



**POTENCIAL DE COPRODUTOS DO
BIODIESEL PARA ALIMENTAÇÃO DE
RUMINANTES**

ARNALDO PRATA NEIVA JÚNIOR

2009

ARNALDO PRATA NEIVA JÚNIOR

**POTENCIAL DE COPRODUTOS DO BIODIESEL PARA ALIMENTAÇÃO
DE RUMINANTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. José Cleto da Silva Filho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Neiva Júnior, Arnaldo Prata

Potencial de Coprodutos do biodiesel para alimentação de ruminantes
/ Arnaldo Prata Neiva Júnior. -- Lavras : UFLA, 2009.

136 p. : il.

Orientador: José Cleto da Silva Filho.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Biodiesel. 2. Silagem. 3. Ruminantes. 4. Subprodutos.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD -- 636.08552

ARNALDO PRATA NEIVA JÚNIOR

**POTENCIAL DE COPRODUTOS DO BIODIESEL PARA ALIMENTAÇÃO
DE RUMINANTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 19 de junho de 2009

Prof. José Cardoso Pinto	UFLA
Prof ^a . Nadja Gomes Alves	UFLA
Prof. Pedro Castro Neto	UFLA
Prof. Edílson Rezende Cappelle	IF-SEMG

Prof. José Cleto da Silva Filho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL

“Muito deixei do vivido
Muito pedi sem ter ganho,
Mas sem chorar de sentido,
De achar injusto ou estranho,
Que o mundo não tem tamanho
Para quem dá passo escolhido.
Só vivo pruma verdade,
Da qual me orgulho sem pejo,
Nunca trocar por vaidade
O que pretendo ou desejo.”

Mário Lago

Aos meus pais, Arnaldo Prata da Neiva e
Conceição Aparecida Chaves Rodrigues.

Aos meus irmãos, Suymara, Eduardo, Victor, Laura e Larissa

Aos meus sobrinhos, Arthur, Maria Eduarda e Mathews.

À minha querida afilhada, Lisle.

À minha vó Milca.

Ao Vicente e Maria da Gloria.

Aos amigos e colegas.

DEDICO

À minha querida e amada Gloria Brivio pela companhia, amor, respeito e cumplicidade nesses anos sem você não teria conseguido.

À Tia Sueli, Tio Naga, Tio Alecinho e Tia Marisa pela amizade, ajuda e incentivo durante toda minha vida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela minha família e pela oportunidade de crescimento e aprendizado.
À Universidade Federal de Lavras e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais- Campus Rio Pomba, pela oportunidade de realização deste curso.

Em especial, ao orientador e amigo, Professor José Cleto da Silva Filho, pelos ensinamentos, exemplo de dedicação profissional e confiança.

Aos integrantes da banca examinadora, professores Edilson Rezende Cappelle, José Cardoso Pinto, Nadja Gomes Alves e Pedro Castro Neto, pelas valiosas sugestões, atenção e amizade.

Ao Professor Adibe Luiz Abdalla, pela oportunidade de realizar parte deste estudo no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA/USP Piracicaba-SP.

Aos funcionários do CENA/USP Lécio A. Castilho e Maria Regina S. R. Peçanha pela colaboração no trabalho com os animais e procedimentos analíticos realizados.

Aos colegas de curso, Valdir Botega, Eric Van Cleef, René Patino, Gustavo Couto, pelo companheirismo e momentos agradáveis que passamos.

A todos os meus familiares e amigos, que sempre me incentivaram.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

OBRIGADO

BIOGRAFIA

Arnaldo Prata Neiva Júnior, filho de Arnaldo Prata da Neiva e Conceição Aparecida Chaves Rodrigues, nasceu em Rio Pomba, em 09 de novembro de 1974.

Em 2002, concluiu o Curso de Bacharel em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Licenciatura em Zootecnia pela Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UFTPR).

Ingressou por meio de concurso público na Escola Agrotécnica Federal de Rio Pomba, hoje Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Rio Pomba, trabalhando no Departamento de Zootecnia desde maio de 1997.

Concluiu o Curso de Mestrado em Zootecnia em fevereiro de 2005, pela Universidade Federal de Lavras, na área de Nutrição de Ruminantes.

Iniciou o Curso de Doutorado em Zootecnia em março de 2005, pela Universidade Federal de Lavras, na área de Nutrição de Ruminantes, concluindo-o em junho de 2009.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT	IX
CAPÍTULO 1.....	01
1 Introdução Geral	02
2 Revisão de Literatura	05
2.1. Produção de biodiesel no Brasil.....	05
2.2 Subprodutos agroindustriais	07
2.3 Características de culturas oleaginosas quanto ao teor de óleo, produtividade e produção de óleo	09
2.4 Coprodutos do biodiesel	10
2.4.1 Composição nutricional das tortas e farelos	12
2.4.2 O nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus</i>)	14
2.4.3 O pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i>).....	15
2.4.4 O tremoço (<i>Lupinus albus</i>)	17
2.5. O capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>).....	19
2.5.1 Ensilagem	20
2.5.1.1 Aditivos na ensilagem.....	21
2.5.2 Qualidade da silagem.....	22
2.6 Bioensaio através da metodologia in vitro da produção de gases.....	214
3 Referências Bibliográficas.....	27
CAPÍTULO 2 Composição bromatológica, digestibilidade in vitro e qualidade fermentativa da silagem de capim elefante adicionada de tortas de nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço em diferentes proporções.....	36
Resumo	37
Abstract.....	38
1 Introdução	39
2 Material e Métodos	41
2.1 Localização e condições climáticas	41
2.2 Tratamentos	41
2.3 Co-produtos agroindustriais.....	42
2.4 Preparo da silagem.....	42
2.5 Condução do experimento	43
2.6 Análises químicas	43
2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas	44

3 Resultados e Discussão	52
3.1 Composição bromatológica dos co-produtos	48
3.2 Composição bromatológica das misturas antes de ensilar	53
3.3 Características das silagens	534
3.4 Teores de matéria seca (MS)	56
3.5 Teores de proteína bruta (PB)	58
3.6 Teores de extrato etéreo (EE)	61
3.7 Teores de fibra em detergente neutro (FDN)	63
3.8 Teores de fibra em detergente ácido (FDA)	65
3.9 Teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN)	67
3.10 Teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)	69
3.11 Teores de celulose (CEL)	71
3.12 Teores de lignina (LIG)	73
3.13 Teores de matéria mineral (MM)	74
3.14 Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS)	77
3.15 Valores de pH	79
3.16 Valores de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total [N-NH ₃ (% N total)]	81
3.17 Valores de poder tampão (PT)	83
3.18 Ácidos graxos voláteis (AGV)	85
4 Conclusão	87
5 Referências Bibliográficas	88
CAPÍTULO 3 Avaliação das silagens de capim-elefante aditivadas com nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço pela técnica de produção de gases	95
Resumo	96
Abstract	97
1 Introdução	98
2 Material e Métodos	100
2.1 Local e animais	100
2.2 Substratos	100
2.3 Coleta e preparo do inóculo	100
2.4 Preparos das garrafas para produção de gás	101
2.5 Leituras da produção de gás	102
2.6 Cálculo da produção de gases	102
2.7. Análise estatística	103
2.7.1. Produção de gás 24 e 96 horas	103
2.7.2. Degradabilidade in vitro	105
3 Resultado e Discussão	107
4 Conclusão	125
REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICAS	126
ANEXOS	12630

LISTA DE SIGLAS

Ca	cálcio
CEL	celulose
CE	capim elefante
CNF	carboidratos não fibrosos
CV	coeficiente de variação
DIVMS	digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
EE	extrato etéreo
FDA	fibra em detergente ácido
FDN	fibra em detergente neutro
FV	fator de variação
GL	grau de liberdade
HC	hemicelulose
LIG	lignina
MO	matéria orgânica
MM	matéria mineral
MS	matéria seca
NH ₃	amônia
N-NH ₃ (%NT)	teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total
NIDA	nitrogênio insolúvel em detergente ácido
NIDN	nitrogênio insolúvel em detergente neutro
P	fósforo
PB	proteína bruta
pH	potencial hidrogeniônico
PT	poder tampão
QM	quadrado médio
R ²	coeficiente de determinação
TNF	torta de nabo forrageiro
TPM	torta de pinhão manso
TT	torta de tremoço
SCE	silagem de capim elefante

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

	Páginas
TABELA 1 Teor de óleo (%), produtividade (kg/ha/ano) e produção de óleo (kg/ha/ano) de algumas oleaginosas com potencial para produção de biodiesel no Brasil.....	10
TABELA 2 Teores de proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta (% em base seca) de algumas oleaginosas com potencial para produção de biodiesel no Brasil	13

CAPÍTULO 2

	Páginas
TABELA 1 Tratamentos experimentais	41
TABELA 2 Médias da composição bromatológica e da digestibilidade dos coprodutos utilizados na ensilagem.....	48
TABELA 3 Médias da composição bromatológica, digestibilidade in vitro do capim elefante e das misturas desse com os coprodutos, antes da ensilagem	53
TABELA 4 Médias da composição bromatológica e digestibilidade das silagens de capim elefante e das misturas do capim elefante com os coprodutos.....	55
TABELA 5 Valores médios de matéria seca (%) do material original e das silagens para as combinações entre os fatores níveis e tortas e do capim puro.....	56
TABELA 6 Valores médios de matéria seca (%) das silagens contendo os três coprodutos, em função das tortas e dos níveis de inclusão	57

TABELA 7	Valores médios de matéria seca (%) do material original e das silagens contendo os três coprodutos, em função das tortas e dos níveis de inclusão	58
TABELA 8	Valores médios de proteína bruta (%) do material original e das silagens, para as combinações entre os fatores níveis e tortas e do capim puro.....	59
TABELA 9	Valores médios de proteína bruta (%) do material original e das silagens, em função do tempo e dos níveis de inclusão	59
TABELA 10	Valores médios de proteína bruta (%) , em função do tempo, das tortas e dos níveis de inclusão.	60
TABELA 11	Valores médios de extrato etéreo (%) do material original e das silagens , em função dos tempos estudados	61
TABELA 12	Valores médios de extrato etéreo (%) do material original e das silagens, em função das tortas e dos níveis estudados.....	62
TABELA 13	Valores médios de extrato etéreo (%), em função dos tempos, das tortas e dos níveis de inclusão	62
TABELA 14	Valores médios de FDN (%), em função dos tratamentos adicionais e tratamentos em esquema fatorial.....	63
TABELA 15	Valores médios de FDN (%) do material original e das silagens em função dos níveis de inclusão estudados	64
TABELA 16	Valores médios de FDN (%) do material original e das silagens em função dos tempos e das tortas estudadas	64
TABELA 17	Valores médios de FDA (%) do material original e das silagens para a combinação dos fatores (níveis e tortas) e tratamento adicional	65
TABELA 18	Valores médios de FDA (%) das silagens, do material original e das silagens, em função das tortas e dos níveis de inclusão.....	66

TABELA 19 Valores médios de FDA (%) do material original e das silagens, em função dos tempos , das tortas e dos níveis de inclusão.....	67
TABELA 20 Valores médios de NIDN (%) do material original e das silagens para a combinação dos fatores (níveis e tortas) e tratamento adicional	68
TABELA 21 Valores médios de NIDN (%) do material original e das silagens, em função das tortas e tempos.....	68
TABELA 22 Valores médios de NIDN (%) das silagens, em função das tortas e níveis de inclusão	69
TABELA 23 Valores médios de NIDA (%) do material original e das silagens para a combinação dos fatores (níveis e tortas) e tratamento adicional	69
TABELA 24 Valores médios de NIDA (%) do material original e das silagens, em função das tortas e tempos	70
TABELA 25 Valores médios de NIDA (%) das silagens, em função das tortas e níveis de inclusão	70
TABELA 26 Valores médios de celulose (%) do material original e das silagens para a combinação dos fatores (níveis e tortas) e tratamento adicional	71
TABELA 27 Valores médios de celulose (%) e das silagens, em função das tortas e níveis de inclusão.....	72
TABELA 28 Valores médios de celulose (%), em função dos tempos, das tortas e dos níveis de inclusão.....	72
TABELA 29 Valores médios da lignina (%) das silagens, em função do tratamento adicional e da combinação dos fatores níveis e tortas.....	73
TABELA 30 Valores médios de lignina (%) das silagens, em função das tortas e níveis de inclusão	74

TABELA 31	Valores médios de matéria mineral (%) das silagens, em função do tratamento adicional e da combinação dos fatores níveis e tortas.....	74
TABELA 32	Valores médios de matéria mineral (%) do material original e das silagens, em função do tempo e níveis de inclusão	75
TABELA 33	Valores médios de matéria mineral (%) do material original e das silagens, em função das tortas e dos níveis de inclusão	76
TABELA 34.	Valores médios de matéria mineral (%) do material original e das silagens, em função do tempo e das tortas.....	76
TABELA 35	Valores médios da variável digestibilidade in vitro da matéria seca (%), em função do tratamento adicional e da combinação entre os fatores níveis e tortas.....	77
TABELA 36	Valores médios de digestibilidade in vitro da matéria seca (%), em função dos tempos, das tortas e dos níveis de inclusão	78
TABELA 37	Valores médios de digestibilidade in vitro da matéria seca (%), em função dos tempos, das tortas e dos níveis de inclusão	79
TABELA 38	Valores médios de pH das silagens, em função das tortas e dos níveis de inclusão	81
TABELA 39	Valores médios do nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) das silagens, em função do tratamento adicional e da combinação entre os fatores níveis e tortas	81
TABELA 40	Valores médios de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) das silagens, em função das tortas e dos níveis de inclusão.....	82
TABELA 41	Valores médios de poder tampão (PT) das silagens, em função do tratamento adicional e das combinações dos níveis e tortas	83

TABELA 42	Valores médios de poder tampão das silagens, em função das tortas e níveis de dos inclusão.....	84
TABELA 43	Médias dos valores de ácidos graxos voláteis das silagens experimentais.....	85

CAPÍTULO 3

		Páginas
TABELA 1	Valores médios de produção de gás em ml/500mg das silagens até noventa e seis horas, em função dos tempos de incubação e porcentagens de inclusão dos co-produtos do biodiesel.....	108
TABELA 2	Médias dos valores de produção de gás em ml/500mg em vinte e quatro horas, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.....	109
TABELA 3	Produção de gases potencial em ml/500mg (Vf) em ml/500mg, taxa de degradação (K) em % h, tempo de colonização (L) em h, degradabilidade in vitro da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO) e fibra em detergente neutro (DFDN) das silagens estudadas	113
TABELA 4	Valores de produção de gás, em ml/500mg, para o tempo de incubação de 96 horas, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante	114
TABELA 5	Valores médios de degradabilidade da matéria seca às 24 horas, em porcentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.....	122
TABELA 6	Valores de degradabilidade da matéria seca às 96 horas, em porcentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.....	122

TABELA 7	Valores de degradabilidade da matéria orgânica às 24 horas, em percentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.....	123
TABELA 8	Valores de degradabilidade da matéria orgânica às 96 horas, em percentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.....	124
TABELA 9	Valores de dgradabilidade da fibra em detergente neutro, em percentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.....	124

RESUMO

NEIVA JÚNIOR, Arnaldo Prata. **Potencial de coprodutos do biodiesel para alimentação de ruminantes**. 2009. 136p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O Brasil, devido a sua diversidade climática e de ecossistemas, permite uma gama de possibilidades de oleaginosas para produção de biodiesel. Novos co-produtos estão sendo gerados, trazendo a necessidade de se estudar a viabilidade de uso dessas fontes alimentares alternativas. O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa Animal da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e objetivou-se a determinação da composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das tortas de nabo forrageiro (TNF), pinhão manso (TPM) e tremoço (TT) e avaliar o efeito da adição destes co-produtos na qualidade da silagem de capim elefante. Os co-produtos foram ensilados em silos experimentais de PVC, adaptados com válvula tipo Bünsen, com capacidade para aproximadamente 4kg. O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, em que os tratamentos estavam arranjados segundo um esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os tratamentos de parcela seguiram um esquema fatorial 3 x 3 (3 tipos de torta - nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço; 3 níveis de inclusão de torta - 5, 8, e 11%) mais 1 tratamento adicional (capim puro). Os dados foram analisados utilizando rotinas do software Statistical Analysis System (SAS, 1999). Foram determinados os valores de MS, EE, PB, FDN, FDA, NIDN, NIDA, MM, CEL, LIG, pH, PT, AGV's, N-NH₃ e DIVMS. Houve efeito (P<0,05) dos níveis de inclusão das tortas nos teores de MS das silagens, sendo que a TNF proporcionou maior teor de MS para as silagens. Houve efeito dos níveis de inclusão sobre o teor de PB e EE das silagens, sendo que as que continham TT apresentaram valores médios superiores às com TPM e TNF. Os teores médios de FDN e FDA foram diminuídos (P<0,05) com a adição das tortas nos diferentes níveis de inclusão, sendo que os menores valores médios foram obtidos nas silagens contendo 11% de TT. Houve efeito da adição das tortas nos diferentes níveis sobre os teores médios de LIG. A DIVMS foi diminuída conforme a adição de níveis crescentes das tortas, exceto para TT. A adição das tortas de nabo forrageiro e tremoço nos níveis estudados são considerados viáveis na ensilagem de capim elefante em regiões com disponibilidade destes coprodutos.

Orientador: José Cleto da Silva Filho – UFLA

ABSTRACT

NEIVA JÚNIOR, Arnaldo Prata. **Potential of biodiesel co-products for ruminant feeding**. 2009. 136p. Thesis (Doctorate in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

Brazil, due to its climatic diversity and of ecosystems allows a range of possibilities of oilseed plants for biodiesel production. New co-products are being generated, bringing the need to study the viability of use of those alternative feeding sources. The experiment was conducted in the Animal Research Laboratory of the Federal University of Lavras (UFLA) and it aimed at the determination of the bromatologic composition and *in vitro* digestibility of the dry matter of red radish (TNF), jatropha (TPM) and lupine (TT) cakes and evaluation of the effect of adding these co-products on the quality of elephant grass silage. The products were ensiled in experimental PVC silos, fitted with Bünsen-type valves, with a capacity of about 4kg. The experiment was set up according to a completely randomized design (CRD) with three replicates, in which the treatments were arranged according to a split plot scheme in time. The plot treatments followed a factorial scheme 3 x 3 (3 types of cakes– forage radish, jatropha and lupine; 3 levels of inclusion of - 5, 8 and 11%) plus 1 additional treatment (only grass). The data were analyzed utilizing routines of the Statistical Analysis System software (SAS, 1999). The values of DM, EE, CP, NDF, ADF, NIDN, NIDA, MM, CEL, LIG, pH, PT, AGV's, N-NH₃ and DIVMS were determined. There was effects of (P<0.05) of the levels of inclusion of the cakes on the DM contents of the silages, namely, TNF provided highest DM content to the silages. There was effect of the inclusion levels on the content of CP and EE of the silages, that is, the ones containing TT presented average values higher than those with TPM and TNF. The average contents of NDF and ADF were decreased (P<0.05) with the addition of the cakes at the different inclusion levels, namely, the lowest average values were obtained in the silages containing 11% of TT. There was effect of adding the cakes at the different levels on the average contents of LIG. DIVMS was decreased according to the addition of growing levels of the cakes, except for TT. Addition of red radish and lupine cakes at the levels studied are regarded as viable in elephant grass ensiling in regions of availability of these co-products.

Adviser: José Cleto da Silva Filho – UFLA

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Segundo Brasil (2005a), a agroenergia é uma das prioridades do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e deriva da necessidade crescente de energia como insumo para o desenvolvimento da sociedade. A elevação recente dos preços do petróleo, no mercado internacional, aponta para a necessidade de buscar alternativas de suprimento de energia, tanto elétrica como para transporte (Brasil, 2005a).

A crescente conscientização ambiental e consequente demanda por recursos renováveis de energia tem despertado o interesse na utilização de plantas oleaginosas para a produção de biodiesel. Atualmente o governo federal, por meio do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, autoriza a adição de 2% deste combustível ao óleo diesel de origem fóssil.

O Brasil, devido a sua diversidade climática e de ecossistemas, permite uma gama de possibilidades de oleaginosas para produção de biodiesel. Teixeira (Brasil, 2005a) apresentou as principais oleaginosas cultiváveis no Brasil que poderiam ser utilizadas para a fabricação de biodiesel: Soja (*Glycine max*), Algodão (*Gossypium spp.*), Girassol (*Helianthus annuus*), Mamona (*Ricinus communis*), Dendê (*Elaeis guineensis*), Macaúba (*Acrocomia aculeata*), Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), Pinhão-manso (*Jatropha curcas*) e Tremoço (*Lupinus albus L.*).

A utilização de subprodutos na dieta de animais de interesse zootécnico vem sendo realizada há centenas ou, talvez, milhares de anos e, atualmente, devido às questões ambientais e considerações econômicas, esses materiais têm merecido considerável atenção dentre pecuaristas e nutricionistas, uma vez que o seu fornecimento para ruminantes têm duas importantes vantagens: 1) diminuição da dependência dos bovinos por cereais que possam servir para a alimentação humana ou de animais monogástricos, e 2) eliminação da necessidade de criação de práticas onerosas de manejo de resíduos.

A alimentação é a base da produção animal e dela depende o êxito financeiro do empreendimento, já que constitui a maior parte do custo de produção no sistema. No propósito de minimizar os gastos com a alimentação, tem-se buscado a utilização de resíduos agroindustriais ou alimentos alternativos viáveis econômica e nutricionalmente.

Uma das características inerentes à maioria dos subprodutos é a sua constante heterogeneidade quanto à composição bromatológica, devido principalmente ao fato de se tratarem de resíduos, ou seja, não é de se surpreender que existam contaminantes ou que haja variação entre indústrias ou entre épocas do ano. Vários materiais que são classificados como subprodutos possuem alta proporção de fibra e a capacidade dos ruminantes em utilizar tais alimentos é especialmente vantajosa, principalmente naquelas situações onde ocorrem falta de forragens, seja devido a erros de planejamento ou a questões não controláveis, como condições climáticas desfavoráveis.

Atualmente, discute-se a viabilidade econômica dos projetos de produção de biodiesel onde o tema custo de produção (custo agrônomo e custo industrial) é tido como fator motivador ou inibidor de futuros empreendimentos nesse negócio; além de ser motivo de controvérsias entre especialistas, uma vez que não há estudo aprofundado que determine o impacto dos subprodutos do biodiesel no custo total de sua produção. Conforme estudo do CEPEA-ESALQ/USP, a análise de custos do biodiesel deixou clara a grande importância dos subprodutos na contabilidade final da indústria integrada do biodiesel (Barros et al., 2006).

No caso específico dos resíduos de biodiesel, tem-se o nabo forrageiro, o pinhão manso e o tremoço, cujos resíduos (tortas) oriundos do esmagamento para obtenção do óleo representam um grande potencial para serem utilizados como alimentos para os animais.

A conservação de forragem na forma de silagem é uma das principais ferramentas para a manutenção da produtividade animal no período da seca, sendo que, em sistemas totalmente confinados, essa forma de conservação constitui a melhor opção para assegurar uma alimentação estável durante todo o ano.

Devido às facilidades laboratoriais, ao menor tempo de execução e às dificuldades na manutenção dos animais, as metodologias *in situ* e *in vitro* para determinação da degradabilidade de alimentos e taxas de degradação vêm sendo muito utilizadas em estudos de digestibilidade.

Entre as metodologias *in vitro*, a produção de gases parece ser a mais prática, além disso fornece informações das taxas de fermentação em função da natureza do alimento e possibilita estimar a produção de ácidos graxos voláteis e o consumo (Getachew et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de uso das tortas de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), pinhão manso (*Jatropha curcas*) e tremoço (*Lupinus albus*) ensiladas com capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) na alimentação de ruminantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de biodiesel no Brasil

O biodiesel é o produto de transformação química do óleo ou gordura (vegetal ou animal), por adição de álcool (metanol ou etanol), na presença de catalisador (NaOH ou KOH), (Universidade de Açores, 2008). Pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais, existindo dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, nabo forrageiro, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras (Brasil, 2005b).

O Governo Federal, por meio do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, autoriza a adição de 2% deste combustível ao óleo diesel de origem fóssil (Brasil, 2006), sendo que a partir de junho de 2008 esta adição passou a ser de 3% e passará a 4% em 01 de julho de 2009. A partir de 2013, serão necessários aproximadamente 2,5 bilhões de litros de biodiesel para atender à Lei 11097/2005, quando a adição de biodiesel ao óleo diesel deverá ser de 5%. A experiência de utilização do biodiesel no mercado de combustível tem se dado em quatro níveis de concentração: puro (B100), misturas (B20 – B30), aditivo (B5) e aditivo lubrificante (B2) (Brasil, 2008).

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) é um programa interministerial do Governo Federal que objetiva a implementação de forma sustentável, tanto técnica, como economicamente, a produção e uso do biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda.

Principais diretrizes do PNPB:

- Implantar um programa sustentável, promovendo inclusão social;
- Garantir preços competitivos, qualidade e suprimento;

- Produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em regiões diversas.

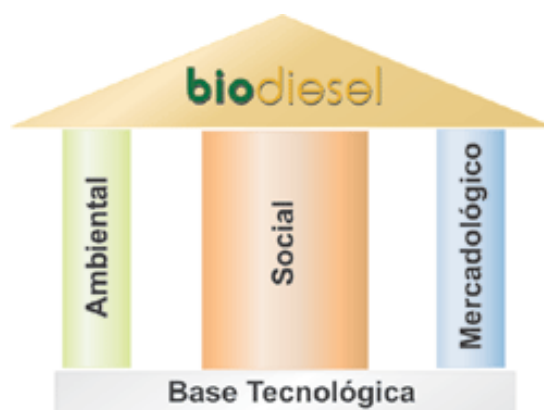


FIGURA 1 Diretrizes do Programa de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB)

Além das vantagens econômicas e ambientais, há o aspecto social, de fundamental importância, sobretudo em se considerando a possibilidade de conciliar sinergicamente todas essas potencialidades.

A área plantada necessária para atender ao percentual de mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é estimada em 1,5 milhão de hectares, o que equivale a 1% dos 150 milhões de hectares plantados e disponíveis para agricultura no Brasil. Este número não inclui as regiões ocupadas por pastagens e florestas. As regras permitem a produção a partir de diferentes oleaginosas e rotas tecnológicas, possibilitando a participação do agronegócio e da agricultura familiar.

Atualmente, a produção de biodiesel ainda está dependente das produtoras de óleo vegetal, sendo a produção por matéria prima correspondente a 81% à soja, 8% ao caroço de algodão, 5% ao sebo, 4% à palma, 2% à mamona e 1% ao girassol (Abdalla et al., 2008).

2.2 Subprodutos agroindustriais

O termo subproduto foi originado para caracterizar aqueles produtos resultantes de um processamento industrial onde o objetivo final da produção é um outro produto. O uso desse termo traz sempre alguma conotação negativa a esses alimentos. Entretanto, quando analisados sob o prisma da nutrição, muitas vezes se apresentam como fontes nutricionais com qualidades excepcionais, como o farelo de soja, caroço de algodão, etc.

Um volume muito grande de subprodutos agroindustriais é produzido anualmente no Brasil a partir do processamento de uma grande variedade de culturas para a produção de alimento ou fibra. Alguns são restritos a determinadas regiões, enquanto outros são facilmente encontrados em todo o país. A utilização bem sucedida desses subprodutos é, muitas vezes, limitada pelo escasso conhecimento de suas características nutricionais e de seu valor econômico como ingredientes para ração como também pela falta de dados de desempenho de animais alimentados com esse tipo de alimento (Meneghetti, 2008).

Fadel (1999) descreveu subproduto como sendo aquele material que possui valor como alimento para animais, sendo obtido ao final da colheita de algum produto ou após o processamento agroindustrial de alguma “commodity”, destinada à alimentação humana.

As implicações envolvidas na utilização ou não de restos culturais e sobras do processamento industrial são das mais variadas origens. Podem apresentar impactos ambientais tanto positivos como negativos, dependendo dos múltiplos fatores determinantes do processo, que vão desde a tecnologia e a “sanidade” dos produtos até aqueles que, muitas vezes, independem dos resultados de pesquisa, representados pelos fatores políticos e econômicos envolvidos nas questões de mercado (Buschinelli, 1992).

O processamento primário ou industrial de alimentos destinados às alimentações animal e humana nos últimos anos foi responsável por uma elevada produção de resíduos que, em sua maioria, possuem potencial nutricional principalmente para a formulação de dietas para bovinos. No entanto, esses resíduos têm recebido maior atenção quanto ao controle de qualidade, passando à categoria de co-produtos, que apresentam elevado potencial para redução de custos com alimentação, sobretudo de bovinos confinados (Ezequiel et al., 2006).

