

CARACTERÍSTICAS QUÍMICO-BROMATOLÓGICAS E FERMENTATIVAS DO CAPIM-ELEFANTE ENSILADO COM NÍVEIS CRESCENTES DE SUBPRODUTO DA AGROINDÚSTRIA DO ABACAXI

Ana Cristina Holanda Ferreira¹
Norberto Mário Rodriguez²
José Neuman Miranda Neiva³
Warley Efrem Campos²
Iran Borges²

RESUMO

O trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o valor nutritivo das silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com adição de 0; 3,5; 7; 10,5; e 14% de abacaxi (*Ananas comosus*) desidratado (subproduto da agroindústria do abacaxi - SABD). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Após 50 dias, os silos foram abertos e coletadas amostras para determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), celulose (CEL), lignina (LIG), energia bruta (EB), cinzas, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Foram analisados também o valor de pH, os teores de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total (N-NH₃/NT) e ácidos orgânicos (ácido láctico, acético, butírico e propiônico) das silagens. Observou-se que a adição de SABD elevou linearmente os teores de MS e PB, enquanto os teores de FDN, FDA e LIG decresceram de forma significativa. A elevação dos teores de MS favoreceram o processo fermentativo, pois, simultaneamente à adição de SABD, observou-se decréscimo nos valores de pH e elevação linear nos teores de ácido láctico. Conclui-se que a adição do subproduto SABD melhora o processo fermentativo da silagem de capim-elefante, além de melhorar suas características nutricionais, pois eleva os teores de PB e reduz os teores de componentes fibrosos.

Palavra-chave: ensilagem, resíduos agroindustriais, valor nutritivo¹

ABSTRACT

BROMATOLOGIC AND FERMENTATIVE CHARACTERISTICS OF SILAGES OF NAPIER GRASS MIXED WITH INCREASING LEVELS OF PINEAPPLE INDUSTRIAL RESIDUES

Nutritive value of silages of Napier grass (*Pennisetum purpureum*, Schum.) mixed with 0; 3.5; 7.0; 10.5 and 14.5% of dehydrated pineapple (*Ananas comosus*) (AC) residue from juice industry was determined. A randomized design was used with four replicates. Silos were opened after 50 days and samples taken for analysis of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose HCEL), cellulose (CEL), lignin (LIG), crude energy (CE), ash, neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) and acid detergent insoluble nitrogen (ADIN). The pH, ammonia nitrogen and organic acids (lactic, acetic, butyric and propionic) were also

¹ Faculdades Tecnológicas do Ceará-CENTEC, anacristinahf@hotmail.com

² Universidade Federal de Minas Gerais, e-mail:norberto.bhe@terra.com.br

³ Universidade Federal do Tocantins, e-mail: araguaia2007@gmail.com

analyzed. Addition of AC linearly increased DM and CP augmented, whereas NDF, ADF and lignin decreased ($p < 0.05$), favoring the fermentative process by lowering pH values and increasing concentrations of lactic acid, which are indicators of better nutritive value.

Key words: ensilage, residues, nutritive value.

INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) destaca-se entre as gramíneas tropicais por ser uma planta de alto potencial de produção e boa composição bromatológica, apresentando-se como alternativa mais econômica que outras culturas anuais para produção de silagem (Tosi, 1989). Várias pesquisas foram desenvolvidas visando a produção de silagens de boa qualidade a partir do capim-elefante. Uma alternativa para melhorar os padrões fermentativos e, conseqüentemente, o valor nutritivo da silagem seria a utilização de aditivos, uma vez que o capim-elefante apresenta alto teor de umidade no momento ideal de corte, baixo teor de carboidratos solúveis e ainda elevada capacidade tampão. Os subprodutos originados da agroindústria do processamento de frutas podem assumir importante papel na confecção dessas silagens.

No Brasil, a produção de abacaxi concentra-se nas Regiões Sudeste e Nordeste, que, em 2001, foram responsáveis, respectivamente, por 40,49 e 37,15% da produção brasileira de abacaxi, cabendo os 22,36% restantes ao conjunto das demais regiões. No período de 1991 a 2001, a produção brasileira de abacaxi evoluiu de 1.106.960 toneladas para 3.113.464 toneladas, o que representou incremento anual da ordem de 8%, sendo resultante não só da expansão da área colhida, mas também do aumento da produtividade, que evoluiu de 32,4 para 49,3 t/ha (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2004).

Quando do processamento da fruta, são formados na indústria subprodutos constituídos de cascas, coroa, brotos, anexos da fruta moídos e polpa, que apresentam amplo potencial de utilização na alimentação animal. Devido à palatabilidade e riqueza em carboidratos solúveis, esses materiais são rapidamente degradados no ambiente ruminal, e, quando ensilados, podem constituir fonte adicional de carboidratos, proporcionando processo fermentativo mais eficiente.

Segundo Prado et al. (2003), as silagens de resíduos industriais de abacaxi apresentam características nutricionais próximas à da silagem de milho, podendo assim substituí-lo como fonte de volumoso para ruminantes.

