- $\hat{Y} = 61,70931 - 0,35579d + 0,00401d^2$; 3- $\hat{Y} = 55,64647 - 0,53567d + 0,00816d^2$; 4- $\hat{Y} = 55,92602 - 0,61540d + 0,01355d^2$

Rodrigues Neto et al. (2001) observaram que a adição de 10% de milho moído ao coproduto da pupunha aumentou a digestibilidade da matéria seca, em relação à silagem sem aditivo. As estimativas geradas pelas equações ajustadas da DIVMS em função do período de fermentação tiveram efeito quadrático ($P < 0,05$) nos tratamentos *in natura*, emurchecido e aditivados com uréia (Tabela 5). Isso pode ter sido consequência da maior concentração de componentes indigestíveis das silagens, durante os últimos dias de fermentação. No entanto, apesar de a silagem aditivada com mandioca não ter apresentado diferença significativa

($P > 0,05$) entre os demais tratamentos no 56^o dia de fermentação, essa foi a de maior valor numérico para DIVMS, com superioridade de 15,6% em relação à silagem aditivada com milho, a qual apresentou segunda maior digestibilidade e 31,4% para a de pior digestibilidade, que foi o tratamento *in natura*.

A silagem de pupunha, com inclusão de mandioca ou dendê na ensilagem, não apresentou equações ajustadas para estimativa da DIVMS ($P > 0,05$), o que resultou em valores médios de 65,06 e 47,96%, respectivamente. Silva et al. (2007) observaram valor de 58,84% de digestibilidade *in vivo* da MS para o

nível de 10% de bagaço de mandioca na silagem de capim elefante, e essa diferença pode ter sido consequência da taxa de passagem em função do consumo de matéria seca.

Observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos, independente do dia de fermentação das silagens, para os conteúdos de MS, MO, FDN, FDA, celulose, lignina e pH (Tabela 6).

Tabela 6. Composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), de silagens do coproduto da pupunha abertas em função dos dias de fermentação (d)

Variáveis	Tratamento nas silagens (TS) ⁽³⁾						Valor P			CV(%)
	1	2	3	4	5	6	TA	d	Inter ⁴	
MS ¹	13,72 ^e	21,23 ^b	19,71 ^c	21,06 ^b	14,44 ^d	22,33 ^a	*	*	ns	3,87
MO ²	95,20 ^d	96,65 ^a	95,80 ^b	95,88 ^b	95,47 ^c	95,14 ^d	*	*	ns	0,21
FDN ²	64,81 ^b	45,28 ^e	50,96 ^d	68,52 ^a	62,05 ^c	61,98 ^c	*	*	ns	4,89
FDA ²	49,29 ^a	32,07 ^c	33,67 ^c	51,14 ^a	47,13 ^b	46,61 ^b	*	*	ns	6,05
CEL ²	43,81 ^a	27,75 ^e	29,84 ^d	41,93 ^b	41,82 ^b	40,48 ^c	*	*	ns	5,00
LIG ²	6,00 ^b	4,63 ^d	3,96 ^e	9,44 ^a	5,13 ^c	5,86 ^b	*	*	ns	7,15
pH	3,80 ^b	3,93 ^a	3,79 ^b	3,78 ^b	3,87 ^a	3,81 ^b	*	*	ns	2,31

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido, CEL = celulose, LIG = lignina.

¹%; ²% da MS; ³Tratamento nas silagens: 1- silagem do co-produto *in natura*; 2- silagem do co-produto + 10% de raspa de mandioca, 3- silagem do co-produto + 10% de fubá de milho; 4- silagem do co-produto + 10% de torta de dendê; 5- silagem do co-produto + 1% de uréia e 6 - silagem do co-produto emurchecido; ⁴Inter - Interação entre tratamento e dia de fermentação. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$); ns: não significativo ao nível de 5% pelo teste F; *significativo ao nível de 5% pelo teste F