Qualquer produto com valor nutricional pode ser fornecido aos ruminantes. Um grande número de subprodutos são particularmente adequados para dietas de ruminantes, pela habilidade destes em processar alimentos ricos em fibra (Grasser et al., 1995).

O interesse crescente pela identificação e quantificação de subprodutos agroindustriais deve-se principalmente, ao desejo de se entender e monitorar o descarte de resíduos no meio ambiente, seja em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, em função das legislações ambientais estarem se tornando cada vez mais rigorosas no tocante ao destino de resíduos originados das indústrias (Clark et al., 1987; Fadel, 1999). Uma forma eficiente de escoar os resíduos dos processamentos industriais de produtos vegetais é fornecê-los para ruminantes.

Outro importante benefício do fornecimento de subprodutos para os animais é o seu baixo custo. As despesas com alimentação são o principal componente dos custos associados com a produção animal. Portanto, em uma produção animal de sucesso a redução nos custos com alimentação e a manutenção de produtividade são estratégias primárias (Grasser et al., 1995).

O uso de subprodutos agroindustriais na alimentação, principalmente de ruminantes, tem crescido de maneira global. No entanto, esses alimentos quando

empregados de maneira inadequada podem deprimir o consumo e ainda causar prejuízos no desempenho dos animais (Armentano & Pereira, 1997).

Dentre as várias possibilidades, os subprodutos da indústria do biodiesel surgem como alternativas interessantes para substituir parte dos grãos de cereais na alimentação de ruminantes.

2.3 Características de culturas oleaginosas quanto ao teor de óleo, produtividade e produção de óleo

A maioria das tortas ou farelos das oleaginosas que vêm sendo utilizadas para produção de biodiesel no Brasil são passíveis de utilização na alimentação animal, porém cada uma com suas particularidades no que diz respeito a cuidados antes de serem fornecidas aos animais devido a alguns fatores tóxicos ou antinutricionais que possuem, quantidades máximas dentro da formulação das dietas dos animais e práticas de armazenamento.

Na Tabela 1 são apresentadas as características de algumas plantas oleaginosas com potencial para produção de biodiesel no Brasil. Em todas as regiões do país existem culturas com vocações agrícolas que podem ser consideradas como matéria prima compatível com os objetivos do programa do biodiesel (Brasil, 2005b).

A maioria das culturas é de ciclo relativamente curto (90 a 180 dias), potencializando a utilização em rotação de culturas, reformas de canaviais e de áreas degradadas (pastagens), contribuindo ainda com o elevado potencial de seqüestro de carbono pelos solos quando da prática de plantio direto (Bayer et al., 2006).

O teor médio de óleo das oleaginosas estudadas é de 31%, com uma produtividade média estimada de 4.000 kg/ha/ano. Considerando a relação torta/óleo por oleaginosa (média) igual a 1,8 (aproximada, já que varia por processo de extração, variedade, cultura, eficiência de processo, dentre outros), o

país apresenta um potencial de produção de tortas e ou farelos na ordem de 14.746 kg/ha/ano.

TABELA 1 Teor de óleo, produtividade e produção de algumas oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel no Brasil

Espécie	Distribuição	Ciclo	Teor de óleo (%)	Produtividade (kg/ha/ano)	Produção de óleo (kg/ha/ano)
Amendoim	NE, CO	120-180 d	49	1800	882
Babaçu	N, NE	12 m	4	15000	600
Canola	S	130-140 d	38	1800	684
Caroço de Algodão	N, NE, CO, S,SE	160 d	15	1800	270
Dendê	N	12 m	20	10000	2000
Girassol	S,SE,CO	90-140 d	42	1600	672
Mamona	NE	100-300 d	44	1500	660
Nabo Forrageiro	S,SE,CO	100-20 d	29	500	145
Pinhão-Manso	NE,SE,CO	Perene	40	8000	3200
Soja	CO,DE,S		19	2200	418

Fonte: Abdalla et al. (2008).

2.4 Coprodutos do biodiesel

Os coprodutos gerados pela cadeia produtiva do biodiesel devem ser foco de análises mais detalhadas pois podem ser um fator determinante para a viabilidade econômica da produção desse combustível. Entre os principais, pode-se citar: glicerina, lecitina, farelo e torta de oleaginosa.

Entretanto, praticamente inexitem estudos acerca do aproveitamento desses subprodutos como elementos de viabilização da cadeia produtiva. Uma das contribuições precursoras nesse sentido é a de Ferres (2003), a qual demonstra uma estimativa de custos do biodiesel a partir do óleo de soja.

A produção de tortas a partir das oleaginosas, correspondente ao biodiesel produzido em 2008 (1.020.000 m³), pode ser estimada em 3.676.566 t (tonelada), sendo a produção de acordo com a oleaginosa de 3.261.316 t de soja, 318.240 t de algodão, 61.200 t de dendê, 23.182 t de mamona e 12.629 t de girassol, considerando a densidade igual a 1 (um) para o óleo e para as tortas de todas as oleaginosas. O pinhão manso ainda não teve a produção iniciada (Storck Biodiesel, 2008; Brasil, 2005a; Petrobio, 2005). A capacidade autorizada para produção de biodiesel é de 2.537.000 m³ (249% maior). Considerando as mesmas proporções, o Brasil poderá produzir cerca de 8,9 bilhões de t de torta.

Atualmente, os principais empregos das tortas são adubação orgânica, geração de energia e alimentação animal. Considerando a alimentação animal como o elo entre a produção de biodiesel e a pecuária, a utilização desse subproduto na alimentação de ruminantes visa aumentar a produtividade e gerar menor emissão de gases de efeito estufa pelos animais, gerando créditos de carbono e atendendo ao interesse da iniciativa privada.

De acordo com Grainger (2008), estimativas de inclusão extra de 2% de gordura, através da utilização de tortas ou farelos de oleaginosas, na dieta de bovinos de leite da Austrália, ocasionaria uma redução de 12% na emissão de metano, o que, em termos econômicos em um comércio de abatimento de CO₂, valeria aproximadamente AU\$ 30.5 Milhões (dólares australianos) para a indústria leiteira.

2.4.1 Composição nutricional das tortas e farelos

As tortas são obtidas após a extração mecânica do óleo e os farelos através da extração por solventes. Este último método de extração possibilita a obtenção de um material com baixo teor de óleo (menor que 1,5%), assim resultando em um maior teor de proteína bruta (Evangelista et al., 2007).

Vários trabalhos de investigação da qualidade nutricional das tortas e farelos têm mostrado o potencial de utilização desses materiais na alimentação dos animais (Balbinot et al., 2006; Albuquerque, 2006; Neiva Junior et al., 2007; Silva et al., 2005a, 2005b; Arriel et al., 1999; Costa et al., 2004; Evangelista et al., 2007; Barbosa, 2004; Valadares Filho et al., 2002). Na Tabela 2 é apresentada uma compilação dos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra bruta (FB) de algumas tortas de oleaginosas.

TABELA 2 Teores de proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta (% em base seca) de algumas tortas de oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel no Brasil

Espécie	Proteína Bruta		Extrato etéreo		Fibra bruta	
	min	max	min	max	min	max
Amendoim	41	45	8	9	14	15
Babaçu	18	20	7	8	26	29
Canola	32	36	22	24	7	8
Caroço de algodão	42	47	3	3	10	11
Dendê/Palma	14	15	6	7	38	43
Gergelim	36	40	12	13	5	5
Girassol	20	22	20	22	21	23
Mamona	39	43	4	4	18	20
Nabo forrageiro	34	38	22	24	19	21
Pinhão-manso	25	60	4	12	40	45
Soja	42	47	3	4	7	8
Média	35		11		20	

Fonte: Abdalla et al. (2008).

O conteúdo protéico dessas tortas é relativamente alto (35%), com variação de 14 a 60%, sugerindo a utilização como fonte de proteína para os animais. O teor de gordura (EE) também varia consideravelmente (3 a 24%), o que pode ser outro benefício para os ruminantes, considerando que a inclusão de óleo na dieta pode auxiliar na mitigação de metano entérico (Grainger, 2008). O teor de fibra é relativamente baixo (20%), o que corrobora em conferir a essas tortas serem classificadas como alimento concentrado (Morrison, 1966) rico em

nutrientes (mínimo de 63% de nutrientes digestíveis totais estimado de acordo com Kearn (1982).

Um dos pontos críticos da utilização das tortas e farelos na alimentação animal é a infestação pós-colheita pelo fungo *Aspergillus flavus* que produz toxina de alta letalidade (hepatotóxica, cancerígena e teratogênica), a aflatoxina, entretanto, cuidados na colheita e armazenagem reduzem consideravelmente os problemas advindos da infestação.

Vários desses subprodutos apresentam fatores antinutricionais ou compostos bioativos específicos, desde agentes goitrogênicos, glucosinolatos, ácido fítico, gossipol, tanino e saponinas, até compostos altamente tóxicos, como no caso do forbol encontrado em tortas de pinhão manso (Makkar et al., 1998; Makkar & Becker, 1999). Por outro lado, alguns desses compostos são termolábeis e o desenvolvimento de variedades livres têm favorecido a introdução das tortas e farelos na dieta de ruminantes.

Para investigar e quantificar a presença dos metabólitos secundários bioativos nas tortas e farelos, é possível proceder a extração com metanol e/ou solução de acetona e o extrato analisado em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), conforme metodologia específica para éster de forbol (Makkar & Becker, 1999), gossipol (Cai et al., 2004), ricina (Reyes & Koda, 2001) e flavonóides (Pekkarinen et al., 1999).

2.4.2 O nabo forrageiro (*Raphanus sativus*)

O nabo forrageiro pertence à família Brassicaceae (ou Cruciferae), é uma das espécies mais antigas no que diz respeito à extração de óleo vegetal e é cultivado, em maiores quantidades, na Ásia Oriental (Integrated Taxonomic Information System - ITIS, 2007).

Segundo Pereira (2006), o nabo forrageiro teve sua origem no sul da Europa e apresenta as seguintes características: é uma cultura anual de inverno,

herbácea, ereta, ramificada, dotada de pêlos ásperos, raiz pivotante e às vezes tuberosa, podendo atingir até 180 cm de comprimento, folhas alternadas, inflorescências na base do caule em racemos longos e flores predominantemente brancas.

Devido a características positivas, principalmente com relação à tolerância a baixas temperaturas (geadas), elevada capacidade de reciclagem de nutrientes [principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P)], desenvolvimento rápido (150 a 200 dias) e boa resistência à acidez de solos, essa cultura tem sido muito empregada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, na adubação verde de inverno e como planta de cobertura, para proteger o solo (Crusciol et al., 2005; Tomm et al., 2002, citados por Wilhelm et al., 2006).

O nabo forrageiro pode ser utilizado em consórcio com leguminosas e como forrageira (apesar de parecer ser menos palatável que a aveia preta e o azevém) (Pereira, 2006).

Segundo Wilhelm et al. (2006), a torta de nabo forrageiro, oriunda do processo de extração mecânica do óleo, apresenta um alto valor de mercado porque, além de ser isenta de resíduos de solvente, tem um elevado teor de proteínas e gordura (aprox. 8% de óleo residual).

Por se tratar de uma planta oleaginosa de fácil cultivo, com produtividade mínima de 500 kg de sementes por hectare (com teor de óleo entre 40 e 54%), o óleo de nabo já integra o quadro nacional de matérias-primas regionais para produção de biodiesel (Wilhelm et al., 2006).

2.4.3 O pinhão manso (*Jatropha curcas*)

O pinhão manso é um arbusto da família Euphorbiaceae, é nativo da América do Sul e tem sido explorado agronomicamente com sucesso na América Central, Índia e África. Essa planta já é conhecida no Brasil desde o

período colonial, porém seu processo de domesticação iniciou-se somente nos últimos 30 anos (Saturnino et al., 2005).

Pode-se encontrar o pinhão manso em regiões tropicais de todo o mundo e a planta cresce rapidamente em solos pedregosos e de baixa umidade (Makkar et al., 1998).

Segundo Heller (1996), o pinhão manso é uma pequena árvore ou um grande arbusto que chega até 5 m de altura. É latescente, possui folhas alternas, longo-pecioladas, cordiformes, lobadas, com cinco lobos. As flores são unissexuadas, pequenas, pentâmeras, amarelo-esverdeadas em panículas terminais ou axilares e com as flores masculinas ocupando as extremidades superiores dos ramos. Os frutos são cápsulas tricocas, coriáceas, lisas com três sementes lisas e escuras (Oliveira et al., 2003).

O pinhão manso é uma planta de multipropósito, pois possui propriedades medicinais e também fornece óleo para variadas funções. Com isso, tem ganhado cada vez mais importância econômica (Aregheore et al., 2003).

Com o advento da produção de biodiesel no Brasil, gera-se uma grande expectativa quanto à utilização do pinhão manso devido as suas vantagens de utilização em relação às matérias-primas já conhecidas, como a mamona, por exemplo. Dentre essas vantagens, destacam-se: é uma cultura perene, possui uma menor exigência hídrica, menor exigência nutricional e, principalmente, seu grande rendimento agrônomico, com média de 5 toneladas de sementes por hectare, o que significa 1,75 toneladas de óleo vegetal por hectare, ou seja, quase quatro vezes o rendimento do óleo da mamona (Paulino et al., 2006).

Apesar do seu enorme potencial, o pinhão manso apresenta desvantagens em relação às outras oleaginosas devido à presença de fatores antinutricionais (fitatos e inibidores de tripsina) e compostos tóxicos (curcina e ésteres de forbol) (Makkar et al., 1997; Martinez-Herrera et al., 2006). Porém,

pode ser utilizado na alimentação animal desde que tratamentos adequados e eficientes sejam realizados para a redução ou eliminação desses fatores, contudo a viabilidade econômica é questionável (Aregheore et al., 2003).

Pesquisas incipientes conduzidas por Aderibigde et al. (1997) mostram valores de digestibilidade da matéria orgânica da torta de pinhão manso em torno de 60% e do farelo em torno de 70%. Por outro lado, um dos grandes problemas encontrados nesse vegetal é a grande variabilidade que existe entre suas variedades.

2.4.4 O tremoço (*Lupinus albus*)

O tremoço é uma espécie pertencente ao gênero *Lupinus* (mais de 200 espécies) e à família *Leguminosae*. As espécies do gênero *Lupinus* estão distribuídas em dois centros de origem. Uma corresponde ao Mediterrâneo e a outra se estende através da América do Sul (Dervas et al., 1999). As espécies mais cultivadas de tremoço são *Lupinus albus* (tremoço branco), *Lupinus angustifolius* (tremoço azul), *Lupinus luteus* (tremoço amarelo) e *Lupinus mutabilis*. As três primeiras espécies são originárias do Mediterrâneo. O tremoço é cultivado, principalmente, por três razões: como alimento para ruminantes; como adubo verde, contribuindo na melhoria da estrutura do solo e na nutrição humana, devido aos seus elevados teores protéico e de óleo (Faluyi et al., 2000).

O tremoço é uma planta de porte ereto que normalmente mede entre 50 cm e 2 m de altura. As folhas são formadas por um número ímpar de folíolos. As espécies cultivadas para alimentação são pouco vistosas e com inflorescência pequena. A cor das pétalas varia do branco ao azul intenso. Seu fruto é um legume e as sementes têm forma de esfera. O teor de óleo dos grãos é de 20%, com uma produção por hectare de 1 a 2 toneladas. A adaptação é ampla e o ciclo tem uma duração de 150 a 180 dias (Costa, 2003).

Segundo Almeida (1999), existem variedades, como os tremoços doces, que são melhoradas através de um gene recessivo que vai conferir um teor em alcalóides mais baixo do que aqueles que são amargos. A grande vantagem do adoçamento é a obtenção de variedades mais resistentes do ponto de vista agrícola, dispensando a passagem pelo processo de "desamargamento" e, conseqüentemente, a utilização direta e mais adequada na indústria. Como exemplo, a produção de farinhas com aditivos nutricionais para a alimentação humana e as rações para animais. Podem ser incorporadas doses significativas de *Lupinus* na alimentação, em substituição de um outro agente que também seja rico em proteína, como, por exemplo, a soja. Esta, além de ser uma cultura agrícola mais exigente é também muito mais cara.

O *Lupinus albus* apresenta altas quantidades de proteínas, em torno de 32 - 38%, e 10% de óleo e não contém inibidores de tripsina. A composição em aminoácidos é limitante principalmente para a metionina. Apresenta também, em sua composição, cálcio (Ca), fósforo (P), ferro (Fe) e vitaminas B1 e B2. Sabe-se, ainda, que as espécies de tremoço apresentam alta digestibilidade.

O tremoço tem sido usado como alimento para ruminantes devido às suas características nutricionais. O teor de proteína bruta (PB) é de aproximadamente 355 g.kg¹ de matéria orgânica e a digestibilidade da matéria orgânica é de 911g.kg⁻¹. O tremoço contém poucas quantidades de amido (0,3 a 0,5%) pelo qual se constitui em uma excelente alternativa suplementar (Brand et al., 1992; Leng, 1990, citado por Brand et al., 1997).

O perfil de ácidos graxos do tremoço é descrito pela alta proporção de insaturados e a transferência dessa característica para o tecido lipídico do animal consumido pelos humanos é passível de trazer benefícios à saúde humana (Manucci et al., 2005).

2.5 O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*)

Originária da África e introduzida no Brasil em 1920 (Brunken, 1977), a espécie *Pennisetum purpureum* Schum tornou-se conhecida pelo nome de seu descobridor, o coronel Napier, embora possua uma diversidade de denominações comuns empregadas em diferentes regiões, como capim-elefante, capim-napier, capim-gigante e capim cana africana (Pereira, 1999).

A espécie é perene, possui crescimento cespitoso, colmos eretos e cilíndricos, folhas compridas (30 – 120 cm) e largas (2 a 4 cm), inflorescência primária terminal do tipo panícula e perfilhos basais e aéreos. Apresenta diversas variedades ou cultivares que, em geral, se diferenciam por caracteres agrônômicos (Bogdan, 1977; Alcântara & Bufarah, 1986).

Segundo Azevedo (1985), no Brasil são utilizadas várias espécies forrageiras em decorrência, principalmente, das variações climáticas e edáficas que ocorrem frequentemente proporcionando alterações no potencial forrageiro das mesmas. Porém, as forrageiras do grupo elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) apresentam adaptação favorável às condições de clima e solo em praticamente todo o território brasileiro, fazendo com que sejam utilizadas em larga escala para a formação de capineiras e pastagens.

A produtividade das pastagens brasileiras, além de baixa, é marcadamente estacional, sendo o Nitrogênio e o Fósforo os nutrientes que mais limitam a produção. O potássio (K) também é importante, especialmente quando se trata de forrageira com alta capacidade de produção de biomassa, como é o caso do capim-napier.

Ferreira (1973) afirma que o capim-napier, amplamente difundido por quase todo o Brasil Central, apresenta importante característica de alta produtividade por hectare/ano. No entanto, a maior parte da produção concentra-se na época chuvosa, quando a abundância de pasto dispensa o fornecimento de

verde picado aos bovinos. Por isso, tem sido pesquisada a sua conservação sob a forma de silagem, incluindo tratamentos prévios que beneficiariam a qualidade da silagem resultante.

Dentre as alternativas de suplementação com volumosos para bovinos no período da seca, Lima (1992) afirma que na época em que a forragem é escassa e apresenta baixo valor nutritivo, a ensilagem constitui um dos métodos mais importantes de conservação de forragem.

2.5.1 Ensilagem

Ensilagem pode ser definida como armazenamento de forragens úmidas sob condições anaeróbicas. Quando a forragem é ensilada sem a adição de produtos químicos, os preservativos que inibem mudanças microbianas e enzimáticas são unicamente os ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação anaeróbica (Silveira, 1975).

Brady (1960) relatou que em média até 65% da proteína poderá ser desdobrada durante o processo de fermentação, principalmente em silagens com alto teor de umidade.

Segundo Ojeda et al. (1990), os principais fatores que caracterizam a ensilabilidade de um material são: conteúdo de matéria seca (MS), concentração de carboidratos solúveis, compostos nitrogenados e capacidade tampão.

O alto teor de umidade, o baixo teor de carboidratos solúveis e o alto poder tampão das forrageiras a serem ensiladas são causas que induzem à ocorrência de fermentações secundárias ou clostrídicas, mas são fatores perfeitamente controláveis (Boin, 1973).

Segundo Brerein & Ulvesli (1960), o termo qualidade da silagem não é geralmente usado para denotar seu valor nutritivo, mas sim para descrever até que ponto o processo fermentativo ocorreu de maneira desejável.

Os parâmetros geralmente utilizados para critério de classificação das silagens são os ácidos orgânicos, o pH e o nitrogênio volátil como percentagem do nitrogênio total. Através deles pode-se obter informações sobre transformações e perdas ocorridas durante o processo de fermentação (Silveira, 1975).

As principais limitações à ensilagem das cultivares do capim-elefante são o alto teor de umidade e os baixos teores de carboidratos solúveis e de proteína bruta (Lima, 1992).

2.5.1.1 Aditivos na ensilagem

McDonald et al. (1991) definem aditivo como qualquer material adicionado à forragem no momento da ensilagem, apresentando como funções: a) estimular ou inibir a fermentação, b) inibir a deterioração aeróbica, c) nutrientes para melhorar o valor nutritivo da silagem e d) absorventes para reduzir as perdas de nutrientes por efluentes.

Corrêa & Pott (2001) afirmam que os aditivos podem ser divididos em três categorias gerais: a) estimulantes da fermentação, tais como enzimas e inoculantes bacterianos, b) inibidores de fermentação, tais como ácidos orgânicos e inorgânicos e c) substratos ou fontes de nutrientes, tais como melaço, cama de frango e uréia, dentre outros. Alguns substratos podem estar associados a mais de um efeito, como os que estimulam a fermentação, têm capacidade absorvente e também são fontes de nutrientes.

Condé (1970), ensilando o capim-elefante Taiwan A-146 com doses que variaram de 0 a 95 kg de fubá/tonelada de massa verde, concluiu que este aditivo não teve maior efeito sobre a fermentação das silagens. Entretanto, verificou que o fubá aumentou os teores de carboidratos solúveis e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens.

2.5.2 Qualidade da silagem

O teor de umidade determina os problemas potenciais que podem ser encontrados no processo de ensilagem. Segundo Muck (2001), o teor de MS deve variar de 30 a 50%, sendo que em silagens com teor menor que 30% as perdas por efluente e fermentação por clostrídios são significativas, e com teores maiores que 50% ocorrem danos por calor e deterioração devido à dificuldade de compactação.

À medida que aumenta o teor de MS, aumenta o pH crítico, sendo que, para um mesmo teor de MS, esse valor de pH é sempre mais baixo para gramíneas do que para leguminosas (Muck, 2001). A capacidade tampão também assume um importante papel nesse processo. Quanto mais alta a capacidade tampão, mais ácido deverá ser produzido para baixar o pH a um nível crítico para inibição dos clostrídios (McDonald, 1981).

O teor de carboidratos solúveis das plantas forrageiras por ocasião da ensilagem é um outro fator fundamental para que os processos fermentativos se desenvolvam de maneira eficiente (Vilela, 1997). Os principais carboidratos solúveis presentes em culturas forrageiras são frutose, glicose, sacarose e frutanas (Woolford, 1984).

As bactérias ácido-láticas são os mais importantes microorganismos para a preservação da silagem, fermentando açúcares a ácido lático. Os açúcares são os principais substratos das bactérias ácido-láticas para a produção dos ácidos, consequentemente reduzindo o pH e preservando o material ensilado (Bolsen, 1995).

O poder tampão de uma forragem representa sua capacidade de resistir às variações de pH. A maior parte das propriedades tamponantes das forragens podem ser atribuídas aos ânions (sais, ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos), com somente 10 a 20% resultantes da ação de proteínas vegetais. A razão entre carboidratos solúveis e poder tampão é de fundamental

importância no processo de ensilagem. Quando essa razão diminui, um aumento mínimo no teor de MS é requerido para evitar fermentações indesejáveis no interior do silo (Vilela, 1997).

A ensilagem de plantas que apresentam teor de MS inferior a 21%, carboidratos solúveis inferiores a 2,2% na massa verde e baixa relação entre carboidratos solúveis e poder tampão apresenta riscos de fermentações secundárias maiores, tornando-se imprescindível o uso de recursos que, de alguma forma, modifiquem estas condições (Weibback et al., 1974; Wilkinson et al., 1982, citados por Vilela, 1997). Cathpoole & Henzel (1971) recomendam teores de carboidratos solúveis entre 13 e 15%. Quanto maior for o teor de carboidratos solúveis, mais ácido será formado e, portanto, mais rápida e intensa será a acidificação.

Os parâmetros normalmente utilizados para avaliação da qualidade de uma silagem são o índice de pH, os ácidos orgânicos e o nitrogênio amoniacal (% do N total).

Os ácidos orgânicos mais importantes são o láctico, o acético e o butírico (Consentino, 1978). Estes ácidos, principalmente o láctico, protege o nitrato do ataque dos clostrídios. Já a presença de ácido butírico é indicadora do crescimento dos mesmos (Ruiz, 1992). O ácido láctico é um ácido muito mais forte que o acético e reduz o pH mais rapidamente. Altos teores de ácido acético podem reduzir o consumo da silagem por bovinos de corte e leite (Bolsen, 1995), porém alguns autores reconhecem a importância do ácido acético na conservação de silagens de capim-elefante. Para McDonald (1981), uma concentração mínima de 3% de ácido láctico é um indicativo de silagem de boa qualidade. Silagens de boa qualidade devem apresentar um teor elevado de ácido láctico, além de apresentar ampla relação entre o ácido láctico e os demais ácidos orgânicos (Consentino, 1978).

Para McCullough (1961), citado por Silveira (1975), os ácidos orgânicos que aparecem nas silagens são láctico, acético, butírico, succínico, fórmico e propiônico, sendo os três primeiros os mais importantes. A quantidade presente de ácido láctico é o indício de fermentação desejável, enquanto a presença do ácido butírico indica uma intensa degradação das proteínas.

De acordo com McDonald et al. (1991), se o pH do meio não atingir rapidamente o nível ideal, fermentações secundárias indesejáveis, como a butírica, passarão a se desenvolver sobre os lactatos produzidos e os açúcares residuais.

Uma silagem é considerada de boa qualidade quando o pH é igual ou menor que 4,2; o ácido butírico menor que 0,2% e a amônia igual ou inferior à 8% (Silveira, 1975).

A amônia (NH₃) também constitui um indicador de qualidade da silagem. A amônia pode ser produzida pela hidrólise de proteínas pelas proteases vegetais e também pelos clostrídios que podem causar fermentação secundária, degradando aminoácidos a aminas e amônia (Bolsen, 1995). Com exceção das plantas que contêm componentes que inibem a proteólise, a quantidade desta durante a ensilagem de muitas leguminosas e gramíneas C₃ e C₄ é razoavelmente explicada pelo Nitrogênio total e pelo teor de MS da cultura, aumentando com a elevação do teor de Nitrogênio total e diminuindo com o aumento do teor de MS (Muck, 2001).

2.6 Bioensaio através da metodologia *in vitro* da produção de gases

Apesar de não ser uma técnica recente, pois McBee (1953), citado por Theodorou et al., (1994) utilizou um sistema manométrico para o estudo da digestão da fibra, somente no final da década de 80 passou a ser utilizada mais frequentemente na avaliação de alimentos. Menke et al. (1979) estimaram o valor energético de alimentos por meio da técnica de produção de gás. Pell e

Schofield (1993) utilizaram a técnica de produção de gás para avaliação de alimentos a partir de um sistema computadorizado para as leituras de pressão gerada nos frascos de incubação, à medida que se processa a fermentação. Theodorou et al. (1994), com a utilização de um sistema semi-automatizado, mensuraram a pressão e o volume de gases produzidos. Malafaia et al. (1998), utilizando um sistema que consiste de uma seringa acoplada a um manômetro, fizeram leituras de pressão e volume dos gases para estimativa das características cinéticas da matéria seca de alguns alimentos.

Este sistema possibilita a estimativa da degradabilidade do alimento por correlação entre a produção microbiana de gases e a matéria orgânica fermentada. Equações de regressão são utilizadas para converter a produção de gases em matéria orgânica digerida.

