

**ALINE CARDOSO OLIVEIRA**

**CAPIM-ELEFANTE COM E SEM EMURCHECIMENTO,  
ACRESCIDO DE FARELO DE MANDIOCA, NA PRODUÇÃO DE  
SILAGEM**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de  
Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia,  
para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

O48c  
2008

Oliveira, Aline Cardoso, 1981-  
Capim elefante com e sem emurchecimento, acrescido  
de farelo de mandioca na produção de silagem / Aline  
Cardoso Oliveira. – Viçosa, MG, 2008.  
xii, 55f.: il. ; 29cm.

Orientador: Rasmô Garcia.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Silagem - Composição. 2. Silagem - Qualidade.  
3. Capim-elefante na nutrição animal. 4. Rúmem -  
Fermentação. 5. Mandioca como ração. 6. Gramínea.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.0862

**ALINE CARDOSO OLIVEIRA**

**CAPIM ELEFANTE COM E SEM EMURCHECIMENTO,  
ACRESCIDO DE FARELO DE MANDIOCA NA PRODUÇÃO DE  
SILAGEM**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de  
Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia,  
para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de fevereiro de 2008

---

Prof. Aureliano José Vieira Pires  
(Co-Orientador)

---

Prof. José Antônio Obeid

---

Prof<sup>a</sup>. Cristina Mattos Veloso

---

Prof<sup>a</sup>. Karina Guimarães Ribeiro

---

Prof. Odilon Gomes Pereira  
(Presidente)

A Deus por sempre iluminar e guiar os meus caminhos.

Aos meus amados pais, Edmir Domingos de Oliveira e Marilene Cardoso Oliveira pelo amor e dedicação, pela forma exemplar com a qual me criou, ensinando-me valores morais e éticos que me seguirão por toda a vida e pelo apoio incondicional na busca dos meus sonhos

A meus irmãos Hellen e Ueslei pelo apoio carinho e força que sempre me dedicaram.

A minhas sobrinhas Beatriz, Débora e Izabel que irradiam felicidade e amor cativando todos ao seu redor.

Aos meus avós Nenzinho, Lera (*in memoriam*), Egídio e Carmelita pelo amor e carinho, em especial minha amada vó lera pela saudade deixada com a sua partida.

A Vitor, por todo apoio, amizade, companheirismo, força, compreensão e principalmente pelo amor dedicado em todos os momentos.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realizar este curso.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por disponibilizar suas instalações para montagem do experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Rasmão Garcia pela orientação, disposição e pelo grande exemplo de profissional.

Ao professor Aureliano José Vieira Pires pela co-orientação e por sempre incentivar-me na busca de novos horizontes, serei sempre grata pelo incentivo.

Ao professor Odilon Gomes Pereira, pela co-orientação

À professora Cristina, pelo apoio, incentivo, pelos ensinamentos, carinho e amizade.

À Vitor, pela ajuda preciosa na condução do trabalho e pelo amor e companheirismo em todos os momentos.

À minha irmã Hellenn e meu cunhado Aires pela ajuda na montagem do experimento, pelo carinho, amizade e apoio dedicado.

À Léo por ter acreditado nos meus sonhos, ter me incentivado na busca dos meus objetivos e pelo apoio incondicional e irrestrito.

Aos meus amigos de república Carlindo (Cal) e Rosana pela atenção, carinho e amizade e pelo convívio fraterno.

A Rogério (Roger) e Léo (Nenequinho) pela amizade, conselhos e carinho dispensados a mim.

A Andréia (Déa) pela amizade e acolhida em minha chegada a Viçosa (muito obrigada).

Aos colegas de pós-graduação, em especial o Goiano e Clau pelo convívio e amizade.

Ao funcionário do laboratório de forragicultura, Raimundo pelo carinho e apoio nas minhas atividades.

Aos funcionários do laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV, Vera,

Valdir, Mário, Monteiro, Fernando e Wellington, por me ajudarem durante as análises laboratoriais.

Aos funcionários do DZO/UFV, Celeste, Márcia, Raimundo, Venâncio pela eficiência e preciosa ajuda sempre que necessário.

A minhas queridas sobrinhas, pelos momentos de descontração e pelo carinho.

Á minhas tias e primos pela torcida fiel.

Aos meus pais razão pela qual realizo essa conquista.

## **BIOGRAFIA**

ALINE CARDOSO OLIVEIRA, filha de Edmir Domingos de Oliveira e Marilene Cardoso Oliveira, nasceu em Itapetinga, BA, em 16 de março de 1981.

Em 2006, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Em outubro de 2006, ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, área de concentração em Forragicultura e Pastagem, defendendo a dissertação em 22 de fevereiro de 2008.

Em março de 2008 ingressou no Curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....   | vii |
| <b>RESUMO</b> .....   | ix  |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | xi  |
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 1   |
| <b>LITERATURA CITADA</b> .....  | 3   |
| <b>Valor Nutritivo, Características Fermentativas e Perdas de Silagens de Capim-Elefante Com e Sem Emurchecimento e acrescidas com Farelo de Mandioca</b> ..... | 5   |
| <b>Resumo</b> .....   | 5   |
| <b>Abstract</b> .....   | 6   |
| <b>Introdução</b> .....   | 7   |
| <b>Material e Métodos</b> .....   | 9   |
| <b>Resultados e Discussão</b> .....   | 14  |
| <b>Conclusões</b> .....   | 30  |
| <b>Literatura Citada</b> .....  | 31  |
| <b>Fracionamento de Carboidratos e Proteínas de Silagem de Capim-Elefante com e sem Emurchecimento e Acrescida de Farelo de Mandioca</b> .....                  | 35  |
| <b>Resumo</b> .....   | 35  |
| <b>Abstract</b> .....   | 36  |
| <b>Introdução</b> .....   | 37  |
| <b>Material e Métodos</b> .....   | 39  |
| <b>Resultados e Discussão</b> .....   | 42  |
| <b>Conclusões</b> .....   | 51  |
| <b>Conclusões Gerais</b> .....  | 55  |



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1:

Página

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNCP), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), pH e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de mandioca.....       | 10 |
| Tabela 2 - Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....   | 14 |
| Tabela 3 - Equações de regressão ajustadas para matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e a digestibilidade <i>in vitro</i> da MS do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)..... | 16 |
| Tabela 4 - Teores médios da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNCP), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....   | 18 |
| Tabela 5 - Teores médios da digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....   | 20 |
| Tabela 6 - Médias de Ph e teores médios de Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....  | 22 |
| Tabela 7 - Teores médios dos ácidos láctico (ALAT), acético (AACET), propiônico (APROP) e butírico do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....  | 24 |

|  |               |
|--|---------------|
| Tabela 8 - Equações de regressão ajustadas para pH, nitrogênio amoniacal / N total e concentração de ácidos láctico, acético, propiônico e butírico do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....   | 25            |
| Tabela 9 - Perdas por gases, efluente e recuperação da matéria seca do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....   | 27            |
| Tabela 10 - Equações de regressão ajustadas para perdas por gases, efluente e recuperação de matéria seca (RecupMS) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).   | 28            |
| <b>CAPÍTULO 2:</b>   | <b>Página</b> |
| Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNCP), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), pH e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de mandioca..... | 40            |
| Tabela 2 - Teores médios carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (A+ B1) ,componentes da parede celular disponíveis que correspondem a fração potencialmente degradável (B2) e fração indigestível da parede celular (C) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....  | 42            |
| Tabela 3 - Equações de regressão ajustadas para carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2) e a fração indigestível da parede celular (C) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....   | 43            |
| Tabela 4 - Teores médios da proteína bruta, fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2); fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....  | 46            |
| Tabela 5 - Equações de regressão ajustadas para proteína bruta (PB), fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2); fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM).....   | 46            |

## RESUMO

OLIVEIRA, Aline Cardoso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2008.  
**Capim-Elefante com e sem emurchecimento, acrescido de farelo de mandioca na produção de silagem.** Orientador: Rasmô Garcia, Co-Orientadores: Aureliano José Vieira Pires e Odilon Gomes Pereira.

Dois experimentos foram conduzidos, no delineamento inteiramente casualizado, para avaliar o valor nutritivo, as características fermentativas e as perdas da silagem de capim-elefante produzida com e sem emurchecimento e acrescida de farelo de mandioca nos níveis 0; 7,5; 15 e 22,5 % da (MN) e determinar as frações protéicas e dos carboidratos da silagem. Foram utilizados silos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen, para saída de gases oriundos da fermentação, e areia no fundo, para captação dos efluentes. No experimento I, a associação do emurchecimento com o farelo de mandioca elevou os teores de matéria seca (MS), minimizou as perdas de MS e reduziu os teores de proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente ácido, fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína, fibra em detergente ácido e celulose. A adição de farelo de mandioca na produção da silagem de capim-elefante reduziu os teores de extrato etéreo, hemicelulose e lignina e aumentou o teor de matéria orgânica, a digestibilidade *in vitro* da MS e os nutrientes digestíveis totais. O emurchecimento teve efeito apenas sobre os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro. Em relação às variáveis inerentes às características fermentativas das silagens, o pH e o ácido butírico apresentaram comportamento quadrático, o pH apresentou valor mínimo de 3,7 % no nível de 15,9 % de farelo de mandioca, nas silagens não emurchecidas, valor dentro da faixa considerada satisfatória para obtenção de silagem de qualidade. Quanto ao nitrogênio amoniacal e ácido acético, observou-se comportamento quadrático e linear decrescente para as silagens sem e com emurchecimento, respectivamente. No tocante ao ácido propiônico, verificou-se comportamento linear decrescente nas silagens sem emurchecimento e, nas silagens emurchecidas, não se constatou efeito sobre esta variável. Houve efeito de emurchecimento e de níveis de farelo de mandioca apenas sobre o valor de ácido láctico das silagens, que reduziu linearmente. O emurchecimento, bem como o farelo de mandioca podem ser utilizados para elevar os teores de MS da

silagem. No experimento II, foram determinadas e avaliadas as frações que constituem os carboidratos totais (CHO) e a PB das silagens. A análise de regressão detectou elevação linear do teor de CHO em função da adição de farelo de mandioca. A associação do emurhecimento com os diferentes níveis de farelo de mandioca influenciaram as frações de CHO (A+B1 e B2), mas não tiveram efeito sobre as frações nitrogenadas (A, B1+B2). A adição de farelo de mandioca reduziu linearmente a fração C dos CHO. No que concerne às frações B3 e C das silagens, observa-se que as mesmas apresentaram interação significativa entre emurhecimento e níveis de farelo de mandioca, constatando-se efeito quadrático para os teores da fração B3 e efeito linear decrescente para a fração C.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Aline Cardoso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2008  
**Elephant grass with and without wilting, added of cassava meal in silage production.** Adviser: Rasmô Garcia, Co-Advisers: Aureliano José Vieira Pires and Odilon Gomes Pereira.

Two experiments were conducted, on a completely randomized design, to evaluate the nutritive value, fermentative characteristics and losses of elephant grass silage produced with and without wilting and added of cassava meal (0; 7,5; 15 e 22,5 % da MN), and to determine protein and carbohydrate fractions of silage. It were used PVC silos with 50 cm height and 10 cm diameter, fitted with a Bunsen type valve to eliminate gas produced by fermentation and sand placed in the bottom to capture effluents. In experiment I, wilting associated with cassava meal was efficient to increase dry matter (DM) content, minimize DM losses and reduce crude protein (CP), acid detergent insoluble nitrogen, neutral detergent fiber, neutral detergent fiber ash and protein free, acid detergent fiber, and celluloses contents. Cassava meal addition in elephant grass silage production caused reduction in ether extract, hemicelluloses and lignin contents and increased organic matter content, *in vitro* DM digestibility, and total digestible nutrients. The wilting treatment had effect only in neutral detergent insoluble nitrogen content. Relative to variables inherent to silages' fermentative characteristics, pH and butyric acid presented quadratic behavior, with pH showing minimum value of 3.7 % in 15.9 % cassava meal level, in no wilting silages, value within the range considered satisfactory to obtain silage of quality. Concerning to ammonia nitrogen and acetic acid, it was observed quadratic and decreasing linear behavior for silages without and with wilting, respectively. In regard to propionic acid, it was verified a decreasing linear behavior in silages without wilting and, in wilted silages there was no effect on this variable. There was wilting and cassava meal levels effect only on silages' lactic acid value, which reduced linearly. Wilting and cassava meal can be used to increase silage DM content. In experiment II, the fractions that compose total carbohydrates (TC) and CP of the silages were determined and evaluated. The regression analysis detected a linear rising of TC content as function of cassava meal addition. The association of wilting with different levels of cassava meal influenced the TC fractions

(A+B1 and B2), but had no effect on nitrogen fractions (A and B1+B2). Cassava meal addition reduced linearly the TC C fraction. Silages fractions B3 and C presented significant interaction between wilting and cassava meal levels, verifying quadratic effect of B3 fraction content and decreasing linear effect of C fraction.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, onde o modelo predominante na produção de bovinos é o extensivo, o uso exclusivo de pastos não atende os requisitos dos animais para altos níveis de produtividade. A sazonalidade afeta diretamente a disponibilidade e o valor nutritivo das forragens, ocasionando baixa produção dos bovinos nos trópicos. Buscando reduzir os efeitos da sazonalidade da produção, técnicas como a conservação de forragem têm se apresentado como alternativa para alimentação dos animais no período seco, reduzindo, assim, as possíveis perdas no período crítico.

No entanto, uma das características das forrageiras de clima tropical é o contraste entre o valor nutritivo, influenciado pelo solo ou por peculiaridades da própria planta, e a produção por unidade de área. Assim, várias pesquisas têm sido desenvolvidas visando buscar soluções práticas para a produção de silagens de boa qualidade a partir do capim-elefante (Souza et al., 2003; Maldonado et al., 2004; Bernadino et al., 2005; Carvalho et al., 2007; Faria et al., 2007).

Entre as gramíneas utilizadas na produção de silagem, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) destaca-se por ser uma forrageira com excelente potencial de produção de matéria seca (MS), com quantidade razoável de carboidratos solúveis (9,8 - 15 % na MS) (Vilela et al., 2000; Andrade et al., 2004).