A silagem emurchecida foi o tratamento com maior ($P < 0,05$) conteúdo de MS. A técnica do emurchecimento proporcionou aumento ($P < 0,05$) no conteúdo de MS do coproduto da pupunha em 62,75% em relação ao tratamento *in natura*, o qual conteve o menor conteúdo (Tabela 6). Entre os tratamentos com aditivos, aqueles com torta de dendê (21,06% de MS) ou com farelo de mandioca (21,23% de MS), na ensilagem do coproduto da pupunha, representaram significativo aumento no conteúdo de MS ($P < 0,05$) em comparação à silagem aditivada com fubá de milho (19,71% na MS). Segundo Jones & Jones (1996), aditivos com alto teor de lignificação têm maior capacidade de retenção de umidade, e isso pode ser observado quando se comparou a utilização dos aditivos da torta de dendê

aos do fubá de milho. Entretanto, outros fatores parecem influenciar na capacidade de retenção de umidade, pois quando foram observados os resultados dos aditivos como torta de dendê versus o farelo de mandioca, que apresentaram diferentes conteúdos de lignina (13,97 e 2,64% na MS, respectivamente), comprovou-se a mesma eficiência na retenção de umidade.

Os tratamentos das silagens não aditivadas (*in natura* e emurchecida) não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) e constituíram tratamentos com menores ($P < 0,05$) conteúdos de MO, enquanto os tratamentos compostos pelos aditivos absorventes promoveram efeito inverso, já que os aditivos utilizados apresentaram maior conteúdo dessa fração em relação ao coproduto de

pupunha. Rodrigues Neto et al. (2001) constataram que a adição de milho moído na ensilagem de coproduto de pupunha aumentou o conteúdo de MO em relação à silagem confeccionada exclusivamente com o coproduto.

Os tratamentos na ensilagem do coproduto da pupunha mostraram-se diferentes ($P < 0,05$) quanto ao conteúdo de carboidratos fibrosos. O tratamento com farelo de mandioca foi o que apresentou os menores conteúdos de FDN, FDA e celulose, independente do dia de fermentação das silagens (Tabela 6). Ferrari Júnior & Lavezzo (2001) observaram redução linear no conteúdo de FDN e tendência de decréscimo no conteúdo de FDA, quando níveis crescentes de farelo de mandioca foram adicionados na ensilagem de capim-elefante. O tratamento com fubá de milho foi o que apresentou menor conteúdo de lignina com valor de 3,96% na MS. Rodrigues Neto et al. (2001) também observaram que houve redução no conteúdo de carboidratos fibrosos (FDN, FDA, celulose e lignina) em silagem de coprodutos da pupunha (caule, folhas e bainhas) aditivada com milho moído. No entanto, os valores relatados por esses autores (56,1; 36,2; 23,0 e 11,5% na MS, respectivamente) ficaram bem acima dos observados neste experimento, pois o coproduto utilizado neste experimento foi constituído basicamente pelas bainhas.

Diferentemente do farelo de mandioca e do fubá de milho, a torta de dendê favoreceu o aumento da concentração de FDN e de lignina, provavelmente pelos altos conteúdos desses componentes nesse aditivo (75,16 e 13,97% na MS, respectivamente) em comparação ao coproduto de pupunha (72,33 e 6,83% na MS, respectivamente), todavia, esse aditivo não aumentou o conteúdo de celulose, já que a concentração no coproduto é maior que na torta de dendê, 45,31 e 37,6% na MS, respectivamente.

Observou-se efeito de tratamento ($P < 0,05$) sobre o pH das silagens (Tabela 6). Os tratamentos da silagem com adição de farelo de mandioca ou de uréia diferiram dos demais tratamentos ($P < 0,05$). A variação entre o maior e o menor valor para todos os tratamentos foi de apenas 3,81%. Todas as silagens apresentaram valores de pH próximos à faixa considerada como ótima ($\leq 4,0$) para uma fermentação adequada de silagens com conteúdo de MS inferior a 20% (Tomich et al., 2003).

Em silagens de capim-elefante aditivadas com níveis crescentes de farelo de mandioca, sem e com pré-emurchecimento, Pinho et al. (2008) observaram valores médios de pH de 3,8, valores semelhantes aos observados neste trabalho para as silagens do coproduto da pupunha *in natura* e emurchecida.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) entre dias de fermentação, independentemente dos tratamentos, para os conteúdos de MS, MO, FDN, FDA, celulose, lignina e pH.

O conteúdo de MS apresentou efeito linear negativo ($P < 0,05$) de acordo com o dia de abertura dos silos, que variou em média de 19,34 a 18,52% do momento da ensilagem até o último dia de fermentação, respectivamente. Para cada dia de fermentação das silagens, verificou-se a diminuição de aproximadamente 0,041% no conteúdo de MS das silagens (Tabela 7).

