

SILAGEM DA PONTA DE CANA-DE-AÇÚCAR COM RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DA MANDIOCA¹

ODNEI FRANCISCO GARGANTINI², JULIO CESAR DAMASCENO², FRANCISCO DE ASSIS FONSECA DE MACEDO², MARIA CLARA MELO FERREIRA², CARLOS EDUARDO CRISPIM DE OLIVEIRA RAMOS³, ANDRÉ NEVES²

¹Parte da tese de doutorado do primeiro autor. Recebido para publicação em 18/07/13. Aceito para publicação em 11/09/13.

²Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Av. Colombo 5790, CEP 87040-900 Maringá, PR, Brasil. E-mail: ofgargantini@hotmail.com

³Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Ecológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Rua Rui Barbosa, 710, Centro, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil.

RESUMO: O trabalho teve como objetivo determinar os efeitos da adição dos níveis de 0, 5, 10, 15, e 20% na matéria natural, de casca de mandioca seca ao sol ou do farelo de varredura de mandioca sobre o valor nutricional da silagem de ponta de cana-de-açúcar. Para tal foram utilizados 36 silos experimentais pesados ao fechamento e após 60 dias de fermentação, antes da abertura para obtenção das perdas gasosas e por efluentes. Foram feitas amostragens para determinação dos valores de pH e composição química. Valores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, matéria mineral e nutrientes digestíveis totais foram determinados. Houve diferenças entre as silagens para todas as variáveis, com exceção da proteína bruta, na utilização da casca ou farelo de varredura de mandioca. Os valores de pH e produção de efluentes não foram influenciados pelo uso dos resíduos, já as perdas gasosas foram menores quando foi adicionada a casca de mandioca. Para melhorar a qualidade das silagens de ponta de cana-de-açúcar recomenda-se o uso de casca de mandioca seca ao sol ou de farelo de varredura de mandioca, ao nível de 20% na matéria natural, no ato da ensilagem.

Palavras-chave: casca de mandioca, efluentes, farelo de varredura de mandioca, perdas gasosas.

SUGAR CANE TIP SILAGE WITH CASSAVA AGROINDUSTRY RESIDUE

ABSTRACT: The study aimed to determine the effects of adding levels of 0; 5; 10; 15 and 20% of cassava natural matter, peel dried in the sun or bran scan cassava over the nutritional value of sugarcane tip silage. To reach the proposal, 36 experimental silos were used. They were weighed at closing and after 60 days of fermentation, before opening to obtain the gas and effluent losses. Samples were collected for pH determination and chemical composition. Values of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, mineral matter and total digestible nutrients were determined. There were differences between silages for all variables, except for crude protein when cassava peel or cassava bran scan was used. The pH values and effluent production were not affected by the use of the residues. However, the gas losses were lower when cassava peel was added. To improve the quality of sugar cane tip silage, it is recommended the use of cassava peel dried in the sun or cassava bran scan at the level of 20% in natural matter, upon ensilage.

Keywords: cassava peel, effluents, cassava bran scan, gaseous losses.

INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos agroindustriais vem se tornando comum na alimentação de ruminantes visando estocar alimento para épocas críticas do ano, intensificar a produção em pequenas propriedades e principalmente visando à redução nos custos de produção, os quais estão altamente correlacionados com o preço dos alimentos fornecidos aos animais.

Dentre outras culturas geradoras de resíduos agroindustriais em grande escala, em todo o Brasil, com 8,0 milhões de hectares de área plantada, destaca-se hoje a cana-de-açúcar, que somente no Estado de São Paulo perfez uma área de plantio de aproximadamente 5,18 milhões de hectares em 2012 (UDOP, 2012).

A ponta da cana-de-açúcar, resíduo da produção do açúcar e etanol, é hoje totalmente descartada na lavoura e merece destaque em função do grande volume de produção. Segundo VITTI *et al.* (2007), equivale a valores variando entre 10 e 25 t/ha em matéria verde ou 6,5 a 9,4 t de massa seca/ha. FRANCO *et al.* (2007) obtiveram dados de 9,4 t de massa seca/ha em canaviais colhidos com colhedora automotriz e sem queima prévia, mostrando assim o potencial deste resíduo na alimentação animal.

Os dados de composição bromatológica da ponta de cana-de-açúcar são bastante controversos em função de época de corte, variedade de cana-de-açúcar utilizada, bem como maior ou menor percentual de colmo cortado juntamente com a ponta. GESUALDI *et al.* (2001) citam valores de proteína bruta de 8,35%, fibra em detergente neutro de 77,20% e fibra em detergente ácido de 44,75%.

NÚSSIO *et al.* (2009) destacam que a pesquisa tem avaliado o valor nutritivo da ponta de cana-de-açúcar tendo como finalidade usá-la como forragem conservada na alimentação de ruminantes. Deve-se ainda considerar que a retirada do excesso desses resíduos facilita o manejo dos talhões, controle de pragas e menor poluição ambiental.

