



Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia¹

Valdir Botega Tavares², José Cardoso Pinto³, Antônio Ricardo Evangelista³, Henrique César Pereira Figueiredo⁴, Carla Luiza da Silva Ávila⁵, Ronaldo Francisco de Lima⁶

¹ Pesquisa financiada pela FAPEMIG.

² Doutorado do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

³ Departamento de Zootecnia da UFLA.

⁴ Departamento de Medicina Veterinária da UFLA.

⁵ Pós-doutoranda do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

⁶ Curso de Graduação em Medicina Veterinária da UFLA.

RESUMO - Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito do grau de compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento da forragem na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. O capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia I) foi colhido aos 60-65 dias de crescimento e ensilado em silos experimentais de PVC adaptados com válvula tipo Bunsen, com capacidade individual de 8,5 kg. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 × 5, composto de três tipos de silagens (testemunha, com 5% de polpa cítrica e com capim pré-emurchecido) e cinco graus de compactação (400, 500, 600, 700 ou 900 kg/m³). O aumento da densidade reduziu o pH e o N-amoniacoal, de modo que, em maiores densidades, o pH se manteve na faixa ideal. A inclusão de polpa cítrica e o pré-emurchecimento do capim reduziram as perdas por efluente e gás das silagens. Com o aumento da densidade, a quantidade de efluente aumentou na silagem testemunha e diminuiu nas silagens com polpa cítrica.

Palavras-chave: densidade, *Panicum maximum*, polpa cítrica, práticas de manejo, pré-secagem

Effects of different compaction degrees, inclusion of absorbent additive and wilting on the chemical composition of tanzania grass silages

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the effects of different compaction degrees, inclusion of absorbent additive and wilting on the chemical composition of tanzania grass silages. The experiment was conducted using tanzania grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia I) harvested at 60-65 days of growth. The forage was ensiled in experimental PVC silos fitted with Bunsen type valves, with capacity for about 4 and 8 kg each. The treatments consisted of three types of silages (control, 5% of citric pulp and pre-wilted) with five compaction degrees (400, 500, 600, 700 and 900 kg/m³). The experimental design was random blocks, with four replicates. Citric pulp and pre-wilting increased the dry matter content of tanzania grass silages. The increased density resulted into decreases in the pH values and amoniacoal-N contents; the greatest densities resulted in pH values within the ideal range. The presence of citric pulp and the pre-wilting practice reduce the losses by effluent and gas relative to the control. As the density increased, the amount of effluent increased in the control silage and decreased in silages with citric pulp.

Key Words: citric pulp, density, handling practices, *Panicum maximum*, pre-wilting

Introdução

Nos processos de conservação de forragem, as perdas de nutrientes ocorrem em diversas magnitudes. A qualidade da silagem obtida está diretamente relacionada ao material que lhe deu origem e às condições em que foi ensilado. O potencial da espécie forrageira para

ensilagem depende de seu teor de umidade e carboidratos solúveis e de seu poder tampão no momento do corte (McDonald et al., 1991; Reis & Coan, 2001). Para obtenção de bons resultados decorrentes da atuação de bactérias produtoras de ácido láctico, além dos teores de umidade e carboidratos solúveis (Burghardi et al., 1980; McDonald et al., 1991), a boa compactação para retirada

do oxigênio favorece o crescimento de lactobacilos anaeróbios.

A presença de oxigênio, decorrente da entrada de ar durante o período de estocagem ou na abertura do silo, favorece o crescimento de microrganismos aeróbios, que utilizam vários substratos derivados diretamente da forragem ou indiretamente da fermentação. Os resultados dessa atividade são a perda de nutrientes e a redução no valor nutritivo das silagens. Segundo Muck et al. (2003), altas densidades promovem a eliminação do oxigênio e garantem condições de anaerobiose, além de reduzirem o custo de estocagem da forragem, em decorrência da amortização da estrutura e da redução das perdas por deterioração.

A compactação, normalmente realizada por compressão mecânica, é necessária para expulsão do ar e estabelecimento de condições de anaerobiose no interior do silo. Estudando a relação entre troca gasosa e compactação na fermentação de silagem de milho, Wiese & Vandiver (1981) observaram benefícios apenas nas camadas da superfície, no entanto, com compactação crescente, a elevação das trocas gasosas assume maior importância na conservação da silagem.

Outras técnicas empregadas para melhorar a fermentação das silagens é o uso do emurchecimento e/ou de aditivos como a polpa cítrica peletizada, que tem sido incluída em muitos estudos com silagens de gramínea, pois, além de ser fonte de nutrientes, fornece carboidratos solúveis, que melhoram a qualidade da fermentação no silo e possui elevada capacidade absorvente.

Estudando a produção de efluente em silagens de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) com densidade de 900 kg/m³ e contendo 0, 5 ou 10% de polpa cítrica peletizada, Bernardes et al. (2005) observaram escoamento de líquido de 109, 71 e 17 L/t de silagem, respectivamente, durante os cinco primeiros dias de ensilagem, o que evidencia a grande quantidade de efluente produzido durante a ensilagem de gramíneas tropicais sem uso de aditivo.

Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de diferentes graus de compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia I).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em área de capim-tanzânia estabelecido. A colheita foi realizada com auxílio de roçadeira costal quando

a gramínea apresentava 60-65 dias de crescimento. A forragem foi picada em picadeira estacionária e o material foi separado em três partes: a primeira foi adicionada de 5% de polpa cítrica; a segunda foi desidratada por exposição ao ar até atingir teor de matéria seca superior ao da silagem contendo polpa cítrica (determinado por secagem em forno de microondas); e a terceira parte foi utilizada na confecção da silagem de material original (testemunha). A ensilagem foi realizada em 60 silos experimentais de PVC com diâmetro de 10 cm e altura de 120 cm, adaptados com válvula tipo Bunsen.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 × 5, composto de três silagens (testemunha, com 5% de polpa cítrica e pré-emurchecida) e cinco graus de compactação (densidades de silagem) (400, 500, 600, 700 e 900 kg/m³). A quantidade de forragem a ser ensilada foi determinada pelo volume do silo, pois todos os silos apresentavam as mesmas dimensões.