De acordo com Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), o capim-elefante deve ser cortado para ensilagem em um estágio de desenvolvimento cujo equilíbrio nutritivo esteja mais adequado, ou seja, quando for razoável seu rendimento de massa seca por área, bom o teor protéico e baixos os constituintes das frações fibrosas no material. O excesso de umidade propicia, normalmente, condições para obtenção de silagens butíricas, de baixa qualidade, em que é grande a decomposição protéica, com evidente queda do valor nutritivo do volumoso conservado. Segundo McDonald & Henderson (1981), plantas ensiladas com elevada umidade produzem grande quantidade de efluente, que carregam nutrientes altamente digestíveis como açúcares e ácidos orgânicos, diminuindo o valor nutritivo da silagem.

Quantidade adequada de substrato fermentescível, poder tampão relativamente reduzido e teor de MS acima de 30 % são características importantes para obtenção de padrões desejáveis de fermentação e conservação de forragens por meio da ensilagem

(McDonald et al., 1991). A ausência dessas características prejudicam o processo de conservação e podem promover fermentações secundárias, refletindo negativamente em perdas de MS (McDonald et al., 1991). Limitações dessa natureza podem ser parcialmente controladas pelo aumento da porcentagem de MS, pelo emurhecimento e/ou aplicação de aditivos absorventes de umidade. No entanto, a perda de umidade por exposição ao sol nem sempre é satisfatória, pois o diâmetro dos colmos do capim-elefante dificulta a migração de água do interior para a periferia destes (Tosi et al., 1999).

No tocante à utilização de aditivos absorventes nas silagens de capim, preconiza-se que estes apresentem alto teor de MS, alta capacidade de retenção de água e boa aceitabilidade. Devem ser, também, de fácil manipulação, baixo custo e fácil aquisição (Igarasi, 2002).

Atendendo tais requisitos, o farelo de mandioca apresenta-se com características que podem beneficiar a qualidade final da silagem, haja vista seus altos teores de MS, o que poderia contribuir para a elevação da MS da silagem e, como consequência, reduziria as prováveis perdas do valor nutritivo por efluente, além de ser uma fonte altamente energética, possuindo carboidratos de rápida fermentação no rúmen (Garcia et al., 2004).

O experimento foi conduzido para determinar o valor nutritivo, as características fermentativas, as perdas e as frações que compõem os carboidratos e proteínas da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier), emurhecido ou não e com diferentes níveis de farelo de mandioca.



## LITERATURA CITADA

- ANDRADE, S.; MELOTTI, J.; LAÉRCIO, T. Effect of some additives on the quality of elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum) silage. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.**, 41: 409-415, 2004.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2185-2291, 2005.
- CARVALHO, G.P. de; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurchecido ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.36, n. 5, p. 1495-1501, 2007.
- FARIA, D. J. G. ; GARCIA, R. ; PEREIRA, O.G. et al . Composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante com níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 301-308, 2007.
- 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.
- GARCIA, J.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A. et al. Desempenho de novilhos em crescimento em pastagem brachiaria decumbens suplementados com diferentes fontes energéticas no período da seca e transição seca-águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2140-2150, 2004 (Supl. 2).
- 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.** Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP, Piracicaba, 2002.
- MALDONADO, H.; SILVA, J.F. C.; MAESTÁ S.A.; LOMBARDI, C. T.; Silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) com e sem acipin, associada a duas Fontes protéicas na alimentação de bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2095-2103, 2004 (Supl. 2).
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R. **The biochemistry of silage.** Chichester: John Wiley, 1981. 128p.
- McDONALD, P.J.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage.** 2. ed. cidade: Mallow Chalcombe Publications, 1991. 340 p.
- SOUZA, A.L.; BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.

TOSI, P., MATTOS, W.R.S., TOSI, H. et al. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cv. Taiwan A-148, ensilado com diferentes técnicas de redução de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.947-954, 1999

VILELA, H; BARBOSA, F.A; RODRIGUEZ, N. et al. Efeito do emurchecimento do capim elefante Paraíso sobre a qualidade da silagem. Matsuda, São Sebastião do Paraíso: Matsuda, 2000. p.12.

## **Valor Nutritivo, Características Fermentativas e Perdas de Silagens de Capim-Elefante Com e Sem Emurchecimento e acrescidas com Farelo de Mandioca**

RESUMO: O experimento foi desenvolvido para avaliar os efeitos do emurchecimento e da inclusão de níveis de farelo de mandioca sobre o valor nutritivo, as características fermentativas e as perdas por gases e efluente da silagem de capim-elefante. Foi adotado o esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições, no delineamento inteiramente casualizado. Os fatores avaliados foram níveis de farelo de mandioca (0; 7,5; 15 e 22,5 % da matéria natural, MN) e emurchecimento (com e sem ). Foram usados silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro para a produção das silagens, que foram abertos após 60 dias. O emurchecimento e a adição do farelo de mandioca tiveram efeito linear crescente sobre o teor de matéria seca (MS). As silagens com farelo de mandioca apresentaram redução dos teores de nitrogênio total, extrato etéreo, nitrogênio insolúvel em detergente ácido, fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína, fibra em detergente ácido, celulose, hemicelulose e lignina e elevação do teor de matéria orgânica, da digestibilidade *in vitro* da MS e dos nutrientes digestíveis totais. No que concerne às características fermentativas das silagens, o pH e o ácido butírico apresentaram comportamento quadrático, o pH apresentou valor mínimo de 3,7 % no nível de 15,9 % de farelo de mandioca, nas silagens não emurchecidas, valor dentro da faixa considerada satisfatória para obtenção de silagem de qualidade. Quanto ao nitrogênio amoniacal e ácido acético, observou-se comportamento quadrático e linear decrescente para as silagens sem e com emurchecimento, respectivamente. No tocante ao ácido propiônico, verificou-se comportamento linear decrescente nas silagens sem emurchecimento e, nas silagens emurchecidas, não se constatou efeito sobre esta variável. Houve efeito de emurchecimento e de níveis de farelo de mandioca apenas sobre o valor de ácido láctico das silagens, que reduziu linearmente. O emurchecimento e a inclusão do farelo de mandioca propiciaram menores perdas por efluente e, portanto, contribuíram para aumentar o valor nutritivo, haja vista a elevação do teor de MS e a redução das frações fibrosas das silagens.

Palavras-Chave: composição bromatológica, digestibilidade, efluente, fermentação, *Pennisetum purpureum*, sub-produto

## **Nutritive Value, Fermentative Characteristics and Losses of Elephant Grass Silages with or without Wilting and Added with Cassava Meal**

**ABSTRACT:** The experiment was developed to evaluate the effects of wilting and inclusion of cassava meal level on nutritive value, fermentative characteristics and losses of elephant grass silage. The 4 x 2 factorial scheme was adopted, with four repetitions, in a completely randomized design. The factors evaluated were wilting (without and with) and cassava meal level (0; 7.5; 15 and 22.5 % of natural matter, DN). PVC silos with 50 cm height and 10 cm diameter were used for silages production, which were opened after 60 days. The wilting and cassava meal addition had increasing linear effect on DM content. Silages with cassava meal showed reduction of total nitrogen, ether extract, acid detergent insoluble nitrogen, neutral detergent fiber, neutral detergent fiber ash and protein free, acid detergent fiber, celluloses, hemicelluloses and lignin contents and increase of organic matter content, DM *in vitro* digestibility and total digestible nutrients. Relative to silages' fermentative characteristics, the pH and butyric acid showed quadratic behavior, with pH showing minimum value of 3.7 at 15.9 % cassava meal level, in no wilted silages, value within the range considered satisfactory to obtain silage of quality. Concerning to ammonia nitrogen and acetic acid, it was observed quadratic and decreasing linear behavior for silages without and with wilting, respectively. In regard to propionic acid, it was verified a decreasing linear behavior in silages without wilting and, in wilted silages there was no effect on this variable. There was wilting and cassava meal level effect only on silages' lactic acid value, which reduced linearly. Wilting and cassava meal inclusion provided smaller effluent losses and, therefore, contributed to increase the nutritive value, as is seen by the increase of DM content and the reduction of fibrous fractions of the silages.

**Key words:** bromatologic composition, effluent, digestibility, fermentation, *Pennisetum purpureum*, by-product

## Introdução

As forrageiras tropicais caracterizam-se pela elevada produção de massa seca, com estacionalidade marcante entre as estações das “águas” e da “seca”, o que indica grande potencial para conservação de forragens, tanto por meio da ensilagem como pela fenação.

O capim-elefante, por ser uma planta perene de alto potencial de produção e de boa composição bromatológica, apresenta-se como alternativa economicamente mais atrativa que outras culturas anuais para produção de silagem (Tosi, 1973). No entanto, a grande maioria das gramíneas tropicais apresentam problemas no que diz respeito à produção de silagem de boa qualidade, haja vista que o melhor valor nutritivo do capim-elefante é encontrado quando a gramínea apresenta 50 a 60 dias de rebrotação, período no qual a gramínea possui alta umidade. Silagens produzidas com forragens contendo baixo teor de matéria seca (MS) desencadeiam perdas por efluente e propiciam o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, favorecidas pela alta atividade de água, devido ao excesso de umidade da forragem. O desenvolvimento dessas bactérias produz fermentações secundárias indesejáveis, com formação de ácido butírico, o que caracteriza silagens de baixa qualidade, ou seja, quando há formação de ácido butírico, concomitantemente ocorre degradação de proteína e de ácido láctico (McDonald & Henderson, 1981).

Na busca de soluções para as limitações na produção de silagem de capim-elefante, alternativas têm sido propostas, por diversos pesquisadores, com o propósito de reduzir as perdas por efluente. Dentre elas, o uso de aditivos e/ou de técnicas como o emurchecimento tem contribuído para melhoria da fermentação. Muitos produtos têm sido comercializados como aditivos para ensilagem de milho, sorgo ou mesmo capins, com diferentes propósitos, como reduzir perdas de nutrientes, estimular ou inibir fermentações ou, ainda, interagir no valor nutritivo da planta originalmente ensilada (Maldonado et al., 2004).

No capim-elefante, tem-se verificado que o emurchecimento antes da ensilagem, muitas vezes, beneficia a fermentação como um todo (Lavezzo et al., 1990) e a lática em particular (Silveira et al., 1979). Além do emurchecimento, outras alternativas podem ser adotadas para a ensilagem do capim-elefante quando novo. A utilização de resíduos da agroindústria tem se revelado com grande potencial quando adicionados a silagens de alta umidade, principalmente os aditivos tidos como absorventes de umidade. Este tipo de

aditivo são, normalmente, fontes de carboidratos como cereais, farelos, entre outros, utilizados para elevar o teor de MS, reduzir a produção de efluentes e aumentar o valor nutritivo das silagens (McDonald et al., 1991).

Dentre eles, o farelo de mandioca caracteriza-se como um aditivo promissor como seqüestrante de umidade. Este subproduto constitui-se em um material descartado dos panos ou canais de deposição do leite de amido, proveniente da lavagem da mandioca triturada para posterior produção da fécula (Ferrari Júnior & Lavezzo, 2001). Segundo estes autores, o farelo de mandioca apresenta 81,45 % de MS e 76,90 % de amido. Subprodutos da agroindústria, como o farelo de mandioca, apresentam elevado teor de MS, podendo ser utilizados na ensilagem de capim-elefante, com a finalidade de melhorar o processo fermentativo, além de reduzir perdas.

O experimento foi conduzido para determinar o valor nutritivo, as características fermentativas e as perdas da silagem de capim-elefante com e sem emurchecimento e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca.

## Material e Métodos

Foi utilizado o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier), proveniente de uma capineira estabelecida em um solo classificado do tipo chernossolo argilúvio, ótico, típico, estruturado hipereutrófico, com textura argilosa, fase floresta subcaducifólia e relevo ondulado (EMBRAPA, 1999), pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga, BA, cortado aos 60 dias de desenvolvimento.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com a utilização de um esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de farelo de mandioca (0; 7,5; 15 e 22,5 % da MN) com e sem emurchecimento, com quatro repetições.

O material foi picado em ensiladeira regulada para cortar a forragem em pedaços de aproximadamente 2 cm. No processo de emurchecimento, o capim foi colhido e espalhado no campo e, após oito horas de exposição ao sol, picado, adicionado o farelo de mandioca e ensilado. Na incorporação do farelo de mandioca sem emurchecimento, o mesmo foi imediatamente adicionado, logo após o corte do capim e o fracionamento das partículas na ensiladeira, sendo a proporção adicionada com base na massa verde da gramínea.

A composição químico-bromatológica do capim-elefante sem emurchecimento, emurchecido e do farelo de mandioca (FM) pode ser observada na Tabela 1.

Depois de misturada ao capim a quantidade de farelo de mandioca correspondente a cada nível de inclusão, na base da matéria natural (peso/peso), o material foi armazenado durante 60 dias em silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen, para saída de gases oriundos da fermentação. Foi também utilizada 1 kg de areia no fundo de cada silo, para captar o efluente gerado durante o processo de ensilagem. A compactação foi realizada de modo a se obter densidade de  $600 \text{ kg.m}^{-3}$ , e os silos foram vedados e pesados.

Após o período de 60 dias, os silos foram abertos, procedendo-se então a coleta de amostras, as quais foram congeladas para posteriores análises. Essas amostras foram devidamente acondicionadas e transportadas para o Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, onde, nos Laboratórios de Forragicultura e de Nutrição Animal, foram processadas e analisadas.