As estimativas do conteúdo de MO apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) em função do dia de fermentação das silagens e independente dos tratamentos avaliados, o que se caracteriza ainda pela baixa variação. A redução no conteúdo de MO das silagens é provavelmente explicada pela fermentação dos compostos solúveis ao longo do período, principalmente nos primeiros 28 dias.

Tabela 7. Equações de regressão ajustadas para o dia de fermentação das silagens (d)

Variáveis	Equações de regressão ¹	R ² /r ²
Matéria seca	$\hat{Y} = 19,3426 - 0,04167d$	0,89
Matéria orgânica	$\hat{Y} = 95,86877 - 0,01267d$	0,87
pH	$\hat{Y} = 4,01918 - 0,03701d + 0,00064136d^2$	0,27
Fibra em detergente neutro	$\hat{Y} = 61,24040 - 0,43367d + 0,00738d^2$	0,47
Fibra em detergente ácido	$\hat{Y} = 42,81724 - 0,01585d + 0,00139d^2$	0,52
Celulose	$\hat{Y} = 36,8465 + 0,0533088d$	0,83
Lignina	$\hat{Y} = 5,94025 - 0,02415d + 0,00046047d^2$	0,29

¹Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t".

Verificou-se efeito quadrático do período de fermentação ($P < 0,05$) sobre os valores de pH, independentemente dos tipos de tratamentos das silagens, com ponto de mínimo estimado para o 29º dia de fermentação e ligeiro aumento nas últimas semanas de fermentação. Esse comportamento parece ser normal, já que, no 7º dia, o pH situou-se abaixo de 3,8, de forma a promover inibição de bactérias não lácticas, e as silagens de milho e sorgo são comparadas, quando bem fermentadas, pois apresentam valores mínimos de pH em torno de 28 dias após a ensilagem (RODRIGUEZ et al., 1999; JAYME et al., 2007). No entanto, Santos et al. (2008) sugerem que a utilização de aditivos, fontes de carboidratos solúveis, deve ser baseada em estudos que determinem os níveis ótimos de utilização.

As alterações no conteúdo de FDN, FDA e lignina, em função do período de fermentação e independente dos tratamentos com as silagens, comportaram-se de forma quadrática ($P < 0,05$) com teores mínimos estimados em 54,87; 42,77 e 5,62% na MS, respectivamente, para os 29,4; 5,7 e 26,22º dias de fermentação das silagens. Entretanto, após esse período, os conteúdos dos carboidratos fibrosos aumentaram até o último dia de fermentação (dia 56). De maneira geral,

a redução do conteúdo de FDN, no processo de fermentação, está provavelmente relacionada com a hidrólise da hemicelulose, já que, em todas as silagens, o conteúdo desse componente diminuiu até o final do período de ensilagem. A redução da concentração de hemicelulose reduz os valores de FDN nas silagens e, de acordo com Jayme et al. (2007) e Van Soest (1994), quando existe grande formação de efluentes, pode ocorrer aumento na porção fibrosa, com perda de compostos solúveis em água, o que causa aumento proporcional na fração menos fermentável, particularmente nos constituintes da parede celular. Porém, esse efeito não foi avaliado neste experimento.

O conteúdo de lignina não apresentou variação ($P < 0,05$) ao longo dos dias de fermentação. Jayme et al. (2007), em avaliação de silagens de sorgo, não observaram diferenças significativas entre os híbridos de sorgo nem ao longo dos períodos de fermentação para a concentração de lignina.

O conteúdo de celulose das silagens do coproduto da pupunha apresentou resposta linear crescente ($P < 0,05$) em função do período de fermentação (Tabela 7). No entanto, esse efeito é quantitativamente pequeno se for considerado que, para cada dia de fermentação, verificou-se aumento de

0,053 pontos percentuais no conteúdo de celulose, que variou de 36,84 a 39,83% na MS entre os dias 0 e 56, respectivamente. Segundo McDonald et al. (1991), o conteúdo de celulose na silagem durante o processo de fermentativo é estável, e a diminuição em seus teores pode ocorrer com a deterioração aeróbia. Os resultados para concentração de celulose observados por Jayme et al. (2007) com silagem de híbrido de sorgo não alteraram entre o material original e a silagem final, com 56 dias de fermentação.

A silagem do coproduto da pupunha aditivada com 10% do farelo de mandioca é a que proporciona melhores características de fermentação, durante o processo de ensilagem, e de valor nutricional, além de se caracterizar como uma fonte alternativa de volumoso.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia e a Empresa Inaceres LTDA pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 13.ed. Washington, 1980. 1015p. [[Links](#)].