Outros resíduos que vêm se destacando no cenário nacional são aqueles gerados pela agroindústria da mandioca, entre eles a casca de mandioca e o farelo de varredura de mandioca.

O Brasil produziu em 2012, segundo a CONAB

(2012), 24,8 milhões de toneladas de mandioca destinadas ao consumo, produção de fécula e farinha de mandioca, sendo que deste total, somente o Estado do Paraná produziu 3,8 milhões de toneladas.

Segundo CALDAS NETO *et al.* (2000), a casca de mandioca é constituída por casca, entrecasca e pontas, perfazendo 10% do total de raízes processadas pela indústria. Já o farelo de varredura de mandioca, composto de farinha imprópria para o consumo e também da limpeza do maquinário e barracão, compõe de 3% a 5% do total produzido.

ZANINE *et al.* (2006a) afirmam que um resíduo para ser usado em silagem de gramíneas deve possuir alto teor de matéria seca, alta capacidade de reter água, boa aceitação pelos animais, além de fornecer carboidratos solúveis que possam ser disponibilizados para a fermentação láctica, devendo ainda ter baixo custo e facilidade de aquisição e que seja de produção local.

Dessa forma, ZANINE *et al.* (2010), adicionaram níveis de 0%, 7%, 15% e 30% de raspa de mandioca ao capim Elefante, obtendo melhoras no perfil fermentativo e nutricional das silagens.

Tais resíduos podem possuir limitações sob os aspectos de conservação, quando ensilados, bem como do ponto de vista nutricional quando fornecidos exclusivamente, principalmente em função dos baixos teores de proteína bruta e altos teores de fibra em detergente neutro, levando assim a restrições de consumo (MERTENS, 1992).

Para tanto, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a composição química e as perdas gasosas e por efluentes nas silagens de ponta de cana-de-açúcar, com e sem adição da casca de mandioca ou farelo de varredura de mandioca, em diferentes níveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Santo Antonio, situada no município de Rancharia, SP. Foram utilizados 36 silos experimentais, feitos com baldes de PVC com capacidade para 10 litros, e na tampa havia uma válvula de Bunsen para escape dos gases de fermentação. No fundo de cada silo, foi colocado 1,2 kg de areia seca, a qual foi separada da silagem por uma tela de tecido de náilon porosa para quantificação do efluente produzido.

A ponta de cana verde foi colhida manualmente, em julho de 2009 e a variedade usada foi a RB 86-7515, de um talhão de segundo corte. Após, a mesma foi picada com o uso de forrageira acoplada à carreta e à tomada de potência do trator, foram adicionados os resíduos, os quais foram misturados com uso de ferramentas manuais, e a mistura foi ensilada.

Os resíduos, casca de mandioca e farelo de varredura de mandioca foram fornecidos pela Farinheira Carimã, situada às margens da rodovia SP-284, km 542, no município de Martinópolis, SP, sendo que a casca de mandioca foi seca ao sol sobre lona plástica por três dias.

Os tratamentos constituíram-se de ponta de cana-de-açúcar associada à casca de mandioca seca ao sol ou ao farelo de varredura de mandioca nos níveis abaixo propostos:

PCA = Ponta de cana-de-açúcar pura;

PCA+5% CMS = Ponta de cana-de-açúcar + 5% de casca de mandioca seca ao sol;

PCA+10% CMS = Ponta de cana-de-açúcar + 10% de casca de mandioca seca ao sol;

PCA+15% CMS = Ponta de cana-de-açúcar + 15% de casca de mandioca seca ao sol;

PCA+20% CMS = Ponta de cana-de-açúcar + 20% de casca de mandioca seca ao sol;

PCA+5% FVM = Ponta de cana-de-açúcar + 5% de farelo de varredura de mandioca;

PCA+10% FVM = Ponta de cana-de-açúcar + 10% de farelo de varredura de mandioca;

PCA+15% FVM = Ponta de cana-de-açúcar + 15% de farelo de varredura de mandioca;

PCA+20% FVM = Ponta de cana-de-açúcar + 20% de farelo de varredura de mandioca.

Na Tabela 1, são apresentados os dados de composição da ponta de cana-de-açúcar e dos resíduos, casca de mandioca in natura, casca de mandioca seca ao sol e do farelo de varredura de mandioca.

Tabela 1. Composição química da casca de mandioca, in natura (CMN) e seca ao sol (CMS), do farelo de varredura de mandioca (FVM) e da ponta de cana-de-açúcar (PCA) usadas na ensilagem, com base na matéria seca

Composição química	CMN	CMS	FVM	PCA
Matéria seca (%)	25,68	85,96	90,20	29,73
Matéria orgânica (%MS)	96,38	96,55	98,83	26,51
Proteína bruta (%MS)	4,51	4,52	4,06	5,46
Extrato etéreo (%MS)	0,70	1,01	0,46	1,23
Fibra em detergente neutro (%MS)	28,86	30,06	11,57	71,57
Fibra em detergente ácido (%MS)	15,49	14,63	2,66	37,71
Matéria mineral (%MS)	3,62	3,45	1,17	3,22
Nutrientes digestíveis totais (%MS)*	76,99	77,0	85,98	61,44

* NDT = 87,84 - (0,7 x %FDA), UNDERSANDER, *et al* (1993).