Os silos foram armazenados em temperatura ambiente e sob a proteção da luz solar e das chuvas. Após 90 dias de fermentação, os silos foram abertos para retirada de amostras, que foram mantidas em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72 horas. Em seguida, as amostras foram trituradas em moinho do tipo Willey com peneira de 1 mm e analisadas para determinação do teor de matéria seca, pelo método de pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas e, posteriormente, pelo método de estufa a 105°C, por 24 horas. O teor de matéria seca definitivo foi determinado segundo a AOAC (1990); o teor de proteína bruta (PB) na matéria seca, pelo método micro Kjeldahl, segundo a AOAC (1990); e as concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de hemicelulose foram obtidos pela diferença entre os valores de FDN e FDA. A partir dos resíduos de FDN e FDA foram realizadas as análises de NIDN e NIDA e lignina, conforme descrito por Silva & Queiroz (2002). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada de acordo com o método das duas etapas, descrito por Tilley & Terry (1963). Das amostras congeladas foi extraído o suco com prensa hidráulica para determinação do teor de nitrogênio amoniacal, em porcentagem do nitrogênio total [N-NH₃ (% N total)] (AOAC, 1980). O poder tampão foi determinado utilizando-se amostras congeladas do material original, de acordo com técnica descrita por Playne & McDonald (1966). As perdas por gases foram calculadas como a diferença entre o peso dos silos no dia da ensilagem e o peso no dia da abertura, subtraindo-se as perdas por efluente.

As perdas por gases foram calculadas como a diferença entre o peso dos silos no dia da ensilagem e o peso no dia da abertura somado aos pesos de efluentes e expressas em porcentagem da matéria seca.

Para cálculo das perdas por efluente, os silos foram dispostos, devidamente lacrados, em bancadas de metal com tubulação para escoamento do efluente para um reservatório de plástico devidamente identificado. O efluente produzido em cada silagem foi pesado em balança. A perda por efluente foi calculada como o somatório das coletas nos recipientes de plástico em relação ao material ensilado. O término da produção de efluente ocorreu no 10^o dia após a ensilagem.

Os efeitos da compactação e da inclusão de aditivo na ensilagem e do pré-emurchecimento da forragem sobre as variáveis estudadas foram testados pelos procedimentos de análise de variância utilizando-se o pacote SISVAR (Ferreira, 1999). A comparação de médias das silagens foi realizada pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, com estudo de regressão das variáveis dependentes em relação aos graus de compactação das silagens.

Resultados e Discussão

Os teores de matéria seca diferiram ($P < 0,01$) entre as silagens de capim-tanzânia, mas não foram influenciados ($P > 0,05$) pelas densidades testadas. Na médias das três silagens, o maior valor foi obtido na silagem produzida com a forragem pré-emurchecida, seguida pelas silagens com polpa cítrica e testemunha, que não diferiram entre si (Tabela 1). O emurchecimento do capim-tanzânia promoveu aumento de 7,24% no teor de matéria seca da silagem.

Os resultados obtidos neste estudo foram similares aos encontrados por Corrêa et al. (2001) na avaliação de silagens de capim-tanzânia com 55 dias de idade (20% para a silagem testemunha e 24% para a silagem com 8% de polpa cítrica) e ao obtido por Ferrari et al. (2001) em estudos com silagens de capim-elefante 'Taiwan A-146' emurchecido durante 8 horas (27,74%).

Foram detectadas diferenças ($P < 0,01$) nos teores de PB entre as silagens e entre as densidades e interação silagem \times densidade (Figura 1A). Quando a densidade foi analisada em cada silagem, observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) da pressão de compactação (Figura 1A) sobre o teor de proteína bruta da silagem. Com o aumento da densidade, os teores de PB das silagens com polpa cítrica e capim emurchecido aumentaram até os valores máximos de 12,99 e 11,92% nas densidades de 725 e 900 kg/m³, respectivamente. Esses acréscimos nos teores de proteína bruta foram de 0,50% para a silagem com polpa cítrica e 0,80% para a silagem de

capim emurchecido. As silagens com polpa cítrica apresentaram maior teor de proteína bruta, porém as silagens testemunha e com capim emurchecido diferiram entre si nas densidades de 400 e 700 kg/m³ e foram semelhantes nas demais densidades. O teor de proteína bruta da silagem testemunha reduziu até o valor máximo de 11,19% na densidade de 716 kg/m³, correspondente a redução de 1,21%. Esses resultados podem ser explicados pela melhor fermentação em maiores densidades, decorrente da ausência de ar e da menor perda por efluente nas silagens com polpa cítrica e emurchecida. Na silagem testemunha, podem ter ocorrido perdas de compostos nitrogenados por lixiviação e, coincidentemente, esta foi a silagem com a maior produção de efluente.

Segundo McDonald et al. (1991), o emurchecimento de forrageiras limita a proteólise do material no silo. Contudo, neste estudo, o emurchecimento do material antes da ensilagem, principalmente na menor densidade de compactação, parece não ter inibido as atividades proteolíticas, fazendo com que parte da proteína da planta contribuísse para aumentar a concentração de N-NH₃ da silagem. Vilela (1989), estudando silagem de capim-elefante submetido ao emurchecimento e à adição de uréia, observou que, principalmente na silagem emurchecida sem uréia, não houve redução da proteólise e o nitrogênio total na matéria seca reduziu de 1,05 para 0,47%.