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNCP), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), pH e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de mandioca.

| Item                      | Capim-elefante  |             | Farelo de mandioca |
|---------------------------|-----------------|-------------|--------------------|
|                           | Não emurchecido | Emurchecido |                    |
| MS                        | 19,5            | 30,0        | 85,1               |
| MO <sup>1</sup>           | 91,0            | 91,6        | 98,6               |
| PB <sup>1</sup>           | 5,4             | 4,4         | 2,8                |
| EE <sup>1</sup>           | 1,3             | 1,8         | 0,46               |
| FDN <sup>1</sup>          | 71,9            | 69,5        | 16,3               |
| FDNCP <sup>1</sup>        | 66,8            | 65,8        | 12,5               |
| FDA <sup>1</sup>          | 48,2            | 50,0        | 8,6                |
| Cinzas <sup>1</sup>       | 9,0             | 8,4         | 1,4                |
| Lignina <sup>1</sup>      | 6,4             | 6,8         | 0,86               |
| Celulose <sup>1</sup>     | 35,5            | 38,5        | 6,7                |
| Hemicelulose <sup>1</sup> | 23,7            | 19,4        | 7,6                |
| NIDN <sup>1</sup>         | 0,21            | 0,24        | 0,12               |
| NIDA <sup>1</sup>         | 0,16            | 0,17        | 0,10               |
| NIDN <sup>2</sup>         | 24,3            | 34,1        | 26,8               |
| NIDA <sup>2</sup>         | 18,5            | 24,1        | 22,3               |
| CHO <sup>1</sup>          | 84,3            | 85,4        | 95,3               |
| CNF <sup>1</sup>          | 17,5            | 19,6        | 82,8               |
| pH                        | 5,5             | 5,31        | -                  |
| DIVMS <sup>1</sup>        | 69,6            | 67,6        | 99,0               |

<sup>1</sup> % da MS

<sup>2</sup> % do NT

Parte das amostras foi descongelada à temperatura ambiente, acondicionada em saco de papel e levada à estufa de pré-secagem, por 72 horas, à temperatura de 65 °C. Em seguida, foram moídas em moinho de facas tipo Willye, em peneira com malha de 1 mm, e submetidas às análises de matéria seca (MS), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), cinzas e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002) e nutrientes digestíveis totais (NDT), segundo a metodologia proposta por Weiss et al. (1992), com as modificações sugeridas pelo NRC (2001), conforme as equações que se seguem:

$$\text{NDT} = \text{CNFD} + \text{PBD} + (\text{AGD} \times 2,25) + \text{FDND} - 7$$



sendo:

$$\text{CNFD} = 0,98 \{100 - [(\text{FDN} - \text{PIDN})^* + \text{PB} + \text{EE} + \text{Cinzas}]\} \times \text{FAP}$$

$$\text{PBD} = \text{PB} [-1,2 \times (\text{PIDA}/\text{PB})]$$

$$\text{AGD} = \text{AG} = \text{EE} - 1 \text{ . Se } \text{EE} < 1, \text{AG} = 0$$

$$\text{FDND} = 0,75 \times [(\text{FDN} - \text{PIDN})^* - \text{Lig}] \times \{1 - [\text{Lig}/(\text{FDN}-\text{PIDN})^*]^{0,667}\}$$

\* se a FDN for determinada adicionando sulfito de sódio, não subtrair a PIDN

Em que:

CNFD = Carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis;

PBD = Proteína bruta verdadeiramente digestível;

AGD = Ácidos graxos verdadeiramente digestíveis;

FDND = FDN verdadeiramente digestível;

PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro;

FAP = Fator de ajuste de processamento, neste caso igual a 1;

PIDA = Proteína insolúvel em detergente ácido;

Lig = Lignina.

As análises de fibra insolúvel em detergentes neutro (FDN) e ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991) foram feitas em autoclave, conforme Pell & Schofield (1993).

Parte da silagem *in natura* (50 g) foi triturada com 200 mL de água, em liquidificador industrial, e filtrada em gaze para extração do meio aquoso, que foi utilizado imediatamente para análise de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e pH. O teor de N-NH<sub>3</sub>, como porcentagem do N-Total, foi dosado imediatamente, utilizando-se óxido de magnésio e cloreto de cálcio, segundo Cunniff (1995). Para determinação dos ácidos orgânicos, aproximadamente 25 g de silagem fresca foram diluídas em 250 mL de água destilada e homogeneizadas em liquidificador industrial durante 1 minuto. O extrato aquoso resultante foi filtrado em filtro de papel, e 100 mL foram acidificados com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50 % e, posteriormente, filtradas em papel de filtragem rápida (Ranjit & Kung Jr., 2000). Em 2 mL deste filtrado foram adicionados 1 mL de solução de ácido metafosfórico 20 % e 0,2 mL de solução de ácido fênico 1 %, utilizado como padrão interno. A determinação dos ácidos láctico, acético, butírico e propiônico foi realizada por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), marca Shimadzu SPD-10, com comprimento de onda de 210 nm. Usou-se uma coluna C-18, de fase reversa, com pressão de 168 kgf e fluxo de 1,5 mL/minuto.

As perdas de MS sob as formas de gases e efluente foram quantificadas por diferença de peso.

### **Determinação das perdas por gases**

A perda de matéria seca decorrente da produção de gases foi calculada pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos silos experimentais, em relação à quantidade de MS ensilada, descontados o peso do conjunto silo e areia seca.

A determinação da perda gasosa foi calculada segundo a equação:

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

em que:

PG = perda por gases (% da MS);

PSI = peso do silo no momento da ensilagem (kg);

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

MSI = matéria seca ensilada (quantidade de forragem em kg  $\times$  % MS).

### **Determinação da produção de efluente**

A determinação da produção de efluente foi realizada mediante diferença de pesagens do conjunto silo e areia, depois e antes da ensilagem, em relação à quantidade de matéria verde ensilada. Após ser retirada toda a forragem do silo experimental, pesou-se o conjunto (silo + tampa + areia úmida + tela) e, subtraindo-se deste o peso do mesmo conjunto antes da ensilagem, efetuou-se a estimativa da produção de efluente drenado para o fundo do silo.

A determinação da produção de efluente foi calculada segundo a equação:

$$PE = (PSAF - PSAI)/MNI \times 1000$$

em que:

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

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

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

MNI = quantidade de forragem ensilada (kg).

### **Determinação do índice de recuperação de matéria seca**

Esta determinação foi obtida por meio da diferença de peso obtida pela pesagem da massa de forragem nos momentos da ensilagem e da abertura e seus respectivos teores de MS, calculando-se a recuperação de MS (RMS), segundo a equação:

$$\text{RMS: } (\text{MSi} / \text{MSf}) * 100$$

em que:

MSi = quantidade de MS inicial.

MSf = quantidade de MS final;

A variação dos teores de MS foi calculada como a diferença em módulo da porcentagem de MS no momento da ensilagem e da porcentagem de MS na abertura.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância, estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais para o fator quantitativo, referente aos níveis de farelo de mandioca adicionadas na ensilagem do capim–elefante, e aplicação de teste F para o fator qualitativo, referente ao emurhecimento (com e sem emurhecimento). No estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais, na escolha dos modelos foram consideradas a significância, os coeficientes de determinação e o comportamento observado para a variável em questão. Adotou-se o nível de significância de 5 % de probabilidade, utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 1999).

## Resultados e Discussão

Os valores médios referentes aos teores de MS, MO, EE, NT, NIDN e NIDA das silagens de capim-elefante encontram-se na Tabela 2, e as equações de regressão ajustadas para essas variáveis e seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se na Tabela 3.

Tabela 2- Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Emurchecimento    | Farelo de mandioca (% MN) |       |       |       | CV (%) <sup>2</sup> |
|-------------------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------------|
|                   | 0,0                       | 7,5   | 15,0  | 22,5  |                     |
| MS                |                           |       |       |       |                     |
| Sem               | 21,1b                     | 22,0b | 23,8b | 26,6b | 2,0                 |
| Com               | 24,8a                     | 27,5a | 29,1a | 31,8a |                     |
| MO <sup>1</sup>   |                           |       |       |       |                     |
| Sem               | 89,8                      | 91,2  | 92,2  | 93,0  | 0,5                 |
| Com               | 90,4                      | 91,5  | 92,4  | 93,0  |                     |
| EE <sup>1</sup>   |                           |       |       |       |                     |
| Sem               | 3,3                       | 3,2   | 2,9   | 2,5   | 8,6                 |
| Com               | 3,0                       | 3,2   | 2,6   | 2,8   |                     |
| NT <sup>1</sup>   |                           |       |       |       |                     |
| Sem               | 1,11b                     | 1,26a | 1,19a | 1,16a | 6,74                |
| Com               | 1,26a                     | 1,19a | 1,13a | 1,11a |                     |
| NIDN <sup>1</sup> |                           |       |       |       |                     |
| Sem               | 0,13                      | 0,13  | 0,12  | 0,12  | 7,93                |
| Com               | 0,11                      | 0,12  | 0,11  | 0,12  |                     |
| NIDA <sup>1</sup> |                           |       |       |       |                     |
| Sem               | 0,10a                     | 0,09a | 0,08a | 0,08b | 12,14               |
| Com               | 0,11a                     | 0,08a | 0,08a | 0,11a |                     |

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade

<sup>1</sup> Em % da MS.

<sup>2</sup> Coeficiente de variação.

Verificou-se interação ( $P < 0,05$ ) entre emurchecimento e níveis de farelo de mandioca, para a variável MS. Avaliando o efeito do emurchecimento dentro de níveis de farelo de mandioca, constatam-se maiores teores de MS ( $P < 0,05$ ) na silagem emurchecida em todos os níveis estudados (Tabela 2). Ao analisarem-se os teores de MS em função dos níveis de farelo de mandioca, estimaram-se acréscimos de 0,2 e 0,3 % para silagem sem e com emurchecimento para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 3). O aumento linear da MS com a adição de farelo de mandioca, se deve ao maior teor de MS

deste em relação ao capim.

McDonald et al. (1991) observou que o teor de MS no capim para a fermentação adequada está entre 30 e 35 %. Os valores de MS encontrados no presente trabalho nas silagens com emurchecimento variaram de 24,8 a 31,8 %, encontrando-se assim próximos à faixa considerada adequada para ocorrência de fermentação desejável que, por fim, poderá resultar em silagem de boa qualidade.

Ao estudarem a qualidade da silagem de capim-elefante, Ferrari Jr. & Lavezzo (2001) verificaram que o emurchecimento é alternativa viável para diminuir a umidade, porém, o uso do farelo de mandioca pode elevar os teores de MS e carboidratos solúveis da silagem. Esses autores, ao avaliarem a qualidade da silagem de capim-elefante emurchecido, com níveis de inclusão de farelo de mandioca de até 12 %, observaram aumento de 7,5 % nos teores de MS (28,61 %) das silagens aditivadas com maiores níveis de farelo de mandioca em relação à silagem sem aditivos (26,61 %).

Faria et al. (2007), também verificaram aumento linear da MS de silagens de capim-elefante adicionada com diferentes níveis de casca de café. Segundo os autores, a elevação do teor de MS com a inclusão de casca de café deve-se ao seu alto teor de MS (81,2 %) e à sua boa capacidade de retenção de umidade; a silagem com 0 % de casca apresentou teor de MS similar ao do capim-elefante no momento da ensilagem.

Para as variáveis MO e EE, a análise de variância revelou apenas efeito ( $P < 0,05$ ) do farelo de mandioca. A adição de farelo de mandioca elevou os valores de MO linearmente, atribuindo acréscimos de 0,12 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 3). Este comportamento pode ser explicado pelos baixos teores de cinzas contidos no farelo de mandioca, comparado ao capim-elefante, o que acarretou incremento do teor de MO.

No tocante aos teores de EE, a análise de regressão revelou comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ), estimando-se redução de 0,02 unidade percentual para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 3), provavelmente devido aos baixos teores de EE do resíduo utilizado, bem como aos baixos valores deste constituinte no capim-elefante.

Tabela 3 - Equações de regressão ajustadas para matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e a digestibilidade *in vitro* da MS do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Variáveis          | Equação de regressão  | R <sup>2</sup> |
|--------------------|---|----------------|
| MS                 | $\hat{Y}_1 = 20,6069 + 0,247435 \text{ FM}$                         | 95,0           |
|                    | $\hat{Y}_2 = 24,8933 + 0,300745 \text{ FM}$                         | 99,0           |
| MO                 | $\hat{Y} = 90,2462 + 0,12616 \text{ FM}$                            | 98,0           |
| NT <sup>1</sup>    | $\hat{Y}_1 = 1,18$  | 94,0           |
|                    | $\hat{Y}_2 = 1,253750 - 0,006833333 \text{ FM}$                     |                |
| EE <sup>1</sup>    | $\hat{Y} = 3,2172 - 0,0238 \text{ FM}$                              | 78,0           |
| FDN <sup>1</sup>   | $\hat{Y}_1 = 74,9607 - 1,11234 \text{ FM}$                          | 99,0           |
|                    | $\hat{Y}_2 = 74,2202 - 0,873786 \text{ FM}$                         | 98,0           |
| FDNCP <sup>1</sup> | $\hat{Y}_1 = 70,1021 - 1,073817 \text{ FM}$                         | 99,0           |
|                    | $\hat{Y}_2 = 69,8887 - 0,853094 \text{ FM}$                         | 98,0           |
| FDA <sup>1</sup>   | $\hat{Y}_1 = 46,3330 - 0,711386 \text{ FM}$                         | 99,0           |
|                    | $\hat{Y}_2 = 45,7857 - 0,429883 \text{ FM}$                         | 96,0           |
| CEL <sup>1</sup>   | $\hat{Y}_1 = 40,4126 - 1,44578 \text{ FM} + 0,0346685 \text{ FM}^2$ | 99,2           |
|                    | $\hat{Y}_2 = 35,2447 - 0,399024 \text{ FM}$                         | 80,0           |
| HEM <sup>1</sup>   | $\hat{Y} = 28,5311 - 0,422427 \text{ FM}$                           | 87,0           |
| LIG <sup>1</sup>   | $\hat{Y} = 5,49893 - 0,0580589 \text{ FM}$                          | 92,4           |
| NIDN <sup>1</sup>  | $\hat{Y} = 0,12$  | --             |
| NIDA <sup>1</sup>  | $\hat{Y}_1 = 0,1030 - 0,0011 \text{ FM}$                            | 92,0           |
|                    | $\hat{Y}_2 = 0,1072 - 0,00486 \text{ FM} + 0,000222 \text{ FM}^2$   | 99,0           |
| NDT                | $\hat{Y} = 51,4230 + 0,4133 \text{ FM}$                             | 98,0           |
| DIVMS              | $\hat{Y}_1 = 67,4009 + 0,553780 \text{ FM}$                         | 98,0           |
|                    | $\hat{Y}_2 = 67,6917 + 0,372884 \text{ FM}$                         | 91,0           |

$\hat{Y}_1$  : sem emurchecimento,  $\hat{Y}_2$ :com emurchecimento, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação, <sup>1</sup> % MS

\* Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F

\*\* Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F.

Verificou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre emurchecimento e níveis de farelo de mandioca, para as variáveis NT e NIDA. Para a variável NIDN, a análise de variância revelou efeito ( $P < 0,05$ ) apenas de emurchecimento.