A técnica *in vitro* da produção de gases vem sendo utilizada para avaliações de alimentos em relação à fermentação ruminal. O equipamento utilizado é o semi-automático, desenvolvido na Universidade de Reading (Inglaterra) e descrita por Maurício et al. (1999). Alguns autores utilizaram esta metodologia com a adição de agentes ligantes de taninos (principalmente o polietileno glicol – PEG) para avaliar os efeitos do tanino nos processos digestivos dos ruminantes (Makkar et al., 1997; Getachew et al., 1998).

Os aumentos nas produções de gases, ou degradabilidade, com a adição de agentes capazes de se ligarem aos taninos podem ser usados como índices dos efeitos dos taninos na degradação ruminal (Silanikove et al., 2001). Esses autores consideram como vantagens da metodologia a simplicidade do sistema e a diminuição dos efeitos causados pela insolubilidade dos taninos, embora classifiquem as informações como qualitativas (informam pouco sobre os efeitos *in vivo*).

Diversas variáveis, incluindo tamanho da amostra, quantidade de inóculo, tamanho do recipiente e tipo de sensor de pressão, têm sido investigadas

por diversos autores a fim de determinarem a faixa de produção de gás que pode ser medida com precisão (Pell & Schofield, 1993).

Quando um alimento é incubado *in vitro* com o fluido ruminal tamponado, os carboidratos são fermentados a ácidos graxos voláteis (AGV) como acetato, propionato e butirato, gases (principalmente CO₂ e CH₄) e células microbianas (Wolin, 1960; Blummel & Orskov, 1993). A quantidade de gás produzida pela fermentação de proteínas é menor do que aquela oriunda de carboidratos (Wolin, 1960) e considera-se a insignificante contribuição da gordura na produção de gás.

Existem vários fatores que afetam a fermentação dos alimentos pelos microrganismos ruminais e, conseqüentemente, a produção de gás. Anaerobiose, temperatura, pH e tamponamento adequados são fatores importantes na fermentação *in vitro* (Getachew et al., 1998).

A digestão anaeróbia da celulose e outros tipos de fibra produzem AGV's, CO₂, CH₄ e traços de H₂. Os AGV's reagem com o bicarbonato tampão, liberando CO₂ e produzindo os gases simultaneamente à digestão da fibra (Blummel & Orskov, 1993).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADERIBIGBE, A.O.; JOHNSON, C.O.L.E.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; FOIDL, N. Chemical composition and effect of heat on organic matter-and nitrogen-degradability and some antinutritional components of *Jatropha* meal. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.67, n.2, p.223-243, July 1997.

ALBUQUERQUE, N.I. **Emprego do babaçu (*Orbignya phalerata*) como fonte energética para catetos (*Tayassu tajacu*)**. 2006. 80p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba.

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 150p.

AREGHEORE, E.M.; BECKER, K.; MAKKAR, H.P.S. Detoxification of a toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments, and preliminary nutritional evaluation with rats. **South Pacific Journal of Natural Science**, Suva, v.21, n.9, p.50-56, Sept. 2003.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal reponse trials. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, n.7, p.1416-1425, July 1997.

ARRIEL, N.H.C.; VIEIRA, D.J.; FIRMINO, P.T. Situação atual e perspectivas da cultura do gergelim no Brasil. In: QUEIRÓZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br>>. Acesso em: 15 set. 2008.

AZEVEDO, G.P.C. de. **Produção, composição química e digestibilidade “in vitro” do capim elefante (*Pennisetum purpureum* SCHUM.) “Cameroon” em diferentes idades.** 1985. 79p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

BALBINOT, N.S.; SCHNEIDER, R.C.S.; RODRIGUEZ, A.A.L.
Aproveitamento dos resíduos da produção de oleaginosas e da extração de óleo. Montevideo: AIDIS, 2006. Disponível em:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR05423_B_albinot.pdf>.
Acesso em: 15 set. 2008.

BARBOSA, F.A. **Alimentos na nutrição de bovinos.** [S.l.]: Portal Agronomia. Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_nutricao_bovinos.htm>. Acesso em: 15 set. 2008.

BARROS, G.S.A.C.; SILVA, A.P.; PONCHIO, L.A.; ALVES, L.R.A.; OSAKI, M.; CENAMO, M. Custos de produção de biodiesel no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v.15, n.3, p.36-50, set. 2006.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.86, n.2, p.237-245, Apr. 2006.

BLUMMEL, M.; ORSKOV, E.R. Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.40, n.2-3, p.109-119, 1993.

BOGDAN, A.V. **Tropical pastures and fodder plants.** New York: Longman, 1977. 475p.

BOIN, C. Ácido fórmico como aditivo para preservação de forragens. **Zootecnia**, Nova Odessa, v.11, n.3, p.257-73, set. 1973.

BOLSEN, K.K. Silage: basic principles. In: BARNES, R.F.; MILLER, D.A.; NELSON, C.J. **Forages.** 5. ed. Ames: Iowa State University, 1995. p.163-176.

BRADY, C.J. Redistribution of nitrogen in grass and leguminous fodder plants during wilting and silage. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.11, n.5, p.276-284, May 1960.

BRAND, T.S.; FRANK, F.; DURAND, A.; COETZEE, J. Intake and production of ewes grazing oat stubble supplemented with sweet lupin (*Lupinus albus*) seed. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.26, n.1, p.93-103, Dec. 1997.

BRASIL. **Lei n. 11.097, de 13 de janeiro de 2003**. Dispõe sobre criação do programa nacional de produção e uso de biodiesel e sobre a adição de biodiesel ao óleo diesel. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 9 ago. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia 2006/2011**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005a. 118p.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Aspectos tecnológicos do biodiesel**: grupo de trabalho interministerial - biodiesel. Brasília, 2005b. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br>. Acesso em: 16 set. 2007.

BRUNKEN, J. A systematic survey of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Graminae). **American Journal of Botany**, Columbus, v.64, n.2, p.161-176, Feb. 1977.

BUSCHINELLI, C.C.A. Impacto ambiental dos resíduos agrpecuários e agroindustriais na alimentação animal. In: SIMPÓSIO “UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES,” 1992, São Carlos. **Anais ... São Carlos: EMBRAPA/UEPAE**, 1992. p.45-67.

CAI, Y.F.; ZHANG, H.; ZENG, Y. An optimized gossypol high-performance liquid chromatography assay and its application in evaluation of different gland genotypes of cotton. **Journal of Biosciences**, Bangalore, v.29, n.1, p.67-71, Mar. 2004.

CATHPOOLE, V.R.; HENZEL, E.F. Silage and silage-marking from tropical herbage species. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v.41, n.3, p.213-221, Sept. 1971.

CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; CROOKER, B.A. Supplying the protein needs of dairy cattle from by-product feeds. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.70, n.5, p.1092-1109, May 1987.

CONDÉ, A. dos R. **Efeito da adição de fubá sobre a qualidade da silagem de capim-elefante, cortado com diferentes idades**. 1970. 28p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CONSENTINO, J.R. Fermentações na silagem. **Zootecnia**, Nova Odessa, v.16, n.1, p.57-61, jan./mar. 1978.

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

COSTA, A. Agronomia aplicada às matérias primas para a produção de biodiesel. In: SEMINÁRIO DE BIODIESEL DO ESTADO DO PARANÁ, 1., 2003, Paraná. **Anais...** Paraná: Instituto Agrônomo do Paraná, 2003. p.19-27. Disponível em: <<http://www.tecpar.br/cerbio/Palestras/17%20-%20A%20Costa-IAPAR-Agronomia...pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2008.

COSTA, F.X.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; FREIRE, R.R.M.; LUCENA, A.M.A. de; GUIMARÃES, M.M.B. Avaliação de teores químicos na torta de mamona. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v.4, n.2, p.1-7, 2004. Disponível em: <<http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/pdf/tortamamona.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2008.

CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo-forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, fev. 2005.

DERVAS, G.; DOXASTAKIS, G.; ZINOVIADI, S.; TRIANDATA, L.L.N. Lupin our addition to wheat .our doughs and effect on rheological properties. **Food Chemistry**, London, v.66, n.1, p.67-73, July 1999.

EVANGELISTA, A.R.; LOPES, J.; ABREU, J.G.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A.C. Avaliação da composição química de tortas de amendoim e mamona obtidos por extração com etanol. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: ABIPTI, 2007. p.1-4. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/producao/7.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2008.

EZEQUIEL, J.M.B.; SILVA, O.G.C.; GALATI, R.L. Desempenho de novilhos Nelore alimentados com casca de soja ou farelo de gérmen de milho em substituição parcial ao milho moído. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35, n.2, p.569-575, mar. 2006.

FADEL, J.G. Quantitative analyses of selected plant by-products feedstuffs, a global perspective. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.79, n.4, p.255-268, June 1999.

FALUYI, M.A.; ZHOU, X.M.; ZHANG, F.; LEIBOVITCH, S.; MIGNER, P.; SMITH, D.L. Seed quality of sweet white lupin (*Lupinus albus*) and management practice in eastern Canada. **European Journal of Agronomy**, London, v.13, n.1, p.7-37, July 2000.

FERREIRA, J.J. **Efeito do estágio de desenvolvimento do pré-murchamento e da adição de raspa de mandioca sobre o valor nutritivo da silagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* SCHUM)**. 1973. 42p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FERRES, D. Análise integrada dos custos de produção e comercialização do biodiesel no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIODIESEL ABIOVE/TECPAR, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: [s.n.], 2003. p.112-123.

GETACHEW, G.; BLUMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.72, n.3, p.261-281, June 1998.

GRAINGER, C. **GIA methane**: increasing fat can reduce methane emissions. [S.l.]: Department of Primary Industries, 2008.

GRASSER, L.A.; FADEL, J.G.; GARNETT, I.; PETERS, E.J. de. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.78, n.4, p.962-971, Apr. 1995.

HELLER, J. **Physic nut: jatrofa curcas L: promoting the conservation and use of underutilized and neglected**. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research/International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 66p.

INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM - ITIS. **Search in plant kingdom for scientific name exactly for 'raphanus sativus'**. Disponível em: <<http://www.itis.usda.gov/index.html>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

KEARL, L.C. **Nutrient requirements of ruminants in developing countries**. Logan: International Feed Stuffs Institute/Utah Agriculture Experimental Station/Utah State University, 1982.

LIMA, J.A. de. **Qualidade e valor nutritivo da silagem mista de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* SCHUM) e soja (*Glicine Max* (L) Merrill), com e sem adição de farelo de trigo.** 1992. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

MAKKAR, H.P.S.; ADERIBIGBE, A.O.; BECKER, K. Comparative evaluation of non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. **Food Chemistry**, London, v.62, n.2, p.207-215, June 1998.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Plant toxins and detoxification methods to improve feed quality of tropical seeds. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.12, n.3, p.467-480, 1999.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, n.8, p.3152-3157, Aug. 1997.

MALAFIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C. da; PEREIRA, J.C. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas, metabólicas e não invasivas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.27, n.2, p.370-380, mar. 1998.

MANUCCI, F.; DI FRANCA, A.; ROMANO, R.; MARESCA, M.T.; LAMBIASE, G.; VARRICCHIO, M.L.; PROTO, V. Effect of *Lupinus albus* as protein supplement on yield, constituents, clotting properties and fatty acid composition in ewes' milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.65, n.3, p.251-259, Oct. 2005.

MARTINEZ-HERRERA, J.; SIDDHURAJU, P.; FRANCIS, G.; DÁVILA-ORTÍZ, G.; BECKER, K. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provances of *Jatropha curcas* L. from México. **Food Chemistry**, London, v.96, n.1, p.80-89, May 2006.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.79, n.4, p.321-330, June 1999.

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage.** New York: J. Wiley, 1981. 207p.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. New York: Chalcombe, 1991. 339p.

MENEGHETTI, C. de C.; DOMINGUES J. L. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, MG, v.5, n.2, p.512-536, mar./abr. 2008.

MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STAINGASS, H.; FRITZ, H.; SCHNEIDER, W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuff from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.93, p.217-222, Jan. 1979.

MUCK, R. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND, 19., 2001, São Pedro. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2001. 1 CD-ROM.

NEIVA JÚNIOR, A.P.; CLEEF, E.H.C.B. van; PARDO, R.M.P. Subprodutos agroindustriais do biodiesel na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: ABIPTI, 2007. p.71-74. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/coproduto/22.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2008.

OJEDA, F.; ESPERANCE, M.; DIAZ, D. Mezclas de gramíneas y leguminosas para mejorar el valor nutritivo de los ensilajes tropicales: I: utilización del dolichos (*Lablab purpureum*, L.). **Pastos y Forrajes**, Indio Hatuey, v.13, n.2, p.189-196, May 1990.

OLIVEIRA, R.B.; GODOY, S.A.P.; COSTA, F.B. **Plantas tóxicas: conhecimento para a prevenção de acidentes**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. v.1, 64p.

PAULINO, P.V.R.; PORTO, M.O.; OLIVEIRA, A.S.; SALES, M.F.L.; MORAES, K.A.K. Interação lavoura-pecuária: utilização do pasto e subprodutos. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 5., 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2006. p.157-219.

PEEL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.4, p.1063-1073, Apr. 1993.

PEKKARINEN, S.S.; HEINONEN, I.M.; HOPIA, A.I. Flavonoids quercetin, myricetin, kaemferol and catechin as antioxidants in methyl linoleate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.79, n.4, p.499-506, Mar. 1999.

PEREIRA, A.R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: FAPI, 2006. 150p.

PEREIRA, A.V. Germoplasma e diversidade genética do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* SHUM). In: _____. **Biologia e manejo do capim-elefante**. Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 1999. p.1-15.

PETROBIO. **Biodiesel**: viabilidade econômica. Ribeirão Preto, 2005.
Disponível em: <<http://www.plantebiodiesel.com.br/MANUAIS%20DO%20CD/27%20%20BIODIESEL%20%20VIABILIDADE%20ECONOMICApara%20100000%20Litros%20de%20Biodiesel%20por%20dia.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2008.

REYES, G.C.; KODA, R.T. Development of a simple, rapid and reproducible HPLC assay for the simultaneous determination of hypericins and stabilized hyperforin in commercial St. John's Wort preparations. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Amsterdam, v.26, n.5-6, p.959-965, Dec. 2001.

RUIZ, R. L. **Microbiologia zootécnica**. São Paulo: Roca, 1992. 314p.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão manso (*Jatrofa curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.44-78, dez. 2005.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F.; VELOSO, C.M.; CARVALHO, G.G.P. de; CEZÁRIO, A.S.; SANTOS, C.C. Digestibilidade aparente de dietas contendo farelo de cacau ou torta de dendê em cabras lactantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.405-411, abr. 2005a.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F.; VELOSO, C.M.; CARVALHO, G.G.P. de; CEZÁRIO, A.S.; SANTOS, C.C. Farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.) e torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na alimentação de cabras em lactação: consumo e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.34, n.5, p.1786-1794, set. 2005b.

SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 2., 1975, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1975. p.156-180.

STORCK BIODIESEL. **O que é o biodiesel?** Curitiba. Disponível em: <www.storckbiodiesel.com.br>. Acesso em: 5 set. 2008.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; MCALLAN, A.B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.48, n.3-4, p.185-197, Aug. 1994.
TUDO sobre biodiesel. Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/biodiesel.htm>>. Acesso em: 5 set. 2008.

UNIVERSIDADE DE AÇORES. **Energia renováveis:** biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.lamtecid.com/energias/biocombustiveis.php>>. Acesso em: 5 maio 2008.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** Viçosa, MG: UFV, 2002. 297p.

VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: CARVALHO M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; CARVALHO, L.A. **Capim-elefante:** produção e utilização. Brasília: EMPRAPA/SPI, 1997. p.113-160.

WILHELM, H.M.; DOMINGOS, A. K.; RAMOS, L.P. Processo de etanólise em meio alcalino do óleo bruto de nabo forrageiro. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério da Ciência e da Tecnologia, 2006. p.35-480.

WOLIN, M.J. A theoretical rumen fermentation balance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.43, n.10, p.1452-1459, Oct. 1960.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation.** New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

CAPÍTULO 2

Composição bromatológica, digestibilidade in vitro e qualidade fermentativa da silagem de capim elefante adicionada de tortas de nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço em diferentes proporções

RESUMO

O Brasil, devido a sua diversidade climática e de ecossistemas, permite uma gama de possibilidades de oleaginosas para produção de biodiesel. Novos co-produtos estão sendo gerados, trazendo a necessidade de se estudar a viabilidade de uso dessas fontes alimentares alternativas. O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa Animal da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e objetivou-se a determinação da composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das tortas de nabo forrageiro (TNF), pinhão manso (TPM) e tremoço (TT) e avaliar o efeito da adição destes co-produtos na qualidade da silagem de capim elefante. Os co-produtos foram ensilados em silos experimentais de PVC, adaptados com válvula tipo Bünsen, com capacidade para aproximadamente 4kg. O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, em que os tratamentos estavam arranjados segundo um esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os tratamentos de parcela seguiram um esquema fatorial 3 x 3 (3 tipos de torta - nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço; 3 níveis de inclusão de torta - 5, 8, e 11%) mais 1 tratamento adicional (capim puro). Os dados foram analisados utilizando rotinas do software Statistical Analysis System (SAS, 1999). Foram determinados os valores de MS, EE, PB, FDN, FDA, NIDN, NIDA, MM, CEL, LIG, pH, PT, AGV's, N-NH₃ e DIVMS. Houve efeito ($P < 0,05$) dos níveis de inclusão das tortas nos teores de MS das silagens, sendo que a TNF proporcionou maior teor de MS para as silagens. Houve efeito dos níveis de inclusão sobre o teor de PB e EE das silagens, sendo que as que continham TT apresentaram valores médios superiores às com TPM e TNF. Os teores médios de FDN e FDA foram diminuídos ($P < 0,05$) com a adição das tortas nos diferentes níveis de inclusão, sendo que os menores valores médios foram obtidos nas silagens contendo 11% de TT. Houve efeito da adição das tortas nos diferentes níveis sobre os teores médios de LIG. A DIVMS foi diminuída conforme a adição de níveis crescentes das tortas, exceto para TT. A adição das tortas de nabo forrageiro e tremoço nos níveis estudados são considerados viáveis na ensilagem de capim elefante em regiões com disponibilidade destes coprodutos.

Palavras- chave: biodiesel,, *Pennisetum purpureum*, silagem

ABSTRACT

Brazil, due to its climatic diversity and of ecosystems allows a range of possibilities of oilseed plants for biodiesel production. New co-products are being generated, bringing the need to study the viability of use of those alternative feeding sources. The experiment was conducted in the Animal Research Laboratory of the Federal University of Lavras (UFLA) and it aimed at the determination of the bromatologic composition and *in vitro* digestibility of the dry matter of red radish (TNF), jatropha (TPM) and lupine (TT) cakes and evaluation of the effect of adding these co-products on the quality of elephant grass silage. The products were ensiled in experimental PVC silos, fitted with Bünsen-type valves, with a capacity of about 4kg. The experiment was set up according to a completely randomized design (CRD) with three replicates, in which the treatments were arranged according to a split plot scheme in time. The plot treatments followed a factorial scheme 3 x 3 (3 types of cakes– forage radish, jatropha and lupine; 3 levels of inclusion of - 5, 8 and 11%) plus 1 additional treatment (only grass). The data were analyzed utilizing routines of the Statistical Analysis System software (SAS, 1999). The values of DM, EE, CP, NDF, ADF, NIDN, NIDA, MM, CEL, LIG, pH, PT, AGV's, N-NH₃ and DIVMS were determined. There was effects of (P<0.05) of the levels of inclusion of the cakes on the DM contents of the silages, namely, TNF provided highest DM content to the silages. There was effect of the inclusion levels on the content of CP and EE of the silages, that is, the ones containing TT presented average values higher than those with TPM and TNF. The average contents of NDF and ADF were decreased (P<0.05) with the addition of the cakes at the different inclusion levels, namely, the lowest average values were obtained in the silages containing 11% of TT. There was effect of adding the cakes at the different levels on the average contents of LIG. DIVMS was decreased according to the addition of growing levels of the cakes, except for TT. Addition of red radish and lupine cakes at the levels studied are regarded as viable in elephant grass ensiling in regions of availability of these co-products.

Keyword: biodiesel, *Pennisetum purpureum*, silage

1 INTRODUÇÃO

A destinação imprópria de coprodutos da agroindústria produzidos atualmente em larga escala em quase todo o Brasil é um problema merecedor de atenção com respeito à poluição ambiental. Dentre esses, destacam-se os coprodutos da indústria do biodiesel, como as tortas de nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço.

A produção de biodiesel é uma das possibilidades que vêm sendo levantadas para atender a demanda interna em mistura ao óleo diesel. A discussão sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira tem como objetivo a inclusão social, a organização dos agricultores, a demanda por recursos renováveis de energia, manifestações implícitas de interesses corporativistas setoriais e questões ambientais. Existem políticas que favorecem inúmeras fontes alternativas de óleo, como as oleaginosas, cuja produção seria realizada por populações-alvo de políticas de inclusão social, como é o caso da mamona no Nordeste.

O uso de co-produtos agroindustriais como fonte de nutrientes em dietas para animais tem sido praticado há décadas por nações industrializadas, onde milhões de toneladas desse material são produzidas a cada ano. Esse fato deve-se aos resultados de intensivas pesquisas desenvolvidas para encontrar métodos eficientes de reciclagem das “sobras” das indústrias.

O estudo da composição bromatológica e formas de utilização dos coprodutos do biodiesel é de grande importância para a área de produção e nutrição animal, pois existe uma grande variabilidade entre os alimentos. O conhecimento da qualidade do alimento contribui na formulação de dietas, mantendo um equilíbrio protéico das rações e concentrados utilizados na alimentação dos animais.

O capim-elefante destaca-se entre as gramíneas tropicais, por ser uma planta de alto potencial de produção e de boa composição bromatológica (Tosi,

1973). No entanto, uma das características das forrageiras é o decréscimo do valor nutritivo com o avanço da idade da planta. Uma das técnicas adotadas para manejo dessas forrageiras é o emprego da ensilagem do material para melhor conservação do seu valor nutritivo. Porém, essa gramínea apresenta um baixo teor de carboidratos solúveis, em torno de 9% na MS e teores de MS em torno de 20%, o que é insuficiente para garantir uma boa fermentação. Uma alternativa para melhorar os padrões fermentativos e, conseqüentemente, o valor nutritivo da silagem é a utilização de aditivos (Martin, 1997).

Cleef (2008), trabalhando com silagem de capim-elefante aditivadas com várias proporções de tortas de nabo forrageiro e pinhão manso, à medida que aumentou os níveis destes coprodutos obteve menores teores de FDN e FDA e valores de DIVMS e maiores teores de PB e EE em relação à silagem testemunha.

Os objetivos da condução deste trabalho foram determinar a composição bromatológica, qualidade fermentativa e digestibilidade *in vitro* das tortas de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), de pinhão manso (*Jatropha curcas*) e de tremoço (*Lupinus albus*) e avaliar o efeito da adição desses coprodutos na qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e condições climáticas

O trabalho foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada no município de Lavras, sul de Minas Gerais, posicionada a 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 918 m. O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwa, tendo duas estações distintas: chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro). A precipitação média anual é de 1529,7 mm e as temperaturas médias de máximas e mínimas são 26,1 e 14,8°C, respectivamente, com temperatura média anual de 19,4°C.

2.2 Tratamentos

O experimento foi constituído de dez tratamentos, como apresentado na TABELA 1.

TABELA 1 Tratamentos experimentais

TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS
T1 = ADICIONAL = 100% Capim-elefante
T2 = 95% Capim-elefante + 5% Torta de nabo forrageiro
T3 = 92% Capim-elefante + 8% Torta de nabo forrageiro
T4 = 89% Capim-elefante + 11% Torta de nabo forrageiro
T5 = 95% Capim-elefante + 5% Torta de pinhão manso
T6 = 92% Capim-elefante + 8% Torta de pinhão manso
T7 = 89% Capim-elefante + 11% Torta de pinhão manso
T8 = 95% Capim-elefante + 5% Torta de tremçoço
T9 = 92% Capim-elefante + 8% Torta de tremçoço
T10 = 89% Capim-elefante + 11% Torta de tremçoço

2.3 Co-produtos agroindustriais

Na confecção das silagens foram utilizadas tortas de nabo forrageiro e de pinhão manso resultantes da extração “a frio” de óleo e a torta de tremoço resultante da extração com solvente, para a produção de biodiesel.

A extração foi feita com a utilização de uma miniprensa mecânica, de aço inoxidável, modelo MPE-40 da Ecirtec LTDA., com capacidade para extração de 40 kg/h.

As tortas foram obtidas no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras - MG e o capim-elefante foi obtido no Departamento de Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Rio Pomba.

2.4 Preparo da silagem

O capim-elefante, com 60 dias de idade e aproximadamente 1,70 m foi picado em picadeira eletromecânica, antes de ser ensilado. Já as tortas (de nabo forrageiro, de pinhão manso e de tremoço) não sofreram nenhum tipo de pré-processamento.

As tortas foram pesadas e misturadas manualmente ao capim-elefante e o material foi ensilado em silos de PVC, com diâmetro de 10 cm e altura de 60 cm, adaptados com válvula tipo Bunsen e com capacidade aproximada de 4,0 kg de silagem.

A compactação da massa ensilada foi realizada manualmente com barra de ferro e madeira e, após a total compactação, os silos foram fechados, vedados com fita adesiva, identificados com etiquetas e acondicionados em local sob proteção da luz solar e chuva.

Foram retiradas amostras de cada coproduto isoladamente, bem como de cada tratamento antes da ensilagem, sendo que parte foi conservada em congelador e outra foi para a estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas,

moída e armazenada em potes de plástico devidamente identificados para análises posteriores.

2.5 Condução do experimento

O material permaneceu ensilado por 62 dias. Após esse período, os silos foram abertos e três amostras de cada um foram retiradas, tomando-se o cuidado em desprezar as partes superior e inferior do material ensilado. Dessas amostras, uma foi pesada e seca em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas e as outras foram colocadas em sacos plásticos devidamente identificados e guardadas em congelador.

Uma amostra adicional de 250g de cada tratamento foi tomada para a extração do suco da silagem para a determinação do pH, nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis.

2.6 Análises químicas

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, MG.

As amostras secas foram moídas em moinho do tipo Willey, com peneira de 30 mesh, armazenadas em potes plásticos devidamente identificados e encaminhadas ao laboratório.

As amostras dos co-produtos foram analisadas antes da ensilagem e nas silagens prontas, tendo sido realizadas determinações dos teores de MS, PB e EE conforme recomendações da Association of Official Analytical Chemist (1990).

Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), celulose (CEL) e lignina (LIG) foram determinados segundo técnicas descritas por Soest (1967).

O teor de hemicelulose (HC) foi calculado pela equação: $HC = FDN - FDA$ e o teor de MO calculado pela equação $MO = MS - MM$.

O teor de CNF foi calculado segundo a equação: $CNF = 100 - (FDN + PB + EE + MM)$, proposta por Hall (2000).

Para a determinação de fósforo foi utilizada técnica de oxidimetria e na de Cálcio, a colorimetria.

O teor de nitrogênio amoniacal no suco da silagem foi obtido de acordo com Tosi (1973).

As medidas de pH foram feitas com o uso de um potenciômetro (Silva & Queiroz, 2002).

As determinações do poder tampão foram realizadas utilizando-se amostras do material original, de acordo com a técnica descrita por Playne & McDonald (1966).

A determinação de ácidos graxos voláteis foi realizada no Laboratório de nutrição animal da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, utilizando a técnica de cromatografia gasosa, seguindo a metodologia de Shimadzu (1998), utilizando o equipamento Shimadzu CG17 A.

2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, em que os tratamentos estavam arrançados segundo um esquema de parcelas subdivididas no tempo (material original no dia 0 e silagens no dia 62). Os tratamentos de parcela seguiram um esquema fatorial 3 x 3 (3 tipos de torta – nabo, pinhão e tremoço; 3 níveis de inclusão de torta – 5, 8, e 11%) mais 1 tratamentos adicional (capim-elefante).

