

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CINÉTICA DA DEGRADABILIDADE “IN SITU” DA SILAGEM DO
CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO**

Gustavo Chunca Merma
Orientador: Prof.Dr. João Teodoro Padua

GOIÂNIA
2016



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor:

Gustavo Chunca Merma

Título do trabalho:

CINÉTICA DA DEGRADABILIDADE "IN SITU" DA SILAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Gustavo Chunca Merma
Assinatura do (a) autor(a) ²

Data: 06 / 09 / 2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

² A assinatura deve ser escaneada.

GUSTAVO CHUNCA MERMA

CINÉTICA DA DEGRADABILIDADE “IN SITU” DA SILAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia junto à Escola de Veterinária e
Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.

Área de Concentração:

Produção Animal

Linha de Pesquisa

Metabolismo nutricional, alimentação e
forragicultura na produção animal.

Orientador:

Prof. Dr. João Teodoro Padua - EVZ/UFG

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Aldi Fernandes de Souza França- EVZ/UFG

GOIÂNIA
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Merma, Gustavo Chunca
CINÉTICA DA DEGRADABILIDADE "IN SITU" DA SILAGEM DO
CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO
[manuscrito] / Gustavo Chunca Merma. - 2016.
xvii, 92 f.

Orientador: Prof. João Teodoro Padua; co-orientador Aldi
Fernandes de Souza França.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, Goiânia, 2016.

Bibliografia.

Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista
de tabelas.

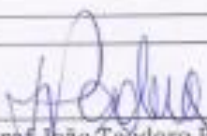
1. composição bromatológica.. 2. ensilagem. 3. nutrição de ruminantes.
4. Panicum maximum. I. Padua, João Teodoro, orient. II. Título.

CDU 635

1 ATA NÚMERO 33/2016 DA SESSÃO DE JULGAMENTO DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
2 MESTRADO DO(A) ALUNO **GUSTAVO CHUNCA MERMA** DO PROGRAMA DE PÓS-
3 GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA DA ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA DA
4 UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Aos **18/08/2016**, a partir das **14h00min**, na sala
5 de Reuniões do Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia
6 da Universidade Federal de Goiás, nesta Capital, realizou-se a sessão pública de Defesa de
7 Dissertação intitulada "**Cinética da degradabilidade in situ da silagem de capim-**
8 **mombaça com inclusão de farelo de algodão**", apresentado para obtenção do título de
9 **Mestre em Zootecnia**, junto à área de Concentração: Produção Animal. Os trabalhos
10 foram instalados pelo (a) Presidente da Comissão julgadora, Orientador (a) **Prof. João**
11 **Teodoro Pádua**, com a participação dos demais membros da Banca Examinadora, **Prof.**
12 **Dr. Reginaldo Nassar Ferreira - ICB/UFG** e **Profa. Dra. Eliane Sayuri Miyagi**.
13 Iniciando os trabalhos, a Presidente concedeu a palavra ao (a) candidato (a) **GUSTAVO**
14 **CHUNCA MERMA**, para exposição em **QUARENTA MINUTOS** do seu trabalho. A seguir, o
15 senhor Presidente concedeu a palavra, pela ordem, aos demais membros da banca, os
16 quais passaram a arguir o (a) candidato (a), durante o prazo máximo de **VINTE**
17 **MINUTOS**, assegurando-se ao mesmo, igual prazo para responder aos Senhores Membros
18 da Banca Examinadora. Ultimada a arguição, que se desenvolveu nos termos regimentais,
19 a Comissão, em sessão secreta, expressou seu julgamento, considerando o(a) candidato
20 (a) **APROVADO** (aprovado/reprovado) pelos seus membros. Proclamados os
21 resultados da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar lavrou-
22 se a presente ata que, após lida e achada conforme vai assinada pelos membros da Banca
23 Examinadora.