Ao se analisar o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, para os teores de NT, observam-se maiores ( $P < 0,05$ ) valores de NT para a silagem emurchecida sem a utilização de farelo de mandioca. Por outro lado, ao se avaliarem os teores de NT em função dos níveis de farelo de mandioca, para a silagem sem emurchecimento nenhum modelo ajustou-se aos dados, estimando-se valor médio de 1,18 %. No tocante à silagem com emurchecimento em função dos níveis de farelo de mandioca, estimou-se redução de 0,006 % por unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 3). Esse comportamento já era esperado, haja vista os baixos valores de PB do farelo de mandioca (2,8 % da MS) em comparação ao capim-elefante (5,4 % da MS), o que acarretou um efeito de diluição.

Estes resultados concordam com os obtidos por Silva et al. (2007), que também verificaram redução do teor de NT ao elevarem a inclusão dos níveis de bagaço de mandioca na silagem de capim-elefante.

Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foram influenciados ( $P < 0,05$ ) apenas pelo emurchecimento, observando-se valor médio de 0,13 e 0,12 % para silagem sem e com emurchecimento, respectivamente (Tabela 4). Esperava-se que o emurchecimento provocasse aumento do teor de NIDN, no entanto, no presente trabalho, este comportamento não foi verificado, pois, provavelmente, o tempo de exposição ao ar livre não foi suficiente para elevar as concentrações dessa fração.

Em relação aos teores de NIDA, avaliando-se o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, verifica-se diferença ( $P < 0,05$ ) nos teores de NIDA apenas para o nível de 22,5 % de farelo de mandioca para as silagens sem e com emurchecimento (Tabela 2). Com relação aos teores de NIDA em função dos níveis de farelo de mandioca, a análise de regressão revelou, para silagem sem emurchecimento, comportamento linear decrescente de 0,0011 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada. No que concerne à silagem com emurchecimento, constatou-se comportamento quadrático (Tabela 3).

Os teores de NIDA refletem a ocorrência da reação de Maillard ou de caramelização, a qual promove a complexação do nitrogênio à FDA, levando à diminuição

do valor nutritivo da silagem devido à indisponibilização daquele nutriente para aproveitamento pelo animal (Van Soest, 1994; Rodrigues et al., 2005). Entretanto, Weiss et al. (1992) relataram que até 30 % do NIDA pode ser considerados disponível para os ruminantes.

Os valores médios referentes aos teores de fibra em detergente neutro (FDN), FDN isenta de cinzas e proteína (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina das silagens de capim-elefante encontram-se na Tabela 4, e as equações de regressão ajustadas para essas variáveis e seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se na Tabela 3.

Tabela 4 - Teores médios da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDN<sub>CP</sub>) e da fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Emurchecimento                 | Farelo de mandioca (% da MN) |       |       |       | CV (%) <sup>2</sup> |
|--------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|---------------------|
|                                | 0,0                          | 7,5   | 15,0  | 22,5  |                     |
| FDN <sup>1</sup>               |                              |       |       |       |                     |
| Sem                            | 75,6a                        | 66,4a | 56,9b | 50,9b | 1,61                |
| Com                            | 75,0a                        | 66,3a | 61,4a | 54,8a |                     |
| FDN <sub>cp</sub> <sup>1</sup> |                              |       |       |       |                     |
| Sem                            | 70,7a                        | 61,7a | 52,6b | 46,9b | 1,66                |
| Com                            | 70,8a                        | 62,0a | 57,1a | 51,1a |                     |
| FDA <sup>1</sup>               |                              |       |       |       |                     |
| Sem                            | 46,9a                        | 40,2a | 35,4b | 30,7b | 3,01                |
| Com                            | 46,5a                        | 41,8a | 38,8a | 36,7a |                     |
| Hemicelulose <sup>1</sup>      |                              |       |       |       |                     |
| Sem                            | 28,6                         | 26,1  | 21,5  | 20,1  | 5,6                 |
| Com                            | 28,6                         | 24,5  | 22,5  | 18,1  |                     |
| Celulose <sup>1</sup>          |                              |       |       |       |                     |
| Sem                            | 40,2a                        | 32,2a | 25,8a | 25,7a | 7,76                |
| Com                            | 33,5b                        | 34,9a | 28,9a | 25,5a |                     |
| Lignina <sup>1</sup>           |                              |       |       |       |                     |
| Sem                            | 5,9                          | 4,8   | 4,3   | 4,3   | 13,0                |
| Com                            | 5,2                          | 5,3   | 4,5   | 4,4   |                     |

Médias seguidas de uma mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade

<sup>1</sup> Em % da MS.

<sup>2</sup> Coeficiente de variação.

Constatou-se interação significativa (P<0,05) para as variáveis FDN, FDN<sub>cp</sub> e FDA. Avaliando-se o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, observa-se menores valores destes constituintes nas silagens não emurchecidas, com 15 e 25 % de farelo. Os teores destes constituintes decresceram linearmente em ambas as



silagens, com a adição de níveis crescentes de farelo de mandioca (Tabela 3). Estimaram-se reduções de 1,1 e 0,8, 1,0 e 0,85 e 0,7 e 0,4 unidades percentuais por unidade de farelo de mandioca adicionada, para as variáveis FDN, FDNcp e FDA, sem emurchecimento e com emurchecimento, respectivamente (Tabela 3). Isto se deve, provavelmente, ao menor teor de FDN do FM (16,3 % da MS) em relação ao capim-elefante (71,9 %).

Semelhantemente ao resultado obtido neste estudo, Ferrari Jr. & Lavezzo (2001), Bernadino et al. (2005), Carvalho et al. (2007a) e Zanine et al. (2007) também verificaram redução do teor de FDN de silagens acrescidas com farelo de mandioca, casca de café, farelo de cacau e farelo de trigo, respectivamente. A redução da concentração de FDN de dietas contendo alta proporção de volumosos pode contribuir para aumentar o consumo de MS e, ao mesmo tempo, aumentar a densidade energética da ração de ruminantes (Jung & Allen, 1995).

Em relação aos teores de hemicelulose e lignina, verificou-se efeito ( $P < 0,05$ ) apenas do farelo de mandioca. A adição dos níveis crescentes de farelo de mandioca decresceu linearmente os valores das variáveis supracitadas (Tabela 4).

De forma semelhante, Candido et al. (2007), observaram redução linear dos teores de hemicelulose, estimando-se decréscimo de 0,66 % a cada 1 % de adição de subproduto desidratado do maracujá na silagem de capim-elefante.

Estes resultados diferem dos encontrados por Zanine et al. (2007), que, ao avaliarem o efeito da inoculação de silagens de capim-elefante, verificaram elevação dos teores de hemicelulose com a inclusão do farelo de trigo.

Houve interação significativa para a variável celulose. Avaliando-se o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, observa-se diferença ( $P < 0,05$ ) apenas para a silagem sem adição de farelo de mandioca, apresentando maior valor para a silagem sem emurchecimento (Tabela 4). Com relação aos teores de celulose em função dos níveis de farelo de mandioca, a análise de regressão revelou, para silagem sem emurchecimento, comportamento quadrático, estimando-se valor mínimo de 25,3 % para o nível de 20,8 % de farelo de mandioca. Para a silagem com emurchecimento, observou-se comportamento linear decrescente, estimando-se reduções de 0,4 unidade percentual para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 3). Como a hemicelulose, a celulose e a lignina são partes constituintes da FDN, já se esperavam reduções destas frações nas silagens, haja vista o comportamento decrescente da FDN com o aumento dos

níveis de farelo de mandioca.

Os valores médios referentes a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens de capim-elefante encontram-se na Tabela 5, e as equações de regressão ajustadas para essas variáveis e seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se na Tabela 3.

Tabela 5 - Teores médios de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Emurchecimento     | Farelo de mandioca (% da MN) |       |       |       | CV(%) <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|
|                    | 0,0                          | 7,5   | 15,0  | 22,5  |                    |
| DIVMS <sup>1</sup> |                              |       |       |       |                    |
| Sem                | 66,7a                        | 72,5a | 75,8a | 79,5a | 1,85               |
| Com                | 67,8a                        | 71,2a | 71,7b | 77,0b |                    |
| NDT <sup>1</sup>   |                              |       |       |       |                    |
| Sem                | 51,0                         | 54,7  | 58,6  | 60,7  | 2,0                |
| Com                | 51,0                         | 54,8  | 57,5  | 59,9  |                    |

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade

<sup>1</sup> Em % da MS.

<sup>2</sup> Coeficiente de variação.

A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) apresentou interação significativa ( $P < 0,05$ ). Analisando-se o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de FM, pode-se verificar diferença ( $P < 0,05$ ) apenas para os níveis 15 e 22,5 % de farelo de mandioca, nos quais as silagens sem emurchecimento apresentaram maiores valores (Tabela 5). Ao se considerarem apenas os níveis de inclusão de farelo de mandioca no capim-elefante, a DIVMS das silagens apresentou, por meio da análise de regressão, comportamento linear crescente, sendo atribuído acréscimo de 0,55 e 0,37 unidades percentuais na variável supracitada para cada unidade de farelo de mandioca adicionada às silagens sem e com emurchecimento, respectivamente. Provavelmente, o aumento da DIVMS seja decorrente do alto valor de digestibilidade da MS (99 %) do resíduo utilizado. Além disso, considerando que a FDA é o componente que mais se correlaciona com a digestibilidade, o comportamento desta variável, provavelmente, se deve às reduções nos valores de FDA das silagens acrescidas de farelo de mandioca.

Corroborando com os resultados encontrados no presente estudo, Farias e Gomide (1973), estudando o efeito do emurchecimento e da adição de raspa de mandioca sobre a

ensilagem do capim-elefante, verificaram que o aditivo, utilizado na quantidade de 75 kg/t de massa verde, elevou a DIVMS das silagens.

Para a variável nutrientes digestíveis totais (NDT), observou-se efeito ( $P < 0,05$ ) apenas do farelo de mandioca, constatando-se comportamento linear crescente com a adição de farelo de mandioca. Estimam-se incrementos de 0,4 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 3). Os resíduos agroindustriais da mandioca apresentam alto valor energético, o que, certamente, contribuiu para a elevação do NDT das silagens.

Segundo Cereda (1994), a raiz integral da mandioca apresenta cerca de 94 % de carboidratos e os resíduos da extração de fécula têm até 75 % de amido, sendo que esses resíduos têm valor energético inferior ao das raízes (Melotti, 1972). Além disso, os valores de NDT foram estimados utilizando-se a equação proposta por Weiss et al. (1992), adaptada pelo NRC (2001). Tal equação utiliza os valores de PB verdadeiramente digestível, que leva em consideração a fração de proteína retida na FDA, e a FDN verdadeiramente digestível, que, por sua vez, considera o teor de lignina da forragem. Contudo, o farelo de mandioca apresenta baixos teores de lignina e de NIDA, o que, provavelmente, interferiu nos cálculos e elevou os valores de NDT.

Rocha Júnior et al. (2003), avaliando a estimativa do valor energético de alimentos e a validação das equações propostas pelo NRC (2001), observaram valor de NDT predito da silagem de capim-elefante de 50,6 %, valor considerado próximo ao obtido no presente estudo, de 51 % para a silagem sem farelo de mandioca.

Silva et al. (2007), ao estudarem o efeito da adição de diferentes níveis (5; 10; 15 e 20 %) de bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante, verificaram que a utilização do bagaço de mandioca não interferiu nos valores de NDT, encontrando valor médio de 55,42 %. Segundo os autores, a não diferenciação entre os valores energéticos das silagens com mais bagaço de mandioca, sugere que o valor energético do bagaço de mandioca é semelhante ao do capim utilizado no experimento.

Na Tabela 6, encontram-se os valores referentes a pH e nitrogênio amoniacal e, na Tabela 7, os valores referentes aos teores dos ácidos láctico, acético, propiônico e butírico das silagens avaliadas. As equações de regressão ajustadas para estas variáveis e seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se na Tabela 8.

Tabela 6 - Médias de pH e teores médios de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Emurchecimento                 | Farelo de mandioca (% da MN) |      |      |      | CV(%) <sup>2</sup> |
|--------------------------------|------------------------------|------|------|------|--------------------|
|                                | 0,0                          | 7,5  | 15,0 | 22,5 |                    |
| pH                             |                              |      |      |      |                    |
| Sem                            | 4,1a                         | 3,8a | 3,8a | 3,8a | 0,92               |
| Com                            | 3,7b                         | 3,7b | 3,6b | 3,7b |                    |
| N-NH <sub>3</sub> <sup>1</sup> |                              |      |      |      |                    |
| Sem                            | 4,9a                         | 2,7a | 2,5a | 2,6a | 12,0               |
| Com                            | 3,5b                         | 3,0a | 2,5a | 2,5a |                    |

Médias seguidas de uma mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

<sup>1</sup> Em % do nitrogênio total (NT).

<sup>2</sup> Coeficiente de variação.

Observou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre emurchecimento e níveis de farelo de mandioca para pH e N-NH<sub>3</sub> das silagens. Analisando o efeito de emurchecimento dentro do nível de farelo de mandioca, observa-se menor ( $P < 0,05$ ) valor de pH para as silagens com emurchecimento. Ao se analisar o pH em função dos níveis de farelo de mandioca, observou-se comportamento quadrático para ambas as silagens. Para a silagem sem emurchecimento, estimou-se valor mínimo de 3,7 % para o nível de 15,9 % de farelo de mandioca. Já para a silagem com emurchecimento, o valor mínimo estimado foi 3,6 para o nível de 12,2 % de farelo de mandioca (Tabela 8).

Embora baixos valores de pH não constituam somente parâmetro determinante de qualidade da silagem, é sabido que uma rápida queda no pH e um baixo pH final podem ajudar na inibição da população de microrganismos deletérios à silagem, que podem vir a produzir fermentações indesejáveis (Van Soest, 1994). Os valores encontrados no presente estudo permitem classificar as silagens, segundo McDonald et al. (1991), como de boa qualidade.

No que concerne ao nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), avaliando o efeito de emurchecimento dentro do nível de farelo de mandioca, observa-se diferença ( $P < 0,05$ ) no

valor de N-NH<sub>3</sub> apenas para as silagens sem e com emurchecimento sem a adição de farelo de mandioca (Tabela 6). Ao se analisar o N-NH<sub>3</sub> em função dos níveis de farelo de mandioca, verificou-se, por meio da análise de regressão, comportamento quadrático e linear decrescente para as silagens sem e com emurchecimento, respectivamente, estimando-se valor mínimo de 2,2 % para o nível de 15,7 % de farelo de mandioca para a silagem sem emurchecimento. Já para a silagem com emurchecimento, constatou-se decréscimo de 0,04 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada.