Os teores de proteína bruta das silagens com aditivos (média) foram superiores aos encontrados por Coan et al. (2005) em silagens de capim-tanzânia com 45 dias (11,03 e 12,20%) e 60 dias (10,01 e 10,51%) de idade produzidas com e sem inoculante enzimbacteriano. A adição de 6-8% de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-tanzânia com 55 dias de idade praticamente não alterou os teores de proteína bruta, que foram de 5,8-7,0 e 7,0%, respectivamente, para as silagens sem e com polpa cítrica (Corrêa & Cordeiro, 2000). Estudos conduzidos por

Tabela 1 - Composição das silagens de capim-tanzânia

Item	Testemunha	Polpa cítrica 5%	Capim-tanzânia pré-emurchecido
Matéria seca (% MS)	20,69b	21,63b	27,93a
Fibra em detergente neutro (% MS)	71,07a	65,50b	71,54a
Fibra em detergente ácido (% MS)	45,95a	42,63c	43,72b
Hemicelulose (% MS)	24,95a	23,92a	26,23a
Lignina (% MS)	5,43a	5,08a	5,56a
NIDN (% N-total)	41,31b	40,12b	45,97a
NIDA (% N-total)	14,16a	13,96a	14,68a
DIVMS	53,58b	57,35a	51,57b

NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido; DIVMS - digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas de mesma letra na coluna são estatisticamente iguais ($P > 0,05$) pelo teste Tukey.

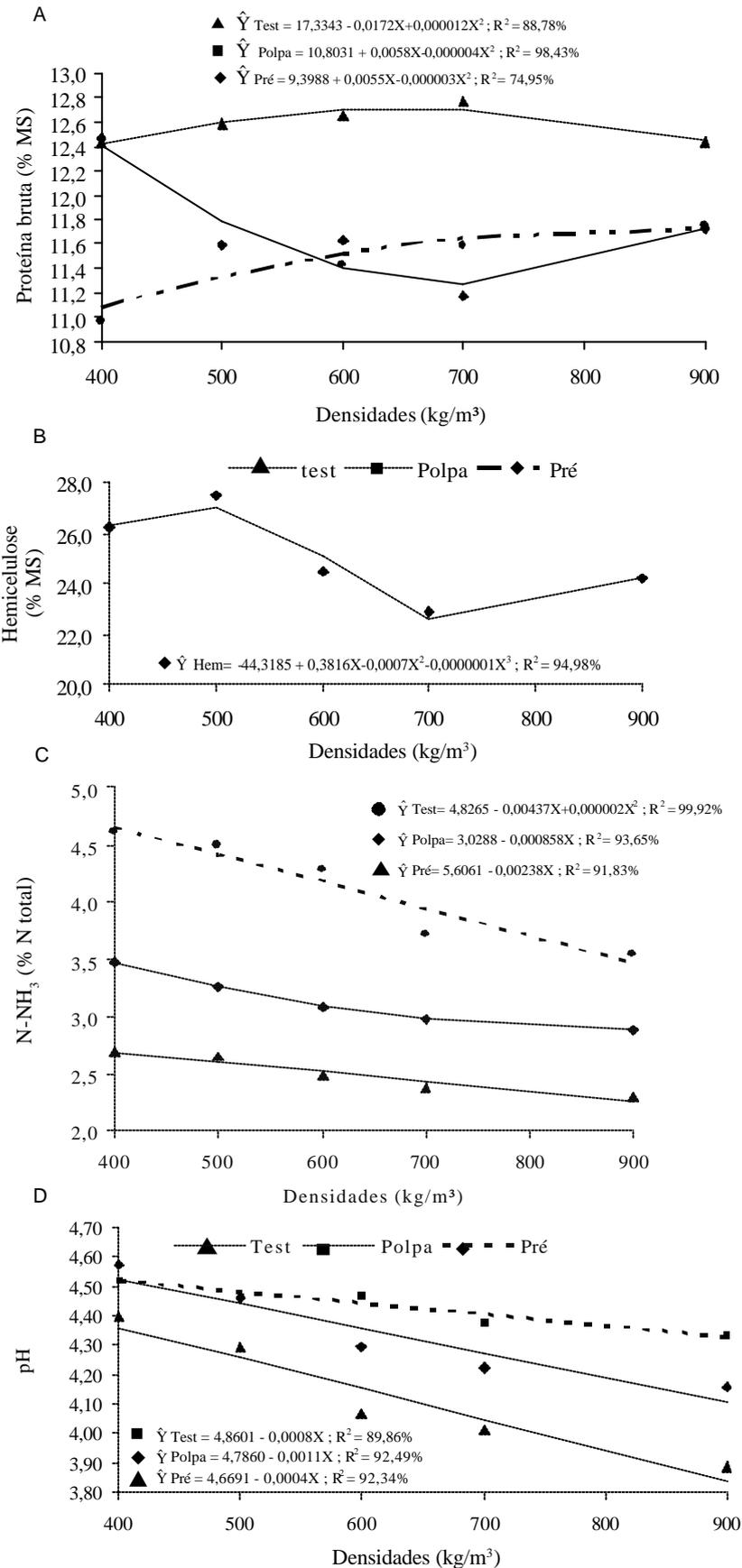


Figura 1 - Teores de proteína bruta (A), hemicelulose (B) e N-amoniaco (N-NH₃) (C) e pH (D) de silagens de capim-tanzânia produzidas com diversas densidades de compactação.