24 A Banca Examinadora aprovou a seguinte modificação no título da dissertação:

25 _____
26 _____
27 _____
28 _____
29 _____



Prof. João Teodoro Pádua
(Presidente da Banca)



Prof. Dr. Reginaldo Nassar Ferreira - ICB/UFG



Profa. Dra. Eliane Sayuri Miyagi

DEDICATÓRIA

À minha esposa Fabiane Araújo Carvalho Chunca, amiga, companheira, ponto de equilíbrio, grande incentivadora de todas as minhas conquistas, que nunca desistiu de mim e que sempre fez de tudo por mim nos momentos decisivos, acreditou no meu potencial de modo que jamais poupou esforços para que eu concluísse meu mestrado e me tornasse o que sou até hoje. Muito Obrigado.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus da vida, pela oportunidade e capacidade para realizar mais esta etapa que tanto engrandeceu minha carreira profissional.

Aos meus pais presente (em orações), Zenóbio Chunca Holgado e Olga Merma Villegas, pelo exemplo, coragem, incentivo, desprendimento, fé. As minhas irmãs, Nayrruth Chunca Merma e Noemi Chunca Merma por estar sempre me amando, e fazendo parte da minha vida.

À minha esposa Fabiane Araújo Carvalho Chunca, que sempre me apoiou em todas as decisões, em todos os momentos de dificuldades, minha companheira, amiga, agradeço pelo incentivo, sem ela não teria conseguido chegar até aqui.

À minha sogra Francisca Araújo Carvalho pela compreensão e apoio durante anos de estudo.

Aos professores, Dr. João Teodoro de Padua e Dr. Aldi Fernandes de Souza França, por terem me orientado com paciência e dedicação.

Aos meus colegas sendo que, sem eles, este trabalho não estaria concluído: Adesvaldo Junior, Barbara Lemos, Eduardo Rodolfo, Roseane Brito. Que me auxiliaram nos momentos de dúvidas durante a execução deste trabalho.

Aos meus amigos de longa data e os que fizeram e estiveram comigo durante o mestrado. Em especial: Lorrany Bento, Walquiria Miranda.

À Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás pela oportunidade da realização do mestrado.

Ao funcionário do Laboratório de Nutrição Animal, Eder de Sousa Fernandes pela orientação nas realizações das Análises bromatológica do experimento.

À PUC-GO por disponibilizar sua instituição para que fossem realizadas as análises, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES por conceder a bolsa e a Fazenda AJR por disponibilizar a área para o desenvolvimento do projeto.

E a todas as pessoas que passam pela minha vida, me ensinando a ser uma pessoa melhor.

*“Aprender é a única coisa de que a mente
nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se
arrepende”.*

Leonardo da Vinci

SUMÁRIO

CAPÍTULO I- CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	18
1.INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1. Características do capim <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	20
2.2. Silagens com gramíneas forrageiras tropicais.	20
2.2.1. Potencial de produção.....	21
2.2.2. Teores de matéria seca, elevado poder tampão e carboidratos solúveis em água.....	21
2.3. Aditivos sequestradores de umidade	22
2.4. Farelo de algodão.....	23
2.5. Técnica de degradabilidade “in situ” em forrageiras tropicais.....	24
2.6. Tempo de incubação.....	26
3. REFERÊNCIA	27
CAPÍTULO II – CINÉTICA DA DEGRADABILIDADE “IN SITU” DA SILAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO	34
RESUMO.....	34
ABSTRACT.....	35
1.INTRODUÇÃO.....	36
2. Material e métodos.	38
2.1. Caracterizações da área	38
2.2. Condições climáticas no período experimental	38
2.3. Preparo do solo e implantação da cultura	39
2.4. Tratamentos	40
2.5. Corte e ensilagem	40
2.6. Análise bromatológica	41
2.7. Degradabilidade “in situ”	42
2.8. Delineamento experimental.....	42
2.9. Análise estatística	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
3.1. Composição bromatológica.....	44
3.2. Degradabilidade “in situ”	49
4. CONCLUSÕES	60
5. REFERÊNCIAS	61

