

CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SILAGEM DE CAPIM TANZÂNIA COM ADITIVOS¹

M. J. A. F. MELO^{2*}, A. A. BACKES², J. L. FAGUNDES², M. T. MELO³, G. P. SILVA², A. P. L. FREIRE²

¹Recebido para publicação em 30/05/2016. Aceito para publicação em 12/09/2016.

²Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Zootecnia, São Cristóvão, SE, Brasil.

³Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Medicina Veterinária, São Cristóvão, SE, Brasil.

*Autor correspondente: maria.juliaf@hotmail.com

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar as características fermentativas e a composição química da silagem de capim Tanzânia tratada com aditivos. Utilizaram-se os seguintes tratamentos: silagem sem aditivo (SSA); silagem com 2,17% de calcário (SCA); silagem com 2,17% de ureia (SUR); silagem com associação de aditivos: silagem com 7,5% de fubá de milho, 5,3% melaço em pó, 1,1% ureia, 1,1% calcário (SA1); silagem com 10% de fubá de milho, 2,93% de melaço em pó, 1,1% ureia, 0,97% calcário (SA2). Com a utilização dos aditivos todas as silagens apresentaram médias maiores de pH em relação a silagem sem aditivo. Entretanto, isso não afetou negativamente a qualidade fermentativa das silagens. A acidez titulável da silagem SSA foi maior (7,84) em relação à SUR (3,28), SCA (4,80), SA1 (3,30) e SA2 (3,80). À exceção da silagem com ureia, todas as silagens apresentaram médias inferiores a 10% de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, indicando bom perfil fermentativo. A perda de efluentes ($P < 0,005$) foi menor para as silagens aditivadas, com valores de 22,5; 12,1; 12,3; 7,85 kg/t para SCA, SUR, SA1 e SA2, respectivamente, comparada à silagem SSA (46,1 kg/t). Teores de matéria seca, nutrientes digestíveis totais e carboidratos não fibrosos aumentaram com a inclusão dos aditivos e os teores de fibra em detergente neutro e hemicelulose reduziram. A digestibilidade da matéria seca foi superior nas silagens SA1 e SA2 (45,8% e 44,4%, respectivamente) em comparação as demais, e a silagem SA2 não diferiu da SSA (43,4%). Associação entre aditivos químicos e orgânicos apresenta efeito sinérgico positivo para reduzir perdas por efluentes, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, além de elevar a digestibilidade da matéria seca proporcionando, dessa forma, maior disponibilidade dos nutrientes, o que confere a essas silagens um produto final de boa qualidade.

Palavras-chave: acidez, digestibilidade, efluentes, nitrogênio amoniacal, pH.

FERMENTATION CHARACTERISTICS AND CHEMICAL COMPOSITION OF TANZANIA GRASS SILAGE CONTAINING ADDITIVES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the fermentation characteristics and chemical composition of Tanzania grass silage containing additives. The following treatments were applied: silage without additive (SWA); silage treated with 2.17% limestones (SLS); silage treated with 2.17% urea (SUR), and silage treated with a combination of additives: 7.5% corn meal, 5.3% molasses powder, 1.1% urea and 1.1% limestone (SA1), and 10% corn meal, 2.93% molasses powder, 1.1% urea and 0.97% limestone (SA2). All silages containing additives exhibited a higher mean pH than SWA, but this did not negatively affect their fermentation quality. The titratable acidity of SWA (7.84) was higher than that of SUR (3.28), SLS (4.80), SA1 (3.30) and SA2 (3.80). The mean ammoniacal nitrogen was 10% lower in relation to total nitrogen in all silages, except for SUR, indicating a good fermentation profile. Effluent loss was lower for silages containing additives ($P < 0.005$), with losses of 22.5, 12.1, 12.3 and 7.85 kg/t for SLS, SUR, SA1 and SA2, respectively, compared to SWA (46.1 kg/t). Dry matter content, total digestible nutrients and non-fibrous carbohydrates increased with inclusion of the additives, while neutral detergent fiber and hemicellulose content decreased. Dry matter digestibility was higher in SA1 and SA2 (45.8% and 44.4%, respectively) compared to the other silages, while SA2 did not differ from SWA (43.4%). The combination of chemical and organic additives had a positive synergistic effect to reduce effluent losses, neutral detergent fiber and acid detergent fiber and to increase dry matter digestibility, thus increasing nutrient availability. These silages therefore represent a good-quality final product.

Keywords: acidity, digestibility, effluents, ammoniacal nitrogen, pH.

INTRODUÇÃO

A utilização do capim Tanzânia como forragem conservada na forma de silagem, vem sendo difundida entre os produtores como alternativa para o aproveitamento da forragem excedente no período das águas. Assim, obtêm-se volumoso de boa qualidade para alimentação dos animais ruminantes durante o período de escassez de alimento. Alguns dos problemas do processo de ensilagem deste capim têm sido os fatores intrínsecos à planta, como baixo teor de matéria seca e carboidratos solúveis, que interferem diretamente no processo fermentativo provocando perdas de nutrientes (ÁVILA *et al.*, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2007).