As análises para as variáveis MS, PB, EE, MM, FDN, FDA, NIDN, NIDA, LIG, CEL e DIVMS seguiram o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + e_{ij} + d_k + ad_{ik} + \varepsilon_{ijk}, \text{ em que:}$$

y_{ijk} é o valor da variável dependente na j-ésima repetição do i-ésimo tratamento no k-ésimo tempo analisado, com $j=1, 2, 3$;

μ é uma constante inerente a cada observação;

a_i é o efeito do i-ésimo tratamento, com $i = 1, \dots, 10$;

e_{ij} é o erro experimental associado a parcela, considerado erro (a) da análise de variância, normalmente distribuído com média zero e variância σ^2 ;

d_k é o efeito do k-ésimo tempo analisado, com $k = 1, 2, 3$;

ad_{ik} é o efeito da interação do k-ésimo tempo analisado com o i-ésimo tratamento;

ε_{ijk} é o erro experimental associado a subparcela, considerado erro (b) da análise de variância, normalmente distribuído com média zero e variância σ^2 ;

Para $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$.

$$a_i = n_l + t_m + nt_{lm}, \text{ em que:}$$

n_l é o efeito do l-ésimo nível de inclusão de torta, com $l = 1, 2, 3$;

t_m é o efeito do m-ésimo tipo de torta, com $m = 1, 2$;

nt_{lm} é o efeito da interação do l-ésimo nível de inclusão de torta com o m-ésimo tipo de torta;

Para $i = 10$.

$$a_i = g_n, \text{ em que:}$$

g_n é o efeito do tratamento adicional, com $n = 1$.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando rotinas do software Statistical Analysis System – SAS (1999).

As médias dos tratamentos em esquema fatorial foram comparadas à média do tratamento adicional, na parcela, por meio do teste F da análise de variância, com um nível nominal de significância de 5% e na subparcela, quando interagiridos com o tempo foram comparadas pelo teste de Scheffé.

Os efeitos de tipos de torta, quando significativos foram comparadas pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5% e os efeitos de níveis de inclusão de torta, quando significativos, tiveram suas médias comparadas pelo teste de Scott-Knott com o mesmo nível de significância.

As análises para as variáveis pH, PT, N-NH₃ e AGV seguiram o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ij} = \mu + a_i + \varepsilon_{ij}, \text{ em que:}$$

y_{ij} é o valor da variável dependente na j-ésima repetição que recebeu o i-ésimo tratamento, com $j=1, 2, 3$;

μ é uma constante inerente a cada observação;

a_i é o efeito do i-ésimo tratamento, com $i=1, \dots, 10$;

ε_{ij} é o erro experimental normalmente distribuído com média zero e variância σ^2 ;

Para $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$.

$$a_i = n_l + t_m + nt_{lm}$$

n_l é o efeito do l-ésimo nível de inclusão de torta, com $l = 1, 2, 3$;

t_m é o efeito do m-ésimo tipo de torta, com $m = 1, 2, 3$;

nt_{lm} é o efeito da interação do l-ésimo nível de inclusão de torta com o m-ésimo tipo de torta;

Para $i = 7$.

$a_i = g_n$, em que:

g_n é o efeito do tratamento adicional, com $n = 1$

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando rotinas do software Statistical Analysis System (SAS, 1999). As médias dos tratamentos em esquema fatorial foram comparadas à média do tratamento adicional por meio do teste F da análise de variância, com um nível nominal de significância de 5%. Os efeitos de tipos de torta, quando significativos, foram comparados pelo teste t de Student, com um nível nominal de significância de 5% e o efeito de níveis de inclusão de torta, quando significativos, tiveram suas médias comparadas pelo teste de Scott-Knott com o mesmo nível de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição bromatológica dos co-produtos

Os resultados referentes à composição bromatológica e digestibilidade dos coprodutos estão apresentados na TABELA 2.

TABELA 2 Médias da composição bromatológica e digestibilidade dos co-produtos utilizados na ensilagem

Variável	Co-produtos		
	TNF ¹	TPM ²	TT ³
MS (%) ⁴	92,51	92,88	91,71
MO (%)	84,54	87,23	88,66
PB (% na MS)	30,85	17,65	33,64
EE (% na MS)	16,49	18,75	6,55
FDN (% na MS)	20,83	49,87	27,40
FDA (% na MS)	13,85	38,26	13,67
HC (% na MS)	6,98	11,61	13,73
CEL (% na MS)	12,15	37,41	11,65
LIG (% na MS)	3,63	3,52	3,45
NIDN (%N Total)	32,12	50,12	25,80
NIDA (%N Total)	24,17	32,68	16,85
MM (% na MS)	7,97	5,65	3,05
CNF (% na MS)	23,86	8,08	29,36
Ca (% na MS)	0,32	0,42	0,26
P (% na MS)	0,69	0,65	0,38
DIVMS (%)	66,80	50,68	79,29
PT ⁵	16,85	18,46	18,22

¹ Torta de nabo forrageiro (TNF); ² Torta de pinhão manso (TPM); ³ Torta de tremoço (TT)

⁴ Com base na matéria natural; ⁵ Poder tampão.

Os teores de MS encontrados nas tortas de nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço foram muito próximos aos valores encontrados por Couto (2009), iguais a 92,2% de TNF, 92,83% de TPM e 90,53% de TT; e por Cleef (2008), 92,83% de TNF e 92,96% de TPM.

Os valores de MS encontrados nas tortas indicam que as sementes de nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço passaram pelo processo de extração de óleo com uma concentração muito baixa de umidade. Valores semelhantes são encontrados em tortas de outras oleaginosas como: 93,0% na torta de girassol (Pond & Maner, 2004); 92,57% na torta de babaçu (Cavalcante et al., 2005) e de 91,87% na torta de mamona (Costa et al., 2004).

Quanto ao valor de PB, observou-se valores elevados para as tortas de nabo forrageiro e tremoço, 30,85 e 33,64%, respectivamente, indicando que esses co-produtos apresentam alto potencial para serem utilizados como fontes protéicas nas rações de ruminantes.

As elevadas concentrações de EE nas tortas de nabo forrageiro (16,49%) e pinhão manso (18,75%) se devem à ineficiência do processo de extração mecânica do óleo. A torta de tremoço apresentou o menor valor de EE (6,55%), uma vez que a forma de extração com solvente demonstrou ser mais eficiente. Evangelista et al. (2004) compararam diferentes métodos de extração do óleo (por solvente e mecânica) e concluíram que o método de extração mecânica foi o menos eficiente. Cleef (2008), trabalhando com TNF e TPM, encontrou valores superiores (26,02% e 27,54%) de EE para as tortas estudadas.

A utilização de fontes de gordura de origem vegetal, como óleos vegetais e sementes oleaginosas, é uma das alternativas empregadas para aumentar a densidade energética na dieta dos animais por estar relacionada ao aumento nos teores de NDT.

Considerando que as dietas de ruminantes contêm cerca de 3% de lipídios, uma suplementação de gordura deve levar em consideração a quantidade e fonte de lipídios para que haja um efeito mínimo na fermentação ruminal, já que as gorduras insaturadas possuem efeitos inibitórios sobre os microrganismos celulolíticos. Diversos pesquisadores afirmam que teores

maiores que 7% de lipídios na ração interferem negativamente na fermentação ruminal (Palmquist, 1989).

Os valores de FDN para TNF (20,83%) e TT (27,40%) encontrados neste trabalho são superiores aos encontrados por Couto (2009), iguais a 15,29% e 14,28%, respectivamente, para a TNF e TT. Os valores de FDN nas TNF e TT foram inferiores aos de muitas tortas estudadas, como a de girassol, que apresentou valor de FDN de 38,3%, segundo Oliveira et al. (2007) e para torta de nabo forrageiro com 27,5% de FDN, encontrado por Mello et al. (2008). O maior valor de FDN (49,87%) foi atribuída a TPM. Valores semelhantes para torta de pinhão manso foram observados por Couto (2009) e Cleef (2008), iguais a 40,81% e 47,62%, respectivamente.

O aumento progressivo no teor de FDN pode provocar em redução na ingestão de MS em razão do efeito físico de enchimento do rúmen pelo material excessivamente fibroso, reduzindo a taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo (Resende et al., 1994). O valor encontrado neste experimento para a TPM indica que pode haver redução no consumo de alimentos, uma vez que esse valor é considerado alto.

A TPM apresentou o maior valor (38,26%) de FDA, quando comparado com os valores das TNF e TT, que foram 13,85% e 13,67%, respectivamente. O valor encontrado para TNF é muito próximo do observado por Couto (2009), que foi de 13,35%.

Segundo Soest (1994), o método da “Fibra em Detergente Ácido” (FDA) permite conhecer os constituintes menos solúveis da parede celular. Por este método, a celulose e lignina são quantitativamente recuperadas, portanto um teor elevado de FDA na dieta dificulta a fragmentação do alimento e sua digestão. De acordo com Tomlinson et al. (1991), teores de FDA abaixo de 20% e de FDN menores que 30% na dieta afetam negativamente o consumo de MS em bovinos, em função de mecanismos metabólicos. De outra forma, teores acima de 25 e

40% para FDA e FDN, respectivamente, começam a limitar o consumo de MS devido ao fator físico de enchimento.

Os valores de lignina na TNF (3,63%), TPM (3,52%) e TT (3,45%) são considerados baixos quando comparados com outros co-produtos como, por exemplo, a torta de girassol, que apresenta 8,7% de lignina em sua composição (Oliveira et al., 2007). A lignina, de acordo com Soest (1967), é uma fração de baixa solubilidade e está relacionada diretamente com a menor digestão das outras frações fibrosas das plantas, sendo assim, é pouco provável que o teor de lignina, contido nos co-produtos estudados, prejudique o aproveitamento das frações fibrosas pelos animais.

Os valores encontrados de NIDA (24,17, 32,18 e 16,85%) e NIDN (32,12, 50,12 e 25,80%) como percentagem do nitrogênio total, nas TNF, TPM e TT, respectivamente, foram superiores aos encontrados por Oliveira et al. (2006), quando trabalharam com a torta de mamona (6,8% de NIDA e 12,5% de NIDN).

De acordo com Silva & Queiroz (2002), o NIDA e o NIDN podem estar presentes naturalmente nas plantas e podem ser uma estimativa dos danos causados pelo calor, durante o armazenamento ou processamento, sendo que o nitrogênio de amostras aquecidas excessivamente é normalmente indisponível para os animais. As tortas estudadas não sofreram nenhum tipo de processamento prévio e foram analisadas logo que as sementes foram prensadas, de modo que os teores de NIDA e NIDN das tortas não devem ter sido alterados por esse fator.

Os respectivos valores de carboidratos não fibrosos (CNF) encontrados nas TNF, TPM e TT foram iguais a 23,86, 8,08 e 29,36%. Para a TNF, Couto (2009) observou valor inferior (16,62%). Já Oliveira et al. (2007), trabalhando com farelo de soja, encontraram valor de CNF próximo (23,77%) ao encontrado na TNF neste experimento.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) são as principais fontes de energia para os ruminantes, por apresentarem baixa porcentagem de constituintes da parede celular. Os CNF tornam-se disponíveis indiretamente na forma de ácidos graxos voláteis (AGV), pela ação microbiana nos compartimentos fermentativos e, diretamente, pela absorção de seus monômeros constituintes nos intestinos desses animais (Soest, 1994).

Recomendações norte-americanas indicam que para vacas de alta produção, teores dietéticos mínimos de CNF seriam em torno de 25-30% da matéria seca, enquanto teores acima de 45-50% seriam extremamente altos. O limite superior é ditado pela maior possibilidade de ocorrência de distúrbios relacionados à acidose ruminal, resultado do excesso de carboidratos de fermentação rápida no rúmen (Garrett et al., 1999).

Com relação à MM, os valores encontrados nas TNF (7,97%), TPM (5,65%) e TT (3,05%) foram próximos aos encontrados por Couto (2009) para as mesmas tortas (8,29, 4,98 e 2,77%). Já Oliveira et al. (2006) observaram valor de MM para torta de girassol igual a 3,90%.

A DIVMS obtida da TNF foi de 66,80%, superior a da TPM (50,68%). Essa diferença provavelmente ocorreu em razão dos maiores valores de FDN e FDA, encontrados na segunda torta. Outro fator que pode contribuir para a menor digestibilidade da TPM é a presença de fatores antinutricionais, como ésteres de forbol (Aderibigbe et al., 1997).

Os valores de DIVMS obtidos neste estudo para TNF, TPM e TT foram menores que os encontrados em ingredientes protéicos já utilizados, como o farelo de algodão que apresenta 70,5% (Ezequiel et al., 2001) e o farelo de soja, com 89,74% (Beram et al., 2007).

3.2 Composição bromatológica das misturas antes de ensilar

Os resultados referentes à composição bromatológica do material original antes da ensilagem estão apresentadas na TABELA 3.

TABELA 3 Médias da composição bromatológica e digestibilidade in vitro do capim-elefante e das misturas desse com os coprodutos, antes da ensilagem (...continua...)

Variável	CE ¹	Níveis de adição (%)	Misturas		
			CE +TNF ²	CE +TPM ³	CE +TT ⁴
MS (%)	20,93	5	27,45	27,03	27,49
		8	31,25	31,23	29,43
		11	35,67	28,83	29,52
PB (% na MS)	6,67	5	14,59	11,27	15,61
		8	17,21	11,46	16,96
		11	19,10	12,21	15,58
EE (% na MS)	4,70	5	8,82	6,74	5,85
		8	9,57	7,28	6,56
		11	10,44	9,11	5,08
FDN (% na MS)	71,67	5	52,95	66,59	59,63
		8	53,92	66,03	58,96
		11	48,70	60,46	54,83
FDA (% na MS)	47,84	5	34,70	39,21	37,56
		8	32,48	41,21	32,25
		11	29,46	38,83	33,36
HC (% na MS)	23,83	5	18,25	27,38	22,17
		8	21,44	24,82	26,71
		11	19,24	21,63	21,47
CEL (% na MS)	42,02	5	27,53	31,07	29,79
		8	25,92	31,71	28,13
		11	24,65	29,18	26,31
LIG (% na MS)	8,32	5	5,38	7,51	4,26
		8	7,47	9,04	3,41
		11	10,30	9,71	3,60
NIDN (% de NT)	36,48	5	26,89	26,53	25,83
		8	25,79	31,71	28,83
		11	22,13	23,42	31,83

Continua....

Continuação

		5	8,07	13,38	10,85
NIDA (% de NT)	17,81	8	8,30	11,39	13,85
		11	8,36	9,55	16,85
		5	13,65	14,28	12,70
MM (% na MS)	13,01	8	12,74	12,45	12,26
		11	12,37	11,47	11,33
		5	0,33	0,39	0,34
Ca (% na MS)	0,28	8	0,30	0,36	0,33
		11	0,31	0,39	0,31
		5	0,40	0,44	0,34
P (% na MS)	0,33	8	0,47	0,46	0,35
		11	0,51	0,50	0,37
		5	53,20	49,34	62,56
DIVMS (%)	54,45	8	50,58	43,80	65,64
		11	50,18	41,14	65,48

¹ Capim-elefante; ² Capim-elefante com torta de nabo forrageiro; ³ Capim-elefante com torta de pinhão manso; ⁴ Capim-elefante com torta de tremoço.

3.3 Características das silagens

As silagens experimentais apresentaram boas características, como odor agradável, textura firme e ausência de fungos.

Os resultados referentes à composição bromatológica das silagens estão apresentadas na TABELA 4.

TABELA 4 Médias da composição bromatológica e digestibilidade in vitro das silagens de capim-elefante e das misturas do capim-elefante com os coprodutos (...continua...)

Variável	SCE ¹	Níveis de adição (%)	Misturas		
			CE +TNF ²	CE +TPM ³	CE +TT ⁴
MS (%)	21,95	5	23,68	22,34	24,15
		8	26,04	25,37	26,81
		11	29,87	27,14	29,44
PB (% na MS)	7,05	5	9,68	7,09	11,48
		8	13,11	7,82	14,29
		11	14,95	9,73	15,33
EE (% na MS)	5,49	5	8,37	9,65	9,19
		8	11,31	10,02	12,57
		11	13,92	11,92	14,66
FDN (% na MS)	70,71	5	55,80	62,88	62,37
		8	55,04	59,80	54,92
		11	50,10	56,50	50,52
FDA (% na MS)	46,66	5	38,16	41,79	39,89
		8	34,54	38,73	34,79
		11	32,33	38,56	31,42
HC (% na MS)	24,05	5	19,64	21,10	22,48
		8	20,50	21,07	20,13
		11	17,77	17,94	19,11
CEL (% na MS)	40,99	5	32,98	35,95	35,33
		8	31,18	32,11	28,75
		11	27,83	31,14	28,34
LIG (% na MS)	7,82	5	4,67	7,68	5,65
		8	8,22	7,50	4,97
		11	6,78	7,71	3,44
NIDN (% do NT)	31,39	5	28,28	25,80	23,36
		8	27,56	25,65	26,36
		11	22,11	22,42	29,36
NIDA (% do NT)	10,66	5	8,68	12,93	13,22
		8	9,05	11,63	16,22
		11	6,90	10,35	19,22

Continua...

Continuação...

MM (% na MS)	13,00	5	12,89	12,69	11,27
		8	12,24	12,02	11,05
		11	12,56	12,05	10,77
Ca (% na MS)	0,32	5	0,36	0,37	0,30
		8	0,32	0,39	0,34
		11	0,33	0,41	0,31
P (% na MS)	0,29	5	0,38	0,38	0,28
		8	0,43	0,45	0,31
		11	0,48	0,49	0,32
DIVMS (%)	55,49	5	44,10	37,65	56,38
		8	41,97	38,34	60,21
		11	43,60	33,50	64,21

¹ Silagem de capim-elefante; ² Silagem de capim-elefante com torta de nabo forrageiro; ³ Silagem de capim-elefante com torta de pinhão manso, ⁴ Silagem de capim-elefante com torta de tremço.

3.4 Teores de matéria seca (MS)

Foi encontrada diferença significativa ($P < 0,01$) entre as médias da combinação dos fatores níveis e tortas e a do tratamento adicional (capim-elefante), no material original, quanto ao teor de MS (%). Foi encontrada diferença significativa ($P < 0,05$) entre as silagens de capim-elefante e as silagens adicionadas dos coprodutos, nos níveis estudados (TABELA 5).

TABELA 5 Valores médios de matéria seca (%) do material original e das silagens para as combinações entre os fatores níveis e tortas e do capim-elefante

Tempo	Médias		Estimativa do contraste	Prob. Scheffé
	CE	Níveis*tortas		
Material original (d0)	20,92	29,77	8,84	<0,0001
Silagem (d62)	21,95	26,09	4,14	0,0280

Os altos teores de MS das TNF, TPM e TT (Tabela 4) aumentaram o teor de matéria seca das silagens, quando estes coprodutos foram adicionados ao capim-elefante.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) do tipo de silagem (com TNF, TPM e TT no nível de 11% de inclusão) sobre o teor de MS (Tabela 8). No caso da silagem contendo TNF, houve efeito significativo ($P < 0,05$) do aumento do nível de inclusão sobre o teor de MS, sendo que quanto maior o nível, maior o teor de MS obtido na silagem. Resultado semelhante foi encontrado por Cleef (2008) ao adicionar tortas de nabo forrageiro e pinhão manso nos níveis 3,6 e 9% à silagem de capim-elefante.

TABELA 6 Valores médios de Matéria Seca (%) das silagens contendo os três co-produtos, em função das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis ²	Tortas ¹			Erro padrão
	TNF	TPM	TT	
5	25,57 Ac	24,69 Ab	25,82 Ab	0,63
8	28,65 Ab	28,29 Aa	28,12 Aa	
11	32,77 Aa	27,98 Ba	29,48 Ba	
Erro padrão		0,63		

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

A capacidade dos três co-produtos em elevar o teor de MS das silagens foi semelhante ($P > 0,05$) para os níveis de inclusão 5 e 8%. Já no nível 11%, a TNF se mostrou mais eficiente que a TPM e TT (32,77, 27,98 e 29,48%).

Houve perda significativa ($P < 0,05$) de MS nas silagens quando comparadas com o material original (TABELA 7). Essa perda pode ter sido consequência do consumo de carboidratos solúveis pelas bactérias do gênero *Lactobacillus* (Woolford, 1984). Loures (2000), ensilando capim-elefante Cameroon com 13 e 25% de MS, observou que não houve produção de efluente

da gramínea com maior teor de MS, enquanto a ensilagem do capim com 13% de MS provocou perdas significativas de MS e nutrientes através do efluente produzido.

TABELA 7 Valores médios de MS (%) do material original e das silagens contendo os três coprodutos, em função das tortas e dos níveis de inclusão

Tortas ²	Tempos ¹		Erro padrão
	Material original (d 0)	Silagem (d 62)	
TNF	31,46 Aa	26,53 Ba	0,49
TPM	29,03 Ab	24,95 Bb	
TT	28,81 Ab	26,79 Ba	
Erro padrão	0,47		

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Muck (1998) cita que o teor de MS da planta é um fator importante no processo de ensilagem e deve estar entre 30 e 35% para que a forragem seja conservada. No entanto, Haigh (1998) considera um mínimo de 26% de MS em uma forrageira para que esta produza uma silagem de boa qualidade. Os teores médios de MS apresentados na Tabela 7 evidenciam que apenas as silagens adicionadas de TPM não apresentam valores de MS mínimos para uma boa fermentação, conforme Haigh (1998).

3.5 Teores de proteína bruta (PB)

Houve diferença ($P < 0,05$) nos teores de PB entre a combinação dos fatores tortas e níveis e o tratamento adicional, tanto no material original como nas silagens (TABELA 8), indicando que houve aumento nos teores de PB quando foram adicionadas as tortas nos diferentes níveis.

TABELA 8 Valores médios de proteína bruta (%), do material original e das silagens, para as combinações entre os fatores níveis e tortas e do capim-elefante

Tempo	Médias		Estimativa do contraste	Prob. Scheffé
	CE	Níveis*tortas		
Material original (d0)	6,67	15,33	8,66	<0,0001
Silagem (d 62)	7,05	11,50	4,45	<0,0001

Houve redução ($P<0,05$) dos teores de PB nas silagens adicionadas de TNF e TPM nos níveis 5 e 8% (Tabela 9). Isso pode ter sido causado por proteólise indesejável enquanto o material permaneceu ensilado (Muck, 1998).

Nas silagens contendo os coprodutos foi observado um incremento ($P<0,05$) nos teores de PB, quando os níveis de inclusão foram aumentados para 11% (TABELA 9). Resende (2005) verificou que a cada 1% de inclusão do farelo de babaçu à silagem de cana-de-açúcar, registraram-se elevações de 0,17% nos teores de PB das silagens estudadas.

TABELA 9 Valores médios de PB (%) do material original e das silagens em função do tempo e dos níveis de inclusão

Tempo	Torta ²	Níveis ¹			Erro padrão
		5	8	11	
Material original (d 0)	TNF	14,59 Cb	17,21 Ba	19,09 Aa	0,27
	TPM	11,27 Bc	11,46 Bb	12,21 Ab	
	TT	15,61 Ca	16,96 Ba	19,58 Aa	
	Erro Padrão	0,27			
Silagem (d 62)	TNF	9,68 Cb	13,11 Bb	14,95 Aa	0,27
	TPM	7,09 Bc	7,82 Bc	9,73 Ab	
	TT	11,48 Ca	14,29 Ba	15,33 Aa	
	Erro Padrão	0,27			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (Tempo-tortas) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%; ² médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, dentro de cada combinação (Tempo-Níveis) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

No geral, as porcentagens médias de PB na MS observadas nesse trabalho estão acima do mínimo exigido, cujo valor é de 7% na dieta, conforme relatado por Church (1977). Este autor salienta, ainda, que esse valor está associado a uma melhor fermentação microbiana efetiva no rúmen dos animais. Notou-se ainda que nas silagens de capim elefante adicionadas de TNF e nas silagens adicionadas de TT, os teores médios de PB foram superiores aos valores observados por Pereira et al. (1991), com 8,17 de proteína bruta, quando trabalharam com silagens de milho.

Comparando-se os resultados referentes à PB, observa-se que em todas as silagens houve tendência de perdas (TABELA 10), quando comparadas com o capim-elefante, coincidindo com os relatos de Brady (1960) e McDonald et al. (1962).

TABELA 10 Valores médios de PB (%) em função do tempo, das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis	Torta	Tempo ¹		Erro padrão
		Material original (d 0)	Silagem (d 62)	
5	TNF	14,59 A	9,68 B	0,27
	TPM	11,27 A	7,09 B	
	TT	15,61 A	11,48B	
8	TNF	17,21 A	13,11B	0,27
	TPM	11,46 A	7,82 B	
	TT	16,96 A	14,29 B	
11	TNF	19,09 A	14,95 B	0,27
	TPM	12,21 A	9,73 B	
	TT	19,58 A	15,33 B	

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (níveis-tortas) não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%.

3.6 Teores de extrato etéreo (EE)

Houve diferença ($P < 0,05$) nos teores de EE entre a combinação dos fatores tortas e níveis e o tratamento adicional, tanto no material original como nas silagens (TABELA 11), indicando que houve aumento nos teores de EE quando foram adicionadas as tortas nos diferentes níveis.

TABELA 11 Valores médios de extrato etéreo (%) do material original e das silagens, em função dos tempos estudados

Tempo	Médias		Estimativa do contraste	Prob. Scheffé
	Capim puro	Níveis*tortas		
Material original (d0)	4,70	7,72	3,02	<0,0001
Silagem (d 62)	5,49	11,29	5,80	<0,0001

Houve diferença ($P < 0,05$) entre as silagens contendo TNF e TT nos níveis de inclusão 5, 8 e 11% e TPM nos níveis 8 e 11%, quanto ao teor de EE (TABELA 12). Na silagem contendo o nível 5% dos co-produtos, diferenças ($P < 0,05$) foram observadas, sendo que o valor médio de EE mais alto foi observado nas silagens contendo TT, no nível 11%.

TABELA 12 Valores médios de EE (%) do material original e das silagens em função das tortas e níveis estudados

Tempo	Torta ²	Níveis ¹			Erro padrão
		5	8	11	
Material original (d 0)	TNF	8,82 Ba	9,57 Ba	10,44 Aa	0,34
	TPM	6,74 Bb	7,28 Bb	9,11 Ab	
	TT	5,85 Ab	6,56 Ab	5,08 Bc	
	Erro Padrão	0,34			
Silagem (d 62)	TNF	8,37 Cb	11,31 Bb	13,92 Aa	0,34
	TPM	9,65 Ba	10,02 Bc	11,92 Ab	
	TT	9,19 Ca	12,57 Ba	14,66 Aa	
	Erro Padrão	0,34			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (tempo-tortas) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%; ² médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, dentro de cada combinação (tempo-Níveis) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Comparando-se os resultados referentes ao EE, observa-se que em todas as silagens, exceto na silagem adicionada de TNF 5%, houve aumento nos teores de EE (TABELA 13), quando comparadas com o material original.

TABELA 13 Valores médios de EE (%) em função dos tempos, das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis	Torta	Tempo ¹		Erro padrão
		Material original (d 0)	Silagem (d 62)	
5	TNF	8,82 A	8,37 A	0,36
	TPM	6,74 B	9,65 A	
	TT	5,85 B	9,19 A	
8	TNF	9,57 B	11,31 A	0,36
	TPM	7,28 B	10,02 A	
	TT	6,56 B	12,57 A	
11	TNF	10,44 B	13,92 A	0,36
	TPM	9,11 B	11,92 A	
	TT	5,08 B	14,66 A	

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (níveis-tortas) não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%.

Verifica-se que a porcentagem de EE para todas as silagens estudadas (TABELA 13) está acima do limite de 8% EE na dieta, recomendado por McGuffey & Schingoethe (1980) para que não ocorra redução na ingestão de alimento, diminuindo o desempenho animal.

3.7 Teores de fibra em detergente neutro (FDN)

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os teores de FDN do tratamento adicional quando comparado às combinações entre os fatores níveis e tortas, mostrando que os teores de FDN foram diminuídos com a adição de TNF, TPM e TT (TABELA 14). Isso ocorreu em razão dos valores de FDN das TNF, TPM e TT (20,83, 49,87 e 27,40%) serem menores que os obtidos no capim-elefante (71,67%).

TABELA 14 Valores médios de FDN (%), em função dos tratamentos adicionais e tratamentos em esquema fatorial

Variável	² CE	² Níveis*tortas
FDN	71,19 A	57,34 B

²Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicional vs Fatorial) não diferem entre si pelo teste F com um nível nominal de significância de 5%.

De acordo com Soest (1994), teores de FDN superiores a 55-60% são negativamente correlacionados com o seu consumo e digestibilidade. Desta forma, não existindo outros fatores envolvidos, as silagens com menores proporções desse componente podem ser melhor consumidas e aproveitadas.

Houve diferença ($P < 0,05$) nos valores de FDN do material original e das silagens nos níveis 8 e 11% de inclusão de TNF, TPM e TT. Já no nível 5% de inclusão, não houve diferença ($P > 0,05$) durante o processo de armazenamento (TABELA 15).