Oliveira Filho et al. (2002), estudando o valor nutritivo de silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subprodutos do abacaxi, observaram aumento linear nos teores de matéria seca e redução nos teores de fibras em detergente neutro e ácido, enquanto os valores de pH permaneceram entre 3,8 e 4,2.

Objetivou-se, com este experimento, avaliar os efeitos da adição de diferentes níveis do subproduto do abacaxi desidratado sobre a composição química e perfil fermentativo das silagens de capim-elefante.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisas em Forragicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Fortaleza (CE).

Foram estudados cinco níveis de adição do subproduto do abacaxi desidratado (0; 3,5; 7,0; 10,5; e 14,0%), com base na matéria natural, na ensilagem do capim-elefante. Em relação à matéria seca, essas adições consistiram em 0; 13,0; 24,0; 33,0; e 41,0%. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

Na confecção das silagens experimentais, foi utilizado o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) proveniente de capineira estabelecida na Fazenda Experimental do Vale do Curú (FEVC), em Pentecoste, Ceará, pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC). O capim foi cortado manualmente com, aproximadamente, 70 dias de idade. Em seguida, foi processado em picadeira de forragem e, posteriormente, misturado ao subproduto do abacaxi (*Ananas comosus* L.), originado do processamento da fruta para extração de sucos e polpas, na empresa MAISA em Mossoró (RN).

O subproduto do abacaxi era composto por cascas e polpa prensada. A desidratação dos subprodutos foi feita ao sol e em área cimentada, sendo espalhados em camadas de aproximadamente 7 cm de espessura, e revolvidos pelo menos três vezes ao dia até atingir teor de umidade entre 13% e 16%.

A composição químico-bromatológica do capim-elefante (CE) e do subproduto do abacaxi desidratado (SABD), antes da ensilagem, encontram-se na Tabela 1.

Como silos experimentais, foram utilizados tambores plásticos de 210 L. Em cada silo, foram colocados 126 kg de forragem, sendo esta compactada por homens, até atingir densidade de 600 kg/m³. Após a pesagem e a homogeneização do capim-elefante com o SABD, o material foi compactado no interior do silo. Os silos foram fechados com lonas plásticas, presas com ligas de borracha.

Após 35 dias, os silos foram abertos e deles retiradas amostras homogêneas de 300 g das silagens, que permaneceram armazenadas em congelador a -10°C até a época das análises químico-bromatológicas. Nas amostras das silagens, foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), celulose (CEL), lignina (LIG), energia bruta (EB), cinzas, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Foram analisados também o pH, nitrogênio amoniacal como percentagem do nitrogênio total (N-NH₃/NT) e ácidos orgânicos (ácido láctico, acético, butírico e propiônico) no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, segundo técnicas descritas no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (1998).

As características estudadas foram avaliadas por meio da análise de regressão, para avaliar o efeito dos níveis crescentes de adição do SABD, a 1 e 5% de probabilidade utilizando-se o programa Statistical Analysis System-SAS (1990).

Antes da realização dessas análises, foi feito estudo para verificar se as pressuposições de distribuição normal e homocedasticidade dos dados foram atendidas. As variáveis que não atenderam a essas pressuposições foram transformadas para se prosseguir com as

análises estatísticas. A transformação utilizada foi a quadrática para o pH.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes a composições químico-bromatológicas e as equações de regressão em função dos níveis crescentes de subproduto do abacaxi desidratado (SABD) na ensilagem do capim-elefante estão apresentados na Tabela 2.

Os teores de matéria seca (MS) das silagens aumentaram à medida que foi adicionado o subproduto do abacaxi desidratado (SABD). Pela análise de regressão, observou-se que a adição do SABD propiciou um aumento linear ($P < 0,01$) nos teores de MS das silagens. Para cada 1% de adição do SABD, houve acréscimo de 0,59 ponto percentual no teor da MS da silagem. Com isso, foi possível obter incremento de, aproximadamente, 8,3 pontos percentuais no teor de MS quando foram adicionados 14% do SABD em comparação à silagem exclusiva de capim-elefante.

Com adição de 14% do SABD, a silagem atingiu teor médio de 27,54% de MS, próximo da faixa de 28-34% de MS tido com o ideal por McCullough (1977) para que haja maior eficiência no processo fermentativo da silagem. Tal perfil está em conformidade com as observações de Oliveira Filho *et al.* (2002) que, trabalhando com adição do subproduto do abacaxi na ensilagem do capim-elefante, também registraram aumento nos teores de MS das silagens.

Esse resultado já era esperado, haja vista que o subproduto foi desidratado e, com isso, apresentou teor de MS (87,40%) superior ao do capim-elefante (20,60%). Segundo McDonald (1981), o teor de MS (28-32%) e o pH (3,8-4,2) são os fatores mais importantes na inibição do crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* nas silagens.