O processo de produção de silagem consiste na preservação da forragem e dos nutrientes por intermédio da produção de ácido láctico, elemento responsável pela queda de pH (CHEN e WEINBERG, 2009). O ácido láctico é sintetizado pelas bactérias homofermentativas que necessitam de condições favoráveis para desenvolvimento, assim, o ácido láctico produzido ocasiona queda do pH preservando os nutrientes contidos na forragem de forma a reduzir a proliferação de fungos e leveduras responsável pela deterioração da silagem (COAN *et al.*, 2007). Na obtenção de condições favoráveis, diversos produtos químicos têm sido avaliados, como fubá de milho, melão em pó, ureia e o calcário, que favorecem o aumento da matéria seca, de açúcares e reduzem a população de leveduras e fungos que, conseqüentemente, diminui as perdas de carboidratos solúveis e de matéria seca (GENTIL *et al.*, 2007; RABELO *et al.*, 2013).

A ureia tem sido utilizada na ensilagem devido a possível alteração no perfil de fermentação, pois quando a amônia liberada pela hidrólise da ureia se liga as partículas de água existente no meio ocorre à formação de hidróxido de amônia, composto capaz de solubilizar os constituintes da parede celular, principalmente hemicelulose, conseqüentemente há redução do teor de fibra em detergente ácido (LOPES *et al.*, 2007; FERNANDES *et al.*, 2009). Para o calcário, efeito semelhante foi relatado por RABELO *et al.* (2013), em que este produto possui a capacidade de reduzir os constituintes da parede celular por meio de hidrólise alcalina, alterando o pH e a pressão osmótica, de forma a contribuir com a preservação dos nutrientes após abertura dos silos.

As combinações de diversos tipos de aditivos também têm sido testadas buscando o aumento da eficiência na preservação dos nutrientes. Alguns tipos de associações são observadas em silagem de

forragens tropicais, como a associação de ureia com fubá de milho ou mandioca desidratada (LOPES *et al.*, 2007), e uréia com hidróxido de sódio (RIBEIRO *et al.*, 2010). Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar as características fermentativas e a composição química da silagem de capim Tanzânia tratada com aditivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na fazenda experimental pertencente à Universidade Federal de Sergipe, localizado a 10° 55' 28,5", latitude sul e 37° 12' 04,7" de longitude oeste no município de São Cristovão. Na confecção da silagem foi utilizado o capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia), e a cultura já se encontrava estabelecida há três anos. Realizou-se a uniformização da área por meio do corte na forragem a 10 cm acima do solo e em seguida feita uma adubação nitrogenada (100 kg/ha de N) com base na análise química. A forragem foi colhida em julho de 2014, aos 120 dias de crescimento vegetativo (tempo médio usado pelos produtores da região de Sergipe), triturada em partículas de aproximadamente dois centímetros utilizando máquina forrageira estacionária (PN PLUS 2000).

A forragem triturada foi separada em porções conforme os seguintes tratamentos: silagem sem aditivo (SSA); silagem com 2,17% de ureia (0,6% da matéria natural) (SUR); silagem com 2,17% de calcário (0,6% da matéria natural) (SCA); silagem com associação de aditivos: 7,5% de fubá de milho, 5,3% melão em pó, 1,1% ureia, 1,1% calcário (SA1); 10% de fubá de milho; 2,93% de melão em pó, 1,1% ureia, 0,97% calcário (SA2). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (silagens) com cinco repetições cada, totalizando 25 unidades experimentais (mini silos). As proporções dos aditivos em todos os tratamentos foram feitas com base na matéria seca da forragem.

Após homogeneização das forragens com os aditivos de cada tratamento, essas foram inseridas em mini silos de laboratório e realizada a compactação utilizando bastões de madeira. Posteriormente, foram fechados com tampas de PVC adaptadas com válvula tipo "bunsen" para permitir a saída de gases e impossibilitar a entrada de ar e, posteriormente, vedados com fitas transparentes. Foram confeccionados 25 mini silos de laboratório (Figura 1), com compartimento inferior contendo 1 kg de areia esterilizada, separada por tela de náilon da área útil que recebeu a forragem a ser conservada.

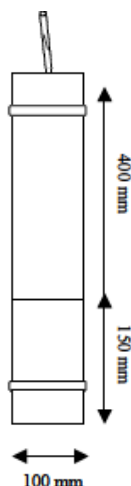


Figura 1. Tipo de silo de laboratório utilizado para avaliação das silagens

Para estimar a densidade da silagem, os silos foram pesados antes e depois da colocação da forragem, e posteriormente foi obtida a relação entre o peso do material ensilado com a área ocupada pela forragem no mini silo, de 796 kg/m³, em média. Os mini silos foram armazenados em área coberta sob temperatura ambiente, até o momento em que foi realizada a abertura (após 60 dias).