Depois de misturado, o material foi distribuído em silos, sendo os mesmos juntamente com areia, tampa e tela de náilon pesados em balança digital, antes de serem cheios.

A compactação foi realizada com bastões de ferro, objetivando-se atingir a densidade de aproximadamente 550 kg de forragem/m³. Para isto, foi determinado o volume de cada silo, descontado o espaço ocupado pela areia e tela, pesada a quantidade de forragem necessária para obtenção da densidade deseja-

da e adicionada ao silo experimental. O fechamento das tampas foi feito por pressão e reforçado com fita adesiva para evitar entrada de ar.

Dois meses após o fechamento, os silos foram novamente pesados em balança digital, antes da abertura para determinação das perdas gasosas. Após abertos e esvaziados, os mesmos foram novamente pesados, juntamente com a areia, a tampa e a tela de náilon para obtenção do peso dos efluentes.

A determinação das perdas gasosas e por efluentes durante o processo de ensilagem foram calculadas segundo descrito em JOBIM *et al.* (2007):

$$G = (PSI - PSF) / MSI \times 100,$$

onde:

G = perda por gases (%MS);

PSI = peso do silo no momento do fechamento (kg);

PSF = peso do silo no momento da abertura (kg);

MSI = matéria seca ensilada (quantidade de forragem em kg x %MS).

$$E = [100(Pab - Pen)] / (MVfe),$$

onde:

E = produção de efluentes (kg de efluente/t de matéria verde ensilada);

Pab = peso do conjunto silo, areia, tela e náilon após a abertura (kg);

Pen = peso do conjunto silo, areia, tela e náilon antes da ensilagem (kg);

MVfe = quantidade de massa verde de forragem ensilada (kg).

Na Tabela 2, são apresentados os dados de composição da ponta de cana-de-açúcar com os resíduos, casca de mandioca ou com farelo de varredura de mandioca antes da ensilagem.

Tabela 2. Composição química antes da ensilagem, para os tratamentos ponta de cana-de-açúcar (PCA), ponta de cana-de-açúcar com casca de mandioca seca ao sol (PCA+CMS) ou ponta de cana-de-açúcar com farelo de varredura de mandioca (PCA+FVM) com base na matéria seca

Composição química	Níveis de inclusão dos resíduos								
	PCA 100%	PCA+CMS				PCA+FVM			
	100	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
Matéria seca (%)	100	33,89	37,61	38,33	41,77	31,47	34,01	36,99	39,89
Matéria orgânica (%MS)	96,78	96,82	96,62	96,17	96,05	97,04	97,29	97,54	97,68
Proteína bruta (%MS)	5,46	4,38	5,07	6,65	8,76	4,98	5,47	5,82	6,17
Extrato etéreo (%MS)	1,23	1,15	1,07	0,92	1,22	1,42	1,0	1,5	0,95
Fibra em detergente neutro (%MS)	71,57	66,78	63,63	54,62	58,03	66,4	57,69	51,74	50,15
Fibra em detergente ácido (%MS)	37,71	32,67	32,38	31,03	28,14	36,26	27,46	23,46	21,14
Matéria mineral (%MS)	3,22	3,18	3,38	3,83	3,95	2,96	2,71	2,46	2,32
Nutrientes digestíveis totais (%MS)*	61,44	64,97	65,17	66,12	68,74	62,46	68,62	71,42	73,04

* NDT = 87,84 - (0,7 x %FDA), UNDERSANDER *et al.* (1993).

Amostras de todos os tratamentos antes da ensilagem, como também do material retirado dos silos, após abertura e homogeneização, foram coletadas para cada repetição. Estas foram pesadas e mantidas em estufa de ventilação forçada a 55° C por 72 horas, trituradas em moinho tipo Willey em peneira de 1 mm e armazenadas em potes plásticos para determinação da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), conforme descrito em SILVA e QUEIROZ (2002). Os componentes da parede celular (FDN e FDA) foram determinados segundo VAN SOEST

et al. (1991). As estimativas de carboidratos totais foram feitas por WEISS (1996), as de carboidratos não estruturais pelo NRC 2001 e para NDT, UNDERSANDER *et al.* (1993). O pH foi determinado em potenciômetro DIGIMED - DMPH 1, conforme descrito em SILVA e QUEIROZ (2002). Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Análises Bromatológicas da Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), localizada em Presidente Prudente, SP.