O aumento linear nos teores de MS com a utilização de subprodutos também foi relatado por Mattos *et al.* (2003) e Evangelista *et al.* (1996) em silagens de capim

Tabela 1: Composições químico-bromatológicas do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) (CE) e do subproduto do abacaxi (*Ananas comosus* L) desidratado (SABD) antes da ensilagem

	MS	PB ¹	FDN ¹	FDA ¹	HCEL ¹	CEL ¹	LIG ¹	NIDN ²	NIDA ²	CHOs ¹	EB ³
CE	20,6	3,3	73,6	48,8	24,8	34,5	14,3	23,6	13,9	6,8	4,0
SABD	87,4	9,2	60,7	24,1	36,6	11,3	10,5	18,8	4,1	9,2	4,1

MS - matéria seca; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; HCEL - hemicelulose; CEL - celulose; LIG - lignina; NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; CHOs - carboidratos solúveis; EB - energia bruta.

¹ Porcentagem da matéria seca.

² Porcentagem do nitrogênio total.

³ Mcal/kg de MS.

Tabela 2: Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), celulose (CEL), lignina (LIG), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e energia bruta (EB) do capim- elefante (CE) ensilado com níveis crescentes de subproduto do abacaxi desidratado (SABD)

	Níveis de adição do SABD (%)					Equação de Regressão	
	0	3,5	7	10,5	14		
MS %)	19,38	20,40	23,20	24,77	27,54	$\hat{Y} = 18,92 + 0,59x$	$R^2 = 0,95$
MO ¹	87,73	88,39	88,98	88,75	89,49	$\hat{Y} = 87,89 + 0,11x$	$R^2 = 0,57$
PB ¹	4,77	5,34	5,55	5,92	5,97	$\hat{Y} = 4,92 + 0,080x$	$R^2 = 0,52$
FDN ¹	76,55	73,44	70,99	68,99	66,41	$\hat{Y} = 76,22 - 0,71x$	$R^2 = 0,91$
FDA ¹	48,80	45,73	42,77	42,62	39,67	$\hat{Y} = 48,19 - 0,61x$	$R^2 = 0,84$
HCEL ¹	27,74	27,71	28,22	26,37	26,75	$\hat{Y} = 28,03 - 0,09x$	$R^2 = 0,20$
CEL ¹	34,47	32,22	30,71	30,55	28,21	$\hat{Y} = 34,07 - 0,40x$	$R^2 = 0,74$
LIG ¹	14,33	13,51	12,07	12,06	11,46	$\hat{Y} = 14,12 - 0,20x$	$R^2 = 0,58$
NIDN ²	21,64	21,35	23,41	21,11	19,94	ns	
NIDA ²	10,24	8,76	9,13	9,21	7,48	ns	
EB ³	4,0	3,98	4,03	4,02	4,08	$\hat{Y} = 4,0 + 0,0053x$	$R^2 = 0,19$

¹ Porcentagem da matéria seca.

² Porcentagem do nitrogênio total.

³ Mcal/kg de MS.

ns – não significativo.

andropogon e capim-elefante, respectivamente, acrescidos de diferentes níveis de polpa cítrica.

O uso de aditivos com elevado teor de MS tem sido adotado por vários pesquisadores com o objetivo de reduzir o teor de umidade do capim-elefante. Assim, Pompeu *et al.* (2002), Neiva *et al.* (2002), Cysne *et al.* (2004), Gonçalves *et al.* (2004) e Sá *et al.* (2004), trabalhando com níveis de adição de subprodutos de graviola, urucum, manga, melão e goiaba, respectivamente, na ensilagem do capim-elefante, observaram aumento nos teores de MS com a inclusão dos subprodutos.

As adições do SABD também influenciaram os teores de PB das silagens. Pelo estudo de regressão, foi possível observar que os teores de PB aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com os níveis de adição do SABD, proporcionando incremento de 0,08 ponto percentual no teor de PB, para cada 1% de adição do SABD. Contudo, a variação entre os níveis de adição do subproduto foi pequena (4,92 a 6,04%), e os valores permaneceram abaixo da faixa de 6 a 8,0%, teor mínimo necessário para que haja fermentação microbiana efetiva no rúmen (Van Soest, 1994). Esse resultado foi decorrente dos baixos teores de PB encontrados no capim-elefante (3,36% PB), influenciando negativamente

na composição química do alimento, já que o SABD apresentou 9,30% de PB.

Os resultados estão em conformidade com Neiva *et al.* (2002) e Sá *et al.* (2004), que, trabalhando com níveis de adição do subproduto da manga e goiaba na ensilagem do capim-elefante, respectivamente, observaram elevações nos teores de PB, porém sem alcançar concentração mínima de 7%.

Oliveira Filho *et al.* (2002) avaliaram níveis de adição de SABD e obtiveram média superior (9,0%) à observada neste trabalho. Contudo, o teor de PB do capim-elefante utilizado (8,61%) já apresentava níveis acima do nível mínimo para a ocorrência da atividade microbiana satisfatória (7% de PB).

Braga *et al.* (2001), avaliando o valor nutricional de silagens de capim-elefante, cortado com 70 dias de desenvolvimento, na região de Mossoró-RN, observaram teores de PB (4,66%) similares aos registrados nas silagens exclusivas de capim elefante deste trabalho.