No momento da ensilagem foram retiradas amostras de forragem de cada tratamento para análises da composição química (Tabela 1). Essas amostras foram colocadas em bandejas de alumínio e levadas para estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, e o material pré-seco foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm, armazenados em recipientes plásticos para posterior análises químicas.

Os teores de matéria seca (MS), cinzas (CZ), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) (nas amostras que continham amido foi utilizado a enzima alfa amilase), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e hemicelulose foram obtidos segundo a metodologia descrita em SILVA e QUEIROZ (2002) baseado na AOAC (1980). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo a equação proposta por CAPELLE *et al.* (2001): $NDT = 99,39 - 0,7641 * FDN$.

As análises químicas também foram realizadas nas amostras de silagens após a abertura dos mini silos, e determinação do pH (feito em uma amostra "in natura" da silagem), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), acidez

titulável total e análise de nitrogênio amoniacal em percentagem do nitrogênio total (N-NH₃/N total), conforme metodologia descrita em AOAC (1980). A digestibilidade da matéria seca (DMS) das silagens foi estimada pela equação: $DMS (\%) = 88,9 - [0,779 \times \%FDA (MS)]$, segundo CASTRO FILHO *et al.* (2007). A porcentagem de carboidratos totais (CT) e carboidratos-não-fibrosos (CNF) foi obtida através das equações desenvolvidas por SNIFFEN *et al.* (1992) em que: $CT = 100 - (PB + EE + CZ)$ e $CNF = 100 - (FDN + CZ + PB + EE)$.

Tabela 1. Composição química da forragem com ou sem associação de aditivos

Variáveis	¹ Tratamento				
	SSA	SCA	SUR	SA1	SA2
Matéria seca (%)	27,7	35,8	31,6	35,8	34,7
² Cinzas	7,19	13,3	9,99	12,0	9,67
² Proteína bruta	5,8	5,0	7,4	6,21	6,41
² Extrato etéreo	5,49	6,06	6,85	5,69	7,14
² Fibra detergente neutro	78,3	77,0	76,5	72,4	74,3
² Fibra detergente ácido	60,0	58,1	58,6	56,4	57,4
² Lignina	17,0	18,6	18,2	13,8	21,6
² Hemicelulose	17,3	15,7	17,4	16,9	16,9
² Nutriente digestível total	39,6	40,5	40,9	44,1	42,6

¹SSA: silagem sem aditivo; SCA: silagem com 2,17% de calcário; SUR: silagem com 2,17% de ureia; SA1: silagem com associação de aditivos: 7,5% de fubá de milho, 5,3% melaço em pó, 1,1% ureia, 1,1% calcário; SA2: 10% de fubá de milho; 2,93% de melaço em pó, 1,1% ureia, 0,97% calcário. ²Porcentagem da matéria seca.

As perdas por gases foram quantificadas por diferença de peso, conforme a seguinte equação: $G = (PCI - PCf) / (MFi \times MSi) \times 100$, em que G = perdas por gases (% MS); PCI = peso do mini silo cheio no fechamento (kg); PCf = peso do mini silo cheio na abertura (kg); MFi = massa de forragem no fechamento (kg); MSi = teor de matéria seca da forragem no fechamento. As perdas por efluentes foram calculadas baseada na diferença de peso da areia e relacionadas com a massa de forragem fresca no fechamento dos mini silos, conforme a seguinte equação: $E = [(PVf - Tb) - (PVi - Tb)] / MFi \times 100$, em que E = produção de efluentes (kg/tonelada de silagem); PVi = peso do mini silo vazio + peso da areia no fechamento (kg); PVf = peso do mini silo vazio + peso da areia na abertura (kg); Tb = tara do mini silo; MFi = massa de forragem no fechamento (kg).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). As médias foram comparadas pelo teste de Duncan, e significância estatística foi declarada a 5% ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito ($P < 0,05$) dos aditivos sobre os valores de pH obtidos nas silagens de Tanzânia para todos os tratamentos, em que todas as silagens apresentaram as maiores médias de pH em relação ao controle (Tabela 2). Esses valores foram maiores do que os preconizados como ideal, pois de acordo com PAHLOW *et al.* (2003) o valor de pH ideal gira em torno de 3,5 a 4,2 de forma que esses valores indicariam silagem de boa qualidade. Entretanto, os maiores valores de pH nas silagens com aditivos já eram esperados, visto que os aditivos colocados nestes tratamentos contêm ureia e calcário que são produtos de caráter básico o que justificariam os elevados valores de pH.