Considerando que parte do nitrogênio amoniacal é produto de fermentações clostrídicas e o teor de amônia, normalmente, não deve ultrapassar valores de 15 % do nitrogênio total, em silagens de gramíneas ou leguminosas (Mahanna, 1993), fica evidente que as silagens estudadas neste trabalho apresentaram fermentações desejáveis, em decorrência dos baixos valores observados de N-NH<sub>3</sub> em função do nitrogênio total (Tabela 6).

Para o teor de ácido láctico, observou-se efeito ( $P < 0,05$ ) de emurchecimento e de farelo de mandioca. Quanto ao efeito de emurchecimento, pode-se verificar que os teores médios das silagens sem emurchecimento apresentaram-se superiores aos das silagens com emurchecimento. Provavelmente, a exposição ao ar livre, em decorrência do tratamento supracitado, pode ter resultado em maior consumo de carboidratos solúveis por meio da respiração e gasto de energia da planta e, com isso, reduziu os teores de ácido láctico das silagens emurchecidas. Avaliando o efeito do farelo de mandioca sobre os teores de ácido láctico, pode-se constatar redução linear, estimando-se decréscimos de 0,027 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada. Provavelmente este decréscimo se deve ao menor conteúdo de carboidratos solúveis em água.

Estes resultados diferem dos obtidos por Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), que, avaliando a adição de farelo de mandioca (0, 2, 4, 8 e 12 %) na ensilagem de capim-elefante, não verificaram efeito do aditivo sobre os teores de ácido láctico. Os valores de ácido láctico variaram de 1,41 a 2,29 % da MS. Segundo Breirem & Ulvesli (1960) e Catchpoole & Henzell (1971), silagens de boa qualidade devem apresentar valores de 1,5 a 2,5 % e 3 a 13 % de ácido láctico respectivamente. Portanto as silagens obtidas no presente trabalho podem ser classificadas como satisfatórias. Silagens de gramíneas tropicais apresentam teores de ácido láctico inferiores em virtude de diversos fatores intrínsecos às gramíneas, dentre eles destacam-se os baixos valores de substratos fermentescíveis, que

influenciam diretamente o perfil fermentativo das silagens.

Andrade & Melotti (2004) avaliaram o efeito de alguns tratamentos sobre as características fermentativas da silagem de capim-elefante e verificaram que os teores de ácido láctico variaram de 1,05 a 5,31 % da MS, valores estes considerados moderados pelos autores.

Constatou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre emurchecimento e níveis de farelo de mandioca para os teores de ácidos acético, propiônico e butírico das silagens. Analisando o efeito de emurchecimento dentro do nível de farelo de mandioca, verificaram-se maiores ( $P < 0,05$ ) valores de ácido acético nas silagens com emurchecimento (Tabela 7). Ao se avaliar o ácido acético em função dos níveis de farelo de mandioca, observou-se comportamento quadrático para as silagens sem emurchecimento, estimando-se valor máximo de 0,57 % para o nível de 11,72 % de farelo de mandioca, enquanto que na silagem emurchecida, o teor de ácido acético decresceu linearmente com a adição do farelo (Tabela 8).

Tabela 7 - Teores médios dos ácidos láctico (ALAT), ácido acético (AACET), ácido propiônico (APROP) e ácido butírico do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Emurchecimento                | Farelo de mandioca (% da MN) |       |       |       | CV(%) <sup>2</sup> |
|-------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|
|                               | 0,0                          | 7,5   | 15,0  | 22,5  |                    |
| Ácido Láctico <sup>1</sup>    |                              |       |       |       |                    |
| Sem                           | 2,29                         | 2,18  | 1,85  | 1,41  | 15,9               |
| Com                           | 1,89                         | 1,63  | 1,62  | 1,54  |                    |
| Ácido Acético <sup>1</sup>    |                              |       |       |       |                    |
| Sem                           | 0,38b                        | 0,60b | 0,51b | 0,44b | 9,79               |
| Com                           | 0,67a                        | 0,70a | 0,62a | 0,55a |                    |
| Ácido Propiônico <sup>1</sup> |                              |       |       |       |                    |
| Sem                           | 0,40a                        | 0,37a | 0,33a | 0,30a | 9,83               |
| Com                           | 0,23b                        | 0,22b | 0,16b | 0,21b |                    |
| Ácido Butírico <sup>1</sup>   |                              |       |       |       |                    |
| Sem                           | 0,23b                        | 0,33a | 0,37a | 0,27a | 14,96              |
| Com                           | 0,34b                        | 0,19b | 0,21b | 0,27a |                    |

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade

<sup>1</sup> Em % da MS. <sup>2</sup>

Coefficiente de variação.

A presença de concentrações moderadas de ácido acético constitui um fator importante na fermentação, uma vez que seu poder antifúngico é mais eficiente que o do ácido láctico (Moon, 1983). Além disso, os valores encontrados no experimento variaram de 0,38 a 0,7 % (Tabela 7), abaixo do nível crítico de 0,8 % (Muck, 1988), sugerindo boa preservação da massa ensilada.

Resultados semelhantes aos observados neste experimento para o teor de ácido acético foram relatados por Rodrigues et al. (2005) e Carvalho (2006), os quais registraram teor médio de 0,66 e 0,63 %, respectivamente, o que é próximo da variação encontrada no presente estudo (Tabela 7).

Tabela 8 - Equações de regressão ajustadas para pH, nitrogênio amoniacal / N total e concentração de ácido láctico, acético, propiônico e butírico do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Variáveis                      | Equação de regressão   | R <sup>2</sup> |
|--------------------------------|--|----------------|
| pH                             | $\hat{Y}_1 = 4,09163 - 0,0399500 \text{ FM} + 0,00125556 \text{ FM}^2$   | 92,0           |
|                                | $\hat{Y}_2 = 3,70537 - 0,00845000 \text{ FM} + 0,000344444 \text{ FM}^2$ | 99,0           |
| N-NH <sub>3</sub> <sup>1</sup> | $\hat{Y}_1 = 4,82380 - 0,328975 \text{ FM} + 0,0104297 \text{ FM}^2$     | 96,0           |
|                                | $\hat{Y}_2 = 3,36298 - 0,0452628 \text{ FM}$                             | 88,0           |
| Lático <sup>2</sup>            | $\hat{Y} = 2,1110 - 0,027033 \text{ FM}$                                 | 98,8           |
| Acético <sup>2</sup>           | $\hat{Y}_1 = 0,400875 + 0,0293 \text{ FM} - 0,00125 \text{ FM}^2$        | 80,0           |
|                                | $\hat{Y}_2 = 0,7055 - 0,00593 \text{ FM}$                                | 76,0           |
| Propiônico <sup>2</sup>        | $\hat{Y}_1 = 0,4045 - 0,00456 \text{ FM}$                                | 99,9           |
|                                | $\hat{Y}_2 = 0,281$  |                |
| Butírico <sup>2</sup>          | $\hat{Y}_1 = 0,225125 + 0,02268 \text{ FM} - 0,00090 \text{ FM}^2$       | 96,0           |
|                                | $\hat{Y}_2 = 0,3360 - 0,0237 \text{ FM} + 0,0009555 \text{ FM}^2$        | 94,0           |

$\hat{Y}_1$ : sem emurchecimento,  $\hat{Y}_2$ : com emurchecimento, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação,

<sup>1</sup> % do nitrogênio total

<sup>2</sup> % da MS

\* Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F,

\*\* Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F.

Avaliando o efeito de emurchecimento dentro do nível de farelo de mandioca, para os teores de ácidos propiônico e butírico, observou-se maiores valores (P<0,05) para as silagens sem emurchecimento (Tabela 7). Ao se analisar o efeito dos níveis de farelo de mandioca sobre os teores de ácido propiônico, a análise de regressão revelou comportamento linear decrescente, estimando-se redução de 0,004 unidades percentuais

para cada unidade de farelo de mandioca adicionada nas silagens sem emurchecimento. Entretanto, para as silagens emurchecidas, nenhuma equação de regressão se ajustou aos dados, registrando-se valor médio de 0,28 % na MS (Tabela 8).

Para a variável ácido butírico, a análise de regressão ajustou-se ao modelo quadrático para as silagens sem e com emurchecimento, estimando-se valor máximo de 0,37 % para o nível de 12,6 % de farelo de mandioca, para a silagem sem emurchecimento. No tocante à silagem emurchecida, observou-se valor mínimo de 0,18 % para o nível de 12,4 % de farelo. Estes valores indicam que ocorreram fermentações indesejáveis, entretanto, não se verificou elevação dos teores de nitrogênio amoniacal das silagens estudadas, o que permite inferir que essa fermentação não foi acentuada, haja vista que não houve degradação de proteína, consequência direta de fermentações butíricas.

Estes resultados diferem dos observados por Rodrigues et al. (2005), que, ao estudarem níveis de adição de polpa cítrica (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 e 15,0 %) na ensilagem de capim-elefante, verificaram que a menor produção de ácido butírico foi observada com o nível de 7,2 % de inclusão de polpa cítrica, embora 5,0 % deste subproduto já possibilitasse a redução na concentração deste ácido.

Na Tabela 9, encontram-se os dados referentes às perdas de MS por gás e efluente e a recuperação da MS das silagens avaliadas e, na Tabela 10, suas respectivas equações de regressão.

Verificou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre emurchecimento e níveis de farelo de mandioca, para as variáveis perdas de MS por gases e efluente e recuperação da MS.

Avaliando o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, constataram-se maiores perdas de MS por gases nas silagens sem emurchecimento (Tabela 9). Tal comportamento pode ser explicado pelos menores valores de MS para estas silagens, teores estes que variaram de 21,1 a 26,6 % (Tabela 2), fator este que pode ter determinado a maior perda por gases para as silagens não emurchecidas. Além disso, pôde-se verificar que as silagens que apresentaram maiores perdas também apresentaram maiores teores de ácido butírico (Tabelas 7 e 9).



Tabela 9 - Perdas por gases, efluente e recuperação da matéria seca do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Emurchecimento                 | Farelo de mandioca (% da MN) |       |       |       | CV(%) <sup>3</sup> |
|--------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|
|                                | 0,0                          | 7,5   | 15,0  | 22,5  |                    |
| Gases <sup>1</sup>             |                              |       |       |       |                    |
| Sem                            | 7,8a                         | 8,0a  | 9,6a  | 9,6a  | 14,5               |
| Com                            | 1,3b                         | 5,4b  | 6,6b  | 7,2b  |                    |
| Efluente <sup>2</sup>          |                              |       |       |       |                    |
| Sem                            | 76,4a                        | 31,1a | 14,0a | 13,3a | 18,33              |
| Com                            | 22,0b                        | 9,2b  | 8,2a  | 8,6a  |                    |
| Recuperação da MS <sup>1</sup> |                              |       |       |       |                    |
| Sem                            | 84,4a                        | 88,4a | 79,8b | 83,0b | 2,061              |
| Com                            | 84,5a                        | 88,8a | 91,2a | 91,9a |                    |

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade

<sup>1</sup> Em % da MS.

<sup>2</sup> kg/tonelada de matéria verde.

<sup>3</sup> Coeficiente de variação.

Na produção de silagens de gramíneas tropicais, as maiores fontes de perdas por produção de gases estão relacionadas às fermentações butíricas, pois, como mencionado, as características da planta e de manejo da produção desse tipo de ensilagem levam a um ambiente propício ao desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* (Balsalobre et al., 2001). O desenvolvimento de tais bactérias produz fermentações secundárias indesejáveis, havendo formação de ácido butírico, o qual caracteriza silagens de baixa qualidade. Quando há formação de ácido butírico, ocorre, concomitantemente, degradação de proteína e ácido láctico (McDonald, 1981).

Estudando o efeito de níveis de farelo de mandioca sobre as perdas de MS por gases, constatou-se comportamento linear crescente para as silagens sem e com emurchecimento, estimando-se acréscimos de 0,09 e 0,25 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 10). Provavelmente, o aumento da disponibilidade de carboidratos para os microrganismos, com a inclusão do farelo de mandioca, foi possivelmente o fator que proporcionou as maiores perdas.

Tabela 10 - Equações de regressão ajustadas para perdas por gases, efluentes e recuperação de matéria seca (RecupMS) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Variáveis             | Equação de regressão   | R <sup>2</sup> |
|-----------------------|--|----------------|
| Gases <sup>1</sup>    | $\hat{Y}_1 = 7,70042 + 0,0942902 \text{ FM}$                         | 88,0           |
|                       | $\hat{Y}_2 = 2,33003 + 0,251748 \text{ FM}$                          | 98,0           |
| Efluente <sup>2</sup> | $\hat{Y}_1 = 75,8741 - 7,2160 \text{ FM} + 0,1982 \text{ FM}^2$      | 99,0           |
|                       | $\hat{Y}_2 = 21,5046 - 1,877833 \text{ FM} + 0,0587546 \text{ FM}^2$ | 96,0           |
| RecupMS <sup>1</sup>  | $\hat{Y}_1 = 86,5$   | 96,0           |
|                       | $\hat{Y}_2 = 85,4175 + 0,3306 \text{ FM}$                            | 99,9           |

$\hat{Y}_1$ : sem emurchecimento,  $\hat{Y}_2$ : com emurchecimento, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação, <sup>1</sup> % MS, e <sup>2</sup> Kg/ tonelada de matéria verde.

\* Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

\*\* Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F.

De forma semelhante, Ribeiro et al. (2006), trabalhando com níveis crescentes de farelo de mandioca em silagem de capim-elefante, verificaram maiores perdas por gases quando se elevaram os níveis do farelo.

Analisando o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, para as perdas por efluente, observou-se diferença (P<0,05) apenas para os níveis 0 e 7,5 % de farelo de mandioca (Tabela 9). No que concerne ao efeito dos níveis de farelo de mandioca sobre as perdas por efluente, a análise de regressão revelou efeito quadrático para as silagens sem e com emurchecimento, estimando-se valor mínimo de 10,2 e 6,5 % para os níveis de 18,2 e 16 % de farelo de mandioca, nas silagens sem e com emurchecimento, respectivamente. Estes resultados permitem inferir que o aditivo utilizado possibilitou redução das perdas por efluentes, fato explicado pela característica absorvente do aditivo utilizado.