Bernardes et al. (2005) em silagem de capim-braquiário contendo 0, 5 e 10% de polpa cítrica comprovaram pequeno acréscimo no teor de proteína bruta (0,4%) quando aplicados 10% de polpa cítrica.

Evangelista et al. (2001), estudando silagens de aveia pré-emurchecida ou enriquecida com farelo de trigo, observaram que não houve diferença estatística entre as silagens de capim pré-emurchecido e testemunha. Os resultados foram semelhantes aos encontrados neste estudo nas densidades de 500, 600 e 700 kg/m³ nas silagens com capim emurchecido e testemunha.

As silagens diferiram significativamente ($P < 0,01$) quanto aos teores de FDN e FDA (Tabela 1). Os teores de hemicelulose, no entanto, não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) entre os tipos de silagens, porém foram influenciados ($P < 0,05$) pelas densidades de compactação. Os teores de FDN e FDA das silagens com polpa cítrica foram inferiores aos das outras silagens (Tabela 1), o que pode ser explicado pelos menores valores de FDN e FDA da polpa cítrica em comparação ao material original. A diferença entre o teor de fibra em detergente ácido da silagem testemunha e o da silagem de capim pré-emurchecido pode ser atribuída às perdas de componentes solúveis por efluente, uma vez que a silagem pré-emurchecida não apresentou perdas por efluente.

Avila (2003) e Bernardes et al. (2005), estudando o efeito da adição de polpa cítrica na ensilagem de gramíneas tropicais, constataram que a inclusão desse aditivo nas silagens promoveu redução dos teores de FDN e FDA das silagens. Quando foram adicionados 5% de polpa cítrica na ensilagem, os valores de FDN na silagem reduziram de 68,9 para 63,5% e os de FDA, de 43,85 para 41,94%.

Vilela (1989), em pesquisa sobre o efeito do teor de matéria seca na ensilagem de capim-elfante, encontrou resultados semelhantes para os teores de fibra quando utilizou o pré-emurchecimento. Os resultados deste estudo, no qual os teores de FDN e FDA aumentaram quando o teor de MS aumentou de 20,65 para 30,07% contrariam os obtidos por Evangelista et al. (2000). Os teores de hemicelulose apresentaram comportamento cúbico, ou seja, aumento dos valores nas primeiras densidades e redução nas densidades subsequentes, até a de 700 kg/m³ (Figura 1B), quando ocorreu ligeiro aumento. A redução no teor de hemicelulose pode ser justificada por sua hidrólise ácida, que, segundo McDonald et al. (1991), resulta da atividade da enzima hemicelulase presente na forragem. Essa enzima é produzida pelas bactérias e a hidrólise ocorre por causa da presença de ácidos produzidos durante a fermentação. Segundo esses autores, metade da hemicelulose contida

na forragem pode ser hidrolisada e a maior parte da hidrólise ocorre na fase inicial da ensilagem. Neste estudo, houve redução de 4 unidades percentuais no teor de hemicelulose da densidade 400 para 700 kg/m³.

Segundo Woolford (1984), carboidratos estruturais têm pouca importância na fermentação, porém a hemicelulose pode atuar como reserva de açúcares fermentescíveis por meio de sua hidrólise. Esse autor afirma que a hidrólise da hemicelulose inicialmente é feita pelas enzimas vegetais e essa atividade é gradualmente substituída pela hidrólise ácida. Crestana et al. (2001) observaram correlação positiva entre a hemicelulose e os valores de pH, que reduziram de acordo com o teor de hemicelulose na fibra, e concluíram que a hemicelulose contribuiu efetivamente como substrato para a fermentação da silagem de capim-tanzânia aos 60 dias de idade. Essa correlação também foi observada neste experimento, pois, conforme a aumentou a densidade, os valores de pH e hemicelulose diminuíram.

O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) sofreu pequeno aumento ($P < 0,05$) com o efeito do pré-emurchecimento durante a ensilagem (Tabela 1). Silagens com elevados teores de matéria seca estão sujeitas a aumento da temperatura da massa e são predispostas a reações não-enzimáticas entre os carboidratos solúveis e os grupos aminas dos aminoácidos (Van Soest, 1994).

Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com os da literatura (Aguiar et al., 2001; Castro et al., 2006; Igarasi, 2002). Segundo Balsalobre et al. (2001), o NIDN apresenta ampla variação entre análises bromatológicas, pois podem ser encontrados valores de 25 a 70%, com maior frequência na faixa de 40 a 60% do N-total. Nussio et al. (2002) relatam que, na forragem fresca de gramíneas tropicais, uma considerável porção da fração N-total está ligada à parede celular, de modo que os valores são considerados elevados e compatíveis com forragens submetidas a superaquecimento. Entretanto, destacam que, neste caso, esse tipo de ligação é natural.

Não foi observada significância ($P > 0,05$) entre os tipos de silagem para NIDA (Tabela 1). Os valores de DIVMS variaram entre os tipos de silagem (Tabela 1), com diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as silagens testemunha e de capim pré-emurchecido e aquela com 5% de polpa cítrica. Esse fato pode ser justificado pelos altos teores de parede celular na forragem, que influenciam diretamente a digestibilidade. Assim, as melhorias na digestibilidade da silagem com polpa cítrica estão relacionadas ao fato de a polpa cítrica ter reduzido os teores de FDN e de FDA e elevado os teores de proteína bruta, além de ter promovido condições mais favoráveis ao perfil de

fermentação, diminuindo a proteólise pela redução mais acentuada do pH. A DIVMS das silagens manteve-se estável nas diversas densidades avaliadas e não foi influenciada ($P>0,05$) pela interação silagem \times densidade. O teor de lignina (Tabela 1) não foi afetado ($P>0,05$) por nenhum dos fatores estudados.