Na literatura existem relatos da elevação de pH promovida por aditivos alcalinizantes como, por exemplo, no ensaio realizado por BUMBERIS JÚNIOR *et al.* (2009) em que o pH da silagem de grama estrela contendo 10 kg de ureia por tonelada de matéria natural atingiu patamares superiores a 5,0. Comportamento semelhante também foi evidenciado por ÍTAVO *et al.* (2010) em silagem de capim-elefante com a adição de ureia a 8% da matéria natural. FERRARI JÚNIOR *et al.* (2009) também relataram que em silagens de capim elefante aditivadas com 1% de óxido de cálcio obtiveram valores de pH de 5,3. Dessa forma, fica explícito o aumento da capacidade tamponante promovida por estes compostos, o que possivelmente dificultou a queda de pH observada nas silagens do presente trabalho.

A acidez titulável da silagem SSA foi maior ($P < 0,05$) em relação às demais silagens, provavelmente devido a maior produção de ácido láctico. Segundo SILVA e QUEIROZ (2002) a determinação da acidez titulável possui elevada relação com o teor de ácido láctico, o que muitas vezes apenas com a análise de pH não é perfeitamente relacionada. Quanto aos demais tratamentos, a acidez titulável possivelmente não representou boa relação com o teor de ácido láctico devido à inclusão da ureia e calcário, aditivos com elevado poder tampão. De acordo com os autores supracitados, a ureia e o calcário interferem negativamente na relação pH e ácido láctico.

A determinação do nitrogênio amoniacal pode ser utilizada como indicativo da qualidade do padrão fermentativo das silagens. As silagens SSA, SCA, SA1, SA2 obtiveram médias inferiores ($P < 0,05$) a 10% de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total ($N-NH_3/N$ total), indicando bom perfil fermentativo, com pouca proteólise da proteína. Segundo McDONALD *et al.* (1991) silagens com valores inferiores a 10% são consideradas de excelente qualidade. A silagem contendo exclusivamente ureia (SUR) obteve a maior média, possivelmente em decorrência da instabilidade fermentativa inicial que pode ter gerado maior proliferação de microrganismos indesejáveis e, por consequência, maior proteólise. Além disso, com a degradação da ureia ocorre liberação de amônia, o que também pode ter ajudado na elevação do teor de nitrogênio amoniacal.

Quanto às perdas por efluentes foi detectado efeito positivo ($P < 0,05$) da inclusão de aditivos, pois houve redução de efluentes para todas as silagens aditivadas em relação à silagem sem aditivo (SSA). As perdas por efluentes estão ligadas diretamente ao teor de matéria seca. Portanto, para os tratamentos contendo aditivos, à exceção do SUR, foi observado

Tabela 2. Características fermentativas da silagem de capim Tanzânia com ou sem associação de aditivos

Variável	¹Tratamento					CV (%)	Valor de P
	SSA	SCA	SUR	SA1	SA2		
pH	4,0 e	4,47 d	5,42 a	5,23 b	5,10 c	1,51	<0,001
Acidez titulável total	7,84 a	4,80 b	3,28 c	3,30 c	3,80 c	10,4	<0,001
²N-NH ₃ / N total (%)	2,35 c	2,49 c	15,5 a	5,25 b	6,43 b	22,7	<0,001
Perdas por efluentes (kg/t)	46,1 a	22,5 b	12,1 c	12,3c	7,58 c	19,9	<0,001
³Perdas por gases (%)	0,97 bc	0,97 bc	1,11 a	0,90 c	1,04 ab	8,46	0,009

¹SSA: silagem sem aditivo; SCA: silagem com 2,17% de calcário; SUR: silagem com 2,17% de ureia; SA1: silagem com associação de aditivos: 7,5% de fubá de milho, 5,3% melaço em pó, 1,1% ureia, 1,1% calcário; SA2: 10% de fubá de milho; 2,93% de melaço em pó, 1,1% ureia, 0,97% calcário. ²Porcentagem da matéria seca.

maior teor da matéria seca, refletindo na redução do teor de umidade da massa de forragem, principal característica responsável pelas perdas de efluentes. Na silagem sem aditivo as perdas por efluentes foram elevadas, possivelmente, devido as maiores perdas de carboidratos solúveis por lixiviação, refletido no menor valor de NDT (Tabela 3). Os trabalhos desenvolvidos por ANDRADE *et al.* (2012) e VIANA *et al.* (2013) mostraram resultados similares ao observado no presente estudo, com boa eficiência na redução das perdas por efluentes em silagens de capim-elefante, para os tratamentos que continham aditivos absorventes de umidade. CAVALI *et al.* (2010) observaram redução nas perdas por efluentes (média de 38,6%) quando utilizaram doses crescentes óxido de cálcio em silagem de cana-de-açúcar (5, 10, 15, e 20 g/kg) comparado a silagem sem aditivo.