Houve diferença ($P < 0,05$) entre os níveis 5, 8 e 11% de inclusão das tortas na silagem de capim elefante, observando menor valor de FDN para as silagens em que adicionou-se 11% das tortas.

TABELA 15 Valores médios de FDN (%), em função dos tempos e níveis de inclusão estudados

Níveis ²	Tempos ¹		Erro padrão
	Material original (d 0)	Silagem (d 62)	
5	59,76 Aa	61,02 Aa	0,46
8	59,64 Aa	56,59 Bb	
11	54,66 Ab	52,37 Bc	
Erro padrão	0,52		

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Houve perda significativa ($P < 0,05$) de FDN nas silagens quando comparadas com o material original (TABELA 16). As médias dos teores de FDN nas silagens contendo TPM e TT foram superiores ($P < 0,05$) às encontradas nas silagens contendo TNF. Isso se deve ao maior valor da fração FDN contida na TPM (49,87%) e TT (27,40%).

TABELA 16 Valores médios de FDN (%) do material original e das silagens, em função dos tempos e tortas estudadas

Tortas ²	Tempos ¹		Erro padrão
	Material original (d 0)	Silagem (d 62)	
TNF	51,86 Bc	54,31 Ac	0,46
TPM	64,36 Aa	59,73 Ba	
TT	57,84 Ab	55,94 Bb	
Erro padrão	0,52		

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Considerando as informações de Soest (1994), somente a silagem com 5% de TNF apresentou o teor de FDN acima do recomendado. Nas demais silagens os teores foram inferiores a 60% , sendo os valores mais altos nas silagens em que adicionou-se TPM devido ao maior teor de fibra deste material. Já em consideração às observações de McGuffey & Shingoethe (1980), citados por Almeida (1992), todas as silagens estão dentro de um padrão aceitável, pois esses autores sugerem níveis de 56,0 a 68% de FDN. Todos os valores médios de FDN encontrados nas silagens foram menores do que os encontrados por Bueno et al. (2001), que relatou valor de 62,61% para silagem de milho, e Pereira (1991), para silagem de sorgo, que foi de 68,3%.

3.8 Teores de fibra em detergente ácido (FDA)

A fração FDA das forragens é constituída principalmente pelas frações celulose e lignina (Soest, 1994).

As médias de FDA obtidas nas silagens contendo TNF, TPM e TT (TABELA 17) indicam que a média do tratamento adicional é superior ($P < 0,05$) à da combinação dos fatores níveis e tortas. Assim, pode-se concluir que houve efeito da inclusão das tortas na redução dos teores de FDA das silagens.

TABELA 17 Valores médios de FDA (%) do material original e das silagens para a combinação dos fatores (níveis e tortas) e tratamento adicional

Tempo	Médias		Estimativa do contraste	Prob. Scheffé
	CE	Níveis*tortas		
Material original (d0)	47,84	35,45	-12,39	<0,0001
Silagem (d 62)	46,66	36,69	-9,97	<0,0001

Os valores de FDA das silagens contendo TPM foram superiores ($P < 0,05$) aos das silagens com TNF e TT (Tabela 6). Esse fato se deve à maior concentração de FDA na TPM (38,26%).

Com a inclusão gradual de TNF ao capim-elefante, observou-se diminuição ($P < 0,05$) nos teores de FDA das silagens dos níveis 5 para 11% (TABELA 18). Também para as silagens contendo TPM e TT, esse efeito foi observado quando se elevou o nível de inclusão de 5 para 8 e 11%, respectivamente.

TABELA 18 Valores médios de FDA (%) das silagens, em função das tortas e dos níveis de inclusão

	Torta ²	Níveis ¹			Erro padrão
		5	8	11	
Silagens	TNF	38,16 Ac	34,54 Bb	32,33 Cb	0,56
	TPM	41,79 Aa	38,73 Ba	38,56 Ba	
	TT	39,89 Ab	34,79 Bb	31,42 Cb	
	Erro Padrão	0,56			

¹- Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (Tempo-tortas) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%; ²- médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, dentro de cada combinação (Tempo-Níveis) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Comparando-se os resultados referentes à FDA, observa-se que na maioria das silagens houve aumento nos teores de FDA (Tabela 19), quando comparadas com o capim-elefante puro.

TABELA 19 Valores médios de FDA (%) do material original e das silagens, em função dos tempos, das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis	Torta	Tempo ¹		Erro padrão
		Material original (d0)	Silagem (d 62)	
5	TNF	34,70 B	38,16 A	0,53
	TPM	39,21 B	41,79 A	
	TT	37,56 B	39,89 A	
8	TNF	32,48 B	34,54 A	0,53
	TPM	41,21 A	38,73 B	
	TT	32,25 A	34,79 A	
11	TNF	29,46 B	32,33 A	0,53
	TPM	38,83 A	38,56 A	
	TT	33,36 A	31,42 B	

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (níveis-tortas) não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%.

De maneira geral, os valores médios de FDA encontrados nas silagens, na presente pesquisa, (Tabela 6) foram superiores quando comparados à silagem de milho, segundo Bueno et al. (2001), que obtiveram, respectivamente, valores médios de 31,96% de FDA.

3.9 Teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN)

Os resultados observados neste experimento (TABELA 20) indicam que a média dos valores de NIDN no tratamento adicional (capim-elefante puro) são estatisticamente superiores às médias da combinação dos fatores níveis e tortas. Isso mostra que existe uma diminuição significativa dessa fração quando se adicionam as tortas, nos diferentes níveis de inclusão. Resultados semelhantes foram encontrados por Cleef (2008), quando trabalhou com adição de TNF e TPM ao capim elefante.

TABELA 20 Valores médios de NIDN(%) do material original e das silagens para a combinação dos fatores (níveis e tortas) e tratamento adicional

Tempo	Médias		Estimativa do contraste	Prob. Scheffé
	CE	Níveis*tortas		
Material original (d0)	36,48	27,00	-9,48	<0,0001
Silagem (d 62)	31,39	25,65	-5,74	0,0230

Nas silagens contendo TNF não houve mudança ($P>0,05$) nos valores médios de NIDN durante o processo de armazenagem. Nas silagens contendo TPM e TT observou-se que elas, depois de abertos os silos, apresentaram teores menores de NIDN que no material original (TABELA 21).

TABELA 21 Valores médios de NIDN (%) do material original e das silagens, em função das tortas e tempos

Tortas ²	Tempos ¹		Erro padrão
	Material original (d0)	Silagem (d 62)	
TNF	24,95 Ab	25,99 Aa	0,52
TPM	27,21 Aa	24,61 Ba	
TT	28,83 Aa	26,36 Ba	
Erro padrão	0,66		

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Com a inclusão gradual de TNF e TPM ao capim-elefante, observou-se diminuição ($P<0,05$) nos teores de NIDN das silagens dos níveis 8 para 11% (TABELA 22). Já nas silagens contendo TT esse efeito não foi observado quando se elevou o nível de inclusão de 5 para 11%.

TABELA 22 Valores médios de NIDN (%) das silagens, em função das tortas e níveis de inclusão

Níveis ²	Tortas ¹			Erro padrão
	TNF	TPM	TT	
5	27,58 Aa	26,16 Aa	24,59 Ac	0,94
8	26,68 Aa	28,68 Aa	27,59 Ab	
11	22,12 Bb	22,92 Bb	30,59 Aa	
Erro padrão	0,94			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

3.10 Teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)

Para a variável NIDA, os resultados encontrados nas silagens (TABELA 23) indicam que a média do tratamento adicional é equivalente ($P>0,05$) às médias da combinação dos fatores níveis e tortas. Assim, pode-se inferir que não houve efeito do tempo de permanência do material nos silos sobre os teores de NIDA.

TABELA 23 Valores médios de NIDA(%) do material original e das silagens para a combinação dos fatores (níveis e tortas) e tratamento adicional

Tempo	Médias		Estimativa do contraste	Prob. Scheffé
	CE	Níveis*tortas		
Material original (d0)	17,81	11,18	-6,63	<0,0001
Silagem (d 62)	10,66	12,02	1,36	0,9190

Nas silagens contendo TNF e TPM não houve mudança ($P>0,05$) nos valores médios de NIDA durante o processo de armazenagem. Nas silagens contendo TT observou-se que elas, depois de abertos os silos, apresentaram teores maiores de NIDA que no material original (TABELA 24).

TABELA 24 Valores médios de NIDA (%) do material original e das silagens, em função das tortas e tempos

Tortas ²	Tempos ¹		Erro padrão
	Material original (d0)	Silagem (d 62)	
TNF	8,24 Aa	8,21 Aa	0,34
TPM	11,44 Aa	11,64 Aa	
TT	13,85 Bb	16,22 Aa	
Erro padrão	0,34		

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Com a inclusão gradual de TPM ao capim-elefante, observou-se redução ($P < 0,05$) nos teores de NIDA das silagens dos níveis 5 para 8% (TABELA 25). Já nas silagens contendo TT houve aumento significativo ($P < 0,05$) quando se elevou o nível de inclusão de 5 para 11%.

TABELA 25. Valores médios de NIDA (%) das silagens, em função das tortas e níveis de inclusão

Níveis ²	Tortas ¹			Erro padrão
	TNF	TPM	TT	
5	8,37 Ba	13,16 Aa	12,04 Ac	0,55
8	8,67 Ca	11,51 Bb	15,04 Ab	
11	7,63 Ca	9,95 Bb	18,03 Aa	
Erro padrão	0,55			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Todos os valores médios para NIDA encontrados neste estudo foram menores que 20%, valor este que, de acordo com Soest & Manson (1991), é o limite para que não haja comprometimento na utilização do nitrogênio em razão da redução da sua disponibilidade e na diminuição da digestibilidade da MS.

Roth & Undersander (1995) afirmaram que em silagens bem conservadas o teor de NIDA (% NT) deve ser inferior a 12%. Neste estudo, todas as silagens, exceto as adicionadas de 5% TPM e 8 e 11% de TT, apresentaram valores inferiores a esse limite, indicando que o teor de NIDA não seria prejudicial ao aproveitamento da silagem pelos animais.

3.11 Teores de celulose (CEL)

Para a variável CEL, os resultados médios encontrados neste estudo (TABELA 26) indicam que a média do tratamento adicional é superior ($P < 0,05$) às médias da combinação entre os fatores níveis e tortas. Assim, pode-se inferir que houve efeito da adição das tortas, nos níveis estudados, sobre os teores de CEL.

Essa diminuição nos teores de CEL ocorreu pelo baixo teor de CEL na TNF (12,15%) e TT (11,65%). Resultados semelhantes foram encontrados por Cleef (2008).

TABELA 26 Valores médios de celulose (%) do material original e das silagens para a combinação dos fatores (níveis e tortas) e tratamento adicional

Tempo	Médias		Estimativa do contraste	Prob. Scheffé
	CE	Níveis*tortas		
Material original (d0)	42,02	28,25	-13,77	<0,0001
Silagem (d 62)	40,99	31,51	-9,48	<0,0001

O teor de CEL nas silagens também sofreu influência dos níveis de inclusão da TNF (TABELA 27), sendo que os menores valores médios foram encontrados nos níveis de 11%.

TABELA 27 Valores médios de celulose (%) das silagens, em função das tortas e níveis de inclusão

	Torta ²	Níveis ¹			Erro padrão
		5	8	11	
Silagem	TNF	32,98 Ab	31,18 Ba	27,83 Cb	0,44
	TPM	35,95 Aa	32,11 Ba	31,14 Ba	
	TT	35,33 Aa	28,75 Bb	28,34 Bb	
Erro Padrão		0,44			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (Tempo-tortas) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%; ² médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, dentro de cada combinação (Tempo-Níveis) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Comparando-se os resultados referentes à CEL, observa-se que na maioria das silagens houve tendência de aumento nos teores de celulose (TABELA 28), quando comparadas com o material original.

TABELA 28 Valores médios de celulose (%) do material original e silagens, em função dos tempos, das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis	Torta	Tempo ¹		Erro padrão
		Material original (d0)	Silagem (d 62)	
5	TNF	27,53 B	32,98 A	0,36
	TPM	31,07 B	35,95 A	
	TT	29,79 B	35,33 A	
8	TNF	25,92 B	31,18 A	0,36
	TPM	31,71 A	32,11 A	
	TT	28,13 A	28,75 A	
11	TNF	24,65 B	27,83 A	0,36
	TPM	29,18 B	31,14 A	
	TT	26,31 B	28,34 A	

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (níveis-tortas) não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%.

Bueno et al. (2001) obtiveram valor de CEL na silagem de milho igual a 27,05%. Pode-se observar que a maioria dos tratamentos deste estudo apresentou valor superior ao encontrado por Bueno et al. (2001).

3.12 Teores de lignina (LIG)

Para a variável LIG, os resultados médios encontrados neste experimento (TABELA 29) indicam que a média do tratamento adicional foi superior ($P < 0,05$) à média da combinação dos fatores níveis e tortas. Isso mostra que houve redução dos teores de LIG quando se adicionou as tortas nos níveis estudados. Isso ocorreu por causa dos baixos teores de LIG nas TNF, TPM e TT (3,63, 3,52 e 3,45%), quando comparados com a LIG do capim-elefante (8,32%).

TABELA 29 Valores médios da LIG (%) das silagens em função do tratamento adicional e da combinação dos fatores níveis e tortas

Variável	CE ²	Níveis*tortas ²
LIG	8,07 A	6,52 B

²Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, para o contraste (Adicional vs Fatorial) não diferem entre si pelo teste F, com um nível nominal de significância de 5%.

Com a inclusão gradual de TNF ao capim-elefante observou-se aumento ($P < 0,05$) nos teores de lignina das silagens dos níveis 5 para 8% (TABELA 30). Já nas silagens contendo TPM e TT não houve diminuição nos teores de lignina, ($P > 0,05$) quando se elevou o nível de inclusão de 5 para 11%.

TABELA 30 Valores médios de LIG (%) das silagens em função das tortas e níveis de inclusão

Níveis ²	Tortas ¹			Erro padrão
	TNF	TPM	TT	
5	5,02 Bb	7,59 Aa	4,96 Ba	0,53
8	7,84 Aa	8,27 Aa	4,19 Ba	
11	8,54 Aa	8,71 Aa	3,52 Ba	
Erro padrão	0,53			

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%; ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

3.13 Teores de matéria mineral (MM)

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os teores de MM do tratamento adicional quando comparado às combinações entre os fatores níveis e tortas, mostrando que os teores de MM foram diminuídos com a adição de TNF, TPM e TT (TABELA 31). Isso ocorreu em razão dos valores de MM das TNF, TPM e TT (7,97, 5,65 e 3,05%) serem menores que os obtidos no capim-elefante (13,01%).

TABELA 31 Valores médios de MM (%) das silagens em função do tratamento adicional e da combinação entre os fatores níveis e tortas

Variável	² Capim puro	² Níveis*tortas
MM	13,00 A	12,27 B

²Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicional vs Fatorial) não diferem entre si pelo teste F com um nível nominal de significância de 5%.

Houve diferença ($P < 0,05$) nos valores de MM do material original e das silagens nos níveis 5 e 8% de inclusão de TNF, TPM e TT. Já no nível 11% de inclusão na silagem, não houve diferença ($P > 0,05$) durante o processo de armazenamento (TABELA 32).

As inferências com relação à MM das silagens são limitadas pela falta de um estudo detalhado sobre o perfil de minerais contidos nessa fração.

TABELA 32 Valores médios de matéria mineral (%) do material original e das silagens em função do tempo e níveis de inclusão

Níveis ²	Tempos ¹		Erro padrão
	Material original (d0)	Silagem (d 62)	
5	13,54 Aa	12,28 Ba	0,11
8	12,48 Ab	11,77 Bb	
11	11,72 Ac	11,79 Ab	
Erro padrão	0,10		

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) do tipo de silagem (com TNF, TPM e TT) sobre o teor de MM (TABELA 33). No caso da silagem contendo TPM, houve efeito significativo ($P < 0,05$) do aumento do nível de inclusão sobre o teor de MM, sendo que quanto maior o nível, menor o teor de MM obtido na silagem. Resultado semelhante foi encontrado por Cleef (2008) ao adicionar tortas de nabo forrageiro e pinhão manso nos níveis 3, 6 e 9% à silagem de capim-elefante.

TABELA 33 Valores médios de Matéria mineral (%) das silagens em função das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis ²	Tortas ¹			Erro padrão
	TNF	TPM	TT	
5	13,27 Aa	13,48 Aa	11,98 Ba	0,12
8	12,49 Ab	12,24 Ab	11,65 Ba	
11	12,47 Ab	11,76 Bc	11,05 Cb	
Erro padrão	0,12			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) nos valores de MM do material original e das silagens (TABELA 34). As médias dos teores de MM nas silagens contendo TNF, TPM e TT diferiram entre si ($P < 0,05$), sendo que o maior valor de MM foi encontrado nas silagens adicionadas de TNF. Isto provavelmente ocorreu devido ao maior teor de MM da TNF (7,97%), quando comparada a TPM (5,65%) e TT (3,05%).

TABELA 34 Valores médios de matéria mineral (%) do material original e das silagens em função do tempo e das tortas

Tortas ²	Tempos ¹		Erro padrão
	Material original (d0)	Silagem (d 62)	
TNF	12,92 Aa	12,56 Ba	0,11
TPM	12,73 Aa	12,25 Bb	
TT	12,09 Ab	11,03 Bc	
Erro padrão	0,10		

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

3.14 Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS)

Foi observado que a média dos valores de DIVMS do tratamento adicional foi superior ($P < 0,05$) à média dos valores da combinação dos fatores níveis e tortas (TABELA 35), indicando que houve diminuição da DIMVS quando se adicionou as tortas nos níveis estudados.

TABELA 35 Valores médios da variável digestibilidade in vitro da matéria seca (%) das silagens, em função do tratamento adicional e da combinação entre os fatores níveis e tortas

Variável	CE ¹	Níveis*tortas ¹
DIVMS	55,49 A	46,66 B

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicional vs Fatorial) não diferem entre si pelo teste F com um nível nominal de significância de 5%.

Na silagem, a digestibilidade é influenciada pelas características da forragem, no momento do armazenamento, e por mudanças que ocorrem durante a fermentação (McDonald et al., 1992). De acordo com Hanna et al. (1981), a digestibilidade de uma forrageira está inversamente relacionada ao seu conteúdo de lignina.

Observa-se diminuição ($P < 0,05$) da DIVMS no material original e nas silagens quando as TNF e TPM são adicionadas, sendo que os menores valores médios são das silagens contendo 11% de inclusão (TABELA 36). Esse fato pode estar relacionado ao elevado teor de EE contido nas tortas (16,49% para TNF, 18,75% para TPM e 6,55% para TT). Segundo com Palmquist & Jenkins (1980), o excesso de lipídeos na dieta promove o envolvimento físico da fibra e impede o ataque microbiano e a formação de complexos insolúveis de cátions, modificando o pH e a microbiota ruminais, reduzindo a DIVMS. De acordo com

Sullivan et al. (2004) ocorre efeito negativo da inclusão de lipídeos sobre a digestibilidade de forragens, sendo que teores maiores que 7% na matéria seca total podem ser prejudiciais à degradação do alimento, principalmente se houver elevada proporção de ácidos graxos insaturados (óleos vegetais) que, além de serem tóxicos aos microrganismos ruminais, aderem à partícula do alimento criando uma barreira física à ação de microrganismos e de enzimas microbianas.

Além do problema relacionado ao elevado teor de EE das tortas estudadas, a DIVMS das silagens contendo TPM pode ter tido uma maior queda por ter sofrido influência da presença dos fatores antinutricionais e tóxicos presentes nessa torta. Porém, mais trabalhos são necessários para que esse efeito seja totalmente esclarecido.

TABELA 36 Valores médios de DIVMS (%) em função dos tempos, das tortas e dos níveis de inclusão

Tempo	Torta ²	Níveis ¹			Erro padrão
		5	8	11	
Material original (d0)	TNF	53,19 Ab	50,58 Bb	50,18 Bb	0,33
	TPM	49,34 Ac	43,81 Bc	41,14 Cc	
	TT	62,56 Ba	65,64 Aa	65,49 Aa	
	Erro Padrão	0,33			
Silageml (d0)	TNF	44,11 Ab	41,97 Bb	43,61 Ab	0,33
	TPM	37,66 Ac	38,34 Ac	33,51 Bc	
	TT	56,38 Ca	60,22 Aa	64,21 Ba	
	Erro Padrão	0,33			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (tempo-tortas) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%; ² médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, dentro de cada combinação (tempo-Níveis) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Em todos os tratamentos houve redução ($P < 0,05$) dos valores médios da DIVMS durante a ensilagem (TABELA 37). Bernardino (1996), avaliando silagens de sorgo, observou redução nos valores de DIVMS com a ensilagem.

Segundo o autor, o fator responsável pode ter sido a diminuição das concentrações de carboidratos durante o processo fermentativo.

Os valores médios de DIVMS das silagens que continham TNF são classificados como satisfatórios (entre 40 e 55%), de acordo com Paiva (1976). As silagens adicionadas de TT foram as que apresentaram os maiores valores de DIVMS, sendo consideradas boas. Já quando se adicionou TPM, obteve-se silagens consideradas de DIVMS ruim.

TABELA 37 Valores médios de DIVMS (%) em função dos tempos, das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis	Torta	Tempo ¹		Erro padrão
		Material original (d0)	Silagem (d 62)	
5	TNF	53,19 A	44,11 B	0,37
	TPM	49,34 A	37,66 B	
	TT	62,56 A	56,38 B	
8	TNF	50,58 A	41,97 B	0,37
	TPM	43,81 A	38,34 B	
	TT	65,64 A	60,22 B	
11	TNF	50,18 A	43,61 B	0,37
	TPM	41,14 A	33,51 B	
	TT	65,49 A	64,21 B	

¹- Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, dentro de cada combinação (níveis-tortas) não diferem entre si pelo teste t de Student com um nível nominal de significância de 5%.

3.15 Valores de pH

Os valores de pH das silagens experimentais (TABELA 38), com exceção das contendo TPM nos níveis de 5 e 11% (4,60 e 4,59, respectivamente), e TT no nível de 8% (4,24) apresentaram valores considerados adequados .

Os valores médios de pH das silagens foram afetados (P<0,05) pelos níveis de inclusão das tortas (TABELA 38). A adição de 5 e 11% da TPM ao

capim-elefante proporcionou elevados valores médios de pH (4,60 e 4,59, respectivamente). O melhor valor médio encontrado para silagens com essa torta foi de 4,13, valor esse que indicaria uma boa fermentação (Woolford, 1984).

Segundo Woolford (1984), o pH ideal resultante de uma boa fermentação deve ser menor que 4,2; porém, mesmo as silagens de capim-elefante puro, com pH de 4,21, mostraram bom aspecto de conservação. Pedreira et al. (2001), ensilando Tifton 85 submetido ao emurchecimento e à adição de polpa cítrica, encontraram valores de pH acima da faixa recomendada, variando de 4,9 a 5,6. Apesar destes valores, os autores concluíram que as silagens exibiram baixa proteólise, provavelmente em função da redução da atividade clostrídica, resultando na preservação das proteínas. Uma boa silagem deve ter um pH na faixa de 3,8 a 4,2 (Ruiz, 1992; Lavezzo, 1994).

Os valores de pH encontrados neste experimento foram superiores quando se adicionou TNF ao capim-elefante e inferiores para TPM aos encontrados por Cleef (2008), em um estudo com as mesmas tortas. Molina et al. (2002), avaliando silagens com diferentes aditivos, encontraram variações no pH entre 3,22 e 4,19.

Segundo Rotz & Muck (1994), um dos princípios básicos da ensilagem é a inibição do desenvolvimento dos microrganismos da silagem pela redução do pH ou exaustão dos substratos.

O pH final não pode ser tomado isoladamente como um bom critério para avaliação das fermentações, pois a inibição de fermentações secundárias depende mais da velocidade de abaixamento do mesmo, da concentração iônica e da umidade do meio do que do pH final do produto (Woolford, 1984).

Os valores médios de pH encontrados nas silagens contendo TNF foram menores ($P < 0,05$) que os encontrados nas contendo TPM e TT, para os três níveis estudados (TABELA 38).

TABELA 38 Valores médios de pH das silagens em função das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis ²	Tortas ¹			Erro padrão
	TNF	TPM	TT	
5	4,13 Ca	4,60 Aa	4,20 Ba	0,02
8	3,99 Cc	4,13 Bb	4,24 Aa	
11	4,07 Bb	4,59 Aa	4,08 Bb	
Erro padrão	0,02			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

3.16 Valores de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total [N-NH₃ (% N total)]

O valor médio de N-NH₃ encontrado no suco das silagens do tratamento adicional é estatisticamente inferior (P<0,05) à média da combinação dos fatores níveis e tortas (TABELA 39). Assim, pode-se inferir que a adição das tortas aumentou significativamente os teores de N-NH₃ nas silagens experimentais.

TABELA 39 Valores médios do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) das silagens em função do tratamento adicional e da combinação entre os fatores níveis e tortas

Variável	¹ CE Puro	¹ Níveis*tortas
² N NH ₃	4,49 B	6,58 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicional vs Fatorial) não diferem entre si pelo teste F com um nível nominal de significância de 5%.² (% no N total).

Houve efeito (P<0,05) do nível de adição das três tortas (TNF, TPM e TT) nas silagens de capim-elefante, sendo que o menor valor foi observado nos níveis de inclusão 5, 8 e 11%, para TNF. Já para a TPM o menor valor de N-NH₃ foi no nível 8% (TABELA 40).

No geral, as adições de TNF, TPM e TT às silagens de capim-elefante provocaram algumas variações nos teores de N-NH₃; no entanto, todas as silagens apresentaram baixos teores, sendo classificadas como de boa qualidade. Uma silagem bem preservada deve apresentar teores de N-NH₃ menores que 10% (McDonald, 1981). Analisando os dados da Tabela 40, verifica-se que todas as silagens estão dentro de uma faixa considerada desejável de N-NH₃, podendo-se concluir que durante o processo fermentativo houve a preservação das proteínas, ou seja, não houve degradação ao ponto de reduzir o valor nutritivo das silagens.

Segundo Soest (1994), um baixo teor de N-NH₃ na silagem, inferior a 10% do Nitrogênio total indica que o processo de fermentação não resultou em quebra excessiva de proteína em amônia e os aminoácidos constituem a maior parte do Nitrogênio não-protéico.

TABELA 40 Valores médios de nitrogênio amoniacal das silagens em função das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis ²	Tortas ¹			Erro padrão
	TNF	TPM	TT	
5	4,43 Bc	7,74 Aa	7,55 Ac	0,07
8	4,94 Bb	4,13 Cc	9,74 Aa	
11	5,49 Ca	6,36 Bb	8,83 Ab	
Erro padrão	0,07			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

Peres (1997), ao avaliar o efeito da utilização da polpa cítrica como aditivo na ensilagem do capim napier, utilizou valores de 0, 5, 10 e 15% da matéria original. Os valores de N-NH₃ relatados foram de 12,7, 11,8, 11,5 e 10,9%, respectivamente, sendo superiores ao recomendado por Soest (1994). Da

mesma forma, Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), para a silagem de capim-elefante cv. Taiwan A-146 adicionada de farelo de mandioca nos níveis de 0, 2, 4, 8 e 12%, encontraram valores de N-NH₃ de 17,52; 18,99; 17,76; 18,87 e 18,97%, respectivamente, e, portanto, superiores aos citados por Soest (1994).

Araújo et al. (2000), estudando o perfil de fermentação de silagens de três cultivares de milho, observaram que para as concentrações de N-NH₃ ocorreram variações entre 3,32% no primeiro dia e 9,01% com 56 dias de fermentação, aumentando com o passar dos dias sem tendência à estabilização dos valores até os 56 dias de fermentação. Outros autores também não observaram tendência de estabilização dos valores de N-NH₃ para as silagens de milho (Antunes et al., 2000) e de girassol (Pereira et al., 1999).

3.17 Valores de poder tampão (PT)

Os valores médios de PT (TABELA 41) indicam que a média do tratamento adicional é superior (P<0,05) à média da combinação dos fatores níveis e tortas. Assim, pode-se inferir que a adição das tortas, nos níveis utilizados, fez com que os valores de PT fossem diminuídos (P<0,05).

TABELA 41 Valores médios de poder tampão (PT) das silagens, em função do tratamento adicional e da combinação dos níveis e tortas

Variável	¹ CE Puro	¹ Níveis*tortas
PT	35,28 A	28,12 B

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicional vs Fatorial) não diferem entre si pelo teste F com um nível nominal de significância de 5%.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre os valores médios de PT do material contendo as TNF, TPM e TT nos níveis de 5 e 8% (Tabela 42). Já no nível 11% houve diferença ($P<0,05$), sendo que os menores valores médios foram observados nas silagens que continham TNF.