A análise estatística foi dividida em duas etapas, sendo que a inicial trata de um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4, dois re-

síduos (casca de mandioca seca ao sol, ou farelo de varredura de mandioca) e quatro níveis de adição, (5, 10, 15 e 20%), sendo as análises estatísticas realizadas utilizando-se o sistema de análises estatísticas e genéticas (SAEG) versão 8.0 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 1998).

$$Y_{ij} = \mu + PC + R_{ij} + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = valor observado da variável estudada na ponta de cana-de-açúcar recebendo o nível do resíduo j .

μ = constante geral;

PC = ponta de cana-de-açúcar verde;

R_{ij} = nível dos resíduos sendo: i = casca de mandioca seca ao sol (5%, 10%, 15% e 20%), j = farelo de varredura de mandioca (5%; 10%; 15% e 20%);

e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação y_{ij} .

A segunda etapa trata de uma análise de variância onde foi usado o teste de Dunnett para comparar a ponta de cana-de-açúcar pura (testemunha) com oito tratamentos distintos, sendo usados os resíduos casca de mandioca seca ao sol ou farelo de varredura de mandioca nos níveis de 5, 10, 15 e 20%, adicionados à ponta de cana-de-açúcar.

$$Y_{ijk} = \mu + PC_i + AD_{ij} + (PC \times AD) + e_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} = valor observado da variável estudada na ponta de cana-de-açúcar, recebendo o nível do resíduo j ;

μ = constante geral;

PC_i = ponta de cana-de-açúcar onde i = ponta de cana-de-açúcar verde;

AD_{ij} = nível dos resíduos j , sendo j = 0,0%; 5,0%; 10,0%; 15,0% e 20,0%;

PC x AD = interação entre ponta de cana-de-açúcar e níveis dos resíduos;

e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação y_{ijk} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de composição química e análise das silagens encontram-se nas Tabelas 3 e 4.

Ambos os resíduos quando usados nos níveis de 5, 10, 15 e 20%, desconsiderando-se a testemunha (ponta de cana-de-açúcar pura), elevaram quadraticamente os teores de matéria seca das silagens. Não houve interação entre nenhum dos resíduos com seus respectivos níveis. Tal ocorrência é em função do alto teor de matéria seca de ambos os aditivos, farelo de varredura de mandioca (90,2%) e casca de mandioca (85,9%), o que pode ter beneficiado a fermentação dentro do silo, já que o teor de matéria seca da ponta de cana-de-açúcar in natura era de 29%.

BARCELOS e RESENDE (2002) encontraram na ponta da cana-de-açúcar matéria seca de 26%. Já PIRES *et al.* (2009) preconizam que o uso de farelo de mandioca, casca de café ou de cacau, quando utilizados na ensilagem de gramíneas com teores de matéria seca abaixo do ideal, podem aumentar o teor de matéria seca do produto final, bem como melhorar as características nutritivas do mesmo.

A aplicação do teste de média para cada aditivo em comparação à testemunha (ponta de cana-de-açúcar pura) (Tabela 4) mostra que o farelo de varredura de mandioca, apesar de possuir teor de matéria seca (90,2%) maior que o da casca de mandioca (85,96%) somente apresenta efeito significativo no aumento do teor da matéria seca na silagem a partir do nível de 15% de adição. No entanto, a casca de mandioca apresenta efeito significativo sobre o teor de matéria seca a partir do nível de adição de 10%, mostrando ser mais eficiente que o farelo de varredura de mandioca. Tal ocorrência pode ter origem em uma fermentação mais acentuada quando foi usado o farelo de varredura de mandioca, provocando uma queda no teor de matéria seca desta silagem. As perdas de carboidratos solúveis durante a fermentação resultam em produção de CO₂, água e etanol, o que implica em perdas de matéria seca da silagem nas formas gasosa e por efluente, PEDROSO *et al.* (2005).

Os teores de proteína bruta das silagens não foram alterados, como também não ocorreu interação entre os resíduos, casca de mandioca ou farelo de varredura de mandioca (Tabela 3). Provavelmente o fator responsável por estes baixos índices protéicos sejam

Tabela 3. Análise de variância da composição química das silagens de ponta de cana-de-açúcar com casca de mandioca seca ao sol (PCA+CMS) ou ponta de cana-de-açúcar com farelo de varredura de mandioca (PCA+FVM)

	MS	PB	FDN	FDA	EE	MM	NDT	pH	Produção efluentes	Perdas gasosas
Aditivo	*	ns	*	*	*	*	*	ns	*	*
Nível	Q	ns	L	L	L	L	L	ns	L	L
Interação (resíduo x nível)	ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
(PCA+CMS) - nível	-	-	L	L	-	ns	-	-	-	-
(PCA+FVM) - nível	-	-	L	L	-	L	-	-	-	-

Adição dos resíduos = 5; 10; 15 e 20,0%. Efeitos = * significativo, ns - não significativo, L - linear, Q - quadrático.