As silagens SUR e SA2 apresentaram perdas ($P < 0,05$) por gases superiores aos demais tratamentos que, entretanto, podem ser considerados de baixa magnitude. Estes resultados corroboram aos verificados por OLIVEIRA *et al.* (2009) com baixas perdas por gases (1,27%) em silagens de capim Tanzânia com dose baixa de ureia (0,58%), decorrente da boa preservação da massa de forragem ensilada. A maior ou menor produção de gases pode estar relacionada às perdas de matéria seca durante o processo fermentativo, provavelmente causadas por fermentações indesejáveis proveniente do metabolismo de microrganismos, como clostrídeos, enterobactérias e leveduras que se desenvolvem em pH mais elevado e que são responsáveis pela produção de gases.

Os teores de matéria seca diferiram ($P < 0,05$)

entre silagens com aditivos (Tabela 3) e foram mais expressivos nas silagens SCA (38,77%) e SA1 (37,53%), já a silagem contendo ureia (SUR) obteve a menor média (31,84%) em comparação as demais silagens com aditivos. O teor de matéria seca antes da ensilagem foi menor para SSA e dentre as silagens com aditivos a SUR apresentou menor teor de matéria seca (Tabela 1) e se manteve menor após o processo de ensilagem, provavelmente por não conter aditivo absorvente de umidade. Já o tratamento SSA elevou seu teor de matéria seca após a ensilagem devido a grande perda de efluentes ocorrida neste processo. De forma geral, observou-se a eficiência dos aditivos na absorção de umidade favorecendo assim a elevação do teor de matéria seca.

Para a obtenção de uma boa silagem o teor de matéria seca é um dos requisitos mais importantes, visto que este interfere diretamente no processo fermentativo das silagens, com influencia no tipo de ácidos orgânicos formados. A preconização dos teores de matéria seca adequados está em torno de 28% e 34% (MONTEIRO *et al.*, 2011), dessa forma podemos verificar que as silagens SSA e SUR estão dentro dessa faixa ideal. Entretanto, para as demais silagens (SCA, SA1, SA2) foi observado incremento quando comparado ao valor ideal devido à utilização dos aditivos absorventes de umidade. Efeito semelhante foi relatado por NERES *et al.* (2014) em silagem de Tifton 85 com fubá de milho, em que ocorreu aumento no teor de matéria seca em relação ao tratamento controle. COSTA *et al.* (2011) também observaram aumento linear no teor de matéria seca em silagem de vários cultivares de *Brachiaria brizantha* devido a inclusão de diferentes

Tabela 3. Características químicas das silagens de capim Tanzânia com ou sem associação de aditivos

Variável	¹ Tratamento					CV (%)	Valor de P
	SSA	SCA	SUR	SA1	SA2		
Matéria seca (%)	33,6 c	38,8 a	31,8 d	37,5 a	35,5 b	3,01	<0,001
² Cinzas	7,27 c	12,2 a	10,2 b	11,8 a	9,68 b	7,65	<0,001
² Extrato etéreo	5,78 c	5,65 c	7,63 a	6,64 b	6,57 b	8,54	<0,001
² Proteína bruta	5,66 cd	4,91 d	6,65 ab	7,40 a	6,09 bc	10,0	<0,001
² Nitrogênio Insolúvel em detergente neutro	27,2 b	39,9 a	33,3 ab	32,9 ab	39,5 a	21,2	0,067
² Nitrogênio Insolúvel em detergente ácido	22,7 a	31,9 a	32,5 a	24,5 a	31,5 a	34,9	0,396
² Nutrientes digestíveis totais	41,1 d	46,4 c	45,7 c	51,7 a	50,3 b	1,99	<0,001
Digestibilidade da matéria seca (%)	43,4 b	41,0 c	38,3 d	45,8 a	44,4 ab	3,07	<0,001

¹SSA: silagem sem aditivo; SCA: silagem com 2,17% de calcário; SUR: silagem com 2,17% de ureia; SA1: silagem com associação de aditivos: 7,5% de fubá de milho, 5,3% melão em pó, 1,1% ureia, 1,1% calcário; SA2: 10% de fubá de milho; 2,93% de melão em pó, 1,1% ureia, 0,97% calcário. ²Porcentagem da matéria seca.

níveis de farelo de milho, e a adição de 15% elevou a matéria seca de 20,5% para 28,4% (Xaraés), 21,9% para 31,5% (Piatã), e 19,7% para 31,0% (Marandu).

A inclusão de aditivos promoveu um acréscimo significativo no teor de proteína bruta ($P < 0,05$) das silagens SUR e SA1. O incremento na proteína pode ser explicado pelo fato da ureia ser fonte de nitrogênio não proteico. Os valores obtidos nessas silagens segundo BERCHIELLI *et al.* (2011) são considerados como nível mínimo para que não ocorra limitação no processo fermentativo de carboidratos fibrosos pelos microrganismos do rúmen. A elevação do teor proteico também foi observada por ÍTAVO *et al.* (2010), em que a inclusão de 8% de ureia em silagem de capim-elefante resultou em um incremento de 59,1% em relação ao tratamento controle.