No tocante à fração fibrosa, houve efeito benéfico da adição do SABD. Esses resultados podem ser confirmados pelo estudo de regressão que registrou redução ($P < 0,05$) linear nos teores de FDN com a adição do SABD. Para cada 1% de inclusão do SABD, obteve-se redução

de 0,71 ponto percentual no teor de FDN das silagens. Com 14% de adição do SABD, o teor de FDN decresceu para 66,2%, ficando 9,94 pontos percentuais abaixo do teor obtido na silagem de capim-elefante. A redução na concentração de FDN nas silagens pode contribuir para aumentar o consumo de MS e a densidade energética da dieta de ruminantes (Jung & Allen, 1995). Esses resultados eram esperados, uma vez que a concentração de FDN do capim-elefante (73,9%) foi superior à do subproduto do abacaxi desidratado (60,7%) adicionado à forrageira ensilada (Tabela 1).

Prado *et al.* (2003), avaliando silagens de resíduo do abacaxi, registraram teores de FDN (64,7%) próximo ao valor encontrado neste trabalho. Os teores de FDN observados nas silagens com 14% de adição do SABD (66,41%) foram próximos aos valores obtidos por Rocha Junior *et al.* (2000), que observaram valores de FDN de 67,3 e 68,1% em silagens de sorgo.

Os teores de FDA seguiram a mesma tendência observada para os teores de FDN. Os teores de FDA reduziram-se linearmente ($P < 0,05$) com a adição do SABD, promovendo redução na ordem de 0,61 ponto percentual, para cada 1% de adição do SABD, o que possibilitou, com a inclusão de 14% do SABD, a redução de 9,0 pontos percentuais no teor de FDA das silagens, comparada com a silagem exclusiva de capim-elefante. Tal fato se deve à menor concentração em FDA do SABD em relação ao capim-elefante (24,1 e 48,8%, respectivamente).

Estes resultados são satisfatórios, pois sabe-se que a FDA é formada de constituintes menos digestíveis pelas bactérias ruminais (celulose e lignina), fazendo com que alimentos com elevados percentuais de FDA, apresentem digestibilidade reduzida (Van Soest, 1994).

Os teores de hemicelulose (HCEL) reduziram-se linearmente ($P < 0,05$) com os níveis crescentes de adição do subproduto, com decréscimo de 0,09 ponto percentual para cada 1% de adição do SABD. Neste caso, como os teores de HCEL do capim-elefante (24,85%) foram inferiores aos do subproduto (36,62%), é possível que a diferença encontrada seja devida à utilização dessa fração como substrato para fermentação, pois, segundo Henderson (1993), as hemiceluloses podem servir de substrato para fermentação, podendo ocorrer a utilização de até 40% dessa fração. McDonald (1981) relatou que a hidrólise da hemicelulose acontece por meio da ação da hemicelulase bacteriana e/ou pela hidrólise por ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação.

Comportamentos semelhantes aos relatados neste trabalho, com relação à redução nos componentes da

parede celular, foram registrados por Oliveira Filho *et al.* (2002) e Sá *et al.* (2004), que avaliaram a adição de 0; 5; 10; 15; e 20% de subproduto da manga e abacaxi na ensilagem do capim-elefante. Também Mattos *et al.* (2003), trabalhando com silagens de capim andropogon com diferentes níveis de polpa cítrica seca, observaram redução nos teores de FDN, FDA e HCEL em silagens com a adição dos respectivos subprodutos.

Para os teores de CEL, verificou-se redução linear com a inclusão do SABD, com queda de 0,4 ponto percentual para cada 1% de SABD adicionado. A redução nos teores de CEL está relacionada à menor concentração desse componente no SABD (11,3%) em relação ao capim-elefante (34,5%). A diminuição nos teores de CEL, com a inclusão do SABD, acompanha os dados deste trabalho com relação à FDA, pois a CEL corresponde à maior fração da FDA. A importância na redução dos teores de CEL se deve ao fato de ser um dos componentes da parede celular com menor digestibilidade. Lousada Junior *et al.* (2005) encontraram teor de CEL (25,9%) em SABD superior ao registrado neste trabalho (11,3%). Porém, vale ressaltar que os subprodutos, em geral, podem ter sua composição química bem variável, em função dos tratamentos culturais, de variedades e dos tipos de processamento.

O estudo de regressão mostrou que a inclusão do SABD reduziu linearmente ($P < 0,05$) os teores de lignina, com decréscimo de 0,2 ponto percentual para cada 1% de SABD adicionado. Este fato era esperado, uma vez que esse subproduto possui na composição química teor de lignina (10,51%) inferior ao do capim-elefante utilizado (14,37%). O SABD agiu então de forma benéfica, pois, como resalta Van Soest (1994), a lignina na parede celular das forragens age de forma negativa na digestão da fibra pelos microrganismos ruminais. Através de sua estrutura e do tipo de ligações covalentes com a hemicelulose, torna-se o principal componente redutor da qualidade das plantas forrageiras por reduzir a digestibilidade dos nutrientes das plantas.