Tabela 4. Composição química das silagens de ponta de cana-de-açúcar pura (PCA), ponta de cana-de-açúcar com casca de mandioca seca ao sol (PCA+CMS) ou ponta de cana-de-açúcar com farelo de varredura de mandioca (PCA+FVM), comparada com a testemunha

Composição Química	PCA		PCA+CMS			PCA+FVM			CV%	
	100%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%		20%
MS%	29,15	29,84	32,27 a	34,78 a	38,53 a	29,28	30,3	33,09 a	38,55 a	3,4
PB (% MS)	5,94	6,10	6,84	6,65	6,69	6,50	6,61	6,59	7,04	13
FDN (% MS)	74,69	71,65	67,09	61,48	59,82a	69,59	63,33	59,04	50,54 a	4,3
FDA (% MS)	39,88	37,09	36,51 a	33,87 a	35,58 a	37,52	32,43 a	28,19 a	25,40 a	4,6
EE (% MS)	1,06	0,74	0,88	0,88	0,95	0,96	1,02	1,10	1,27	17
MM (% MS)	3,50	3,50	4,19	3,76	3,77	3,49	3,13	2,97	2,53	9,5
NDT (% MS)	59,92	61,88	62,28 a	64,16 a	62,93 a	61,58	65,14 a	68,11 a	70,05 a	1,7
pH	3,78	3,63	3,68	3,70	3,75	3,73	3,75	3,75	3,78	2,4
Efluentes (kg/t MV)	3,31	3,08	2,05	2,56	2,05	6,47 a	5,62	3,33	2,81	41,8
P.gasosas (%MS)	5,65	3,56a	3,61a	3,54 a	2,39a	5,54	6,31	5,40	5,69	15,2

NDT = 87,84 - (0,7 x %FDA), UNDERSANDER *et al.* (1993).

(p<0,01) Teste de Dunnet

a - significativo em comparação à testemunha (PCA)

CV = coeficiente de variação

os baixos níveis deste nutriente nos resíduos, casca de mandioca 4,52% PB e no farelo de varredura de mandioca 5,02% PB.

A aplicação do teste de média para cada resíduo, em comparação à testemunha (ponta de cana-de-açúcar pura), não apresentou diferenças na variação do teor de proteína para qualquer nível de adição. Estes variaram de 6,10%, ao nível de 5%, para 6,84% ao nível de 10%, para os tratamentos com casca de mandioca. Variações de 6,5% ao nível de 5%, para 7,04% ao nível de 20% de farelo de varredura de mandioca foram observadas, sendo indiferente o uso de casca de mandioca ou farelo de varredura (Tabela 4).

Observa-se que os teores de proteína bruta para quase todos os tratamentos estão abaixo do mínimo recomendado por VAN SOEST (1994), o qual preconiza que as dietas fornecidas a ruminantes devem conter em sua composição um teor de proteína mínimo de 7%.

Ambos os resíduos quando usados nos níveis de 5, 10, 15 e 20%, desconsiderando-se a testemunha (ponta de cana-de-açúcar pura), diminuíram linearmente os teores de FDN das silagens, tendo ainda ocorrido interação entre os mesmos (Tabela 3).

A comparação entre as médias dos tratamentos com a testemunha (ponta de cana-de-açúcar pura) indicou diferença apenas para o nível de adição de 20% de casca de mandioca ou farelo de varredura, uma redução no teor de FDN (Tabela 4), mostrando que ambos possuem a mesma eficiência em reduzir os teores de FDN das silagens.

Tal queda nos valores de FDN nas silagens pode ser atribuída ao menor teor de FDN dos resíduos, 30,06% para a casca de mandioca e 11,6% para o farelo de varredura de mandioca, em relação ao teor de FDN da silagem ponta de cana-de-açúcar pura, 74,7%.

Segundo VAN SOEST (1994), para valores maiores que 60% na dieta, a FDN é o fator mais limitante do consumo.

A queda no teor de FDN das silagens de ponta de

cana-de-açúcar pode influir positivamente no produto final, melhorando sua qualidade e aumentando o consumo de massa seca pelos animais, pois os teores de FDN têm relação inversa com o consumo.

MERTENS (1992) afirma que o teor de FDN permite relacionar mecanismos físicos (capacidade ruminal e taxa de passagem) e fisiológicos (balanço nutricional) de regulação de consumo, em função de este componente, apresentar fermentação e passagem pelo rúmen-retículo mais lenta que outros componentes da dieta.

O uso dos resíduos, casca de mandioca seca ao sol ou farelo de varredura de mandioca, ocasionou uma queda linear nos teores de FDA das silagens de ponta de cana-de-açúcar, ocorrendo também interação entre nível e resíduos para ambos os resíduos (Tabela 5).