Chiou & Chang (2000) encontraram valores de poder tampão de 38,0; 35,3; 25,4 e 20,5 Emg de NaOH/100 g de MS para o capim-elefante cultivar Napier com a inclusão de 60, 40, 20 e 0% de grãos de sorgo, respectivamente.

Os ácidos orgânicos e seus sais são os constituintes tamponantes mais importantes das plantas. A fração aniônica de culturas forrageiras, representada pelos ácidos orgânicos, sulfatos, nitratos e cloretos, representa 60 a 80% dos constituintes tamponantes na silagem, enquanto as proteínas vegetais representam somente 10 a 20% (Dune, 1982, citado por Woolford, 1984).

Não houve efeito ($P>0,05$) de níveis sobre o PT do material contendo TT. Já para a silagem que continha TNF houve diferença ($P<0,05$) entre os níveis de inclusão, sendo que o menor valor de PT foi observado no nível 11% (TABELA 42).

TABELA 42 Valores médios de poder tampão das silagens em função das tortas e dos níveis de inclusão

Níveis ²	Tortas ¹			Erro padrão
	TNF	TPM	TT	
5	30,83 Aa	31,10 Aa	31,82Aa	0,91
8	26,13 Ab	28,15 Ab	29,60 Aa	
11	19,18 Bc	27,55 Ab	28,68 Aa	
Erro padrão	0,91			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%; ² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com um nível nominal de significância de 5%.

3.18 Ácidos graxos voláteis (AGV)

Os resultados obtidos na análise de AGV das silagens de capim-elefante e de capim-elefante com os coprodutos encontram-se na TABELA 43.

TABELA 43 Médias dos valores de ácidos graxos voláteis das silagens experimentais

Silagens	Nível de inclusão dos co-produtos (%)	Ácidos Graxos Voláteis/100g MS			
		Acético	Propiônico	Butírico	Lático
SCE ¹	0	1,59	0,05	0,03	2,65
SCE+TNF ²	5	1,26	*	0,03	4,82
SCE+TNF	8	1,37	*	0,04	6,67
SCE+TNF	11	1,43	*	0,04	6,71
SCE+TPM ³	5	2,30	0,22	0,03	2,95
SCE+TPM	8	2,19	0,23	0,20	2,89
SCE+TPM	11	2,35	0,33	0,60	1,58
SCE+TT ⁴	5	1,32	*	*	4,77
SCE+TT	8	1,34	*	0,03	6,58
SCE+TT	11	1,44	*	0,02	6,69

¹ Silagem de capim elefante; ² Silagem de capim elefante com torta de nabo forrageiro; ³ Silagem de capim elefante com torta de pinhão manso; ⁴ Silagem de capim elefante com torta de tremço; * valores menores que 0,01%.

Analisando os dados de AGV obtidos neste experimento (TABELA 43), pode-se observar que os ácidos acético, propiônico e butírico nas silagens com TPM apresentaram valores maiores que os apresentados nas silagens de capim-elefante pura e contendo TNF ou TT. Isso se deve à menor concentração de carboidratos de fermentação rápida na TPM.

De acordo com Silveira (1975), todos os ácidos orgânicos que aparecem na silagem contribuem para a acidez total da mesma. Entretanto, o ácido lático é o maior responsável pelo abaixamento do pH pela sua maior constante de

dissociação. Os valores para o ácido láctico foram maiores nas silagens com TNF do que nas silagens de capim-elefante pura e contendo TPM ou TT.

Os valores do ácido acético para a silagem de capim-elefante pura e com TNF e TT (Tabela 43) foram satisfatórios para que houvesse um bom padrão de fermentação, que segundo Roth & Undersander (1995) são de, no máximo, 2% de ácido acético; 0,5% de ácido propiônico e 0,1% de ácido butírico.

Considerando os valores de ácido láctico, a única silagem que pode ser classificada como ruim (<2,0), de acordo com Rodriguez et al. (1999) é a contendo 11% de TPM. Já as outras podem ser classificadas de satisfatórias (3,0-2,0), boas (5,0-3,0) e muito boas (>5,0), sendo que as melhores classificadas foram as contendo 11% de TNF e 11% TT.

As silagens contendo TPM, com exceção dos valores de ácido propiônico (que foram menores que 0,5%), não apresentaram valores satisfatórios para serem classificadas como boas silagens (Tabela 43), já que os valores de ácido acético foram superiores a 2% e os de ácido láctico não entraram no intervalo de 4 a 6%. Resultados semelhantes foram encontrados por Cleef (2008).

4 CONCLUSÃO

De acordo com a composição bromatológica das tortas de nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço, estas apresentam potencial para utilização na nutrição animal. As silagens de capim-elefante adicionadas de tortas de nabo forrageiro e tremoço, nos diferentes níveis, apresentaram melhor composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* em relação às silagens em que se adicionou torta de pinhão manso. Portanto, a adição das tortas de nabo forrageiro e tremoço nos níveis estudados são considerados viáveis na ensilagem de capim elefante em regiões com disponibilidade desses coprodutos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADERIBIGBE, A.O.; JOHNSON, C.O.L.E.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; FOIDL, N. Chemical composition and effect of heat on organic matter-and nitrogen-degradability and some antinutritional components of Jatropha meal. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.67, n.2, p.223-243, July 1997.

ALMEIDA, M.F. **Composição química, digestibilidade e consumo voluntário das silagens de sorgo (*Sorghum vulgare*, Pers.) em dois momentos de corte, girassol (*Helyanthus annus*, L.) e milho (*Zea mays*, L.) para ruminantes.** 1992. 100p. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

ANTUNES, R.C.; REIS, R.B.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, A.L.C.; COSTA, R.S. Padrão de fermentação das silagens de seis genótipos de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J.A. S.; BORGES, A.L.C.; ALMEIDA, P.M.A.; PEREIRA, L.G.R. Qualidade e perfil de fermentação das silagens de três cultivares de milheto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods of analysis of the Association of official Analytical Chemist.** 11. ed. Washington, 1990. 1015p.

BERNARDINO, M.L.A. **Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de porte médio com deferentes teores de taninos e suculência no colmo.** 1996. 87p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

BRADY, C.J. Redistribution of nitrogen in grass and leguminous fodder plants during wilting and silage. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.11, n.5, p.276-284, May 1960.

BUENO, M.S.; FERRARI JÚNIOR, E.; LEINZ, F.F.; BIANCHINI, D.; CARVALHO, C.F.; POSSENTI, R.A. Silagens de milho e girassol com diferentes proporções da ração concentrada na dieta de ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.1296-1297.

CAVALCANTE, R.R.; FIGUEIRÊDO A.V.; CARVALHO, M.A.M.; LOPES, J.B.; ALMEIDA, M.M. Digestibilidade aparente de nutrientes de rações balanceadas com alimentos alternativos para cutias (*Dasyprocta prymnolopha*) em crescimento. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.6, n.3, p.163-171, jul./set. 2005.

CHIOU, P.W.; CHANG, S.; YU, B. The effects of wet sorghum distillers grains inclusion on napiergrass silage quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.80, n.8, p.1199-1205, Aug. 2000.

CHURCH, D.C.; POND, W.G. **Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos**. Zaragoza: Acríbia, 1977. 462p.

CLEEF, E.H.C.B. van. **Composição das tortas de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e pinhão manso (*Jatropha curcas*) e qualidade de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) contendo estes subprodutos**. 2008. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

COSTA, F.X.; SEVERIANO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; LUCENA, A.M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. Composição química da torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. p.112-119.

COUTO, G.S. **Digestibilidade intestinal in vitro da proteína de co-produtos da indústria de biodiesel**. 2009. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; PERON, A.J.; FRAGA, A.C.; CASTRO NETO, P. Composição química de tortas de amendoim (*Arachis hipogaeae L.*) e mamona (*Ricinus communis L.*) obtidas por diferentes métodos de extração de óleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEOGINOSAS, ÓLEOS VEGETAIS E BIODIESEL, 1., 2004, Varginha. **Anais...** Varginha: [s.n.], 2004. v.1, p.1-4.

EZEQUIEL, J.M.B.; SOARES, W.V.; SEIXAS, J.R.C. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, nitrogênio e fibra em detergente ácido de dietas completas contendo farelo de algodão, uréia ou amiréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.30, n.1, p.236-241, jan./fev. 2001.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.30, n.5, p.1424-1431, set./out. 2001.

GARRET, E.F.; PEREIRA, M.N.; NORDLUND, K.V.; ARMENTANO, L.E.; GOODGER, W.J.; OETZEL, G.R. Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.82, n.6, p.1170-1178, Jan. 1999.

HAIGH, P.M. Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.45, n.3, p.2185-2192, Sept. 1998.

HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates**: nutritional relevance and analysis. Gainesville: University of Florida, 2000. 76p.

HANNA, W.W.; MONSON, W.G.; GAINES, T.G. IVDMD, total sugars and lignin measurements on normal and brown mibrid sorghums at various stages of development. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, n.6, p.1050-1052, Nov./Dec. 1981.

LAVEZZO, W. Ensilagem do capim elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DO CAPIM ELEFANTE, 10., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1994. p.169-275.

LOURES, D.R.S. **Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem sob níveis de compactação e de umidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*), cv. Cameroon.** 2000. 65p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MARTIN, L.C.T. **Bovinos: volumosos suplementares.** São Paulo: Nobel, 1997. 143p.

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage.** New York: J. Wiley, 1981. 207p.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R. Buffering capacity of herbage samples as factor in ensilage. **Journal of the Science of Food Agriculture**, London, v.13, p.395-400, Feb. 1962.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage.** 2. ed. Marlow: Chalcome, 1992. 340p.

MCGUFFEY, R.K.; SCHINGOETHE, D.J. Feeding value of high oil variety of sunflowers as silage to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.63, n.7, p.1109-1113, July 1980.

MELLO, D.F.; FRANZOLIN, R.; FERNANDES, L.B.; FRANCO, A.V.M.; ALVES, T.C. Avaliação do resíduo de nabo forrageiro extraído da produção de biodiesel como suplemento para bovinos de corte em pastagens. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.9, n.1, p.45-56, jan./mar. 2008.

MOLINA, L.R.; FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; CASTRO NETO, A.G.; RODRIGUES, N.M. Padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.11, p.2992-3002, Nov. 1998.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e indicadores de função hepática em ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona tratado ou não com hidróxido de cálcio. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, 2006. v.2, p.8-13.

OLIVEIRA, M.D.S.; MOTA, D.A.; BARBOSA, J.C.; STEIN, M.; BORGONOFI, F. Composição bromatológica e digestibilidade ruminal in vitro de concentrados contendo diferentes níveis de torta de girassol. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.4, p.629-638, out./dez. 2007.

PAIVA, J.A.J. **Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais**. 1976. 85f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

PALMQUIST, D.L. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.124, n.8, p.1377-1382, Aug. 1984.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.63, n.1, p.1-14, Jan. 1980.

PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; TOMICH, T.R.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M. Padrão de fermentação das silagens de seis genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

PEREIRA, O.G. **Produtividade do milho (*Zea mays* L.), do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), da aveia (*Avena sativa* L.) e do híbrido (*S. bicolor* x *S. sudanense*) e respectivos valores nutritivos sob a forma de silagem e verde picado**. 1991. 86p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PERES, J.R. **Avaliação da polpa de citros seca e peletizada como aditivo na ensilagem do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, SCHUM)**. 1997, 82p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

POND, W.G.; MANER, J.H. **Swine production and nutrition**. Avi Publishing Westport, 2004. 733p.

RESENDE, F.D.; QUEIROZ, A.C.; FONTES, C.A.A.; PEREIRA, J.C.; RODRIGUES, L.R.R.; JORGE, A.M.; BARROS, J.M.S. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovídeos em confinamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.23, n.3, p.366-376, maio 1994.

REZENDE, A.A.S. **Composição químico-bromatológica de silagens de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão do farelo de babaçu**. 2005. 37p. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Imperatriz, Imperatriz.

RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.A.S.; BORGES, A.L.C.C.; ZAGO, C.P. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I: pH e teores de matéria seca e de ácidos graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.51, n.5, p.485-490, out. 1999.

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: CORN silage production management and feeding. Madison: Madison American Society of Agronomy, 1995. p.27-29.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FORAGE quality, evaluation and utilization. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p.828-868.

RUIZ, R.L. **Microbiologia zootécnica**. São Paulo: Roca, 1992. 314 p.

SAS INSTITUTE. **SAS procedures guide for computers**. 6. ed. Cary, 1999. v.3, 373p.

SHIMADZU. **Application data book**: Japan: Shimadzu, 1998. 104p.

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

SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2., 1975, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALq, 1975. p.156-180.

SOEST, P.J. van. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.26, n.1, p.119-28, Jan. 1967.

SOEST, P.J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Corvalis: Comstock, 1994. 476p.

SOEST, P.J. van; MANSON, P.C. The influence of the maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feed. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.32, n.1/3, p.45-53, Jan. 1991.

SULLIVAN, H.M.; BERNARD, J.K.; AMOS, H.E.; JENKINS, T.C. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, n.3, p.665-671, Mar. 2004.

TOMLINSON, D.J.; JAMES, R.E.; MCGILLIARD, M.L. Effect of varying levels of neutral detergent fiber and total digestible nutrients on intake and growth of holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n.2, p.537-545, Feb. 1991.

TOSI, H. Conservação de forragem como consequência do manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 1., 1973, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1973. p.117-140.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

CAPÍTULO 3

Avaliação das silagens de capim-elefante aditivadas com nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço pela técnica de produção de gases

RESUMO

O objetivo da condução deste trabalho foi a avaliação das silagens de capim-elefante aditivadas com tortas de nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço pela técnica de produção de gás. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (LANA/CENA/USP). Como doadores de líquido de rúmen, foram utilizados 2 ovinos da raça Santa Inês, machos, adultos, castrados e providos de cânula ruminal permanente. A alimentação dos animais doadores foi constituída de forragem de gramínea cultivada e uma suplementação ao final do dia com feno de Tifton, concentrado comercial e sal mineral à vontade. Os substratos foram secos a 60°C, moídos em moinho do tipo Willey provido de peneira com perfurações de 2 mm. Os gases produzidos durante os diferentes períodos de fermentação (0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 h) foram medidos com um transdutor - medidor de pressão. O experimento foi instalado segundo um delineamento de blocos ao acaso em que os tratamentos foram arranajados em um esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os maiores valores de produção de gás observados para os tratamentos onde adicionou-se torta de tremoço quando comparados com as outras tortas, decorreu do fato da torta de tremoço apresentar menor teor de fibras, propiciando assim, uma maior fermentação ruminal e, conseqüentemente, maior produção de gás em relação a outros alimentos com maior proporção de carboidratos estruturais (parede celular). As taxas de degradação da fração solúvel da matéria seca foi, menor para NF 8% e PM 11% em relação as outras silagens estudadas. Foram encontradas diferenças significativas para as TNF, TPM e TT nos diferentes níveis em relação ao volume de gases em 96 h de incubação ($P < 0,05$). as silagens contendo torta de tremoço apresentaram maior produção de gases quando comparadas as outras tortas. Em todos os tratamentos, exceto naqueles onde adicionou-se TT, houve diminuição ($P < 0,05$) nos valores médios de degradabilidade da matéria seca às 96 horas a medida que aumentou-se o nível de inclusão das tortas. As silagens de capim-elefante adicionadas de tortas de nabo forrageiro ou tremoço, nos diferentes níveis, apresentaram maiores taxas de degradação e maiores produções de gases que as adicionadas de torta de pinhão manso.

ABSTRACT

The objective of this work was evaluating elephant grass silages with forage radish, jatropha and lupine cakes as additives by the gas production technique. The experiment was developed in the Animal Nutrition Laboratory of the Center of Nuclear Energy in Agriculture (Center Centro de Energia Nuclear na Agricultura) of São Paulo University (LANA/CENA/USP). As donors of rumen liquid, two sheep of the Santa Ines breed, males, adults and fitted with permanent rumen cannula were used. The donating animals' feeding was made up of cultivated grass forage and a supplementation at the end of day with Tifton hay, commercial concentrate and mineral salt at will. The substrates were dried at 60°C, ground in Willey type mill fitted with a sieve with perforations of 2 mm. The gases produced during the different fermentation periods (0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 h) were measured with a transducer – pressure measurer. The experiment was set up according to a randomized block design in which the treatments were arranged in a split plot in time. The greatest values of gas production were found for the treatments where lupine cake was added when compared with the other cakes. That originated from the fact that lupine cake presented lower fiber content, enabling so increased rumen fermentation and, hence, higher gas production in relation to other feeds with a greater ratio of structural carbohydrates (cell wall). The degradation rate of the soluble fraction of dry matter was lower for 8% TNF and 11% TPM in relation to the other silages studied. Significant differences were found for the TNF, TPM and TT at the different levels relative to the amount of gas in 96 h of incubation ($P < 0.05$). In all the treatments, except in those TT was added, there was decrease ($P < 0.05$) in the average degradability values of dry matter at 96 hours as the level of inclusion of the cakes was increased. The elephant grass silages added of forage radish and lupine cakes at the different levels presented higher rates of degradation and higher gas production than those added of jatropha.

1 INTRODUÇÃO

Uma das medidas adotadas para conservar o valor nutritivo da forrageira consiste no emprego da ensilagem, utilizando co-produtos agroindustriais como aditivos muitas vezes motivado pelo excesso de umidade da planta no momento do corte. Muitos destes co-produtos da agroindústria que são fornecidos para os animais não se conhece sua composição química e o seu valor nutritivo. No caso de co-produtos da agroindústria do biodiesel, são exemplos as tortas de nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço.

Enquanto nutricionistas de monogástricos podem rotineiramente recorrer ao uso de tabelas de composição de alimentos para o balanceamento de rações, com certa segurança, os nutricionistas de ruminantes devem considerar que ao menos uma fonte alimentar deverá ser uma forrageira e, embora haja muitas tabelas de composição, as variações encontradas nessas forrageiras depois da ensilagem são enormes. Além disso, a avaliação de silagens aditivadas com coprodutos para nutrição de ruminantes deve considerar que o seu valor nutritivo depende, além de sua composição química, de vários outros fatores que atuam simultaneamente e que podem resultar, ao final, no desempenho animal.

Uma das medidas para avaliar esses alimentos consiste no uso de técnicas *in vitro* que são menos onerosas e facilitam o controle das condições experimentais. Essas técnicas podem ser eficientes desde que sejam facilmente reproduzíveis e altamente correlacionadas com os resultados obtidos *in vivo* (Getachew et al., 1998).

A produção de gases é diretamente proporcional à fermentação microbiana do alimento e, como pode ser medida a intervalos frequentes, permite avaliar o modo como ocorre o ataque microbiano na degradação do alimento no rúmen.

Semelhantemente à técnica *in situ*, a técnica *in vitro* de produção de gases também se baseia na degradação dos alimentos pelos microrganismos

ruminais. Através da simulação *in vitro* do ambiente ruminal, a técnica permite medir a formação de subprodutos (gases) da ação microbiana durante o processo de degradação. Estudos recentes têm demonstrado que a produção de gases possui alta correlação com a digestibilidade e com a degradabilidade do alimento (Menke et al., 1979; Theodorou et al., 1994; Blümmel et al., 1997a; Maurício et al., 1998; Bueno et al., 1999a, 1999b). A grande vantagem dessa metodologia é a praticidade de se medir a produção de gases com o emprego de um transdutor e a pequena quantidade de material necessário para o ensaio (Theodorou et al., 1994; Perez, 1997; Maurício et al., 1998, 1999).

O objetivo da condução deste trabalho foi a avaliação das silagens de capim-elefante aditivadas com tortas de nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço, em diferentes níveis, pela técnica de produção de gás.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e animais

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (LANA/CENA/USP), Piracicaba- SP.

Como doadores de líquido de rúmen, foram utilizados 2 ovinos da raça Santa Inês, machos, adultos, castrados e providos de cânula ruminal permanente. A alimentação dos animais doadores foi constituída de forragem de gramínea cultivada e uma suplementação ao final do dia com feno de Tifton, concentrado comercial e sal mineral à vontade, conforme os requisitos mínimos para manutenção corporal de ovinos pesando aproximadamente 70 kg (Agricultural and Food Research Council - AFRC, 1993).

2.2 Substratos

Os substratos utilizados foram: silagem de capim-elefante; silagem de capim-elefante + 5, 8 e 11% de torta de nabo forrageiro; silagem de capim-elefante + 5, 8 e 11% de torta de pinhão manso e silagem de capim-elefante + 5, 8 e 11% de torta de trevoço e um controle interno utilizado pelo Laboratório de Nutrição Animal-LANA/CENA/USP.

Os substratos foram secos a 60°C, moídos em moinho do tipo Willey, utilizando peneira com perfurações de 2 mm, e, posteriormente, armazenados em frascos plásticos com tampa vedante.

2.3 Coleta e preparo do inóculo

A coleta do líquido ruminal dos ovinos foi realizada através de uma sonda acoplada a uma seringa com o auxílio de uma pinça, através da cânula ruminal. Foi coletada a fração mais sólida (particulados) e líquida. O material

coletado foi colocado em garrafas térmicas, previamente preenchidas com CO₂ a uma temperatura de 39°C.

No laboratório, o líquido ruminal coletado foi misturado com a fração sólida na mesma proporção (50% de material da fase sólida e 50% da fase líquida) e homogeneizado em liquidificador por 10 segundos, nas proporções a serem analisadas. Isto é necessário para a recuperação dos microorganismos celulolíticos que se aderem fortemente à fração sólida. Após o processamento, esse inóculo foi filtrado em 3 fraldas de algodão, espremendo-se ao máximo, separando a parte sólida da líquida. As frações filtradas foram mantidas em banho-maria a 39°C, com dióxido de carbono insuflado sobre a solução continuamente.

2.4 Preparos das garrafas para produção de gás

Foi conduzido um ensaio com quatro réplicas de cada amostra. Foram selecionadas garrafas de vidro de 160 mL, previamente identificadas e nestas procedeu-se a incubação de aproximadamente 0,5 g de MS do substrato a ser testado, adicionando-se 50 mL de um meio contendo minerais e tamponantes e 25 mL de inóculo (líquido ruminal). Adicionalmente, foram preparadas 4 garrafas sem substrato para cada animal, para se determinar quanto de produção de gás que o inóculo produziria (empregadas como branco). As garrafas foram vedadas com tampas de borracha previamente mantidas em água quente, através do uso de uma agulha, retirou-se todo ar do interior das garrafas. Após a retirada do ar, as garrafas foram homogeneizadas, agitando-as, em seguida, e acomodando-as na incubadora a 39°C. Este foi considerado o tempo zero para a leitura. Estas garrafas foram retiradas da incubadora apenas para as leituras e mantidas sobre uma bandeja de plástico.

2.5 Leituras da produção de gás

Os gases produzidos durante os diferentes períodos da fermentação (0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 h) foram medidos com um transducer - medidor de pressão (Theodorou et al., 1994; Bueno et al., 1999b). Após 96 horas de incubação, as garrafas foram colocadas em água com gelo para cessar a atividade microbiana. De cada leitura de pressão, foi subtraído o total produzido pelas garrafas sem substrato (branco) referentes a cada amostra. O material foi filtrado em cadinho sinterizado de peso conhecido; em seguida, foi seco em estufa a temperatura de 105°C, até peso constante e, posteriormente, incinerado, determinando assim a matéria orgânica digerida no processo fermentativo, conforme proposto por France et al. (1993); Theodorou et al. (1994); Blümmel et al. (1997a) e Maurício et al. (1999). Os resultados obtidos na metodologia de produção de gases foram avaliados de acordo com o modelo sigmoidal de Orskov & McDonald (1979).

2.6 Cálculo da produção de gases

As leituras de pressão do gás das garrafas são dadas em psi, necessitando ser transformadas em volume. Segundo Maurício et al. (1998), existe uma forte correlação entre o volume e a pressão, podendo essa relação ser expressa pela fórmula:

$$v = \text{Volume mL/g} = 0,0112\text{psi}^2 + 7,3358\text{psi}$$

onde:

v é o volume de gases produzido e p é a pressão (em psi).

Com o uso desta equação efetua-se a transformação das leituras em pressão (psi), para volume de gases produzidos.

2.7 Análise estatística

2.7.1 Produção de gás 24 e 96 horas

O experimento foi instalado segundo um delineamento em blocos ao acaso em que os tratamentos de parcela, em esquema fatorial 3 x 4 (três tipos de torta e 4 níveis de inclusão) mais 1 tratamento adicional (100% de capim-elefante), estavam arrançados em um esquema de parcela subdividida no tempo. O modelo estatístico que descreve as observações é dado por:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + e_{ij} + t_k + at_{ik} + \varepsilon_{ijk},$$

em que:

y_{ijk} é o valor da variável dependente no j-ésimo bloco, i-ésimo tratamento e k-ésimo tempo de incubação;

μ é uma constante inerente a todas as observações; a_i é o efeito do i-ésimo tratamento, com $i = 1, \dots, 13$;

b_j é o efeito do j-ésimo bloco, com $j = 1$ e 2 ; e_{ij} é o erro experimental associado à parcela, considerado independente e identicamente distribuído de uma Normal com média zero e variância σ_e^2 ;

t_k é o efeito do k-ésimo tempo de incubação, com $k = 1, \dots, 8$;

at_{ik} é o efeito da interação entre o i-ésimo tratamento e o k-ésimo tempo de incubação;

ε_{ijk} é o erro experimental associado à subparcela, considerado independente e identicamente distribuído de uma Normal com média zero e variância σ_ε^2 .

Para $i = 1, \dots, 12$, o efeito de tratamento é dado por: $a_i = u_l + p_m + up_{lm}$, em que:

u_l é o efeito do l -ésimo tipo de torta, com $l = 1, 2, 3$; p_m é o efeito do m -ésimo nível de inclusão da torta, com $m = 1, 2, 3, 4$;

up_{lm} é o efeito da interação entre o l -ésimo tipo de torta e o m -ésimo nível de inclusão da torta.

Para $i = 13$, o efeito de tratamento é dado por: $a_i = c_n$, em que: c_n é o efeito do tratamento adicional, com $n = 1$.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos contemplados no modelo testados a um nível nominal de significância de 5%. As médias de tipo de torta e níveis de inclusão foram comparadas pelo teste de Scott-Knott e o efeito do tempo de incubação sobre a variável dependente foi estudado por meio do ajuste de um modelo de regressão não-linear para produção de gás às 96 horas de incubação. Para produção de gás às 24 horas, o efeito do tempo de incubação sobre a variável dependente foi estudado por meio do ajuste de um modelo de regressão polinomial. Este tipo de análise diferiu da análise para volume de gás até 96 horas devido ao reduzido número de tempos de incubação de amostras.

O modelo estatístico utilizado na descrição das curvas de produção de gás é dado por:

$$V_t = V_f \{1 - \exp[-k(t - L)]\},$$

em que:

V_t é a produção acumulada de gás (mL/g);

V_f é o potencial máximo de produção de gás (mL/g); exp é a base dos logaritmos neperianos;

k é uma taxa específica de degradação (%/h);

t é o tempo de incubação das amostras (h);

L é o tempo de colonização das bactérias (h).

2.7.2 Degradabilidade in vitro

O experimento foi instalado segundo um delineamento em blocos ao acaso em um esquema fatorial 3 x 4 (três tipos de torta – Nabo forrageiro, Pinhão manso e Tremoço; 4 níveis de inclusão – 5, 8, 11 e 100%) mais 1 tratamento adicional (100% de capim-elefante). O modelo estatístico que descreve as observações é dado por:

$$y_{ij} = \mu + a_i + b_j + e_{ij},$$

em que:

y_{ij} é o valor da variável dependente no j-ésimo bloco e i-ésimo tratamento;

μ é uma constante inerente a todas as observações;

a_i é o efeito do i-ésimo tratamento, com $i = 1, \dots, 13$;

b_j é o efeito do j-ésimo bloco, com $j = 1$ e 2 ; e_{ij} é o erro experimental associado à parcela, considerado independente e identicamente distribuído de uma Normal com média zero e variância σ_e^2

Para $i = 1, \dots, 12$, o efeito de tratamento é dado por: $a_i = u_l + p_m + up_{lm}$,

em que:

u_l é o efeito do l-ésimo tipo de torta, com $l = 1, 2, 3$;

p_m é o efeito do m-ésimo nível de inclusão da torta, com $m = 1, 2, 3, 4$;

up_{lm} é o efeito da interação entre o l-ésimo tipo de torta e o m-ésimo nível de

inclusão da torta. Para $i = 13$, o efeito de tratamento é dado por: $a_i = c_n$, em que: c_n é o efeito do tratamento adicional, com $n = 1$.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos contemplados no modelo testados a um nível nominal de significância de 5%. As médias de tipo de torta e níveis de inclusão foram comparadas pelo teste de Scott-Knott. As médias dos 12 tratamentos (fatorial 3 x 4) foram comparadas ao tratamento controle, ou adicional, (100% de capim-elefante) por meio do teste Dunnett, com o mesmo nível nominal de significância de 5%.