CAPÍTULO III - PERFÍL FERMENTATIVO DA SILAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO	66
RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	67
1. INTRODUÇÃO.....	68
2. Material e métodos.	69
2.1. Caracterizações da área	69
2.2. Condições climáticas no período experimental	69
2.3. Preparo do solo e implantação da cultura	70
2.4. Tratamentos	71
2.5. Corte e ensilagem	71
2.6. Abertura dos mini-silos	72
2.7. Variáveis analisadas	72
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
4. CONCLUSÕES	88
5. REFERÊNCIAS	89

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II - CINÉTICA DA DEGRADABILIDADE “IN SITU” DA SILAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO	34
FIGURA 1 -Teores de matéria seca em função dos níveis de inclusão de farelo de algodão.....	45
FIGURA 2 -Teores de proteína bruta em função dos níveis de inclusão de farelo de algodão	46
FIGURA 3 - Teores de fibra em detergente neutro (FDN), e fibra em detergente ácido (FDA), em função dos níveis de inclusão do farelo de algodão	48
CAPÍTULO III – PERFÍL FERMENTATIVO DA SILAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO	66
FIGURA 1 -Teores das perdas por gases das silagens analisadas com inclusão dos níveis de farelo de algodão	76
FIGURA 2 -Teores das perdas por efluentes das silagens analisadas com inclusão dos níveis de farelo de algodão	77
FIGURA 3 -Teores da acidez titulável da silagem em diferentes níveis de inclusão de farelo de algodão	79
FIGURA 4 -Teores do potencial hidrogeniônico, em diferentes níveis de inclusão de níveis de farelo de algodão	80
FIGURA 5 -Teores de nitrogênio amoniacal aditivados em diferentes níveis de inclusão de farelo de algodão	81
FIGURA 6 -Teores de carboidratos solúveis em água (CHOs), em diferentes níveis de inclusão de farelo de algodão	82
FIGURA 7 - Teores de ácido láctico observados em diferentes níveis de inclusão de farelo de algodão	84
FIGURA 8 - Teores de ácido acético observados em diferentes níveis de inclusão de farelo de algodão	85
FIGURA 9 - Teores de ácido propiônico observados em diferentes níveis de inclusão de farelo de algodão	86
FIGURA 10 -Teores de ácido butírico observados em diferentes níveis de inclusão de farelo de algodão	86

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
TABELA 1 - Composição química do farelo de algodão	24
CAPÍTULO II - CINÉTICA DA DEGRADABILIDADE “IN SITU” DA SILAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO	31
TABELA 1 - Condições climáticas do local durante o período experimental	38
TABELA 2 - Resultado da análise do solo da área experimental	39
TABELA 3 - Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) e nutrientes digestíveis totais (NDT), do capim- mombaça e do farelo de algodão utilizados no experimento	41
TABELA 4 - Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca (MS) determinados nas silagens do capim- mombaça com inclusão do farelo de algodão	44
TABELA 5 - Desaparecimento da matéria seca – MS(h)	49
TABELA 6 - Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) nas taxas de passagens de 2%, 5% e 8% por hora da matéria seca do capim-mombaça aditivado com farelo de algodão	50
TABELA 7 - Tempo de desaparecimento da proteína bruta – PB(h)	51
TABELA 8- Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) nas taxas de passagens de 2, 5 e 8% por hora da proteína bruta do capim-mombaça aditivado com farelo de algodão	52
TABELA 9 - Tempo de desaparecimento da fibra em detergente neutro FDN(h)	54
TABELA 10 - Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) nas taxas de passagens de 2%, 5% e 8% por hora da FDN do capim-mombaça aditivado com farelo de algodão.....	55