Tabela 5. Equações de regressão para interação níveis/resíduos e seus coeficientes de determinação

Variáveis	Nível x Resíduo 1	Nível x Resíduo 2	R ² -Resíduo 1	R ² - Resíduo 2
FDN	$\hat{Y} = -0,965x + 63,29688$	$\hat{Y} = -0,108465x + 63,29688$	0,94	0,95
FDA	$\hat{Y} = -0,1439501x + 33,31719$	$\hat{Y} = -0,4779251x + 33,31719$	0,98	0,94
MM	---	$\hat{Y} = -0,2849989x + 3,426563$	---	0,97

Resíduo 1 = casca de mandioca seca ao sol

Resíduo 2 = farelo de varredura de mandioca

Quando comparadas as médias dos tratamentos com a testemunha (ponta de cana-de-açúcar pura), observa-se que a partir do nível de adição de 10% para os dois resíduos houve efeito decrescente nos valores da FDA (Tabela 4). Tais reduções ocorreram provavelmente em função dos baixos níveis deste componente nos resíduos de casca de mandioca 14,63% e farelo de varredura de mandioca 2,66%, respectivamente.

As reduções encontradas nos teores de FDA das silagens de ponta de cana-de-açúcar com os resíduos, casca de mandioca seca ao sol ou farelo de varredura de mandioca, demonstram melhoras na qualidade das silagens, já que a composição desta fibra é basicamente celulose e lignina.

Valores de FDA de 46,2%, maiores que os do presente trabalho, foram encontrados por SCHIMDT *et al.* (2011) em silagens de cana, e de 44,6% em silagem de cana-de-açúcar com *Lactobacillus buchneri*.

O conteúdo de extrato etéreo das silagens variou significativamente quando do uso de aditivos (Tabela 3), sendo que a análise de regressão demonstra efeito linear (Tabela 6), não ocorrendo interação entre nível e resíduo.

A comparação das médias de cada um dos tratamentos em relação ao nível zero de adição (testemunha) mostrou não haver efeito dos resíduos para qualquer percentual de inclusão (Tabela 4). Tal fato pode ser justificado pelos baixos teores de extrato etéreo, 1,01% na casca de mandioca e 0,4% no farelo de varredura de mandioca.

Para a matéria mineral (Tabelas 3 e 5), houve efeito significativo para a inclusão de aditivos ocorrendo também interação com efeito linear entre níveis e aditivo para o farelo de varredura de mandioca e não significativa para o aditivo casca de mandioca seca ao sol.

Tabela 6 . Equações de regressão para o efeito dos aditivos e seus coeficientes de determinação

Variáveis	Resíduos	R ²
MS	$\hat{Y} = 0,02874999x^2 + 0,591850x + 32,43094$	0,96
MM	$\hat{Y} = -0,2907500x + 3,426563$	0,72
EE	$\hat{Y} = 0,013725x + 0,987812$	0,98
NDT	$\hat{Y} = 0,3345475x + 64,51797$	0,94
Produção de efluentes (kg/t MV)	$\hat{Y} = -0,1566616x + 0,3486400$	0,99
Perdas gasosas (%)	$\hat{Y} = -0,04019509x + 4,504586$	0,48

Para a matéria mineral (Tabelas 3 e 5), houve efeito significativo para a inclusão de aditivos ocorrendo também interação com efeito linear entre níveis/aditivo para o farelo de varredura de mandioca e não significativa para o aditivo casca de mandioca seca ao sol.

As variações decrescentes e significativas nos teores de matéria mineral nas silagens aditivadas com o resíduo farelo de varredura podem ser explicadas em função dos baixos teores de matéria mineral no farelo de varredura de mandioca (1,17%). Os efeitos não significativos, quando do uso da casca de mandioca, são explicados pelos valores de matéria mineral muito próximos aos da ponta de cana-de-açúcar, 3,45% e 3,22%, respectivamente. É importante ressaltar que a casca de mandioca pode conter contaminação de solo, incorporando assim pequenas quantidades de material mineral às silagens que tiveram a adição deste resíduo.

As médias dos tratamentos, quando testadas separadamente para cada aditivo em relação ao nível zero de inclusão (testemunha), não apresentaram efeito significativo para ambos os resíduos, sob quaisquer níveis de inclusão, sem alterar o percentual de material mineral das silagens (Tabela 4).

A análise de variância (Tabela 3) detectou efeito significativo do uso dos resíduos no teor de nutrientes digestíveis totais das silagens de ponta de cana-de-açúcar, sendo que a regressão mostra um efeito linear (Tabela 6), não ocorrendo interação para nível e resíduo.

A comparação das médias de cada um dos tratamentos em relação ao nível zero de adição (testemunha) mostrou que a inclusão acima de 10% de casca de mandioca ou de farelo de varredura de mandioca, promoveu aumentos significativos nos teores de energia das silagens (Tabela 4).