A utilização de aditivos nas silagens de capim Tanzânia elevaram significadamente ($P < 0,05$) os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN). Já para a variável nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) não foram observados efeitos ($P > 0,05$) destes aditivos. É importante considerar que os aditivos utilizados neste trabalho continham aditivos alcalinizantes como calcário e/ou ureia. Isso, possivelmente, interferiu na queda de pH inicial, fato que pode ter desencadeado a ocorrência de fermentações secundárias no início do processo fermentativo e por consequência maior teor de NIDN.

A associação de aditivos (SA1) influenciou ($P < 0,05$) de forma positiva no aumento dos nutrientes digestíveis totais, média de 51,7%, que foi superior aos demais tratamentos. Este resultado pode ser atribuído a participação dos aditivos fubá de milho e principalmente ao maior teor de melão em pó, visto que ambos os aditivos são fonte de carboidratos solúveis. Resultados similares foram observados por ANDRADE *et al.* (2010) em silagens de capim-elefante contendo farelo de mandioca, em que verificaram aumento linear do NDT com diferentes níveis deste aditivo. BERGAMASCHINE *et al.* (2006) verificaram aumento de 55,58% para 59,09% do NDT com o uso de 10% de polpa cítrica como aditivo na silagem de capim marandu. Esse incremento de nutrientes também pode estar relacionado com o efeito de hidrólise alcalina, como relatado na literatura (RIBEIRO *et al.*, 2010; SIQUEIRA *et al.*, 2011), com redução dos constituintes da parede celular, principalmente da fração FDN. Portanto, a ureia e calcário possivelmente potencializaram esse efeito sinergicamente de forma que possibilitou maior disponibilidade de nutrientes.

Em relação à digestibilidade da matéria seca das silagens, as associações SA1 e SA2 obtiveram as maiores médias ($P < 0,05$) de 45,8% e 44,4%, respectivamente. Os resultados obtidos possivelmente se devem a sinergia entre aditivos químicos e orgânicos (ureia, calcário, fubá de milho e melão em pó) responsáveis pela melhoria na degradação da fibra, por meio da hidrólise alcalina, e na fermentação, pois o fornecimento de substratos energéticos favorece a proliferação de bactéria fibrolíticas que também pode ter contribuído para a elevação da digestibilidade do material ensilado. Efeito positivo similar aos obtidos no presente estudo foi observado por RIBEIRO *et al.* (2008), em que houve aumento da digestibilidade da matéria seca de forma linear em silagens de capim Tanzânia acrescidas de farelo de trigo em vários níveis. Esse efeito também foi verificado por PEREIRA *et al.* (2007), em que a maior degradação efetiva da matéria seca ocorreu em silagem de Tifton-85 aditivada com 16,5% de fubá de milho.

Quanto ao teor de carboidratos totais (CHOT) foi observado redução com a adição de aditivos, com variação de 81,3% para SSA a 74,1% para SA1 (Tabela 4). Essa redução possivelmente foi devido ao aumento gradual e simultâneo dos teores de extrato etéreo e cinzas (Tabela 1).

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi menor nas silagens SSA e SUR ($P < 0,005$), provavelmente, em função da ausência de substratos ricos em amido e açúcares, principais componentes dos CNF, além do capim Tanzânia ser pobre em pectina. Por outro lado, o aumento efetivo do teor de CNF nas silagens SA1 e SA2 era esperado, já que continham aditivos (fubá de milho e melão em pó) que são considerados fontes de carboidratos não fibrosos. A utilização de fubá de milho e melão comprovou a eficiência em elevar o teor de CNF nas silagens e, por consequência, elevar o valor energético final da silagem. Similarmente, RIBEIRO *et al.* (2008) verificaram aumento linear no teor de CNF de 8,8; 12,3; 14,7; 15,9 e 20,5% da MS em silagem de capim Tanzânia aditivadas com 0,0; 8,0; 16,0; 24,0; 34,0% de farelo de trigo, respectivamente. BUREENOK *et al.* (2011) trabalhando com silagem de capim *Brachiaria* com 5% de melão também observaram aumento dos teores de carboidratos não fibrosos (14,7 g/kg MS para 29,8 g/kg MS).

Quanto à fração fibrosa foram observados redução nos valores de FDN em todas as silagens aditivadas ($P < 0,05$), demonstrando efeito positivo do uso dessa tecnologia. Os aditivos utilizados em associação nas silagens SA1 e SA2 contribuíram

Tabela 4. Características da fibra das silagens de capim Tanzânia com ou sem associação de aditivos

² Variável	¹ Tratamento					CV (%)	Valor de P
	SSA	SCA	SUR	SA1	SA2		
Carboidratos totais	81,3 a	77,2 b	75,5 cd	74,1 d	77,6 b	1,75	<0,001
Carboidratos não fibrosos	4,98 c	7,83 b	5,22 c	11,6 a	13,4 a	19,3	<0,001
Fibra em detergente neutro	76,5 a	69,5 b	70,1 b	62,4 d	64,1 c	1,61	<0,001
Fibra em detergente ácido	58,6 c	61,4 b	64,9 a	55,3 d	57,1 cd	2,82	<0,001
Lignina	16,5 c	18,3 b	22,4 a	19,2 b	21,6 a	6,33	<0,001
Hemicelulose	18,1 a	17,2 a	14,7 b	16,3 ab	16,5 ab	8,48	0,016