O efluente das silagens contém grandes quantidades de compostos orgânicos, como açúcares, ácidos orgânicos e proteínas, acarretando perdas significativas do valor nutritivo (McDonald et al., 1991). Portanto, o controle dessas perdas poderá propiciar silagens de melhor qualidade, haja vista a redução das perdas de nutrientes por lixiviação.

Zanine et al. (2006), ao avaliarem o efeito da inclusão de farelo de trigo (0, 15 e 30 %) sobre as perdas por gases e efluente, recuperação da MS e qualidade de silagem de capim-elefante, verificaram redução da produção de efluentes quando adicionado farelo de trigo.

No tocante à recuperação de MS, ao se avaliar o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para os níveis 15 e 22,5 % de farelo de mandioca. Por meio da análise de regressão, estudando o efeito dos níveis de farelo de mandioca sobre a recuperação de MS para as silagens sem emurchecimento que esta não foi influenciada pelos níveis de farelo de mandioca, apresentando valor médio de 86,5 %. No tocante a silagem emurchecida observa-se comportamento linear crescente com o aumento dos níveis de farelo de mandioca, estimando-se acréscimos de 0,3 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mandioca adicionada. Considerando que as maiores perdas por gases e efluentes foram das silagens sem emurchecimento, provavelmente este fato explique as menores taxas de recuperação de MS das silagens supracitadas. No que concerne às silagens emurchecidas, pode-se verificar que a adição do farelo de mandioca propiciou maiores taxas de recuperação de MS.

Loures (2004) obteve, para capim Tanzânia emurchecido e sem emurchecimento, 79,5 e 72,3 % de recuperação de MS, respectivamente, valores que se encontram abaixo dos observados no presente estudo (Tabela 9).

## **Conclusões**

O emurchecimento associado ao farelo de mandioca é eficiente em reduzir a umidade e as perdas da silagem permitindo uma silagem de bom valor nutritivo.

O farelo de mandioca contribui para a elevação da digestibilidade *in vitro* da MS e redução a fração fibrosa da silagem.

Recomenda-se o nível de 22,5 % de farelo de mandioca em % da MN na ensilagem de capim-elefante com 19,5 % de MS, pois este tratamento permitiu melhoria das características bromatológicas e fermentativas.

## Literatura Citada

- ANDRADE, S.J.T.; MELOTTI, L. Efeito de alguns tratamentos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante cultivar Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.41, n.6, p.409-415, 2004.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. Workshop sobre silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 890-911.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2185-2291, 2005.
- BOIN, C. **Elephant (Napier) grass silage production, effect of addotion on chemical composition, nutritive value and animal performances**. Ithaca, Cornell University, 1975. 215p. Tese (Doutorado Nutrição Animal) - Cornell University, 1975.
- BREIREM, K., ULVESLI, O. 1960. **Ensiling methods**. Herbage. Abstracts, v.30, n.1, p. 1-8,1960.
- CÂNDIDO, M. J.D.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. et al. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5, p.1489-1494, 2007.
- CARVALHO, G.G.P de. **Capim-elefante emurchecido ou com farelo de cacau na produção de silagem**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- CARVALHO, G.G.P de; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurchecido ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1495-1501, 2007a.
- CATCHPOOLE, V.R., HENZELL, E.F. 1971. Silage and silagemaking from tropical herbage species. Herbage. Abstracts. v.41, n. 3, p.213-221,1971.
- CEREDA, M.P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: Cereda, M.P. (Ed). Resíduos da industrialização da mandioca. Botucatu: [s.n.], 1994. p.11-50.
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16 ed., Arlington: AOAC International, v.1. 1995.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.

- FARIA, D.J.G. ; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. et al. Composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante com níveis de casca de café. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 301-308, 2007.
- FARIAS, I., GOMIDE, J.A. 1973. Efeito do emurchecimento e da adição de raspa de mandioca sobre as características da silagem de capim-elefante cortado com diferentes teores de matéria seca. *Experimentiae*, v.16, n.7, p.131-149,1973.
- 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.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.73, n.9, p.2774-2790, 1995.
- LAVEZZO, W., LAVEZZO, O.E.N.M., BONASSI, I.A. Efeito do emurchecimento, formol, ácido fórmico e solução de “viher” sobre a qualidade de silagens de capim-elefante, cultivares Mineiro e Vruckwona. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.25, n.1, p.125-134, 1990.
- LOURES, D.R.S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia**. Piracicaba, 2004. 146 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MAHANNA, B. Troubleshooting silage problems. In: STATE APPLIED NUTRITION CONFERENCE, 4. 1993. Wisconsin. *Proceedings...* Wisconsin, 1993. p. 1-24.
- MALDONADO, H.; SILVA, J.F. C.; MAESTÁ S.A.; LOMBARDI, C. T.; Silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) com e sem acipin, associada a duas fontes protéicas na alimentação de bovinos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.2095-2103, 2004 (Supl. 2).
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley, 1981. 226 p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MELLOTI, L. Contribuição para o estudo da composição química e do valor nutritivo dos resíduos da industrialização da mandioca. (*Manihot utilíssima*, POHL), no estado de São Paulo. *Boletim de Indústria Animal*, v.29, p. 339-374, 1972.
- MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. *Journal of applied bacteriology*. xford,

v.55, p.453-460, 1983.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p. 2992-3002, 1988.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001. 450p.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.

RANJIT, N.K.; L.. KUNG JR. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical Preservative on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. **Journal of Dairy Science**. v. 86 p. 523-535, 2000.

RIBEIRO, L. S. O ; PIRES, A. J. V ; PINHO, B. D. et al. Perdas por gases, por efluentes e valores de pH em silagens de capim elefante com ou sem pré-mucha e, ou aditivadas com farelo de mandioca. In: 43º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. (CD-ROM).

ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validações das equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.

RODRIGUES, P.H.M.; BORGATTI, L.M.O.; SOUZA, R.W. et al. Níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1138-1145, 2005.

SAS-STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: 1999. v.8, 295p.

SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, F.F. da; AGUIAR, M. do S.M.A; VELOSO, C.M. et al. Bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 719-729, 2007.

SILVEIRA, A.C., LAVEZZO, W., TOSI, H. et al. Avaliação química de silagens de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) submetidas a diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 8, n.4, p. 287-300. 1979.

TOSI, H. **Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos**. Botucatu: Universidade Estadual de São Paulo, 1973. 107p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, 1973.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral

detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WEISS, W.P.; CONRAD, H. R.; PIERRE, N. R. St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.39, p.95-110, 1992.

ZANINE, A. de M ; SANTOS, E.M ; FERREIRA, D.J. et al. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação de matéria seca e composição bromatológica de silagem de capim-mombaça. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, USP, v. 43, n. 06, p. 803-809, 2006.

ZANINE, A. de M ; SANTOS, E.M ; FERREIRA, D.J. et al. Características fermentativas e composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com ou sem *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo isoladamente ou em combinação. **Ciência Animal Brasileira (UFG)**, v.44, n. 8, p. 609-620, 2007.



## **Fracionamento de Carboidratos e Proteínas de Silagem de Capim-Elefante com e sem Emurhecimento e Acrescida de Farelo de Mandioca**

RESUMO: O experimento foi desenvolvido para determinar as frações que compõem os carboidratos e as proteínas da silagem de capim-elefante sem e com emurhecimento e acrescido de farelo de mandioca. Foi adotado o esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições no delineamento inteiramente casualizado. Os fatores avaliados foram emurhecimento (sem e com) e níveis de farelo de mandioca (0; 7,5; 15 e 22,5 % MN). Foram usados silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro para a produção das silagens. A análise de regressão detectou ( $P < 0,05$ ) elevação linear do teor de carboidratos solúveis (CHO) em função da adição de farelo de mandioca. As frações de CHO (A+B1 e B2) foram influenciadas pela associação do emurhecimento com os níveis de farelo de mandioca. A adição de farelo de mandioca reduziu linearmente a fração C dos carboidratos. O emurhecimento e a inclusão do farelo de mandioca não tiveram efeito sobre as frações nitrogenadas (A, B1+B2). No que concerne as frações B3 e C da PB, observa-se que as mesmas apresentaram interação significativa entre emurhecimento e níveis de farelo de mandioca, constatando-se efeito quadrático para os teores da fração B3 e efeito linear decrescente para a fração C.

**Palavras-chave:** conservação de forragens, fermentação, gramínea, nitrogênio, *Pennisetum purpureum*. subproduto

## **Carbohydrate and Protein Fractioning of Elephant Grass Silages with or without Wilting and Added with Cassava Meal**

ABSTRACT: The experiment was developed to determine the fractions that compose the carbohydrates (CHO) and proteins of elephant grass silage without or with wilting and added of cassava meal. The 4 x 2 factorial scheme was adopted, with four repetitions, in a completely randomized design. The factors evaluated were wilting (without and with) and cassava meal levels (0; 7.5; 15 and 22.5 % DN). PVC silos with 50 cm height and 10 cm diameter were used for silages production. The regression analysis detected ( $P < 0.05$ ) linear increase of CHO level as function of cassava meal addiction. A+B1 and B2 CHO fractions were influenced by association of wilting with cassava meal levels. The cassava meal addiction linearly reduced the CHO C fraction. The wilting and the cassava meal inclusion had no effect on A and B1+B2 nitrogen fractions. Relative to B3 and C nitrogen fractions of silages, it is observed that they showed significant interaction between wilting and cassava meal levels, verifying quadratic effect to B3 fraction levels and decreased linear effect to C fraction.

Key words: forage conservation, fermentation, grass, nitrogen, *Pennisetum purpureum*, by-product

## Introdução

As plantas forrageiras, sob suas diferentes formas de utilização, constituem o principal componente da dieta de ruminantes (Ribeiro et al., 2001). No entanto, as variações sazonais na disponibilidade e no valor nutritivo das forragens em regiões tropicais acarretam baixos índices produtivos na pecuária. Nesse sentido, a suplementação por meio de forragem conservada na forma de silagem representa uma alternativa para minimizar os reflexos negativos sobre o desempenho animal, causados pela estacionalidade da produção.

Neste cenário, a utilização de silagens de gramíneas forrageiras tropicais está se tornando prática cada vez mais comum na alimentação de ruminantes, como forma de utilizar o excedente da produção forrageira do período chuvoso para minimizar a escassez de alimento no período seco (Bernadino et al., 2005).

Das forrageiras tropicais, o capim-elefante vem sendo utilizado com grande frequência para produção de silagem, não só devido à grande quantidade de matéria seca (MS) produzida por área, quando comparado com as demais espécies, como pelo fato de ser uma das plantas forrageiras mais difundidas. Além disso, trata-se de uma planta perene e com bom valor nutritivo, evitando-se gastos anuais de implantação da cultura (Souza et al., 2001; Rezende et al., 2002).

Embora o capim-elefante apresente boas características de produção, fatores limitantes, como alto teor de umidade e baixas concentrações de carboidratos solúveis podem propiciar condições para obtenção de silagens de baixa qualidade.

Silagens produzidas com forragens contendo baixo teor de MS desencadeiam perdas por drenagem e propiciam o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, devido ao excesso de umidade da forragem. O desenvolvimento de tais bactérias produz fermentações secundárias indesejáveis, havendo a formação de ácido butírico, o qual caracteriza silagens de baixa qualidade. Quando há formação de ácido butírico ocorre, concomitantemente, degradação de proteína e ácido láctico (McDonald & Henderson, 1981).

Em razão disso, faz-se necessária a utilização de técnicas que possam elevar o teor de MS da forragem para níveis satisfatórios do ponto de vista da fermentação, no interior do silo. Dentre as técnicas utilizadas, o emurchecimento e ou a adição de aditivos

absorventes como o farelo de mandioca poderão contribuir para melhoria do valor nutritivo das silagens.

Segundo Rotz & Muck (1994), o objetivo primário da conservação de forragens é manter a MS colhida com perda mínima dos nutrientes. A respiração das plantas durante a colheita ocasiona perda dos carboidratos solúveis e, conseqüentemente, as concentrações de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e de outras frações não afetadas pela respiração aumentam em proporção, sendo que parte da proteína verdadeira é convertida a nitrogênio não-protéico.

A disponibilidade de energia e de proteína é o fator que mais afeta o desempenho dos animais (Van Soest, 1994) e, nos trópicos, é mais acentuada, pois o consumo é restringido pelas características químicas, físicas e anatômicas das gramíneas tropicais (Jung & Deetz, 1993; Wilson, 1994).

Nesse contexto, o conhecimento mais aprofundado das frações dos alimentos permitirá propor alternativas mais adequadas, que reflitam diretamente na melhoria dos sistemas produtivos, elevando, assim, a produtividade dos sistemas pastoris. Com dados de fracionamento pode haver predição do desempenho dos animais (Gesualdi Jr. et al., 2005), e, desta forma, o fracionamento dos carboidratos e compostos nitrogenados das plantas, pelo sistema de Cornell, possibilita um ajuste fino na nutrição animal.

Objetivou-se, com este experimento, determinar as frações que compõem os carboidratos e as proteínas de silagens de capim-elefante com e sem emurchecimento e acrescidas de farelo de mandioca.

## Material e Métodos

Foi utilizado o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier), proveniente de uma capineira estabelecida em um solo classificado do tipo chernossolo argilúvio, ótico, típico, estruturado hipereutrófico, com textura argilosa, fase floresta subcaducifólia e relevo ondulado (EMBRAPA, 1999), pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga, BA, cortado aos 60 dias de desenvolvimento.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com a utilização de um esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de farelo de mandioca (0; 7,5; 15 e 22,5 % da MN) com e sem emurchecimento, com quatro repetições.

O material foi picado em ensiladeira regulada para cortar a forragem em pedaços de aproximadamente 2 cm. No processo de emurchecimento, o capim foi colhido e espalhado no campo e, após oito horas de exposição ao sol, picado, adicionado o farelo de mandioca e ensilado. Na incorporação do farelo de mandioca sem emurchecimento, o mesmo foi imediatamente adicionado, logo após o corte do capim e o fracionamento das partículas na ensiladeira, sendo a proporção adicionada com base na massa verde da gramínea.

A composição químico-bromatológica do capim-elefante sem emurchecimento, emurchecido e do farelo de mandioca (FM) pode ser observada na Tabela 1.