Pelos resultados obtidos, pode-se constatar que o subproduto da agroindústria do abacaxi pode constituir uma fonte alternativa de alimento para ruminantes por proporcionar reduções na fração fibrosa das silagens. Minson (1990) ressaltou que os teores de FDN, FDA e lignina agem de forma negativa na digestibilidade e, conseqüentemente, no consumo. Alimentos com menor fração fibrosa apresentam, de modo geral, maiores digestibilidade e consumo desde que não haja outros fatores envolvidos.

Para os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) em relação ao nitrogênio total, não se observou efeito dos níveis de adição do SABD, sendo o valor médio de 21,5 e 9,0%, respectivamente. Contudo, era esperado que os valores de NIDN e NIDA fossem reduzidos em função da menor concentração desses componentes no subproduto (18,88 e 4,14%, respectivamente) em relação ao capim-elefante (23,6 e 13,9%, respectivamente). Tal fato sugere a ocorrência de alterações decorrentes do processo fermentativo na ensilagem.

Segundo Van Soest (1994), o nitrogênio insolúvel em detergente neutro, mas solúvel em detergente ácido, parece ter digestibilidade considerável, porém, esse nitrogênio apresenta taxas de digestão mais lenta que a fração solúvel em detergente neutro, e sua concentração pode ser aumentada com o calor. Já o NIDA corresponde à fração C no sistema de CORNELL, sendo considerada indisponível por conter proteínas associadas à lignina e a taninos, podendo ser produto da reação de Maillard.

Contudo, vale ressaltar que os outros parâmetros utilizados para caracterização da qualidade de silagens permaneceram na faixa que designa as silagens como de ótima qualidade, como poderá ser visto adiante. Resultados de NIDA superiores aos registrados nas silagens com adição do SABD foram citados por Magalhães & Rodrigues (2004) em silagens de alfafa (11,57%) e por Rosa *et al.* (2004) em silagens de sorgo (12,50%).

Os dados referentes às características fermentativas (pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos) das silagens estão apresentados na Tabela 3.

Através da análise de regressão, observou-se redução ($P < 0,01$) nos valores do pH, com a inclusão do SABD.

O pH das silagens com SABD permaneceu abaixo de 4,2, tido como o valor limite superior de silagens bem fermentadas (Catchpoole & Henzell, 1971; McCullough, 1977; Marsh, 1979; McDonald, 1981).

Os valores de pH obtidos nas silagens resultam da interação de vários fatores. O primeiro a ser destacado refere-se ao teor de MS, como já discutido anteriormente. A inclusão do SABD possibilitou aumento nos teores de MS das silagens, evitando o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* que têm seu crescimento inibido pela elevação da pressão osmótica (Wiering, 1958; Gordon *et al.*, 1961; Catchpoole & Henzell, 1971; Woolford, 1972; Thomas, 1978; Marsh 1979; McDonald, 1981). Estes microrganismos agem desdobrando o ácido láctico e carboidratos residuais em ácido butírico, e aminoácidos em aminas, amônia e gases, que, por sua vez, neutralizam a acidez em virtude da ação básica, prejudicando a qualidade do produto ensilado.

Segundo Wiering (1960) e McDonald (1981), clostrídea são mais sensíveis à falta de umidade do que à acidez do meio, pois esses microrganismos podem tolerar altas concentrações de ácidos e íons de hidrogênio em meio úmido e sua resistência é diretamente proporcional ao teor de umidade.

Outro fator que pode estar relacionado é a concentração de carboidratos solúveis. Muller (1978) ressaltou que os resíduos da indústria de conserva de abacaxi têm os carboidratos solúveis como os principais constituintes da matéria orgânica. Além desses, outros carboidratos, como a hemicelulose, celulose, hexosanas, pentosanas e pectina, estão presentes e, segundo McDonald (1981), as xiloses e arabinoses podem ser degradadas pelas bactérias lácticas (homo e heterofermentativas) produzindo lactato e acetato.

Tabela 3: Valores de pH, nitrogênio amoniacal, como percentagem do nitrogênio total ($N-NH_3/NT$) e ácidos orgânicos (% da MS) do capim-elefante (CE) ensilado com níveis crescentes de subproduto do abacaxi desidratado (SABD)

	Níveis de adição do SABD (%)					Equação de Regressão	
	0	3,5	7	10,5	14		
pH	5,89	3,84	3,65	3,80	3,83	$\hat{Y}^2 = 0,0003 + 0,00002x$	$R^2 = 0,28$
$N-NH_3/NT$	4,30	4,67	5,75	6,32	7,50	$\hat{Y} = 4,10 + 0,23x$	$R^2 = 0,62$
Ác.Lático	3,486	4,738	6,132	6,142	6,779	$\hat{Y} = 4,25 + 0,114x$	$R^2 = 0,17$
Ác.Acético	0,350	0,986	1,682	1,832	2,025	$\hat{Y} = 0,53 + 0,119x$	$R^2 = 0,66$
Ác. Propiônico	0,024	0,075	0,026	0,041	0,078	ns	
Ác. Butírico	0,025	0,032	0,035	0,068	0,031	ns	

ns – não significativo.