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; MORAIS, A.R.; FIGUEIREDO, H.C.P.; TAVARES, V.B.. Perfil de fermentação das silagens de capim-Tanzânia com aditivos – teores de nitrogênio amoniacal e pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.5, p.1144-1151, 2003. [[Links](#)].

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001. [[Links](#)].

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; JAYME, D.G.; PIRES, D.A.A.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; BORGES, I. Matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal e pH das silagens de três genótipos de milho [*Pennisetum glaucum* (L). R. BR.] em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.251-258, 2005. [[Links](#)].

JAYME, D.G.; PIRES, D.A.A.; GUIMARÃES JR, R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, A.L.C.C.; BORGES, I.; SALIBA, E.O.S.; JAYME, C.G. Composição bromatológica e perfil de fermentação das silagens de cinco híbridos de capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n.3, p.351-363, 2007. [[Links](#)].

JONES, R.; JONES, D.I.H. The effect of in-silo effluent absorbents on effluent production and silage quality. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.64, n.3, p.173-186, 1996. [[Links](#)].

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Pub, 1991. 340p. [[Links](#)].

PEREIRA, L.G.R.; FERREIRA, A.L.; BARREIRO, D.C.; OLIVEIRA, L.S.; DÓREA, J.R.R.; FRANCO, A.; SILVA, C.F.P.G.; ALMEIDA, F.M.; AZEVÊDO, J.A.G.; FIGUEIREDO, M.P. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal *in vitro* da entrecasca e fruto da pupunha. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. [[Links](#)].

PINHO, B.D.; PIRES, A.J.V.; RIBEIRO, L.S.O.; CARVALHO, G.G.P. Ensilagem de capim-elefante com farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n.4, p. 641-651, 2008. [[Links](#)].

RODRIGUES NETO, A.J.; BERGAMASCHINE, A.F.; ISEPON, O.J.; ALVES, J.B.; FERNANDEZ, F.B.T.; MACEDO, M.P. Efeito de aditivos no valor nutritivo de silagens feitas com sub-produto da extração do palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1367-1375, 2001. [[Links](#)].

RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.; BORGES, A.; ZAGO, C. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I pH e teores de matéria seca e de ácidos graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, n.5, p.485-490, 1999. [[Links](#)].

ROMBOLA, L.G.; SILVA SOBRINHO, A.G.; MORO, J.R.; GONZAGA NETO, S.; MARQUES, C.A.T. Digestibilidade *in vivo* dos subprodutos da industrialização do palmito pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.) em ovinos deslanados. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003. [[Links](#)].

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema para análise estatística e genética – SAEG**. Versão 9.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2005. [[Links](#)].

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; LAZZARINI, I.; SOUZA, M.A.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.560-569, 2009. [[Links](#)].

SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; DANTAS, P.A.S.; DOREA, J.R.R.; SILVA, T.C.; PEREIRA, O.G. Composição bromatológica, perdas e perfil fermentativo de silagens de capim-elefante com níveis de jaca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.71-80, 2008. [[Links](#)].

SILVA, D.J.; QUEIROZ, C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p. [[Links](#)].

SILVA, F.F.; AGUIAR, M.S.M.A.; VELOSO, C.M.; PIRES, A.J.V.; BONOMO, P.; DUTRA, G.S.; ALMEIDA, V.S.; CARVALHO, G.G.P.; SILVA, R.R.; DIAS, A.M.; ÍTAVO, L.C.V. Bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.719-729, 2007. [[Links](#)].

TEIXEIRA, F.A.; VELOSO, C.M.; PIRES, A.J.; SILVA, F.F.; NASCIMENTO, P.V.N. Perdas na ensilagem de capim-elefante aditivado com farelo de cacau e cana-de-açúcar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.1, p.227-233, 2008. [[Links](#)].

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A.A. Two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963. [[Links](#)].

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens**: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20p. [[Links](#)].

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p. [[Links](#)].

VEGA, F.V.A.; BOVI, M.L.A.; BERTON, R.S.; GODOY JUNIOR, G.; CEMBRANELLI, M.A.R. Aplicação de biossólido na implantação da cultura da pupunheira. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.1, p.131-135. 2004. [[Links](#)].

Data de recebimento: 06/06/2009

Data de aprovação: 12/04/2010