A eficiência dos resíduos no enriquecimento energético das silagens de ponta de cana-de-açúcar pode ser explicada pelo alto teor de NDT neles contido, 77% para a casca de mandioca e 85,9% para o farelo de varredura de mandioca. PIRES *et al.* (2009) observaram na silagem de capim Elefante, NDT de 49,9%, sendo que a adição de 15% de farelo de mandioca à mesma elevou este valor para 58,8%.

A análise de variância para perdas gasosas da silagem de ponta de cana-de-açúcar, com diferentes níveis de casca de mandioca ou farelo de varredura de mandioca, indicou efeito significativo para os aditivos. Por outro lado, não ocorreram interações entre nível e aditivo para quaisquer dos resíduos usados (Tabelas 3 e 6).

A casca de mandioca seca ao sol, quando adicionada à ensilagem de ponta de cana-de-açúcar, a partir do nível de 5% reduz as perdas gasosas das silagens, quando comparada à ponta de cana-de-açúcar pura (testemunha). Por outro lado, para o farelo de varredura de mandioca não ocorrem diferenças em nenhum nível de adição. Tal fato pode ter ocorrido em função dos altos teores de FDN e FDA na casca de mandioca seca ao sol, 30,1% e 14,63, quando comparada ao farelo de varredura de mandioca 11,6% e 2,66, respectivamente.

Perdas gasosas de 5,7% na massa seca foram encontradas para ponta de cana-de-açúcar pura, ao passo que a adição de 20% de casca de mandioca seca ao sol no ato da ensilagem reduziu estas perdas para 2,4% (Tabela 4).

REZENDE *et al.* (2009) encontraram para cana-de-açúcar pura valores de perdas gasosas de 9,63% na massa seca. Contudo, a adição dos níveis 7, 14, 21 ou 28% de raspa de batata desidratada causou uma redução linear na produção de gases para até 3%, quando 28% de raspa de batata foi adicionada.

ANDRADE *et al.* (2001) adicionaram 0,5% de uréia e 0, 40, 80 e 120 kg de rolão de milho/t de cana-de-açúcar no ato da ensilagem, o que causou uma redução de até 99,46% na produção de etanol, mostrando assim o efeito do aumento na matéria seca sobre a redução na produção do mesmo.

Por outro lado, PEREIRA e SANTOS (2006) afirmam que reduções das perdas gasosas podem ocorrer em função da redução de microrganismos produtores de gás, os quais se desenvolvem em silagens mal conservadas.

No presente trabalho, pode ter havido uma redução na produção de etanol e conseqüentemente menor produção de CO₂ diminuindo assim a perdas gasosas em função do aumento no percentual de matéria seca por meio da inclusão da casca de mandioca seca ao sol.

Os resíduos da casca de mandioca e farelo de varredura de mandioca, quando usados nos níveis de 5, 10, 15 e 20%, desconsiderando-se a testemunha (ponta de cana-de-açúcar pura), reduzem linearmente a produção de efluentes em silagens de ponta, não sendo observado efeito de interação entre nível e resíduos (Tabela 3). Já médias de produção de efluentes, quando testadas separadamente para cada aditivo em relação à testemunha (ponta de cana-de-açúcar pura), não apresentaram diferenças entre si, quando o aditivo usado foi a casca de mandioca, apesar de este ter aumentado o teor de matéria seca das silagens quando adicionada.

No entanto, o farelo de varredura de mandioca, quando usado ao nível de 5%, provocou um aumento significativo na produção de efluentes, em relação aos demais níveis (Tabela 4).

ANDRADE *et al.* (2010), usando farelo de mandioca, farelo de cacau ou casca de café em silagens de capim Elefante, observaram que o farelo de cacau usado no nível de 14,23% foi o resíduo mais eficiente em reduzir a produção de efluentes. Entretanto, para o farelo de mandioca só foram observados resultados positivos quando o nível foi de 25,63%.

Deve-se ressaltar que a produção de efluentes é um dos fatores determinantes de perda de nutrientes das silagens ocorrendo por percolação.

Os resíduos casca de mandioca e farelo de varre-

dura de mandioca, apesar de não evitarem totalmente as perdas por efluentes em silagens de ponta de cana-de-açúcar, mostraram perdas muito reduzidas (Tabela 4) em comparação aos dados de PEDROSO *et al.* (2007) de 22,8 e SIQUEIRA *et al.* (2007), com 84,9 kg/t de matéria fresca, quando do uso de aditivos microbianos em silagens de cana-de-açúcar.

O pH da silagem de ponta de cana-de-açúcar foi de 3,78, não sendo afetado com a inclusão dos resíduos na casca de mandioca, quando variou entre 3,63 a 3,75 ou farelo de varredura de mandioca, variando entre 3,73 e 3,78, para os diferentes níveis de adição dos resíduos. Não foi observada interação entre nível e aditivo.