Apesar de o processamento das frutas nas agroindústrias retirar grande parte dessas substâncias, verificou-se que o SABD apresentou maiores concentrações de CHOs (9,2%) que o capim-elefante (6,8%). Dessa maneira, o SABD atuou como aditivo estimulador da fermentação, aumentando o teor de carboidratos na ensilagem do capim-elefante.

Trabalhando com subproduto do abacaxi na ensilagem do capim-elefante, Oliveira Filho et al. (2002) encontraram valores de pH superiores aos observados neste trabalho, assim como Neiva et al. (2002), que trabalharam com subproduto da goiaba na ensilagem do capim-elefante.

Desta forma, é possível que o SABD também tenha apresentado valores reduzidos de pH no momento da ensilagem, o que levaria à manutenção dos aspectos qualitativos do volumoso, uma vez que a acidez da massa ensilada inibiria o crescimento de clostrídias, ao mesmo tempo em que estimularia a proliferação das bactérias lácticas. Além disso, reduziria a ação inicial das enzimas proteolíticas das plantas que atuam sobre as proteínas, transformando-as em fontes de nitrogênio não protéico como peptídeos e aminoácidos livres (Ohshima & McDonald, 1978; Muck, 1987).

Segundo Woolford (1972), quanto mais rápido for a redução do pH ou o estabelecimento de um ambiente ácido na massa ensilada, mais eficiente é a preservação, pois mais rapidamente é estabelecido o ambiente anaeróbico no silo e, conseqüentemente, menor é a extensão da degradação aeróbia das proteínas e dos carboidratos, bem como a ação das bactérias do gênero *Clostridium*.

Os fatores mencionados estão em concordância com Fisher & Burns (1987), que relataram que a estabilização do pH das silagens deve-se à interação entre o teor de MS, a capacidade tamponante, as concentrações dos carboidratos solúveis e lactato, e as condições de anaerobiose no meio. Essas associações explicam por que forragens com diferentes teores de MS e de carboidratos solúveis podem produzir silagens com o mesmo padrão de queda do pH.

No tocante aos teores de N-NH₃, a análise de regressão evidenciou incremento de 0,23 ponto percentual no teor de N-NH₃ para cada 1% de adição do SABD. Entretanto, as silagens apresentaram teores de N-NH₃ dentro do limite indicativo de boa fermentação (<12%) (Catchpoole & Henzell, 1971; McDonald 1981; Umaña et al., 1991), evidenciando que não houve degradação excessiva dos aminoácidos.

Na avaliação dos ácidos orgânicos produzidos durante o processo fermentativo nas silagens, verificou-se que a inclusão do SABD influenciou na produção de

ácido láctico. O estudo de regressão mostrou que a variação na produção de ácido láctico com a inclusão do SABD pôde ser representada por uma equação linear crescente ($P < 0,05$), de modo que, para cada 1% de SABD adicionado, ocorreu aumento de 0,114 ponto percentual no teor de ácido láctico nas silagens.

Os teores médios de ácido láctico obtidos nas silagens com inclusão do SABD mostraram-se superiores aos valores relatados por Faria et al. (1972) quando adicionaram 5 (4,32%), 10 (4,09%), 15 (3,37%) e 20% (2,31%) de polpa de laranja seca na ensilagem de capim-elefante.

Dentre os ácidos orgânicos (ácido acético, propiônico, isobutírico, butírico, valérico, isovalérico, succínico, fórmico e láctico) que contribuem para a acidez final da massa armazenada, o ácido láctico, em face de sua maior constante de dissociação ($pK_a = 3,86$), ou seja, maior tendência para perder prótons (Lehninger et al., 2002), possui papel preponderante no processo fermentativo da silagem, pois é responsável pela queda do pH a níveis inferiores a 4,2, quando, como conseqüência, ocorre a inibição do crescimento dos microrganismos responsáveis pelas fermentações indesejáveis (McCullough, 1977; Thomas, 1978; Marsh, 1979; McDonald, 1981; Umaña et al. 1991; Muck, 1991).

Como um dos grandes entraves na ensilagem de gramíneas forrageiras tropicais é a baixa concentração de carboidratos solúveis (Catchpoole & Henzell, 1971), o SABD parece ter proporcionado substrato suficiente para promover a fermentação láctica e, com isso, a conservação do material, funcionando então como um eficiente aditivo, podendo ser incluído no grupo daqueles que estimulam a fermentação e também são nutritivos, segundo a classificação descrita por Vilela (1998).

Ojeda et al. (1987) relataram que a necessidade de obter fermentação láctica em silagens tropicais não se baseia somente na sua eficiência do ponto de vista energético ou de conservação, mas também pelo fato de as bactérias lácticas possuírem propriedades antimicrobianas que inibem o desenvolvimento de clostrídias, bacilos, estreptococos e estafilococos, contribuindo para conservar melhor a forragem.

Quanto à concentração de ácido acético, o estudo de regressão mostrou que os teores aumentaram de forma linear ($P < 0,05$), numa proporção de 0,119 ponto percentual para cada 1% de inclusão do SABD.