Os valores de DIVMS encontrados para a silagem testemunha (Tabela 1) foram semelhantes ao observado por Andrade et al. (1998), 54,04%, em silagem de capim-elefante aos 62 dias de crescimento. Os resultados obtidos neste estudo para efeito do emurchecimento foram semelhantes aos descritos por Tosi et al. (1999) e Alberto et al. (1993), que não observaram diferenças significativas entre a DIVMS de silagens com forragens fresca e da silagem de capim-elefante emurchecido. Bernardes et al. (2005) registraram aumento na DIVMS das silagens de capim-braquiário à medida que elevaram as quantidades de polpa cítrica. Com a adição de 5%, a DIVMS manteve-se em torno de 54,5%.

Houve efeito significativo dos tipos de silagens, da densidade de compactação e da interação silagem \times densidade ($P<0,01$) na produção de $N-NH_3$, que, na silagem com polpa cítrica, reduziu 0,39% com o aumento da densidade de 400 para 900 kg/m^3 e foram menores que os das outras silagens (Figura 1C). A silagem testemunha apresentou resposta quadrática e valores intermediários, enquanto a silagem do capim emurchecido apresentou os maiores valores (Figura 1C). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Igarasi (2002), que estudou silagens de capim-tanzânia com polpa cítrica (15%) e verificaram que essa quantidade de aditivo elevou os teores de matéria seca (29,9%) e água (0,96), reduzindo os valores de $N-NH_3$ em relação ao das silagens controle. Esse autor considerou a redução da atividade da água e o fornecimento de carboidratos solúveis pela polpa cítrica como os principais fatores para a diminuição na produção de amônia, uma vez que os clostrídeos são sensíveis a alta pressão osmótica e a condições relativamente ácidas ($pH<4,2$). Nas silagens testemunha e de capim emurchecido, também ocorreram reduções de 1,47 e 1,08% nos teores de $N-NH_3$ com o aumento da densidade de 400 para 900 kg/m^3 (Figura 1C), respectivamente. Nas silagens com polpa cítrica e de capim pré-emurchecido, para cada 1 kg/m^3 de aumento na densidade, houve decréscimo de 0,0009 e 0,0024%, respectivamente, nos teores de $N-NH_3$. Guim (2002), estudando silagens de capim-elefante emurchecida e tratada com inoculante microbiano, obteve resultados de $N-NH_3$ iguais a 3,38 e 4,16% para as silagens sem e com inoculante, respectivamente. Loures et al. (2003) estudaram o efeito da densidade nas silagens de capim-elefante e observou resultados de $N-NH_3$ diferentes.

Rodrigues et al. (2001), avaliando diversas densidade e tipos de silos em capim-elefante, verificaram que tanto as densidades como os tipos de silos influenciaram o teor de $N-NH_3$.

Ressalta-se que silagens são classificadas como muito boas quando os valores de $N-NH_3$ são inferiores a 10%, logo, o processo de fermentação não resultou em quebra excessiva de proteína em amônia e os aminoácidos constituem a maior parte do nitrogênio não-protéico (Van Soest 1994). Assim, nos três tipos de silagem estudados, foram observados valores inferiores a esse valor crítico.

Segundo Woolford (1984) e McDonald et al. (1991), a proteólise se estende durante a fermentação quando não ocorrem condições ácidas suficientes para que os microrganismos indesejáveis sejam inibidos. Entretanto, neste estudo, as condições ácidas foram rapidamente estabelecidas, principalmente quando a polpa cítrica foi adicionada à forragem. Entretanto, a faixa de pH alcançada para as três silagens (4,0 a 4,6) não foi suficiente para inibir a atividade proteolítica.

De acordo com McGechan (1989) e McDonald et al. (1991), as bactérias acidoláticas normalmente não são proteolíticas, mas agem como tal quando o ambiente apresenta disponibilidade limitada de nutriente ou baixo poder de síntese de aminoácidos, o que torna necessário suprimento extra. As habilidades dessas bactérias em fermentar os aminoácidos serina e arginina são restritas e os produtos obtidos da arginina são a ornitina, CO_2 e NH_3 , e os da serina, acetona, CO_2 e NH_3 .

O pH diferiu ($P<0,01$) entre as densidades de compactação e foi afetado de forma significativa ($P<0,05$) pela interação silagem \times densidade. No desdobramento da interação silagem \times densidade, analisando densidade dentro de cada silagem, detectou-se efeito linear ($P<0,05$) da densidade sobre os valores de pH (Figura 1D). À medida que se aumentou a densidade, houve redução linear no pH das três silagens: as silagens com polpa cítrica, testemunha e com capim emurchecido apresentaram valores de pH iguais a 4,16; 4,51; 4,39 e 4,39; 3,88 e 4,57, respectivamente, nas densidades 400 e 900 kg/m^3 . Nas silagens testemunha, com polpa cítrica e com capim pré-emurchecido, a cada 1 kg/m^3 de aumento na densidade, houve decréscimo de 0,0008; 0,0011 e 0,0004, respectivamente, nos valores de pH. As silagens foram semelhantes nas densidades de 400 e 500 kg/m^3 . Nas densidades de 600 e 700 kg/m^3 , a silagem com polpa cítrica apresentou menor valor de pH em comparação à do capim emurchecido, porém a silagem testemunha foi semelhante àquelas com polpa cítrica e com capim emurchecido, que foram diferentes entre si na densidade de 900 kg/m^3 . Uma boa silagem deve ter pH de 3,8 a 4,2 (Ruiz, 1992; Lavezzo et al.,

1983). O pH das silagens testemunha e com polpa cítrica ficou nesse intervalo nas densidades de 700 e 900 kg/m³. Na densidade de 600 kg/m³, só a silagem com polpa cítrica ficou com pH abaixo dessa faixa. As demais, mesmo com pH acima da faixa, apresentaram características (cor e odor) de boa silagem.