Depois de misturada ao capim a quantidade de farelo de mandioca correspondente a cada nível de inclusão, na base da matéria natural (peso/peso), o material foi armazenado durante 60 dias em silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen, para saída de gases oriundos da fermentação. Foi também utilizada 1 kg de areia no fundo de cada silo, para captar o efluente gerado durante o processo de ensilagem. A compactação foi realizada de modo a se obter densidade de  $600 \text{ kg.m}^{-3}$ , e os silos foram vedados e pesados.

Após o período de 60 dias, os silos foram abertos, procedendo-se então a coleta de amostras, as quais foram congeladas para posteriores análises. Essas amostras foram devidamente acondicionadas e transportadas para o Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, onde, nos Laboratórios de Forragicultura e de Nutrição Animal, foram processadas e analisadas.

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNCP), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), pH e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de mandioca.

| Item                      | Capim-elefante |            | Farelo de mandioca |
|---------------------------|----------------|------------|--------------------|
|                           | Não emurhecido | Emurhecido |                    |
| MS                        | 19,5           | 30,0       | 85,1               |
| MO <sup>1</sup>           | 91,0           | 91,6       | 98,6               |
| PB <sup>1</sup>           | 5,4            | 4,4        | 2,8                |
| EE <sup>1</sup>           | 1,3            | 1,8        | 0,46               |
| FDN <sup>1</sup>          | 71,9           | 69,5       | 16,3               |
| FDNCP <sup>1</sup>        | 66,8           | 65,8       | 12,5               |
| FDA <sup>1</sup>          | 48,2           | 50,0       | 8,6                |
| Cinzas <sup>1</sup>       | 9,0            | 8,4        | 1,4                |
| Lignina <sup>1</sup>      | 6,4            | 6,8        | 0,86               |
| Celulose <sup>1</sup>     | 35,5           | 38,5       | 6,7                |
| Hemicelulose <sup>1</sup> | 23,7           | 19,4       | 7,6                |
| NIDN <sup>1</sup>         | 0,21           | 0,24       | 0,12               |
| NIDA <sup>1</sup>         | 0,16           | 0,17       | 0,10               |
| NIDN <sup>2</sup>         | 24,3           | 34,09      | 26,8               |
| NIDA <sup>2</sup>         | 18,5           | 24,1       | 22,3               |
| CHO <sup>1</sup>          | 84,3           | 85,4       | 95,3               |
| CNF <sup>1</sup>          | 17,5           | 19,6       | 82,8               |
| pH                        | 5,5            | 5,31       | -                  |
| DIVMS <sup>1</sup>        | 69,6           | 67,6       | 99,0               |

<sup>1</sup>% da MS; <sup>2</sup>% do NT.

Parte das amostras foi descongelada à temperatura ambiente, acondicionada em saco de papel e levadas à estufa de pré-secagem, por 72 horas, à temperatura de 65°C. Em seguida, foram moídas em moinho de facas tipo Wiley, em peneira com malha de 1 mm.

Os teores de proteína bruta e compostos nitrogenados insolúveis em detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram determinados conforme Silva & Queiroz (2002).

A fração B3 da proteína foi obtida pela diferença entre o NIDN e o NIDA, ao passo que a proteína verdadeira solúvel em detergente neutro (frações B1+B2), pela diferença entre o N insolúvel em ácido tricloroacético (TCA), determinado conforme Pereira & Rossi (1994), e o NIDN.

A porcentagem de carboidratos totais (CHO) foi obtida pela equação:  $CHO = 100 - (\% PB + \% EE + \% \text{ cinzas})$  (Sniffen et al., 1992). Os carboidratos fibrosos (CF) foram obtidos a partir da FDN corrigida para seu conteúdo de cinzas e proteínas (FDNcp); os

carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, pela diferença entre os CHO e a FDNcp (Hall, 2003); e a fração C, pela FDN indigestível após 144 horas de incubação *in situ* (Cabral et al., 2004). A fração B2, ou seja, a fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância, estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais para o fator quantitativo, referente aos níveis de farelo de mandioca adicionadas na ensilagem do capim-elefante, e a aplicação de teste F para o fator qualitativo, referente ao emurchecimento (com e sem emurchecimento). No estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais, na escolha dos modelos foram consideradas a significância, os coeficientes de determinação e o comportamento observado para a variável em questão. Adotou-se o nível de significância de 5 % de probabilidade, utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 1999).

## Resultados e Discussão

Os teores médios de carboidratos totais, carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis que correspondem a fração potencialmente degradável (B2) e a fração indigestível da parede celular encontram-se na Tabela 2 e as equações de regressão ajustadas para essas variáveis e seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se na Tabela 3.

Tabela 2 - Teores médios de carboidratos totais, carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2) e fração indigestível da parede celular (C) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Emurchecimento | Farelo de mandioca (% da MN) |       |       |       | CV (%) <sup>3</sup> |
|----------------|------------------------------|-------|-------|-------|---------------------|
|                | 0,0                          | 7,5   | 15,0  | 22,5  |                     |
|                | CHOT <sup>1</sup>            |       |       |       |                     |
| Sem            | 79,6                         | 80,0  | 81,8  | 83,2  | 1,0                 |
| Com            | 79,5                         | 80,8  | 82,7  | 83,0  |                     |
|                | A + B1 <sup>2</sup>          |       |       |       |                     |
| Sem            | 11,0a                        | 22,8a | 35,6a | 43,6a | 5,5                 |
| Com            | 11,0a                        | 23,3a | 31,0b | 38,3b |                     |
|                | B2 <sup>2</sup>              |       |       |       |                     |
| Sem            | 51,5a                        | 45,0a | 37,1b | 32,6b | 3,7                 |
| Com            | 51,2a                        | 44,8a | 40,7a | 37,1a |                     |
|                | C <sup>2</sup>               |       |       |       |                     |
| Sem            | 37,4                         | 32,3  | 27,3  | 23,8  | 3,8                 |
| Com            | 37,9                         | 31,9  | 28,3  | 24,5  |                     |

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

<sup>1</sup> Em % da MS.

<sup>2</sup> % dos CHO.

<sup>3</sup> Coeficiente de variação.

Os teores de carboidratos totais foram influenciados ( $P < 0,05$ ) apenas pelos níveis de farelo de mandioca. A análise de regressão revelou que o aumento dos níveis de farelo de mandioca na ensilagem provocou uma elevação dos teores de carboidratos totais, estimando-se acréscimo de 0,16 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 3). Os valores de carboidratos são fortemente influenciados pelos valores de PB e EE, haja vista a utilização dessas variáveis para determinação dos CHO. Portanto, como o farelo de mandioca apresenta baixos valores destes nutrientes (Tabela 1), provavelmente isso influenciou na resposta positiva aos acréscimos do aditivo utilizado.



Estes resultados diferem dos encontrados por Carvalho et al. (2007b), que, ao determinarem as frações que compõem os carboidratos da silagem de capim-elefante emurchecido ou acrescida de farelo de cacau, verificaram redução dos teores de CHO. As reduções estimadas pelos autores foram de 0,22 unidade percentual para cada unidade de farelo de cacau adicionada. Segundo os mesmos, essa redução pode ser explicada pelos altos valores de PB e EE do farelo de cacau, fato este não verificado no presente estudo, com o subproduto utilizado.

Tabela 3 - Equações de regressão ajustadas para carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2) e a fração indigestível da parede celular do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Variável          | Equação de regressão                      | R <sup>2</sup> |
|-------------------|---|----------------|
| CHOT <sup>1</sup> | $Y = 79,4428 + 0,1678 \text{ FM}$         | 93,0           |
| A + B1            | $\hat{Y}_1 = 11,7363 + 1,4706 \text{ FM}$ | 99,0           |
|                   | $\hat{Y}_2 = 12,3030 + 1,2042 \text{ FM}$ | 98,0           |
| B2                | $\hat{Y}_1 = 51,1790 - 0,8576 \text{ FM}$ | 99,0           |
|                   | $\hat{Y}_2 = 50,4542 - 0,6198 \text{ FM}$ | 98,0           |
| C                 | $\hat{Y} = 37,1660 - 0,5989 \text{ FM}$   | 99,0           |

$\hat{Y}_1$ : sem emurchecimento,  $\hat{Y}_2$ : com emurchecimento, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação, <sup>1</sup> % MS.

\* Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

\*\* Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F.

No que concerne aos valores de A+B1 (em % dos CHO), verificou-se interação (P<0,05) entre emurchecimento e níveis de farelo de mandioca. Avaliando o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, observou-se diferença (P<0,05) apenas para as silagens dos níveis 15 e 22,5 % de farelo de mandioca, em que as silagens sem emurchecimento apresentaram valores superiores às não emurchecidas (Tabela 2). Por meio da análise de regressão, observou-se comportamento linear crescente para as silagens sem e com emurchecimento, estimando-se acréscimos de 1,4 e 1,2 unidade percentual para cada unidade de farelo de mandioca adicionada. Estes incrementos da fração A+B1 podem ser justificados pelo fato do farelo de mandioca ser muito rico em amido. Como esta fração é constituída de açúcares solúveis e amido, ou seja, pela diferença entre CHO e FDN<sub>cp</sub> (Hall, 2003), provavelmente os altos valores de amido do resíduo incrementaram os teores da fração supracitada. Além disso, as gramíneas tropicais apresentam teores de carboidratos solúveis e amido (frações A e B1) raramente superiores a 20 % dos

carboidratos totais (CHO) (Vieira et al., 2000), o que ratifica ainda mais que o amido presente no farelo foi o responsável pelas elevações observadas, uma vez que a fração A+B1 das silagens sem o farelo representam apenas 11 % dos CHO (Tabela 2).

O atendimento das necessidades nutricionais dos ruminantes depende, principalmente, dos conteúdos de energia e proteína da dieta, que podem ser utilizadas pela microbiota ruminal ou escapar da fermentação no rúmen, sendo absorvidos nos demais compartimentos do trato digestório. Sabendo-se que a fermentação ruminal e a digestão pós-ruminal dependem da concentração total de carboidratos e proteínas na dieta e de suas taxas de degradação (Mello & Nörnberg, 2004), a elevação da fração A+B1 das silagens estudadas representa um favorecimento dietético no que concerne ao atendimento dos requisitos nutricionais dos animais.

As silagens de capim-elefante não emurchecido e emurchecido sem farelo de mandioca apresentaram 11 % de fração A+B1 (% CHO), inferior aos 14,7 % relatados por Cabral et al. (2004). Embora a composição bromatológica das silagens fosse próxima, foi verificada diferença no que concerne à fração supracitada.

Para a fração B2 (% CHO), verificou-se interação ( $P < 0,05$ ) entre emurchecimento e níveis de farelo de mandioca. Analisando o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, verificou-se diferença ( $P < 0,05$ ) apenas para os níveis de 15 e 22,5 % de farelo de mandioca, sendo atribuídos maiores valores para as silagens emurchecidas. Ao analisarem-se os valores da fração B2 em função dos níveis de farelo de mandioca, constatou-se, por meio da análise de regressão, comportamento linear decrescente, estimando-se reduções de 0,8 e 0,6 unidade percentual para cada unidade de farelo de mandioca adicionada nas silagens sem e com emurchecimento, respectivamente (Tabela 3). Provavelmente, o baixo teor de FDN do resíduo utilizado (Tabela 1) tenha reduzido, por efeito de diluição, os valores desta fração.

Estes resultados diferem dos encontrados por Cabral et al. (2000), que fracionaram os carboidratos do capim-elefante cortado aos 42 e 63 dias e observaram valores de B2 (% CHO), respectivamente, de 69,3 e 68,5 %, superiores aos valores encontrados no presente trabalho para as silagens sem a adição de farelo de mandioca (Tabela 2).

No entanto, Carvalho et al. (2007b), ao determinarem as frações que compõem os carboidratos da silagem de capim-elefante emurchecido ou acrescida de farelo de cacau, verificaram redução de 0,7 unidade percentual na fração B2, valor próximo aos

encontrados neste experimento.

Alimentos volumosos geralmente possuem altos teores de FDN e, portanto, apresentam maiores valores da fração B2 de carboidratos. Tal componente fornece energia lentamente no rúmen, podendo afetar a eficiência de síntese microbiana e o desempenho animal e, nesses casos, a forragem deve ser suplementada com fontes energéticas de rápida disponibilidade no rúmen, quando não apresentar limitações protéicas em quantidade e qualidade. Neste sentido, o farelo de mandioca mostrou-se eficiente na redução dessa fração, configurando-se, assim, como alternativa de fonte de carboidratos potencialmente digeríveis.

Com relação à fração C dos carboidratos, representada pela FDN<sub>i</sub>, verificou-se efeito ( $P < 0,05$ ) apenas de farelo de mandioca (Tabelas 2 e 3). A adição de farelo de mandioca na produção das silagens reduziu linearmente a fração C dos carboidratos, estimando-se decréscimos de 0,6 unidade percentual para cada unidade de farelo de mandioca adicionada. Possivelmente, isto decorre dos baixos valores de lignina das silagens produzidas com a inclusão do farelo de mandioca, em comparação às silagens sem farelo de mandioca. A lignina constitui-se em um polímero fenólico que se associa aos carboidratos estruturais, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular, alterando significativamente a digestibilidade dos carboidratos da forragem (Norton, 1982). O farelo de mandioca apresenta baixos valores de lignina (Tabela 1), o que, possivelmente, reduziu os níveis deste composto nas silagens, interferindo positivamente nos valores da fração C, que, nutricionalmente, representa a fibra indisponível para os ruminantes (Sniffen et al., 1992).

Os teores da fração C (Tabela 2) das silagens sem adição do farelo de mandioca são maiores do que os encontrados por Cabral et al. (2004) e Carvalho et al. (2007b), para silagem de capim-elefante, 33,6 e 32,6 %, respectivamente.

No tocante às frações nitrogenadas das silagens estudadas, os teores médios de PB, fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C) encontram-se na Tabela 4 e as equações de regressão ajustadas para essas variáveis e seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se na Tabela 5.