Segundo McDonald (1981) e Muck (1991), o principal e o mais importante substrato para produção de ácido acético nas silagens são as pentoses. Desta forma, acredita-se que o principal fator responsável pelo aumento nos teores de

ácido acético nas silagens com a inclusão do SABD esteja relacionado ao metabolismo das pentoses, já que foi possível constatar redução nos teores de hemicelulose. Woolford (1972) comentou que a quebra da hemicelulose pode ser proveniente da ação das hemicelulases das plantas, ação bacteriana (homo e heteroláticas), ou da hidrólise pelos ácidos orgânicos durante a fermentação.

Não foram observados efeitos dos níveis de adição do SABD sobre os teores de ácido butírico. Este fato deve estar relacionado ao reduzido crescimento das bactérias clostrídicas, que tiveram seu crescimento inibido ou controlado provavelmente pelos teores de MS e níveis de pH obtidos nas silagens. As bactérias deste gênero, como discutido anteriormente, são extremamente sensíveis ao aumento da pressão osmótica e a ambientes que apresentem pH abaixo de 4 (McDonald, 1981).

O valor médio de ácido butírico encontrado foi de 0,0382%, o que indica que as concentrações nas silagens permaneceram dentro do recomendado na literatura, que seria de menos de 0,2% para caracterização de silagens bem preservadas (Catchpoole & Henzell, 1971; McDonald, 1981).

Silagens com concentrações elevadas de ácido butírico indicam deterioração do material ensilado, pois, além da ação proteolítica, os clostrídeos utilizam os carboidratos solúveis e ácido láctico, promovendo perdas de matéria seca (McCullough, 1977; McDonald, 1981), resultando num material menos palatável e de odor desagradável. Isso, conseqüentemente, levaria à redução do consumo voluntário das silagens pelos ruminantes (Wilkins & Wilson, 1970; Muck, 1988).

Apesar das silagens terem mantido tendência de aumento linear crescente para os teores de N-NH₃, de modo geral apresentaram boas características fermentativas, já que os valores de pH, N-NH₃ e ácidos orgânicos mantiveram-se dentro dos parâmetros estabelecidos na literatura para classificação de silagens de ótima qualidade, que seriam pH entre 3,8 - 4,2; teor de N-NH₃ menor que 11-12%; teor de ácido láctico entre 1,5 e 6,0%; e de ácido butírico menor ou igual a 0,2% (Catchpoole & Henzell, 1971; Silveira, 1975; McCullough, 1977; e McDonald, 1981).

CONCLUSÃO

A adição do subproduto do abacaxi desidratado melhora o processo fermentativo da silagem de capim-elefante, além de reduzir os componentes da parede celular e elevar os teores de matéria seca e proteína bruta.

REFERÊNCIAS

- Braga AP, Ribeiro HU & Barra PB (2001) Composição química bromatológica das silagens de capim elefante cv. Cameron em cinco idades de corte. *Caatinga*, 14:17-23.
- Catchpoole VR & Henzell EF (1971) Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts*, 41:213-221.
- Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. São Paulo, Sidições rações, 1998.
- Cysne JRB, Neiva JNM, Gonçalves JS, Sá CRL, Oliveira BCM de & Lobo RNB (2004) Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Penisetum purpureum* Schum) cv. Roxo com níveis crescentes de adição do subproduto da graviola (*Ananona muricata* L.). In: 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Campo Grande. Anais, SBZ. CD ROM.
- Evangelista AR, Silva LV & Correia LFA (1996) Efeito de três diferentes formas físicas de polpa cítrica, como aditivo seco na silagem de capim napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.). In: 33ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Fortaleza. Anais, SBZ. p.352-353.
- Faria VP de, Tosi H & Godoy CRM (1972) Polpa de laranja fresca e seca como aditivos para a ensilagem do capim elefante napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *O Solo*, 64:41-47.
- Fisher DS & Burns JC (1987) Quality analysis of summer-annual forages. II. Effects of forage carbohydrate constituents on silage fermentation. *Agronomy Journal*, 79:242-248.
- Gonçalves JS, Neiva JNM, Sá CRL, Aquino DC de, Oliveira BCM de & Lôbo RNB (2004) Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Roxo com diferentes níveis de adição do subproduto de semente do urucum (*Bixa orellana* L.). In: 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Campo Grande. Anais, SBZ. CD ROM
- Gordon CR, Derbyshire HG & Wiseman HG (1961) Preservation and feeding value of alfafa stored as hay, haylage and direct-cut silage. *Journal of Dairy Science*, 44:1229-1311.
- Henderson N (1993) Silage additives. *Animal Feed Science Technology*, 45:308-317.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Agropecuário, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/bda/Tabela/protabl.asp>> Acesso em: (15/08/2004).
- Jung HC & Allen S (1995) Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forage by ruminants. *Journal of Animal Science*, 73: 2774-2790.
- Lehninger AL, Nelson DL & Michel MC (2002) Princípios de Bioquímica, 3.ed. São Paulo, Savier. 975p.
- Lousada Junior JE, Neiva JNM, Rodriguez NM, Pimentel JCM & Lobo RNB (2005) Consumo e digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34:659-669.
- Magalhães VEJA & Rodrigues PHM (2004) Avaliação de inoculação microbiano na composição bromatológica, fermentação e estabilidade aeróbica da silagem pré-seca de alfafa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33:51-59.