Loures et al. (2003), trabalhando com capim-elefante com teor de MS de 13% e densidades de 356 a 791 kg/m³, observaram variação no pH de 4,7 para 4,2 e, em silagens com 25% de matéria seca e densidades de 294 a 488 kg/m³, observaram variação de 3,84 para 3,89. Aguiar et al. (2001) obtiveram redução do pH em silagens de capim-tanzânia adicionadas de 0, 5 ou 10% de polpa cítrica, que atingiram valores finais de 5,6; 4,9 e 4,9, respectivamente. Neste estudo, possivelmente as propriedades absorventes e o fornecimento de carboidratos pela polpa cítrica colaboraram para a redução do pH das silagens com polpa cítrica. Assim, com o aumento da pressão osmótica (inibidor para os clostrídeos) e o aumento da disponibilidade de nutrientes para as bactérias acidoláticas, o teor de ácido láctico teoricamente poderia ser maior nas silagens com aditivo. Segundo Corlett Jr. e Brown (1980), o ácido láctico produzido aumenta a concentração de H⁺, reduzindo o pH para níveis nos quais as bactérias indesejáveis são inibidas.

As silagens estudadas diferiram significativamente (P<0,01) quanto ao poder tampão (Tabela 2). Na silagem com polpa cítrica, houve acréscimo do poder tampão, em virtude de sua maior capacidade tamponante, decorrente da concentração relativamente elevada de cálcio na sua composição, originada do processamento industrial de obtenção da polpa cítrica. Igarasi (2002) e Evangelista et al. (2001) também observaram esse efeito ao adicionarem níveis crescentes de polpa cítrica (0; 5 e 10%). Na silagem testemunha, os valores de poder tampão foram semelhantes ao relatado por Coan et al. (2005), em pesquisa com capim-tanzânia aos 55 dias de crescimento, igual a 1 meq/100 g de MS.

O pré-emurchecimento da forragem de capim-tanzânia determinou redução no poder tampão da silagem correspondente. Resultados similares foram obtidos por Playne & McDonald (1966), em decorrência da redução na concentração dos ácidos orgânicos durante o processo de emurchecimento. Entretanto, Tosi et al. (1999), em pesquisa com capim-elefante, obtiveram valores de 23,2 meq/100 g de MS para a forragem fresca e de 23,8 e 23,5 meq/100 g de MS para as silagens de capim pré-emurchecido durante 12 e 24 horas, respectivamente, mostrando que o emurchecimento não provocou alteração no poder tampão.

Além da densidade da massa verde, o teor de umidade do material influencia diretamente a quantidade de efluente

Tabela 2 - Poder tampão (meq/100 g de MS) de silagens de capim-tanzânia

Silagem	Poder tampão
Capim pré-emurchecido	12,15c
Testemunha	13,35b
Polpa cítrica 5%	16,35a

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem (P<0,05) entre si pelo teste Tukey.

produzida. Outros fatores, como tipo de silo (profundidade e largura do silo), contribuem de forma indireta para a produção de efluente.

Houve influência significativa (P<0,01) do tipo de silagem, da densidade de compactação e da interação silagem × densidade sobre a produção de efluente. A densidade influenciou a produção de efluente nas silagens testemunha e com polpa cítrica (Figura 2A). Não houve produção de efluente na silagem de capim emurchecido. A silagem testemunha apresentou aumento de 107,60 L/t de silagem na produção de efluente quando passou da densidade de 400 para 900 kg/m³. Na silagem com polpa cítrica, a produção de efluente passou de zero L/t de silagem na densidade 400 kg/m³ para 80,03 L/t de silagem na densidade 900 kg/m³, portanto, à medida que aumentou o teor de matéria seca, pela adição de polpa cítrica ou pelo emurchecimento, a produção de efluente decresceu e cessou, respectivamente. Esses resultados corroboram os obtidos por Aguiar et al. (2001), que incluíram três níveis de polpa cítrica (0; 5 e 10%) na massa ensilada de capim-tanzânia e constataram diminuição da produção de efluente. Murdoch (1957), citado por Jones & Jones (1995), encontrou decréscimo progressivo na produção de efluente de silagem de gramínea com o acréscimo do teor de matéria seca. Esses autores verificaram que a produção de efluente foi de 250L/t para plantas ensiladas com 16% de matéria seca e observaram ausência de efluente quando utilizaram plantas com 30% de matéria seca. Jones & Jones (1995) consideram que 25% de matéria seca é suficiente para prevenir a produção significativa de efluente. Estes dados justificam a diminuição da produção de efluente com a adição de 5% de polpa cítrica e a ausência de efluente quando ocorreu o emurchecimento da forragem.