Valores de pH de 3,9 obtidos por SCHMIDT *et al.* (2006) são considerados normais para silagem de cana-de-açúcar em função do baixo poder tampão da mesma. Entretanto, em silagens de cana-de-açúcar, a rápida queda de pH a níveis considerados ideais não garante por si só boa qualidade fermentativa para conservação das mesmas, segundo SCHMIDT *et al.* (2007) e EVANGELISTA *et al.* (2004).

CONCLUSÕES

As silagens de ponta de cana-de-açúcar, em função dos parâmetros avaliados podem ser enriquecidas com casca de mandioca ou farelo de varredura de mandioca seca ao sol, ao nível de 20% da matéria natural, no ato da ensilagem

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. B.; FERRARI JUNIOR, E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1169-1174, 2001.

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. V.; VELOSO, C. M.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo sub-produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2578-2588, 2010.

BARCELOS, A. F.; RESENDE, A. V. Aproveitamento de resíduos de destilaria de cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, v. 10, p. 22-27, 2002.

CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F.; PRADO, I. N.; SANTOS, G. T.; FREGADOLI, F. L.; KASSIEZ, M. P.; DA PONTE, A. O. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 2099-2108, 2000. Suplemento.

- BARCELOS, A. F.; RESENDE, A. V. Aproveitamento de resíduos de destilaria de cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, v. 10, p. 22-27, 2002.
- CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F.; PRADO, I. N.; SANTOS, G. T.; FREGADOLI, F. L.; KASSIEZ, M. P.; DA PONTE, A. O. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 2099-2108, 2000. Suplemento.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Câmara setorial da cadeia produtiva da mandioca e derivados: conjuntura sobre raiz, farinha e fécula de mandioca**. 2012. Disponível em: <www.conab.gov.br/OlalaCMS/. Uploads/arquivos/11_09_16_08_51_17_mandioca_e_seus_derivados.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2013.
- 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: Universidade Federal de Viçosa**, 2004, p. 463-507.
- FRANCO, H. C. Estoque de nutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de área com cana-de-açúcar. **Stab. Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 25, p. 32-36, 2007.
- GESUALDI, A. C. L. S.; COELHO DA SILVA, J. F.; VASQUEZ, H. M. Efeito da amonização sobre a composição, a retenção de nitrogênio e a conservação do bagaço e da ponta de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 508-517, 2001.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.
- MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 29, 1992, Lavras. **Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras**, 1992, p. 1-32.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D. C.: National Academy of Science, 2001. 381p.
- NUSSIO, L. G.; SUSIN, I.; MENDES, C. Q.; AMARAL, R. C. Estratégias para garantir eficiência na utilização de cana-de-açúcar para ruminantes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 3, p. 27-33, 2009.
- PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F.; LOURES, D. R. S.; IGARAS, I. M. M.; COELHO, R. M.; PACKER, I. U.; HORI, J.; GOMES, L. H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agrícola**, v. 62, p. 427-432, 2005.
- PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; LOURES, D. R. S. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 558-564, 2007.
- 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. 392-430.
- 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, p. 34-39, 2009.
- REZENDE, A. L.; RODRIGUES, R.; BARCELOS, A. F.; CASALI, A. O.; VALERIANO, A. R.; MEDEIROS, L. T. Qualidade bromatológica das silagens de cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum*) aditivadas com raspa de batata. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 292-297, 2009.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo cana-de-açúcar**. 2006. 228 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- SCHMIDT, P.; MARI, L. J.; NUSSIO, L. G.; PEDROSO, A. F.; PAZIANI, S. F.; WECHSLER, S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1666-1.675, 2007.
- SCHMIDT, P.; ROSSI JUNIOR, P.; JUNGES, D.; DIAS, L. T.; ALMEIDA, R.; MARI, L. J. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 543-549, 2011.
- SILVA, D. J.; QUEIRÓZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- SIQUEIRA, G. R.; SCHOKEN-ITURRINO, R. P.; PIRES, A. J. V.; BERNARDES, T. F.; AMARAL, R. C. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 2000-2009, 2007.
- UNDERSANDER, D. J.; HOWARD, W. T.; SHAVER, R. D. Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a single term. **Journal of Production Agriculture**, v. 6, p. 231-235, 1993.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. 1998. SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 8.0. Viçosa, MG, 150p.

- UDOP - UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. Disponível em: < www.udop.com.br>. Acesso em: 19 mar. 2012.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, , p. 3.583-3.597, 1991.
- VITTI, A. C.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; CANTARELA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Balanço de massa e de nutrientes da palhada e da rebrota de cana-de-açúcar dessecada com glifosato. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 25, p. 30-33, 2007.
- WEISS, W. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURES, 61, 1996, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1996, p. 176-185.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J.; PEREIRA, O. G.; ALMEIDA, J. C. C. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e composição bromatológica de silagem de capim-mombaça. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, p. 803-809, 2006.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; DÓREA, J. R. R.; DANTAS, P. A. S.; SILVA, T. C.; PEREIRA, O. G. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de raspa de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2611-2616, 2010.