TABELA 11 - Tempo de desaparecimento da fibra insolúvel em detergente ácido (h)	56
TABELA 12 - Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) nas taxas de passagens de 2%, 5% e 8% por hora da FDA do capim-mombaça aditivado com farelo de algodão.....	57
CAPÍTULO III – PERFÍL FERMENTATIVO DA SILAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO	66
TABELA 1 - Condições climáticas do local durante o período experimental	69
TABELA 2 - Resultado da análise do solo da área experimental	72
TABELA 3 - Perdas por gases (% MS), perdas por efluentes e recuperação de matéria seca determinados na silagem de capim-mombaça com inclusão de níveis de farelo de algodão	75
TABELA 4 - Teores de acidez titulável (meq NaOH/100g MS), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) e carboidratos solúveis em água (CHOs) determinados nas silagens de capim-mombaça com inclusão do farelo de algodão.....	78
TABELA 5 - Teores dos ácidos láctico, acético, propiônico e butírico, em porcentagem da matéria seca (MS) determinados nas silagens de capim-mombaça em função da inclusão de níveis de farelo de algodão	83

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

°C	- graus Célsius
A	- fração solúvel
AFRC	- Agricultural and Food Reaserch Council
AGV	- ácidos graxos voláteis
B	- fração potencialmente degradável
C	- taxa de degradação da fração b'
cm ²	- centímetros quadrado
CV	- coeficiente de variação
CHOs	- carboidratos solúveis
DP	- degradabilidade potencial
DE	- degradabilidade efetiva
EE	- extrato etéreo
FA	- farelo de algodão
FI	- fração indegradavel
FB	- fibra bruta
FDN	- fibra insolúvel em detergente neutro
FDA	- fibra insolúvel em detergente ácido
G	- gramas
INCT	- Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
IRMS	- Índice de recuperação de matéria seca
Kg	- quilos
M	- metros

MS	- matéria seca
MO	- matéria original
Mm	- milímetro
N	- nitrogênio
NRC	- National Research Council
N-NH ₃	- nitrogênio amoniacal
NDT	- nutrientes digestíveis totais
PUC	- Pontifícia Universidade Católica de Goiás
PB	- proteína bruta
PG	- perdas por gases
PE	- perdas por efluentes
pH	- potencial hidrogeniônico
SPV	- sementes puras viáveis

RESUMO GERAL

Avaliou-se a cinética da degradabilidade “in situ” da silagem de capim-mombaça com níveis de inclusão de farelo de algodão. Os tratamentos utilizados foram constituídos por quatro níveis de inclusão de FA (0%, 10%, 15%, 20%). Os teores médios da matéria seca nas silagens de capim-mombaça diferiram em função dos níveis do farelo de algodão, com variação de 22,69 a 31,93. Os teores da proteína bruta variaram de 12,51 a 22,45, e foram observadas diferenças significativas, ao mesmo tempo em que promoveu redução nos teores de fibras insolúveis em detergente neutro e fibras insolúveis em detergente ácido, mantendo assim dentro dos padrões recomendados, com destaque para o 20% de FA que apresentou maior nível e menores perdas por gases e efluentes. Os teores do potencial hidrogeniônico (pH) variaram de 4,88 a 5,17. Os teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ficaram dentro dos parâmetros aceitáveis com 1,30% a 2,59%. Os teores médios de carboidratos solúveis variaram entre 4,60% a 8,90%, não havendo diferença significativa entre os níveis 10% e 15% de FA ($P>0,05$). Os teores de ácido lático, acético, propiônico e butírico variaram de 0,2682 a 1,5482; de 0,1759 a 0,3216; de 0,0114 a 0,0241 e de 0,0012 a 0,00162 respectivamente, e apresentou diferença estatística ($P>0,05$) entre os níveis de farelo de algodão. A degradabilidade “in situ” da matéria seca (MS) proteína bruta (PB) fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), foram significativamente influenciados pelos níveis de inclusão do farelo de algodão ($P<0,05$), tendo em destaque a inclusão do nível 20% do farelo de algodão que apresentou teores significativos de desaparecimento na MS, PB, FDN e FDA, mostrando ser o nível aceitável de farelo de algodão como adição para o capim-mombaça.