Segundo Nussio et al. (2002), silagens de capim-tanzânia colhido e picado em três tamanhos de partícula, com adição de 10% de polpa cítrica ou com capim pré-emurchecido, apresentaram redução nas perdas por efluente em relação à silagem controle. Entretanto, as reduções foram maiores na silagem de capim pré-emurchecido em comparação àquela contendo polpa cítrica, assim, mesmo com teor de matéria seca semelhante, a atividade e a provável localização de

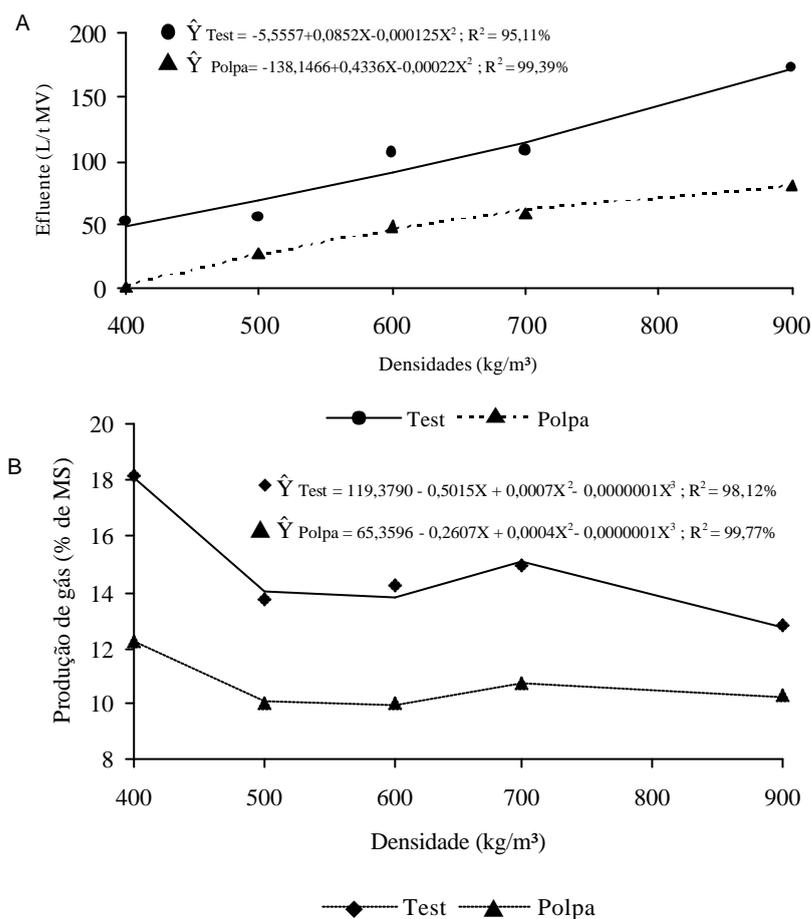


Figura 2 - Produção total de efluente (A) e produção total de gás (% de MS) (B) de silagens de capim-tanzânia produzidas com diversas densidades de compactação.

água na célula vegetal são responsáveis por parte da carga de efluente na massa.

Segundo Woolford (1984), o esgotamento da disponibilidade de oxigênio do material ensilado contribui para a ruptura da membrana celular das células vegetais, facilitando a perda de água. De acordo com esse autor, quando a fermentação afeta a membrana celular, a produção de efluente ocorre nos primeiros estádios da ensilagem. Outro fator relacionado a esse fato é a elevada densidade durante a ensilagem (900 kg/m³) pois, segundo Gordon (1967), o excesso de água e a seiva das células da forragem são extraídos pela compactação e percolam como efluente pelo material ensilado.

A existência de uma relação entre a pressão aplicada e a produção de efluente é sustentada por vários resultados experimentais (Woolford, 1978). Jones & Jones (1995) constataram, em uma série de experimentos com prensa hidráulica, que a produção de efluente aumenta com a pressão aplicada à silagem.

A forma geométrica e o tamanho do silo também exercem grande influência sobre o tempo e a quantidade de escoamento do efluente.

Zimmer (1964), citado por Woolford (1984), encontrou maior fluxo em silos do tipo torre, em relação aos de trincheira. Neste trabalho, os silos eram pequenos e similares ao tipo torre, razões que contribuíram para o grande escoamento de líquido durante os primeiros dias de ensilagem.

Na análise estatística dos dados de produção de gás, verificou-se efeito significativo para silagem, densidade e interação silagem \times densidade ($P < 0,01$). No estudo de regressão, não houve efeito da densidade na silagem de capim emurhecido, que apresentou a menor produção média de gás, 4,2%. Nas silagens testemunha e com polpa cítrica, a produção de gás decresceu de 5,31 e 2,31% à medida que se aumentou a densidade de 400 para 900 kg/m³ (Figura 2B).

As perdas por gases estão associadas ao tipo de fermentação ocorrida na ensilagem. Quando a fermentação ocorre via bactérias homofermentativas, utilizando a glicose como substrato para produzir lactato, as perdas de MS são menores. Quando ocorre a produção de álcool (etanol ou manitol), há aumento considerável de perdas

por gases e esse tipo de fermentação é promovido por bactérias heterofermentativas, enterobactérias e leveduras. No caso de gramíneas tropicais, as forragens são colhidas com excesso de umidade para a ensilagem. Para essa condição de excesso de umidade, as perdas de MS por gases são ainda maiores, em decorrência da fermentação butírica promovida por clostrídios, em que tanto as perdas de MS como as de energia são elevadas (McDonald et al., 1991).

Em silagens de capim-tanzânia com baixo teor de MS (20%), com a redução no tamanho de partículas, avaliado pela porcentagem de MS retida na peneira de 1,90 cm, houve significativa redução na produção de gases. Entretanto, foi observado aumento compensatório significativo das perdas de MS geradas por efluente, e as perdas totais mantiveram-se estáveis por volta de 27% (Crestana et al., 2000). Entretanto, em silagens de capim-tanzânia com a mesma amplitude de variação no tamanho de partículas anteriormente observado, mas com a adição de 5 e 10% de polpa cítrica, em que os teores de MS elevaram-se para 23 e 28%, respectivamente, as perdas por efluente aumentaram com a redução no tamanho de partículas. Contudo, nos dois casos houve sensível redução nas perdas por gases, tanto que as perdas totais acumuladas reduziram.