Tabela 4 - Teores médios de proteína bruta, fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Emurchecimento | Farelo de mandioca (% da MN) |      |                      |       | CV (%) <sup>3</sup> |
|----------------|------------------------------|------|----------------------|-------|---------------------|
|                | 0,0                          | 7,5  | 15,0                 | 22,5  |                     |
|                |                              |      | PB <sup>1</sup>      |       |                     |
| Sem            | 7,0b                         | 7,9a | 7,5a                 | 7,3a  | 6,7                 |
| Com            | 7,9a                         | 7,4a | 7,1a                 | 7,0a  |                     |
|                |                              |      | A <sup>2</sup>       |       |                     |
| Sem            | 59,4                         | 59,1 | 60,5                 | 61,5  | 13,7                |
| Com            | 60,4                         | 59,6 | 48,8                 | 60,3  |                     |
|                |                              |      | B1 + B2 <sup>2</sup> |       |                     |
| Sem            | 28,5                         | 30,5 | 29,2                 | 27,6  | 26,6                |
| Com            | 30,1                         | 28,7 | 39,9                 | 28,5  |                     |
|                |                              |      | B3 <sup>2</sup>      |       |                     |
| Sem            | 3,0a                         | 3,0a | 3,3a                 | 3,8a  | 30,1                |
| Com            | 0,54b                        | 3,4a | 2,4a                 | 1,2b  |                     |
|                |                              |      | C <sup>2</sup>       |       |                     |
| Sem            | 9,1a                         | 7,4a | 6,9b                 | 7,1b  | 11,0                |
| Com            | 9,0a                         | 8,3a | 9,0a                 | 10,0a |                     |

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

<sup>1</sup> Em % da MS.

<sup>2</sup> % da proteína bruta (PB).

<sup>3</sup> Coeficiente de variação.

Tabela 5 – Equações de regressão ajustadas para proteína bruta (PB), fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2); fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C) do capim-elefante ensilado com e sem emurchecimento e farelo de mandioca (FM)

| Variável        | Equação de regressão  | R <sup>2</sup> |
|-----------------|---|----------------|
| PB <sup>1</sup> | $\hat{Y}_1 = 7,41$<br>$\hat{Y}_2 = 7,83322 - 0,0429201 \text{ FM}$                      | 93,0           |
| A               | $\hat{Y} = 58,7$  | ---            |
| B1 + B2         | $\hat{Y} = 30,4$  | ---            |
| B3              | $\hat{Y}_1 = 3,26$<br>$\hat{Y}_2 = 0,7475 + 0,416333 \text{ FM} - 0,01800 \text{ FM}^2$ | 84,1           |
| C               | $\hat{Y}_1 = 8,5825 - 0,084 \times \text{FM}$<br>$\hat{Y}_2 = 9,06$                     | 70,0           |

$\hat{Y}_1$ : sem emurchecimento,  $\hat{Y}_2$ : com emurchecimento, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação, <sup>1</sup> % MS.

\* Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

\*\* Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F.

Para o teor de PB, verificou-se interação ( $P < 0,05$ ) entre emurchecimento e níveis de farelo de mandioca. Ao analisar o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, para os teores de PB, observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) apenas para a silagem sem a inclusão de farelo de mandioca. Por outro lado, ao se avaliarem os teores de PB em função dos níveis de farelo de mandioca, para as silagens sem emurchecimento, observou-se que estes não foram influenciados pelos níveis de farelo de mandioca, apresentando valor médio de 7,41 %. A silagem emurchecida apresentou comportamento linear decrescente, estimando-se redução de 0,04 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 5). Tal comportamento já era esperado, pois o subproduto utilizado apresenta baixos valores de PB, o que, provavelmente, reduziu os teores de proteína das silagens aditivadas com farelo de mandioca.

Ao estudarem a qualidade da silagem de capim-elefante aditivada com farelo de mandioca, Ferrari Jr. & Lavezzo (2001) também verificaram redução do teor de PB das silagens, da ordem de 0,10 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mandioca, decréscimo este superior aos observados no presente estudo.

De forma semelhante, Silva et al. (2007), ao avaliarem o efeito da adição de diferentes níveis (5, 10, 15 e 20 %) de bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante sobre a qualidade e a digestibilidade dos nutrientes da dieta, também verificaram reduções dos teores de PB ao elevarem a inclusão dos níveis de bagaço de mandioca na silagem de capim-elefante.

Para as frações A e B1+B2 da proteína bruta, não se verificou efeito ( $P > 0,05$ ) para os tratamentos emurchecimento, farelo de mandioca e nem para a interação entre emurchecimento e farelo de mandioca. Nenhuma equação de regressão se ajustou aos dados, registrando-se valor médio de 58,7 e 30,4 %, respectivamente, para as frações supracitadas (Tabela 4).

O teor de nitrogênio não protéico (NNP) ou fração A, obtido para as silagens de capim-elefante não emurchecido e emurchecido, foi de 59,4 e 60,4 %, valores superiores aos encontrados por Carvalho (2006), de 47,6 e 50,7 %, respectivamente, para as silagens sem e com emurchecimento.

O fracionamento dos compostos nitrogenados das espécies estudadas revelou alta proporção de frações solúveis na PB, possivelmente em virtude da fermentação no silo, em que grande porção da proteína da planta, representada pela ribulose 1,5- bisfosfato

carboxilase (RUBISCO), por ser altamente susceptível à proteólise, pode ser convertida a NNP. Entre os fatores predisponentes à proteólise, o teor de umidade e, conseqüentemente, o pH elevado, são os principais (Van Soest, 1994).

Segundo Russell et al. (1992), fontes de NNP são fundamentais para o bom funcionamento ruminal, pois os microrganismos ruminais fermentadores de carboidratos estruturais, utilizam amônia como fonte de N. Entretanto, altas proporções de NNP podem resultar em perdas nitrogenadas se houver falta de esqueleto de carbono prontamente disponível para síntese de proteína microbiana.

Cabral et al. (2004) observaram valor de NNP na silagem de capim-elefante de 56,9 %, o que é 4,2 e 5,8 unidades percentuais inferior aos valores obtidos para as silagens sem e com emurchecimento, no presente estudo (Tabela 4).

No tocante às frações B1 e B2, pode-se observar que estas foram determinadas como fração única (B1+B2). Nem todo fracionamento protéico feito pelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) deveria ser adotado no Brasil. Apenas deveriam ser obrigatórias, além da análise de PB, pelo menos a determinação da fração dos compostos nitrogenados não protéicos e das frações insolúveis em detergente ácido (NIDA) e em detergente neutro (NIDN), isto é, as frações A e C e, por diferença (NIDN – NIDA), a fração B3, não havendo, portanto, necessidade de separar a proteína solúvel (B1) da insolúvel (B2) (Valadares Filho, 2000).

Os valores de B1+B2, obtidos para as silagens sem e com emurchecimento, foram de 28,5 e 30,1 %, respectivamente. Tais valores são superiores aos 22,4 % encontrados por Cabral et al. (2004) e inferiores aos 29,6 e 33,7 % encontrados por Carvalho (2006) para silagem de capim-elefante.

A fração B1+B2, por apresentar rápida taxa de degradação ruminal relativa à fração B3, tende a ser extensivamente degradada no rúmen (Sniffen et al., 1992), contribuindo para o atendimento dos requisitos de nitrogênio dos microrganismos deste compartimento.

Verificou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre emurchecimento e níveis de farelo de mandioca, para as frações protéicas B3 e C. Ao se avaliar o efeito de emurchecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, para a fração B3, observa-se diferença ( $P < 0,05$ ) apenas para os níveis 0 e 22,5 % de farelo de mandioca, sendo atribuídos maiores valores para as silagem sem emurchecimento. Por outro lado, ao se analisar a fração B3 em função dos níveis de farelo de mandioca, para as silagens sem

emurhecimento, observa-se que esta não foi influenciada pelos níveis de farelo de mandioca, apresentando valor médio de 3,26 % (Tabela 5). No que concerne à silagem emurhecida, constata-se, por meio da análise de regressão, comportamento quadrático, estimando-se valor máximo de 3,1 % para o nível de 11,5 % de farelo de mandioca.

A fração B3 das silagens estudadas foi baixa, como observado na Tabela 4. Como esta fração é representada pelas proteínas de ligação da parede celular, que apresentam lenta taxa de degradação (Cabral et al., 2004), ela é lentamente degradada no rúmen e, portanto, apresenta elevado escape, sendo potencial fonte de aminoácidos no intestino delgado (Sniffen et al., 1992). Contudo, pode-se inferir que a silagem de capim-elefante não é boa fonte da fração B3. Possivelmente, como a inclusão do farelo de mandioca reduz a fração fibrosa e a PB da silagem, a adição do aditivo supracitado, provavelmente, reduz a proteína não degradada no rúmen, uma vez que baixos valores de B3 foram observados nas silagens (Tabela 4).

Com relação à fração C, sabe-se que esta corresponde à proteína indisponível, sendo insolúvel em detergente ácido, abreviada por NIDA (nitrogênio insolúvel em detergente ácido). Essa fração contém proteínas associadas à lignina, taninos e compostos de Maillard, altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática, sendo considerada inaproveitável, tanto no rúmen como pós-ruminalmente (Sniffen et al., 1992). No entanto, sabe-se que o NIDA não é totalmente indigestível. Em forragens, os autores apontaram digestibilidade da ordem de 30 %, ao passo que, em concentrados, esta digestibilidade atingiu até 60 %.

Como já relatado, a fração C apresentou interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre emurhecimento e níveis de farelo de mandioca. Ao se analisar o efeito de emurhecimento dentro dos níveis de farelo de mandioca, para a fração C, constatou-se diferença apenas para os níveis 15,0 e 22,5 % de inclusão de farelo de mandioca, sendo atribuídos maiores valores para as silagens emurhecidas. Segundo Van Soest (1994), o aumento da fração C de silagens pode ocorrer devido à formação de produtos da reação de Maillard, em razão do aumento da temperatura em silagens com elevado teor de umidade. Ao se avaliar a fração C em função dos níveis de farelo de mandioca, para as silagens sem emurhecimento, observa-se que a análise de regressão revelou comportamento linear decrescente, estimando-se redução de 0,08 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada. No que concerne à silagem emurhecida, verifica-se que esta não foi

influenciada pelos níveis de farelo de mandioca, apresentando valor médio de 9,0 % (Tabela 5).

Os valores observados neste experimento são inferiores aos encontrados por Carvalho (2006), que, ao determinarem as frações protéicas da silagem de capim-elefante emurchecida ou acrescida de farelo de cacau, verificaram valores de 10,6 e 15,3 % da fração C para as silagens emurchecidas e não emurchecidas, respectivamente.

Por outro lado, Cabral et al. (2004) observaram valores de 8,8 % da fração C para a silagem de capim-elefante, sendo próximo aos encontrados no presente estudo (Tabela 4).



## **Conclusões**

A fração A+B1 que corresponde aos carboidratos não fibrosos é aumentada com a associação emurchecimento e farelo de mandioca.

A utilização do farelo de mandioca reduz a fração B2 e a porção de carboidratos indisponíveis, configurando ser uma importante fonte de energia disponível.

Como as principais frações protéicas das silagens estudadas são as frações A e B1+B2, pode-se inferir que estas silagens constituem-se fontes alternativas de proteína verdadeira potencialmente disponível e de proteína de intermediária taxa de degradação no rúmen.

## Literatura Citada

- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2185-2291, 2005.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A. et al. Frações de carboidratos de volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2087-2098, 2000 (Suplemento 1).
- CARVALHO, G.G.P. **Capim-elefante emurchecido ou com farelo de cacau na produção de silagem**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- CARVALHO, G.G.P. de; GARCIA, R; PIRES, A.J.V. et al. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurchecido ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007b (Suplemento).
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- 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.
- GESUALDI Jr, A.; QUEIROZ, A.C.; RESENDE, F.D. et al. Validação dos sistemas VIÇOSA, CNCPS e NRC para formulação de dietas para bovinos Nelore e Caracu, não-castrados, selecionados em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.997-1005, 2005.
- HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. v.81, p.3226–3232, 2003.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R., HATIFIELD, R.D. et al. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: America Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1993. p.315-46.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley, 1981. 226 p.

- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1537-1542, 2004.
- NORTON, B.W. Differences between species in forage quality. In: HACKER, J.B. (ed.). **Nutritional limits to animal production from pastures**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p.89-110.
- PEREIRA, J.R.A.; ROSSI JR., P.P. Manual de avaliação nutricional de alimentos. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. 34p.
- REZENDE, A.V.; EVANGELISTA, A.R.; BARCELOS, AF. et al. Efeito da mistura da planta de girassol (*Helianthus annuus* L.) durante a ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no valor nutritivo da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1938-1943, 2002.
- RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos e respectivas taxas de digestão, do feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.2, p.589-595, 2001.
- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JR., G.C.; MOSER, L.E.; MERTENS, D.R. et al. (Eds.) National conference on forage quality, evaluation, and utilization. Madison: University of Nebraska, 1994. p.828-868.
- RUSSELL, B.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, n.12, v.70, p.3551-3581, 1992.
- SAS-STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: 1999. v.8, 295p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, F.F. da; AGUIAR, M. do S.M.A; VELOSO, C.M. et al. Bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.719-729, 2007.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, A.L.; BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante *Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameroon com diferentes níveis de casca de café. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. Trabalho 0800.

CD ROM.

VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: NASCIMENTO JUNIOR, D.; LOPES, P.S.; PEREIRA, J.C. **Anais...** REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 37. Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.267-338.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. Fracionamento dos carboidratos e cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro da extrusa de bovinos a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.889-897, 2000.

WILSON, J.R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants: review. **Journal of Agricultural Science**, v.122, n.2, p.173-182, 1994.

## Conclusões Gerais

**Capítulo 1:** O emurhecimento associado ao farelo de mandioca é eficiente em reduzir a umidade da silagem permitindo uma silagem de bom valor nutritivo.

O farelo de mandioca contribui para a elevação da digestibilidade *in vitro* da MS e redução a fração fibrosa da silagem.

Recomenda-se o nível de 22,5 % de farelo de mandioca em % da MN na ensilagem de capim-elefante com 19,5 % de MS, pois este tratamento permitiu melhoria no valor nutritivo das silagens.

Capítulo 2: A fração A+B1 que corresponde aos carboidratos não fibrosos é aumentada com a associação emurhecimento e farelo de mandioca.

A utilização do farelo de mandioca reduz a fração B2 e a porção de carboidratos indisponíveis, configurando ser uma importante fonte de energia disponível.

Como as principais frações protéicas das silagens estudadas são as frações A e B1+B2, pode-se inferir que estas silagens constituem-se fontes alternativas de proteína verdadeira potencialmente disponível e de proteína de intermediária taxa de degradação no rúmen.