Todas as análises foram feitas utilizando-se o programa estatístico SAS Institute (1999).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os volumes totais de gases produzidos pelos tratamentos CE, NF5, NF8, NF11, PM5, PM8, PM11, TR5, TR8 e TR11% nos tempos 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 h (bioensaio) estão apresentados na TABELA 1.

Os maiores valores de produção de gás observados para os tratamentos onde adicionou-se torta de tremoço quando comparados com as outras tortas, decorreu do fato da torta de tremoço apresentar menor teor de fibras, propiciando assim, uma maior fermentação ruminal e, conseqüentemente, maior produção de gás em relação a outros alimentos com maior proporção de carboidratos estruturais (parede celular).

TABELA 1 Valores médios de produção de gás, em ml/500mg, das silagens estudadas até noventa e seis horas, em função dos tempos de incubação e porcentagens de inclusão dos co-produtos do biodiesel.

Tempo	Médias ¹												
	TNF	TNF	TNF	TNF	TPM	TPM	TPM	TPM	TT	TT	TT	TT	CE
	5%	8%	11%	100%	5%	8%	11%	100%	5%	8%	11%	100%	100%
4	14,36	12,45	12,85	24,43	6,52	6,81	7,57	11,50	14,86	22,58	26,39	32,22	9,71
8	35,21	31,40	39,33	71,09	21,65	19,54	25,75	40,46	39,45	51,53	64,44	129,80	30,79
12	61,19	62,11	66,76	106,35	51,25	64,27	46,32	65,23	78,23	83,15	95,55	185,82	57,64
24	101,55	99,70	100,06	129,15	103,93	118,98	87,31	73,81	139,75	146,10	158,56	241,60	108,26
36	141,28	139,54	133,31	144,71	142,39	156,87	122,40	85,27	186,92	189,12	204,93	288,92	156,33
48	171,85	173,94	159,19	156,50	171,30	184,19	151,03	92,54	224,67	223,87	239,63	321,54	194,97
72	213,98	217,05	196,35	175,20	210,59	224,14	189,27	104,99	277,97	271,32	286,71	361,87	241,97
96	246,00	250,68	225,25	188,57	240,40	258,29	221,19	116,45	324,73	311,12	329,34	388,67	279,31

1- TNF5,8,11 e 100% (nabo forrageiro); TPM5,8,11 e 100% (pinhão manso); TT5,8,11e 100% (tremoço); CE100% (capim-elefante 100%).

Tavares (2009), avaliando as silagens de milho e capim-elefante aditivadas com resíduo de batata pela técnica de produção de gás, obteve resultados de 381,09 ml/500mg e 232,36 ml/500mg de amostra de matéria seca no tempo de 96 horas, respectivamente. A produção de gás obtida na silagem de capim-elefante neste estudo (279,31 ml/500mg) foi próxima a encontrada por Tavares (2009).

Já Malafaia et al. (1998), avaliando a digestibilidade de silagens de milho, por intermédio da produção total de gás na incubação *in vitro*, obtiveram resultados de 52,83 mL/360 mg de amostra na matéria seca. Este valor, quando convertido para 100 mg de amostra, correspondeu a 14,7 mL de gás.

O volume médio de gases produzidos em 24 horas (bioensaio) pode ser visto na TABELA 2.

TABELA 2 Valores médios de produção de gás, em ml/500mg, em 24 horas, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.

Tipo de torta	Níveis de inclusão de torta ¹			
	5%	8%	11%	100%
TNF	57,5 a A	47,5 b A	48,8 b A	50,4 b A
TPM	42,2 a A	52,2 b A	36,3 b A	24,9 c A
TT	61,7 a A	81,4 a A	78,4 a A	99,9 a A
Erro-padrão da média	6,9			

1- Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%.

Não foram encontradas diferenças significativas para as TNF, TPM e TT nos diferentes níveis em relação ao volume de gases em 24 h de incubação ($P > 0,05$).

Santos et al. (2003), trabalhando com sub-produtos protéicos concluíram que o caroço de algodão foi o alimento concentrado que apresentou menor

produção de gás em todas as espécies estudadas, seguido dos farelos de algodão e soja, o que pode ser explicado pelo alto conteúdo de proteína desses alimentos, pois, de acordo com Khazaal et al. (1995), a incubação de substratos ricos em proteína resultaria na formação de bicarbonato de amônio, a partir de CO₂ e amônia, reduzindo, assim, a contribuição de CO₂ para a produção total de gás.

Pela cinética fermentativa (FIGURA 1), pode ser observado que a torta de tremoço (TT), por ter menor teor de fibra, proporcionou elevada produção de gases, seguida das tortas de nabo forrageiro (TNF) e torta de pinhão manso (TPM). Isto pode ser explicado pela pequena contribuição das fibras na produção total de gases.

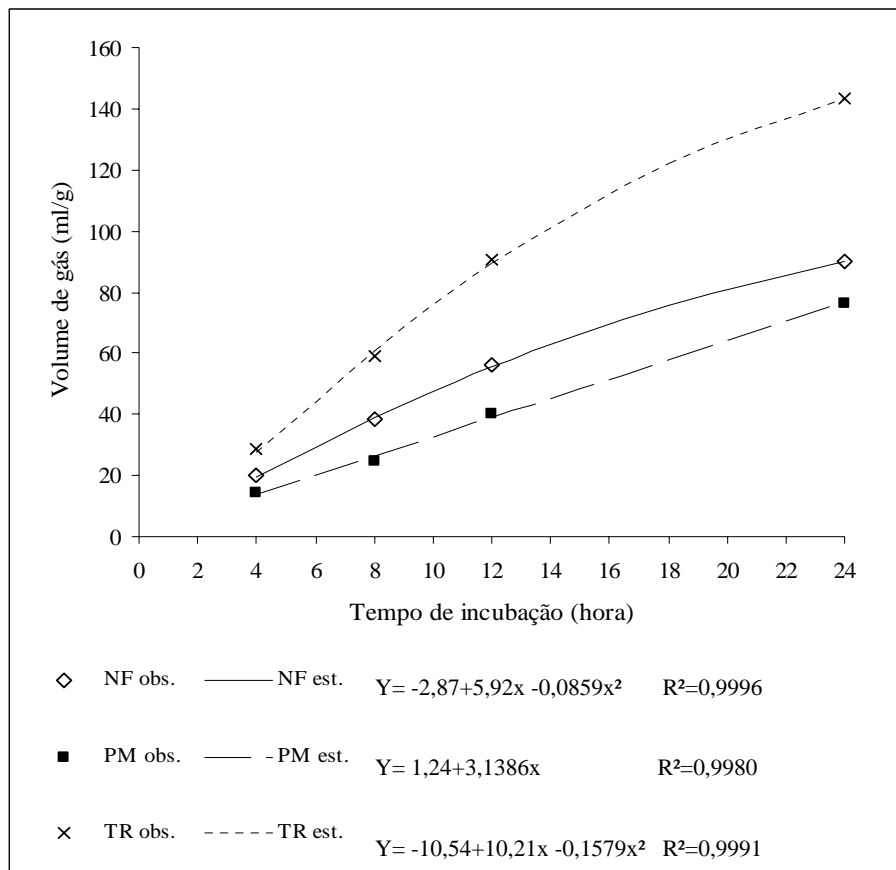


FIGURA 1 Valores observados e estimados de volume de gás acumulado, em ml/g, em função do tempo de incubação, para os tipos de torta na silagem de capim-elefante.

As taxas de degradação da fração solúvel da matéria seca foi, menor para NF 8% e PM 11% em relação as outras silagens estudadas. Os valores podem ser observados na tabela 3. Estes resultados estão próximos ao encontrado por David 2001.

Cabral et al. (2001), encontraram taxa de degradação da fração solúvel da matéria seca maiores do que o presente trabalho para o capim elefante de 5,8/

h e 16 %/ h com 63 e 45 dias de idade, respectivamente. Também Malafaia et al. (1998), trabalhando com produção de gás observaram uma taxa de degradação de 3,24%/h, para capim- elefante, com 60 dias, superiores aos encontrados neste estudo que foi de 1,84%/h para silagem de capim elefante.

Tavares (2009) trabalhando com silagem de capim elefante acrescida com resíduo de batata observou diferença na taxa de degradação quando adicionou 0, 7 e 14% de resíduo de batata ficando em média 1,8%/h. Logo este resultado ficou próximo quando adicionou 5% e 8% de torta de nabo forrageiro, 11% de torta de pinhão manso e 100% de capim elefante.

O tempo de colonização do substrato (L) pelos microorganismos ou (lag time) pode ser visto na TABELA 3. O tempo de colonização (L) é o parâmetro que se relaciona à facilidade com que os microorganismos iniciam a degradação dos alimentos. Todos os valores obtidos nas silagens estudadas são considerados baixos comparados com gramíneas tropicais, de acordo com Bueno et al. (2000) (7,0 a 8,3 h). Segundo Vieira et al. (1997), esses valores possuem interferência no enchimento ruminal. Malafaia et al. (1998) trabalhando capim elefante com 60 dias de rebrota encontraram maiores valores para tempo de colonização (8,45 h), quando comparados a este estudo, que foi 2,47 h para a silagem de capim.

David et al. (2001), trabalhando com capim elefante observaram um tempo de colonização próximo ao do presente estudo, mas com relação o potencial máximo de produção de gás (Vf) apresentou valores inferiores.

TABELA 3 Produção de gases potencial (Vf) em ml/500 g, taxa de degradação (K) em %/h, tempo de colonização (L) em h, degradabilidade “in vitro” da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), em 24 e 96 horas, e fibra em detergente neutro (DFDN) das silagens estudadas.

Tratamentos	Médias							
	Vf	K	L	DMS 24	DMS 96	DMO 24	DMO 96	DFDN
NF 5%	295,0	1,85	0,83	33,01	50,48	30,69	46,98	50,22
NF 8%	306,6	1,77	1,20	30,38	49,08	28,60	46,23	50,37
NF 11%	258,0	2,05	0,04	29,30	47,38	27,28	44,14	46,53
NF 100%	176,7	5,90	0,14	27,99	40,86	25,50	37,25	29,64
PM 5%	271,6	2,25	3,26	28,75	40,98	26,94	38,40	46,54
PM 8%	280,4	2,50	3,26	25,99	37,27	24,03	34,46	53,13
PM 11%	270,2	1,78	2,13	22,66	32,85	21,12	30,63	57,92
PM 100%	180,5	5,14	0,16	17,91	30,38	16,94	28,73	55,72
TR 5%	377,0	1,99	1,65	29,90	46,81	27,46	43,02	51,09
TR 8%	348,4	2,22	0,52	38,15	56,53	35,18	52,11	43,28
TR 11%	362,0	2,31	0,20	39,42	58,63	36,66	54,50	39,09
TR 100%	377,9	4,52	0,20	42,52	67,15	40,15	63,46	19,57
CE 100%	338,9	1,84	2,47	33,35	51,45	33,35	48,22	60,50

1- NF5% (nabo forrageiro 5%); NF8% (nabo forrageiro 8%); NF11% (nabo forrageiro 11%); NF100% (nabo forrageiro 100%); PM5% (pinhão manso 5%); PM8% (pinhão manso 8%); PM11% (pinhão manso 11%); PM100% (pinhão manso 100%); TR5% (tremoço 5%); TR8% (tremoço 8%); TR11% (tremoço 11%); TR100% (tremoço 100%); CE100% (capim-elefante 100%).

Foram encontradas diferenças significativas para as TNF , TPM e TT nos diferentes níveis em relação ao volume de gases em 96 h de incubação (P<0,05). As silagens contendo torta de tremoço apresentaram maior produção de gases quando comparadas as outras tortas.

Há uma correlação entre a quantidade de PB, FDN e FDA e a produção de gases, ou seja, a quantidade de parede celular pode interferir negativamente na produção de gases, pois reduz a atividade microbiana devido ao aumento das condições adversas do meio com o progresso da incubação. Deste modo, os resultados encontrados, podem evidenciar esta correlação, ou seja, a produção de

gases das silagens adicionadas de torta de tremoço foi maior do que a de nabo forrageiro e pinhão manso, uma vez que as silagens adicionadas de torta de tremoço apresentaram maior teor de PB e menor de FDN e FDA.

TABELA 4 Valores médios de produção de gás, em ml/500 mg, para o tempo de incubação de 96 horas, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante

Tipo de torta	Níveis de inclusão de torta ¹			
	5%	8%	11%	100%
TNF	246,0 b A	250,7 b A	225,2 b A	188,6 b B
TPM	240,4 b A	258,3 b A	221,2 b B	116,4 c C
TT	324,7 a B	311,1 a B	329,3 a B	388,7 a A
Erro-padrão da média	9,7			

1- Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%.

A cinética fermentativa das silagens e tortas estudadas pode ser vista nas FIGURAS 2,3,4,5,6,7,8. Percebe-se que os tratamentos estão tendendo a estabilizar a produção de gás aproximadamente próximo das 96 horas

Através do modelo Modelo sigmoidal de Orskov e McDonald, 1979 foi possível obter o perfil fermentativo das silagens nas diferentes fases de desenvolvimento. Este modelo supõe que a taxa de produção de gás depende unicamente do substrato disponível para fermentação uma vez alcançado o tempo de colonização.

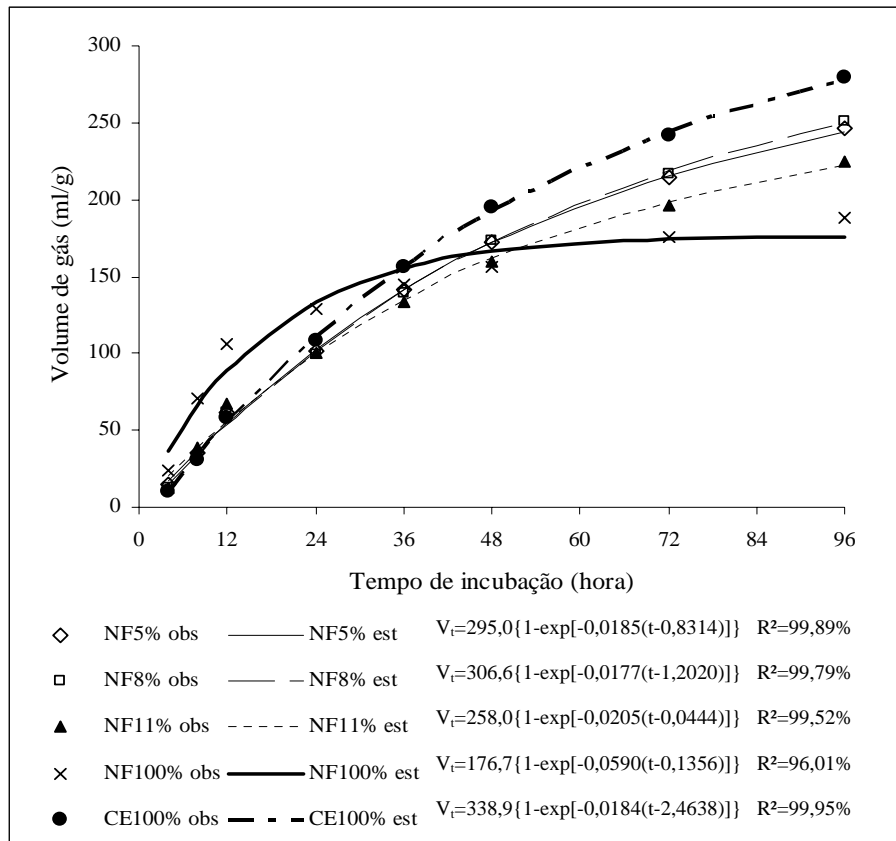


FIGURA 2 Valores observados e estimados de volume de gás acumulado, em ml/g, em função do tempo de incubação, para as porcentagens de inclusão de torta de nabo forrageiro (NF) na silagem de capim-elefante (SCE).

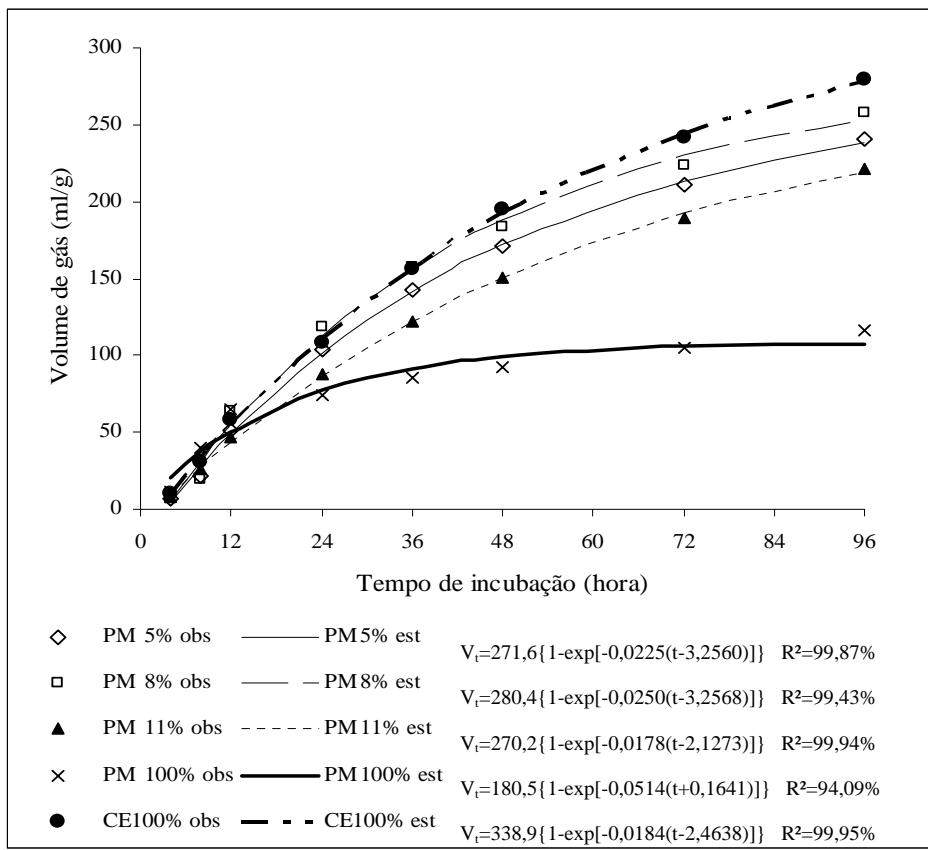


FIGURA 3 Valores observados e estimados de volume de gás acumulado, em ml/g, em função do tempo de incubação, para as porcentagens de inclusão de torta de pinhão manso (PM) na silagem de capim-elefante (SCE).

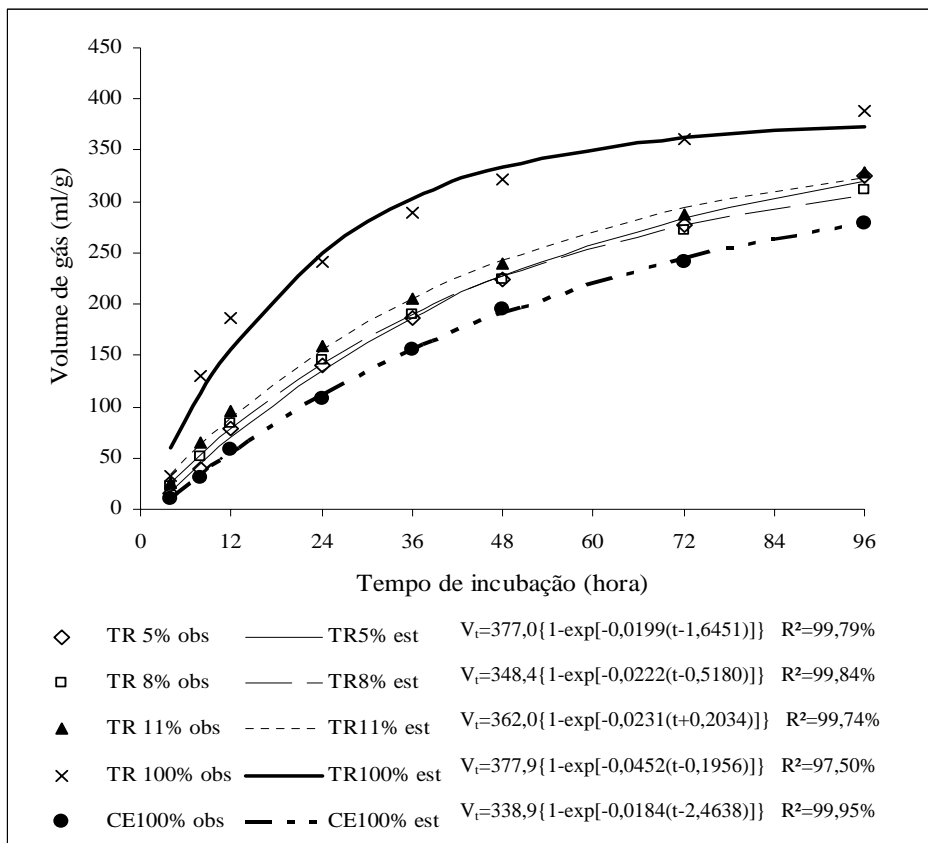


FIGURA 4 Valores observados e estimados de volume de gás acumulado, em ml/g, em função do tempo de incubação, para as porcentagens de inclusão de torta de trevoço (TR) na silagem de capim-elefante (SCE).

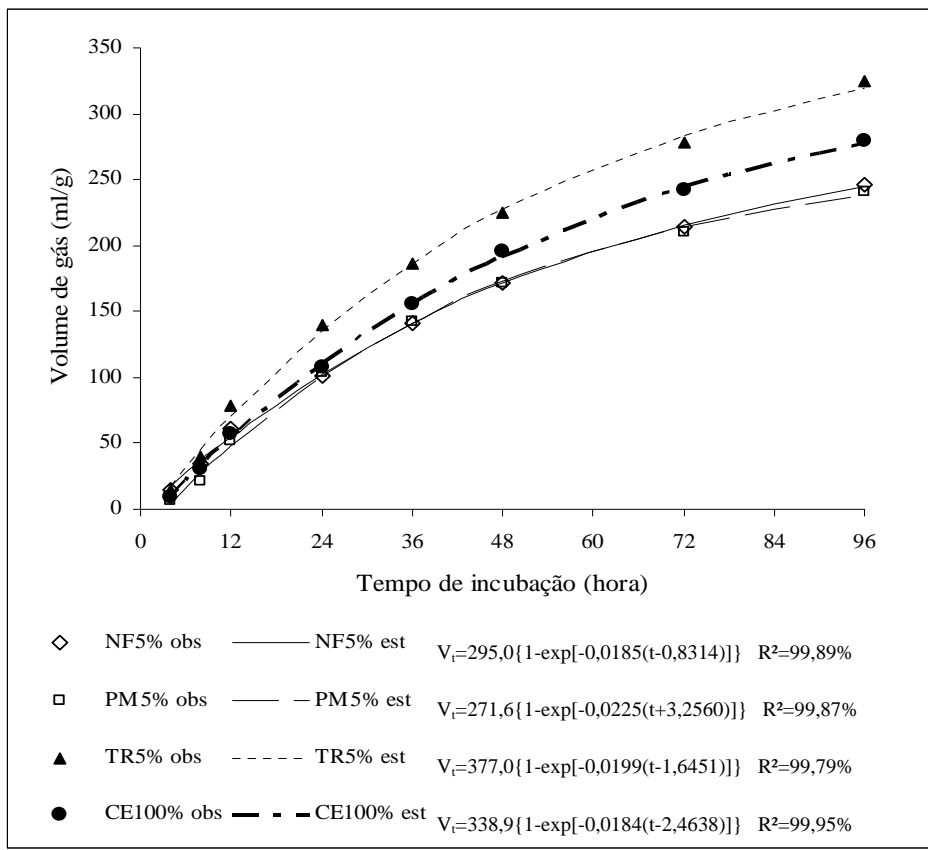


FIGURA 5 Valores observados e estimados de volume de gás acumulado, em ml/g, em função do tempo de incubação, para 5% de inclusão dos diferentes tipos de torta (NF, PM e TR) e na silagem de capim-elefante (SCE).

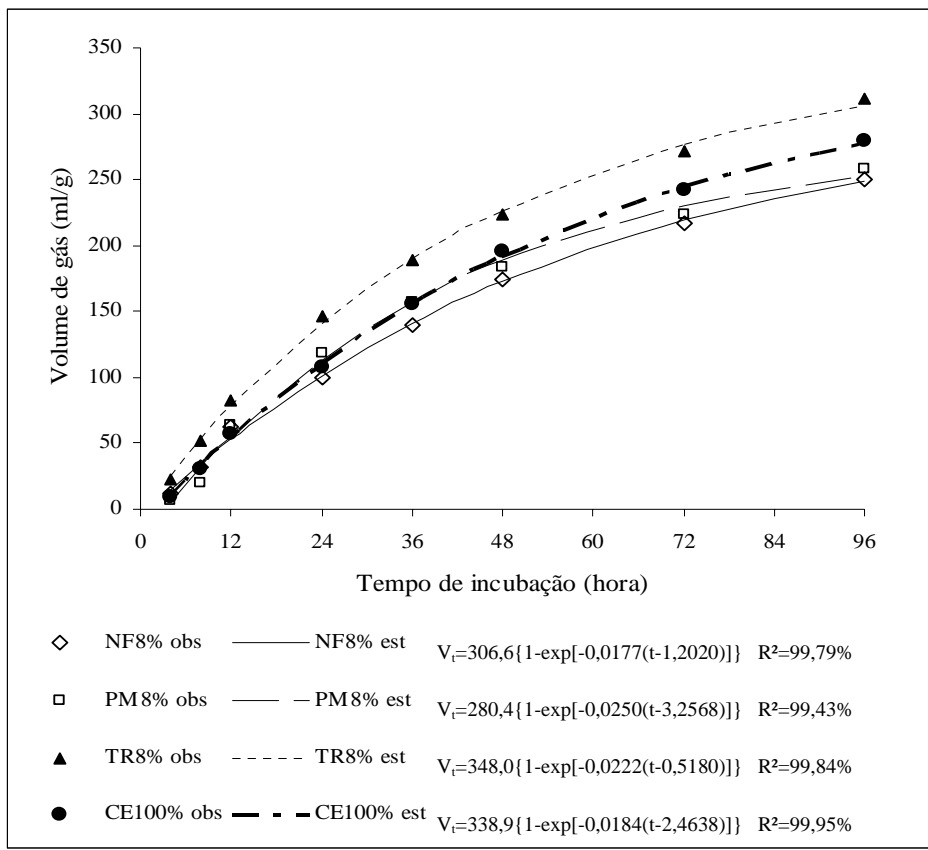


FIGURA 6 Valores observados e estimados de volume de gás acumulado, em ml/g, em função do tempo de incubação, para 8% de inclusão dos diferentes tipos de torta (NF, PM e TR) e na silagem de capim-elefante (SCE).