- Marsh R (1979) The effects of wilting on fermentation in the silo and on the nutritive value of silage. *Grass and Forage Science*, 34:1-10.
- Mattos ES, Matos NJM & Bezerra FS (2003) Avaliação do valor nutritivo das silagens de capim andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth, cv. Planatina) pré-emurhecido e acrescido de diferentes níveis de polpa cítrica seca. In: 40ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Santa Maria. Anais, SBZ. CD ROM.
- Mccullough ME (1977) Silage and silage fermentation. *Feedstuffs*, 49:49-52.
- Mcdonald P (1981) *The biochemistry of silage*. New York, A Wiley-Interscience Publication. 226p.
- Minson J (1990) *Forage in Ruminant Nutrition*. London, Academic Press. 438p.
- Muck RE (1987) Dry matter level effect on alfalfa silage quality. I. Nitrogen transformations. *Transactions of the American Fisheries Society*, 30:7-14.
- Muck RE (1988) Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal Dairy Science*, 71: 2992-3002.
- Muck RE (1991) Silage fermentation. In: Zeikus JG & Jonson EA (Eds.). *Mixed cultures in biotechnology*. New York, McGrawhill. p.171-204.
- Muller ZO (1978) Feeding potential of pineapple waste for cattle. *World Animal Review*, 25:25-29.
- Neiva JNM, Vieira NF, Pimentel JCM, Gonçalves JS, Oliveira Filho GS de, Lôbo RNB, Vasconcelos, VR de & Lousada Júnior JE (2002) Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com diferentes níveis de subproduto da goiaba In: 39ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Recife. Anais, SBZ. CD ROM.
- Ohshima M & Mcdonald P (1978) A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29:497-505.
- Ojeda F, Esperance M & Luis L (1987) Efecto de la adición de um aditivo biológico sobre el valor nutritivo de los ensilajes. *Pastos y Forrajes*, 10:256-262.
- Oliveira Filho GS de, Neiva JNM, Pimentel JCM, Gonçalves JS, Pompeu RCFF, Lôbo RNB & Vasconcelos, VR (2002) Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com diferentes níveis de subproduto de pseudofruto do abacaxi (*Ananas comosus*) In: 39ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Recife. Anais, SBZ. CD ROM.
- Pompeu RCFF, Neiva JNM, Pimentel JCM, Oliveira Filho GS de, Gonçalves JS, Lôbo RNB & Vasconcelos, VR (2002) Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com diferentes níveis de subproduto do melão (*Cucumis melo*) In: 39ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Recife. Anais, SBZ. CD ROM.
- Prado IN, Lallo FH, Zeoula LM, Caldas Neto SF, Nascimento WG do & Marques J de A (2003) Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduo industrial de abacaxi sobre o desempenho de bovinos confinados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32:737-744.
- Rocha Junior VR, Gonçalves LC, Rodrigues JAS, Brito AF, Borges I & Rodriguez NM (2000) Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*) para produção de silagem. II - Padrão de fermentação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 52:512-520.
- Rosa JRP, Restle J, Silva JHS (2004) Avaliação de silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.) por meio do desempenho de bezerros confinados em fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32:1016-1028.
- Sá, CRL, Neiva JNM, Gonçalves JS, Mesquita TA de, Moraes AS de, Sidarta E & Lôbo RNB (2004) Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com níveis crescentes do subproduto da manga (*Mangifera indica* L.). In: 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Campo Grande. Anais, SBZ. CD ROM.
- Silveira AC (1975) Técnicas para produção de silagem. In: 2ª Simpósio sobre Manejo de Pastagens, Piracicaba. Anais, ESALQ. p.156-180.
- Statistical Analysis System – SAS, Users guide. Cary: 1990.
- Thomas JW (1978) Preservatives for conserved forage crops. *Journal Animal Science*, 47:721-735.
- Tosi H, Bonassi IA, Iturrino RPS, Furtado CE & Drudi A (1989) Avaliação química e microbiológica da silagem de capim elefante, cultivar Taiwan A-148, preparada com bagaço de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 24:1313-1317.
- Umaña CR, Staples DB, Bates DB, Wilcox CJ & Mahanna WC (1991) Effects of a microbial inoculant and (or) sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. *Journal Animal Science*, 69:4588-4601.
- Van Soest PJ (1994) *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. New York, Cornell University Press. 476p.
- Vilela D (1998) Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. Aditivos na produção de ruminantes. In: 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Botucatu. Anais, SBZ. p.73-87.
- Wiering GW (1960) Some factors affecting silage fermentation. In: 8ª International Grassland Congress, Berkshire. Proceedings, p.497-502.
- Wiering GW (1958) The effect of wilting on butyric acid fermentation in silage. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 6:204-210.
- Wilkins RJ & Wilson, R.F (1970) Silage fermentation and feed value. *Journal of the British Grassland Society*, 26:108-112.
- Woolford MK (1972) Some aspects of the microbiology and biochemistry of silage making. *Herbage Abstracts*, 42:105-11.