¹SSA: silagem sem aditivo; SCA: silagem com 2,17% de calcário; SUR: silagem com 2,17% de ureia; SA1: silagem com associação de aditivos: 7,5% de fubá de milho, 5,3% melaço em pó, 1,1% ureia, 1,1% calcário; SA2: 10% de fubá de milho; 2,93% de melaço em pó, 1,1% ureia, 0,97% calcário. ²Porcentagem da matéria seca.

para a redução dos teores de FDN e FDA da massa ensilada. Esse efeito pode estar aliado à sinergia entre os aditivos, de forma a potencializar a redução da fibra, pois a ureia e o calcário atuam solubilizando as frações fibrosas. Além disso, o enriquecimento da forragem com materiais ricos em carboidratos solúveis serve como substratos para serem utilizados por bactérias capazes de degradar a fibra por meio de enzimas denominadas celulasas e hemicelulasas. Esse efeito também foi relatado por MACIEL *et al.* (2008), em que observaram redução dos teores de FDN e FDA em silagens de capim-elefante com diferentes níveis de inclusão de resíduo de mandioca, com redução de 0,74 pontos percentuais no teor de FDN para cada 1% de adição de resíduo de mandioca. TAVARES *et al.* (2011) verificaram que o teor de FDA reduziu de 42% para 33% com inclusão de 14% de resíduo de batata na ensilagem de capim-elefante.

Na silagem SUR houve redução significativa ($P<0,05$) no teor de hemicelulose. Segundo FERNANDES *et al.* (2009), a utilização de compostos como amônia pode ocorrer alterações físico-químicas nos constituintes da parede celular promovendo redução principalmente no tocante à fração hemicelulose e FDN. RIBEIRO *et al.* (2010) também verificaram que a adição de 4% de ureia em silagem de cana-de-açúcar reduziu o teor de hemicelulose de 27% para 19,7%, e essa redução os autores atribuíram ao efeito de hidrólise alcalina. Por outro lado, foi observado efeito negativo do uso dos aditivos no teor de lignina ($P<0,05$), em que o teor de lignina na silagem sem aditivo foi inferior aos verificados nas silagens aditivadas (Tabela 4). Segundo FERNANDES *et al.* (2009) os resultados obtidos para lignina com uso de aditivos a base de ureia e/ou calcário são variáveis podendo ocorrer

aumento, redução ou inalteração. Esses mesmos autores verificaram efeito linear negativo para o teor de lignina com adição diferentes doses de ureia na ensilagem de sorgo forrageiro.

CONCLUSÃO

Associação entre aditivos químicos e orgânicos apresenta efeito sinérgico positivo para reduzir as perdas por efluentes, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, além de elevar a digestibilidade da matéria seca proporcionando maior disponibilização dos nutrientes o que confere a essas silagens um produto final de boa qualidade.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.P.; QUADROS, D.G.; BEZERRA, A.R.G.; ALMEIDA, J.A.R.; SILVA, P.H.S.; ARAÚJO, J.A.M. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.1209-1218, 2012.
- ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2578-2588, 2010.
- AOAC-ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of international**. 13th ed. Washington: AOAC, 1980.
- ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; TAVARES, V.B.; SANTOS, I.P.A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.648-654, 2006.
- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011.

- BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W.V.; ISEPON, O.J.; CORREA, L.A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizanthacv.* Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1454-1462, 2006.
- BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; JOBIM, C.C.; CALIXTO JÚNIOR, M.; CECATO, U. Composição química e digestibilidade em ovinos da grama estrela ensilada com diferentes aditivos. **Ciência Agrotecnica**, v.33, p.1408-1414, 2009.
- BUREENOK, S.; SUKSOMBAT, W.; KAWAMOTO, Y. Effects of the fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and molasses on digestibility and rumen fermentation characteristics of ruzigrass (*Brachiaria ruziziensis*) silages. **Livestock Science**, v.138, p.266-271, 2011.
- CAPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1837-1856, 2001.
- CASTRO FILHO, M.A.; BARBOSA, M.A.A.F.; OLIVEIRA, R.L.; BAGALDO, A.R.; GASTAL, D. W. Valor nutritivo da palha de milho verde para bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, p.112-121, 2007.
- CAVALLI, J.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; SANTOS, E.M.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, M.V.; PORTO, M.O.; RODRIGUES, J.F.H. Bromatological and microbiological characteristics of sugarcane silages treated with calcium oxide. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1398-1408, 2010.
- CHEN, Y.; WEINBERG, Z.G. Changes during aerobic exposure of wheat silages. **Animal Feed Science and Technology**, v.154, p.76-82, 2009.
- COAN, R.M.; REIS, R.A.; GARCIA, G.R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; FERREIRA, D.S.; RESENDE, F.D.; GURGEL, F.A. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins Tanzânia e marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1502-1511, 2007.
- COSTA, K.A.P.; ASSIS, R.L.; GUIMARÃES, K.C.; SEVERIANO, E.C.; ASSIS NETO, J.M.; CRUNIVEL, W.S.; GARCIA, J.F.; SANTOS, N.F. Silage quality of *Brachiaria brizantha* cultivars ensiled with different levels of millet meal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.188-195, 2011.
- FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C.S. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2111-2115, 2009.
- FERRARI JUNIOR, E.; PAULINO, V.T.; POSSENTI, R.A.; LUCENAS, T.L. Aditivos em silagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso). **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.185-194, 2009.
- GENTIL, R.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.Q.; MOURÃO, G.B. Digestibilidade aparente de dietas contendo silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivo químico ou microbiano para cordeiros. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.29, p.63-69, 2007.
- ÍTAVO, L.C.V.; ITAVO, C.C.B.F.; MORAIS, M.G.; DIAS, A.M.; COELHO, E.M.; JELLER, H.; SOUZA, A.D.V. Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.606-617, 2010.
- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P. Valor nutricional da silagem de cana - de - açúcar acrescida de uréia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1155-1161, 2007.
- MACIEL, R.P.; NEIVA, J.N.M.; OLIVEIRA, R.C.; ARAÚJO, V.L.; LÔBO, R.N.B. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-elefante contendo subproduto da mandioca. **Revista Ciência Agrônômica**, v.39, p.142-147, 2008.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. Marlow, UK: Chalcombe Publications, 1991.
- MONTEIRO, I.J.G.; ABREU, J.G.; CABRAL, L.S.; RIBEIRO, M.D.; REIS, R.H.P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.33, p.347-352, 2011.
- NERES, M.A.; HERMES, P.R.; AMES, J.P.; ZAMBOM, M.A.; ASTAGNARA, D.D.; SOUZA, L.C. Use of additives and pre-wilting in Tifton 85 bermudagrass silage production. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, p.85-93, 2014.
- OLIVEIRA, H.C.; PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, A.C.; ROCHA NETO, A.L.; MATOS NETO, U.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; OLIVEIRA, U.L.C. Perdas e valor nutritivo da silagem de capim-Tanzânia amonizado com uréia. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.195-202, 2009.
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S.J.W.H.O.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.31-94.
- PEREIRA, E.S.; ARRUDA, A.M.V.; MIZUBUTI, I.Y.; CAVALCANTE, M.A.B.; RIBEIRO, E.L.A.; OLIVEIRA, S.M.P.; RAMOS, B.M.O.; COSTA, J.B. Frações nitrogenadas e de carboidratos e cinética

- ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro de silagens de Tifton 85 (*Cynodon spp.*). **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, p.521-528, 2007.
- RABELO, F.H.S.; REZENDE, A.V.; RABELO, C.H.S.; NOGUEIRA, D.A.; SILVA, W.A.; VIEIRA, P.F.; SANTOS, W.B. Consumo e desempenho de ovinos alimentados com silagens de cana-de-açúcar tratadas com óxido de cálcio e cloreto de sódio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, p.1158-1164, 2013.
- RIBEIRO, L.S.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, A.B.; FERREIRA, A.R.; BONOMO, P.; SILVA, F.F. Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1911-1918, 2010.
- RIBEIRO, R.D.X.; OLIVEIRA, R.L.; BAGALDO, A.R.; FARIA, E.F.S.; GARCEZ NETO, A.F.; SILVA, T.M.; BORJA, M.S.; CARDOSO NETO, B.M. Capim-tanzânia ensilado com níveis de farelo de trigo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, p.631-640, 2008.
- RODRIGUES, P.H.M.; LOBO, J.R.; SILVA, E.J.A. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1751-1760, 2007.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002.
- SIQUEIRA, G.R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.B.; ROTH, A.P.T.P.; DOMINGUES, F.N.; FERRAUDO, A.S.; REIS, R.A. Óxido de cálcio e *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788 na ensilagem de cana-de-açúcar *in natura* ou queimada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2347-2358, 2011.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- TAVARES, V.B.; PINTO, J.C.; BARCELOS, A.F.; MUNIZ, J.A.; REZENDE, A.V.; CARVALHO, J. R.R. Efeitos da adição de batata na silagem de capim-elefante sobre o consumo e a produção em vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2706-2712, 2011.
- VIANA, P.T.; TEIXEIRA, F.A.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; FIGUEIREDO, M.P.; SANTANA JÚNIOR, H.A. Losses and nutritional value of elephant grass silage with inclusion levels of cottonseed meal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.35, p.139-144, 2013.