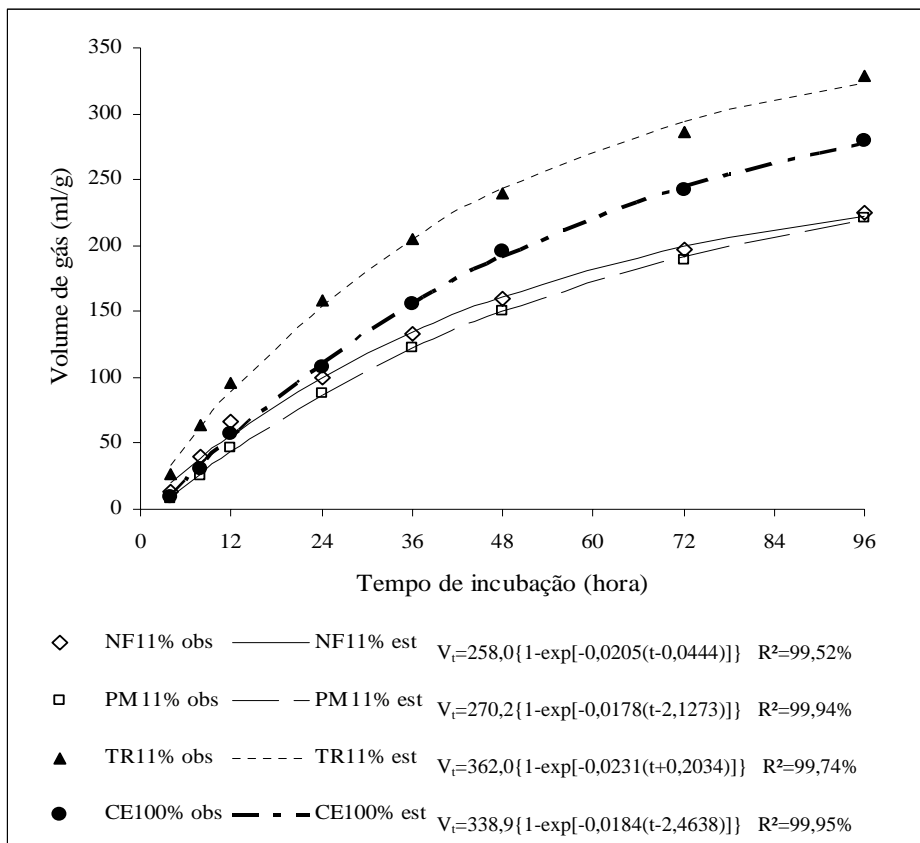


FIGURA 7 Valores observados e estimados de volume de gás acumulado, em ml/g, em função do tempo de incubação, para 11% de inclusão dos diferentes tipos de torta (NF, PM e TR) e na silagem de capim-elefante (SCE).

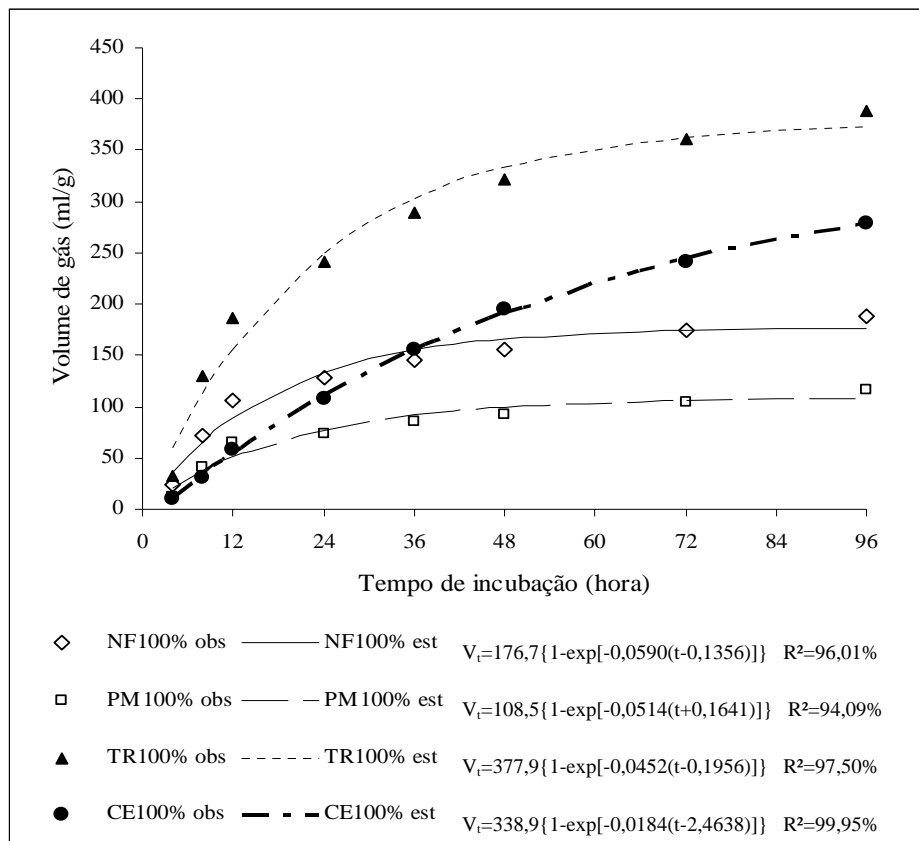


FIGURA 8 Valores observados e estimados de volume de gás acumulado, em ml/g, em função do tempo de incubação, para 100% dos diferentes tipos de torta (NF, PM e TR) e na silagem de capim-elefante (SCE).

Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) para as TNF, TPM e TT nos diferentes níveis (TABELA 5). As silagens de capim-elefante adicionada de TT apresentaram maior valor de degradabilidade da matéria seca às 24 h em relação às outras tortas. Nas silagens de TNF e TPM, ao contrário da silagem de TT, à medida que aumentou o nível de inclusão das tortas de 5 para 11%, houve um decréscimo na degradabilidade da matéria seca às 24 h.

Os dados referentes à cinética de degradação *in vitro*, como os aqui apresentados, são escassos na literatura, e mais raros ainda são aqueles de co-produtos de biodiesel.

TABELA 5 Valores médios de degradabilidade da matéria seca às 24 horas, em porcentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.

Tipo de torta	Níveis de inclusão de torta ¹			
	5%	8%	11%	100%
TNF	33,01 a A	30,38 b A	29,30 b A	27,99 b A
TPM	28,75 b A	25,99 c A	22,66 c B	17,91 c C
TT	29,90 b C	38,15 a B	39,42 a B	42,52 a A
Erro-padrão da média	1,1			

1- Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%.

Em todos os tratamentos, exceto naqueles onde adicionou-se TT, houve diminuição ($P < 0,05$) nos valores médios de degradabilidade da matéria seca às 96 horas a medida que aumentou-se o nível de inclusão das tortas (TABELA 6).

TABELA 6 Valores médios de degradabilidade da matéria seca às 96 horas, em porcentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.

Tipo de torta	Níveis de inclusão de torta ¹			
	5%	8%	11%	100%
TNF	50,48 a A	49,08 b A	47,38 b A	40,86 b B
TPM	40,98 b A	37,27 c A	32,85 c B	30,38 c B
TT	46,81 a C	56,53 a B	58,63 a B	67,15 a A
Erro-padrão da média	1,4			

1- Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%.

Tavares (2009) encontrou para silagem de capim elefante, valor médio (54,16%) de degradabilidade *in vitro* às 96 horas, próximo ao encontrado neste trabalho (51,45%). Campos et al. (2002), medindo a produção de gases do capim elefante (*Pennisetum purpureum*), encontraram valores de degradabilidade de 81 % aos 45 dias, superior ao encontrado neste estudo.

Beran et al. (2005) trabalhando com degradabilidade *in situ* da torta de girassol encontraram fração solúvel de 56,40%, enquanto Bett et al. (2004) relataram valor de 32,40%.

Observando-se as TABELAS 7 e 8, nota-se que houve diminuição ($P < 0,05$) nos valores médios de degradabilidade da matéria orgânica as 24 e 96 horas à medida que aumentou-se o nível de inclusão das TNF e TPM.

TABELA 7 Valores médios de degradabilidade da matéria orgânica às 24 horas, em porcentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.

Tipo de torta	Níveis de inclusão de torta ¹			
	5%	8%	11%	100%
TNF	30,69 a A	28,60 b A	27,28 b A	25,50 b A
TPM	26,94 b A	24,03 c A	21,12 c B	16,94 c C
TT	27,46 b C	35,18 a B	36,66 a B	40,15 a A
Erro-padrão da média	1,0			

1- Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%.

TABELA 8 Valores médios de degradabilidade da matéria orgânica às 96 horas, em porcentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.

Tipo de torta	Níveis de inclusão de torta ¹			
	5%	8%	11%	100%
TNF	46,98 a A	46,23 b A	44,14 b A	37,25 b B
TPM	38,40 b A	34,46 c A	30,63 c B	28,73 c B
TT	43,02 a C	52,11 a B	54,50 a B	63,46 a A
Erro-padrão da média	1,6			

1- Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%.

Em todos os tratamentos, exceto naqueles onde adicionou-se TPM, houve diminuição ($P < 0,05$) nos valores médios de degradabilidade da fibra em detergente neutro a medida que aumentou-se o nível de inclusão das tortas (TABELA 9).

TABELA 9 Valores médios de degradabilidade da fibra em detergente neutro, em porcentagem, em função do tipo de torta utilizada e nível de inclusão das mesmas na silagem de capim-elefante.

Tipo de torta	Níveis de inclusão de torta ¹			
	5%	8%	11%	100%
TNF	50,22 a A	50,37 a A	46,53 b A	29,64 b B
TPM	46,54 a A	53,13 a A	57,92 a A	55,72 a A
TT	51,09 a A	43,28 a A	39,09 b A	19,57 b B
Erro-padrão da média	4,4			

1- Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, com um nível nominal de significância de 5%.

4 CONCLUSÃO

As silagens de capim-elefante adicionadas de tortas de nabo forrageiro ou tremoço, nos diferentes níveis, apresentaram maiores taxas de degradação e maiores produções de gases que as adicionadas de torta de pinhão manso.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirement of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

BERAN, F.H.B.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A.; CASTRO, V. de S.; CORREA, R.A.; KAGUEYAMA, E.O.; ROCHA, M.A. da. Degradabilidade ruminal "in situ" da matéria seca, matéria orgânica e da proteína bruta de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina Ciência Agrária**, Londrina, v.26, n.3, p.405-417, jul./set. 2005.

BETT, V.; OLIVEIRA, M.D.S.; SOARES, W.V.B.; IZQUIEL, J.M.B. Digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* de diferentes variedades de grãos de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.26, n.4, p.513-519, dez. 2004.

BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. In vitro gas production: a technique revisited. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v.77, n.1, p.24-34, Dec. 1997a.

BLÜMMEL, M.; STEINGAB, H.; BECKER, K. The relationship between *in vitro* gas production, *in vitro* microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.77, n.6, p.911-921, June 1997b.

BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L.; CABRAL FILHO, S.L.S.; OWEN, E.; MOULD F.L.; MACHADO, M.C.; GOBBO, S.P. Uso de líquido ruminal e fezes de bovinos e ovinos como fonte de inóculos para técnica *in vitro* de produção de gases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999a. 1 CD-ROM.

BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L.; CABRAL FILHO, S.L.S.; VITTI, D.M.S.S.; OWEN, E.; MAURICIO, R.M.; GIVENS, I.; SUTTON, J.D.; MOULD, F.L. Comparison of inocula from sheep and cattle for the *in vitro* gas production under tropical conditions. In: ANNUAL MEETING OF THE BRITISH SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1999b, Scarbourough. **Proceedings...** Penicuik: BSAS, 1999b. p.151-156.

BUENO, I.C.S.; GOBBO, S.P.; ABDALLA, A.L.; CABRAL FILHO, S.L.S. Effect of solid phase of rumen liquor on the inoculum used for in vitro gas production technique. In: SYMPOSIUM OF GAS PRODUCTION: FERMENTATIVE KINETICS FOR FEED EVALUATION AND ASSESS MICROBIAL ACTIVITY, 5., 2000, Wageningen. **Proceedings...** Penicuiik: BSASEAAP, 2000. 1 CD-ROM.

CABRAL, L. da S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M.; LANA, R. de P.; SILVA, J.F.C. da; VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, E.S. Estimação da digestibilidade intestinal da proteína de alimentos por intermédio da técnica de três estádios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.30, n.1, p.546-552, jan. 2001.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; MAGALHÃES, K.A.; MARCONDES, M.I. Casca de algodão em substituição parcial à silagem de capim-elefante para novilhos. 1. Consumo, degradabilidade e digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.34, n.6, p.2092-2102, nov. 2005.

DAVID, F.M.; TEIXEIRA, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; PEREZ, J.R.O.; SANTOS, R.A.; SANTOS, M.; FERNANDES, F.F. Avaliação da composição bromatológica e degradabilidade, através da técnica in vitro/gás, do Capim elefante e Colonião submetido a diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.1174-1176.

FERNANDES, F.F. Avaliação da composição bromatológica e degradabilidade, através da técnica in vitro/gás, do capim elefante e colonião submetido a diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.1174-1176.

FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K.; LISTER, S.J.; DAVIES, S.J.; ISAC, D. A model to interpret gas accumulation profiles with in vitro degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, London, v.163, n.1, p.99-111, Dec. 1993.

GETACHEW, G.; BLUMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and technology**, Amsterdam, v.72, n.3, p.261-281, June 1998.

KHAZAAL, K.; DENTINHO, M.T.; RIBEIRO, J.M.; ORSKOV, E.R. Prediction of apparent digestibility and voluntary intake of hays fed to sheep: comparison between using fiber components, in vitro digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. **Animal Science**, Edinburgh, v.61, n.3, p.527-538, Dec. 1995.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C. da; PEREIRA, J.C. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas, metabólicas e não invasivas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.27, n.2, p.370-380, mar. 1998.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.79, n.4, p.321-330, June 1999.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. Semi automation of the in vitro gas production technique using a pressure transducer. In: ANNUAL MEETING BRITISH SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 12., 1998, Scarborough. **Proceedings...**Scarboroug: BSAS, 1998. p.70-74.

MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STAINGASS, H.; FRITZ, H.; SCHNEIDER, W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuff from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.93, p.217-222, May 1979.

ORSKOV, E.R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of American Science**, Cambridge, v.92, p.449-453, July 1979.

PEREZ, J.R.O. Sistema para a estimativa de digestibilidade in vitro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 4., 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: FAEPE/UFLA, 1997. p.55-68.

SANTOS, R.A.; TEIXEIRA, J.C.; PEREZ, J.R.O.; PAIVA, P.C.; MUNIZ, J.A.; ARCURI, P.B. Estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos utilizando a técnica de produção de gás em bovinos, ovinos e caprinos. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.3, p.689-695, maio/jun. 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS procedures guide for computers**. 6. ed. Cary, 1999. v.3, 373p.

TAVARES, V.B. **Silagens de capim-elefante aditivadas com raspa de batata diversa na alimentação de bovinos leiteiros**. 2009. 113p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; MCALLAN, A.B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.48, n.3-4, p.185-197, June 1994.

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; DE QUEIROZA, C. Application of non-linear models in the description of *in situ* degradation profiles of the elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety). **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.66, n.1/4, p.197-210, May 1997.

ANEXOS

TABELA 1A Resumo da análise de variância para as variáveis: Matéria seca (MS) e Proteína bruta (PB), em porcentagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de ensilagem

Fonte de variação	gl	Quadrado Médio (p-valor)	
		MS	PTN
Tratamentos	(9)	56,6739 (p<0,0001)	77,1825 (p<0,0001)
Torta (T)	2	18,3161 (p=0,0055)	166,6596 (p<0,0001)
Níveis (N)	2	102,6416 (p<0,0001)	56,1053 (p<0,0001)
TxN	4	10,1233 (p=0,0190)	4,2745 (p<0,0001)
Ad versus Fatorial	1	227,6568 (p<0,0001)	232,0142 (p<0,0001)
Erro (a)	18	2,6028	0,2441
Tempo (Te)	1	154,1124 (p<0,0001)	174,6944 (p<0,0001)
TratxTe	(9)	8,4596 (p=0,0054)	3,4833 (p<0,0001)
TxTe	2	10,1254 (p=0,0232)	1,0885 (p=0,0193)
NxTe	2	4,9202 (p=0,1321)	1,1244 (p=0,0322)
TxNxTe	4	4,0489 (p=0,1600)	0,7374 (p<0,0001)
ContrastexTempo	1	29,8497 (p=0,0016)	23,9739 (p<0,0001)
Erro (b)	18	2,1677	0,2198
CV 1 (%)		5,61	3,67
CV 2 (%)		5,12	3,49

TABELA 2A Resumo da análise de variância para as variáveis: Extrato etéreo (EE) e Matéria Mineral (MM), em porcentagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de ensilagem

Fonte de variação	gl	Quadrado Médio (p-valor)	
		EE	MM
Tratamentos	(9)	22,5832 (p<0,0001)	3,4988 (p<0,0001)
Torta (T)	2	11,0846 (p<0,0001)	6,9615 (p<0,0001)
Níveis (N)	2	34,0635 (p<0,0001)	6,2209 (p<0,0001)
TxN	4	2,0295 (p=0,0102)	0,5471 (p=0,0024)
Ad versus Fatorial	1	104,8346 (p<0,0001)	2,9364 (p<0,0001)
Erro (a)	18	0,4448	0,0873
Tempo (Te)	1	162,8554 (p<0,0001)	4,8849 (p<0,0001)
TratxTe	(9)	11,7133 (p<0,0001)	0,7417 (p=0,0005)
TxTe	2	26,9611 (p<0,0001)	0,6398 (p=0,0185)
NxTe	2	12,7033 (p<0,0001)	2,0114 (p=0,0001)
TxNxTe	4	3,9082 (p=0,0003)	0,2137 (p=0,1993)
ContrastexTempo	1	10,4584 (p=0,0001)	0,5177 (p=0,0591)
Erro (b)	18	0,4122	0,1275
CV 1 (%)		6,98	2,27
CV 2 (%)		6,72	2,75

TABELA 3A Resumo da análise de variância para as variáveis: FDN e FDA, em porcentagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de ensilagem

Fonte de variação	gl	Quadrado Médio (p-valor)	
		FDN	FDA
Tratamentos	(9)	246,9174 (p<0,0001)	143,1402 (p<0,0001)
Torta (T)	2	363,7837 (p<0,0001)	187,1341 (p<0,0001)
Níveis (N)	2	220,3682 (p<0,0001)	95,6681 (p<0,0001)
TxN	4	4,6525 (p=0,2342)	11,9860 (p=0,0001)
Ad versus Fatorial	1	1035,3430 (p<0,0001)	674,7130 (p<0,0001)
Erro (a)	18	3,0299	1,1099
Tempo (Te)	1	26,1096 (p=0,0026)	14,8902 (p=0,0030)
TratxTe	(9)	20,0362 (p<0,0001)	7,4104 (p=0,0005)
TxTe	2	57,4362 (p<0,0001)	9,3887 (p=0,0045)
NxTe	2	23,8332 (p=0,0007)	8,3916 (p=0,0070)
TxNxTe	4	4,3929 (p=0,1288)	5,8038 (p=0,0100)
ContrastexTempo	1	0,2152 (p=0,7544)	7,9182 (p=0,0223)
Erro (b)	18	2,1332	1,2678
CV 1 (%)		2,81	2,69
CV 2 (%)		2,36	2,87

TABELA 4A Resumo da análise de variância para as variáveis: NIDN e NIDA, em porcentagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de ensilagem

Fonte de variação	gl	Quadrado Médio (p-valor)	
		NIDN	NIDA
Tratamentos	(9)	74,2984 (p<0,0001)	66,3633 (p<0,0001)
Torta (T)	2	22,7056 (p=0,0360)	208,7754 (p<0,0001)
Níveis (N)	2	27,3420 (p=0,0208)	2,3741 (p=0,3086)
TxN	4	64,0499 (p<0,0001)	34,3785 (p<0,0001)
Ad versus Fatorial	1	312,3906 (p<0,0001)	37,4565 (p=0,0004)
Erro (a)	18	5,6506	1,8903
Tempo (Te)	1	44,2385 (p=0,0011)	0,0299 (p=0,8711)
TratxTe	(9)	9,6821 (p=0,0134)	11,9949 (p<0,0001)
TxTe	2	19,2320 (p=0,0077)	7,9142 (p=0,0052)
NxTe	2	3,1782 (p=0,3646)	0,3431 (p=0,7370)
TxNxTe	4	5,8400 (p=0,1438)	1,2718 (p=0,3650)
ContrastexTempo	1	18,9581 (p=0,0212)	86,3520 (p<0,0001)
Erro (b)	18	2,9771	1,1054
CV 1 (%)		8,33	10,99
CV 2 (%)		6,04	8,41

TABELA 5A Resumo da análise de variância para as variáveis: Lignina (LIG) e Celulose (CEL), em porcentagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de ensilagem

Fonte de variação	gl	Quadrado Médio (p-valor)	
		LIG	CEL
Tratamentos	(9)	23,1716 (p<0,0001)	113,2673 (p<0,0001)
Torta (T)	2	76,0719 (p<0,0001)	58,0563 (p<0,0001)
Níveis (N)	2	5,9340 (p=0,0767)	80,2410 (p<0,0001)
TxN	4	9,9184 (p=0,0071)	3,2978 (p=0,0162)
Ad versus Fatorial	1	4,8589 (p=0,1362)	729,6199 (p<0,0001)
Erro (a)	18	1,9974	0,8132
Tempo (Te)	1	4,6482 (p=0,1596)	119,9920 (p<0,0001)
TratxTe	(9)	3,8987 (p=0,1546)	8,6095 (p<0,0001)
TxTe	2	6,4020 (p=0,0771)	6,5007 (p=0,0001)
NxTe	2	7,0389 (p=0,0619)	14,0593 (p<0,0001)
TxNxTe	4	1,6783 (p=0,5544)	2,8779 (p=0,0014)
ContrastexTempo	1	1,4936 (p=0,4165)	24,8541 (p<0,0001)
Erro (b)	18	2,1596	0,4111
CV 1 (%)		20,88	2,76
CV 2 (%)		21,77	1,96

TABELA 6A Resumo da análise de variância para as variáveis: pH e Nitrogênio amoniacal (N-NH₃), em porcentagem do N total, segundo os tratamentos estudados no ensaio de ensilagem

Fonte de variação	gl	Quadrado Médio (p-valor)	
		pH	N NH ₃
Tratamentos	(9)	0,1325 (p<0,0001)	11,9410 (p<0,0001)
Torta (T)	2	0,3463 (p<0,0001)	33,3994 (p<0,0001)
Níveis (N)	2	0,0832 (p<0,0001)	0,8744 (p<0,0001)
TxN	4	0,0833 (p<0,0001)	6,7975 (p<0,0001)
Ad versus Fatorial	1	0,0004 (p=0,4837)	11,7313 (p<0,0001)
Erro	20	0,0008	0,0173
CV (%)		5,39	2,06

TABELA 7A Resumo da análise de variância para a variável: Poder tampão (PT) (eq. mg NaOH/100g MS), segundo os tratamentos estudados no ensaio de ensilagem

Fonte de variação	Gl	Quadrado Médio (p-valor)	
		PT	
Tratamentos	(9)	54,2774 (p<0,0001)	
Torta (T)	2	53,2044 (p<0,0001)	
Níveis (N)	2	84,2491 (p<0,0001)	
TxN	4	18,7142 (p<0,0001)	
Ad versus Fatorial	1	138,7323 (p=0,0008)	
Erro	20	2,4150	
CV (%)		0,68	

TABELA 8A Resumo da análise de variância para a variável Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em porcentagem, segundo os tratamentos estudados no ensaio de ensilagem.

Fonte de variação	gl	Quadrado Médio (p-valor)	
		DIVMS	Ca
Tratamentos	(9)	540,7374 (p<0,0001)	0,0070 (p<0,0001)
Torta (T)	2	2243,7049 (p<0,0001)	0,0225 (p<0,0001)
Níveis (N)	2	3,2801 (p=0,0006)	0,0002 (p=0,2101)
TxN	4	54,2852 (p<0,0001)	0,0018 (p<0,0001)
Ad versus Fatorial	1	155,5260 (p<0,0001)	0,0103 (p<0,0001)
Erro (a)	18	0,2852	0,0001
Tempo (Te)	1	574,8653 (p<0,0001)	0,0024 (p=0,0009)
TratxTe	(9)	18,4543 (p<0,0001)	0,0009 (p=0,0006)
TxTe	2	22,6542 (p<0,0001)	0,0010 (p=0,0089)
NxTe	2	16,9669 (p<0,0001)	0,0011 (p=0,0049)
TxNxTe	4	5,5707 (p=0,0001)	0,0004 (p=0,0539)
ContrastexTempo	1	64,5636 (p<0,0001)	0,0019 (p=0,0023)
Erro (b)	18	0,4913	0,0002
CV 1 (%)		1,00	3,21
CV 2 (%)		1,31	3,47

TABELA 9A Resumo da análise de variância para volume de gás, em ml/g, até vinte e quatro horas, em função dos tratamentos estudados

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio (valor <i>p</i>)
Inóculo (I)	1	2.789,02 (p=0,0191)
Tratamento	(12)	3.341,64 (p=0,0003)
Torta (T)	2	14.358,70 (p<0,0001)
Nível (N)	3	236,76 (p=0,6147)
T x N	6	1.464,50 (p=0,0226)
Adicional vs Fatorial	1	1.524,99 (p=0,0686)
Erro a	12	381,14
Tempo (Tp)	7	32.837,36 (p<0,0001)
Tp x Tratamento	(84)	294,74 (p<0,0001)
Tp x T	14	1.203,97 (p<0,0001)
Tp x N	21	130,03 (p=0,0700)
Tp x T x N	42	115,85 (p=0,0704)
Tp dentro Adicional	7	43,77 (p=0,5798)
Erro b	91	66,03
CVa (%)		35,07
CVb (%)		14,06

TABELA 10A Resumo da análise de variância para volume de gás, em ml/g, até noventa e seis horas, em função dos tratamentos estudados

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio (valor <i>p</i>)
Inoculo (I)	1	117.348,26 (p<0,0001)
Tratamento	(12)	27.198,64 (p<0,0001)
Torta (T)	2	11.877,15 (p<0,0001)
Nível (N)	3	2.051,77 (p=0,0222)
T x N	6	16.052,05 (p<0,0001)
Adicional vs Fatorial	1	161,70 (p=0,5561)
Erro a	12	441,00
Tempo (Tp)	7	198.390,61 (p<0,0001)
Tp x Tratamento	(84)	1.333,73 (p<0,0001)
Tp x T	14	3.808,35 (p<0,0001)
Tp x N	21	1.437,56 (p<0,0001)
Tp x T x N	42	602,58 (p<0,0001)
Tp dentro Adicional	7	459,86 (p=0,0033)
Erro b	91	137,69
CVa (%)		15,23
CVb (%)		8,51

TABELA 11A Resumo da análise de variância para degradabilidade da matéria seca às 24 horas, em porcentagem, em função dos tratamentos estudados

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio (valor <i>p</i>)
Inóculo (I)	1	2,29 (p=0,3610)
Tratamento	(12)	91,30 (p<0,0001)
Torta (T)	2	374,39 (p<0,0001)
Nível (N)	3	4,14 (p=0,2349)
T x N	6	53,22 (p<0,0001)
Adicional vs Fatorial	1	15,02 (p=0,0317)
Erro	12	2,54
CV (%)		5,19

TABELA 12A Resumo da análise de variância para degradabilidade da matéria seca às 96 horas, em porcentagem, em função dos tratamentos estudados.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio (valor <i>p</i>)
Inóculo (I)	1	24,76 (p=0,0216)
Tratamento	(12)	218,86 (p<0,0001)
Torta (T)	2	961,13 (p<0,0001)
Nível (N)	3	3,21 (p=0,4681)
T x N	6	108,33 (p<0,0001)
Adicional vs Fatorial	1	44,51 (p=0,0041)
Erro	12	3,56
CV (%)		4,02

TABELA 13A Resumo da análise de variância para degradabilidade da matéria orgânica às 24 horas, em porcentagem, em função dos tratamentos estudados

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio (valor <i>p</i>)
Inóculo (I)	1	1,93 (p=0,3570)
Tratamento	(12)	80,24 (p<0,0001)
Torta (T)	2	318,56 (p<0,0001)
Nível (N)	3	3,04 (p=0,2777)
T x N	6	50,23 (p<0,0001)
Adicional vs Fatorial	1	15,22 (p=0,0196)
Erro	12	2,10
CV (%)		5,07

TABELA 14A Resumo da análise de variância para degradabilidade da matéria orgânica às 96 horas, em porcentagem, em função dos tratamentos estudados.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio (valor <i>p</i>)
Inóculo (I)	1	21,57 (p=0,0601)
Tratamento	(12)	194,38 (p<0,0001)
Torta (T)	2	818,23 (p<0,0001)
Nível (N)	3	2,50 (p=0,6898)
T x N	6	107,41 (p<0,0001)
Adicional vs Fatorial	1	44,11 (p=0,0118)
Erro	12	5,01
CV (%)		5,12

TABELA 15A Resumo da análise de variância para degradabilidade da fibra em detergente neutro, em porcentagem, em função dos tratamentos estudados

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio (valor <i>p</i>)
Inóculo (I)	1	27,01 (p=0,4061)
Tratamento	(12)	263,33 (p=0,0009)
Torta (T)	2	461,10 (p=0,0011)
Nível (N)	3	284,20 (p=0,0037)
T x N	6	159,39 (p=0,0143)
Adicional vs Fatorial	1	428,83 (p=0,0050)
Erro	12	36,43
CV (%)		13,00