No caso de silagens contendo 28% de MS (com 10% de polpa cítrica), foi possível verificar redução nas perdas totais, de 18,18% para 13,75% da MS total, quando se reduziu o tamanho de partículas de 80 para 10% de material retido na peneira de 1,90 cm (Crestana et al., 2000). Os maiores efeitos na redução do tamanho de partículas são observados em silagens contendo menor teor de umidade.

Conclusões

O aumento da densidade de compactação da massa no interior do silo melhora o processo fermentativo, pois promove a redução do pH e dos teores de nitrogênio amoniacal. O pré-emurchecimento da forragem e a adição de polpa cítrica na ensilagem favorecem a fermentação de silagens de capim-tanzânia.

Literatura Citada

AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.F.; NUSSIO, L.G. Efeito do tamanho de partícula na composição da fração nitrogenada de silagem de capim-Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. (CD-ROM).

ALBERTO, G.; PORTELA, J.S.; OLIVEIRA, O.L.P. Efeito da adição de grão de sorgo moído e do emurchecimento sobre a qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). **Revista da Sociedade Brasileiro de Zootecnia**, v.22, n.1, p.1-11, 1993.

ANDRADE, J.B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do capim-elefante. I. Composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.33, n.11, p.1859-72, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analyses**. 13.ed. Washington, D.C.: 1980. 1015p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analyses**. 15.ed. Virginia: 1990. v.1, 648p.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R. et al. Perfil de fermentação das silagens de capim-tanzânia com aditivos: teores de nitrogênio amoniacal e pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.5, p.1144-1151, 2003.

BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JR., G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.890-911.

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v.62, p.214-220, 2005.

BURGHARDI, S.R.; GOODRICH, R.D.; MEIKE, K.C. Evaluation of corn silage treated with microbial additives. **Journal of Animal Science**, v.50, n.4, p.729-736, 1980.

CASTRO, F.G.; NUSSIO, L.G.; HADDAD, C.M. et al. Características de fermentação e composição químico-bromatológica de silagens de capim-tifton 85 confeccionadas com cinco teores de matéria seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.1424-1431, 2006.

COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N. Inoculante enzimático-bacteriano, composição química e parâmetros de fermentação das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.34, n.2, p.416-424, 2005.

CORLETT JR., D.A.; BROWN, M.H. pH and acidity. In: INTERNATIONAL COMMISSION MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS OF FOODS (Eds.) **Microbial ecology of foods: Factors affecting life and death of microorganisms**. New York: Academic Press, 1980. p.92-111.

CORRÊA, L.A.; POTT, E.B. Silagem de capim. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p.255-271.

CRESTANA, R.F.; AGUIAR, R.N.S.; BALSALOBRE, M. A. et al. Efeito da fermentação na fração fibra de silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.354.

CRESTANA, R.F.; AGUIAR, R.N.S.; NUSSIO, L.G. et al. Avaliação das perdas de silagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) pré-secado ou com adição de polpa cítrica em três tamanhos de partícula. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 8., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP, 2000. (CD-ROM).

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; SILVA, C.L. et al. Aditivos na silagem de coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers). I - Sacharina e fubá de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. (CD-ROM).

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; SIQUEIRA, R. Aditivo na ensilagem de Coast cross (*Cynodon dactylon* Pers). I. Farelo de trigo e pré-secagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.71-72.

FERRARI JR., E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) emurchecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.

- FERREIRA, D.F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. (CD-ROM).
- GORDON, C.H. Storage losses in silage affected by moisture content and structure. **Journal of Dairy Science**, v.50, n.3, p.397-403, 1967.
- GUIM, A.; ANDRADE, P.; SCHOCKEN, R.P.I. et al. Estabilidade aeróbia de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurhecido e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.
- IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 132f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, n.2, p.73-81, 1995.
- LAVEZZO, W.; SILVEIRA, A.C.; TOSI, H. Parâmetros de avaliação química de silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), submetidas ao emurhecimento, formol, ácido fórmico e suas **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.12, n.4, p.706-719, 1983.
- LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. et al. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.
- McGECHAN, M.B. A review of losses arising during conservation of grass forage: storage losses. **Journal Agricultural Engineering Research**, v.45, n.1, p.1-30, 1989.
- MUCK, R.E.; MOSER, L.E.; PITT, R.E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.251-304.
- NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p.60-99.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage. **Journal of Food Science and Agriculture**, v.17, n.6, p.264-268, 1966.
- REIS, R.A.; COAN, R.M. Produção e utilização de silagens de gramíneas. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2001. p.91-120.
- RODRIGUES, P.H.M.; ANDRADE, S.J.T.; ALMEIDA, T.F. Valor nutritivo de silagens inoculadas com bactérias ácido lácticas. . In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.915-916.
- RUIZ, R.L. **Microbiologia zootécnica**. São Paulo: Roca, 1992. 314p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 231p.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A.A. Two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- TOSI, P.; MATTOS, W.R.S.; TOSI, H. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cultivar Taiwan A-148, ensilado com diferentes técnicas de redução de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.947-954, 1999.
- Van SOEST, P. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: [s. n.], 1994. 476p.
- VILELA, D. **Avaliação nutricional da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) submetido a emurhecimento e adição de uréia na ensilagem**. 1989. 138f. Tese (Doutorado em Forragicultura e Pastagem) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1989.
- WIESE, A.F.; VANDIVER, C.N. Factors affecting of microorganisms. **Weed Science**, v.18, p.518-519, 1981.
- WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: [s. n.], 1984. 305p.
- WOOLFORD, M.K. The problem of silage effluent. **Herbage Abstracts**, v.48, p.397-403, 1978.