Palavras-chave: composição bromatológica, nutrição de ruminantes, *Panicum maximum*.

ABSTRACT

Evaluated degradability kinetic of grass mombasa silage with inclusion levels of cottonseed meal. The treatments were constituted by four CM inclusion levels (0%, 10%, 15%, 20%). The average levels of dry matter in grass mombasa silages differed depending on cottonseed meal levels, ranging from 22.69 to 31.93. The levels of crude protein ranged from 12.51 to 22.45, and significant differences were observed at the same time promoting a reduction in the levels of insoluble fiber and neutral detergent fiber and acid detergent insoluble, thus keeping within the recommended standards, especially the 20% of CM with the highest level and lower losses by gases and effluents. The levels of hydrogenic potential (pH) ranged from 4.88 to 5.17. The nitrogen ammonia content (N-NH₃), were within acceptable parameters with 1.30% to 2.59%. The average levels of soluble carbohydrates ranged from 4.60% to 8.90%, with no significant difference between the 10% and 15% levels of CM ($P>0.05$). The levels of lactic acid, acetic, propionic and butyric ranged from 0.2682 to 1.482; from 0.1759 to 0.3216; 0.011 to 0.0241 and from 0.0012 to 0.00162 respectively, and showed statistical difference ($P>0.05$) between the levels of cottonseed meal. The “in situ” dry matter degradability (DM) and crude protein (CP), neutral detergent insoluble fiber (NDIF), insoluble acid detergent fiber (IADF), were significantly influenced by the levels of inclusion of cottonseed meal ($P<0.05$), and highlighted the inclusion level of 20% of cottonseed meal that showed significant levels of disappearance in DM, CP, NDIF And IADF, showing that the acceptable level of cottonseed meal as addition to grass mombasa.

Keywords: chemical composition, ruminant nutrition, *Panicum maximum*.

CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

O sistema mais econômico para a alimentação de animais herbívoros é, sem dúvida, a utilização direta do pasto. Entretanto, o Brasil é um país tropical e possui duas estações distintas: um período chuvoso, de dias curtos, possibilitando intensa produção vegetal, e produção animal; e um período seco, com temperaturas amenas e dias longos, onde ocorre a escassez de alimentos e consequentemente, queda na produção dos animais que dependem exclusivamente das forrageiras¹.

Não obstante, as plantas têm seu crescimento e qualidade variável conforme a época do ano, alternando ocasiões de maior e menor crescimento como também valor nutricional, e quando se tem um número instável de animais que se alimentam desta forragem, constantemente, observam-se períodos em que há falta desse volumoso, e por outro lado, tempos em que há excesso do mesmo². Para minimizar esse problema, diversos métodos têm sido pesquisados e utilizados para suprir o déficit alimentar nos rebanhos mantidos em regime de campo, e o mais comum, é a confecção de silagem.

Para confecção de silagens, o milho e o sorgo tem sido as forrageiras que mais se destacam quanto aos aspectos nutricionais e de adequação ao processo fermentativo³, no entanto, pode-se utilizar uma grande variedade de gramíneas e leguminosas⁴.

As gramíneas de clima tropical, dentre elas o capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), apresentam elevada produção de biomassa seca. Isso gera um excedente de forragem, que pode ser aproveitado na forma de silagem para utilização na época de escassez⁵. Todavia, essas gramíneas apresentam baixo teor de massa seca, alto poder tampão e baixo teor de carboidratos solúveis nos estádios de crescimento em que apresentam bom valor nutritivo, colocando em risco o processo de conservação por meio da ensilagem, devido às possibilidades de surgirem fermentações secundárias⁶.

As características das forrageiras que favorecem uma boa fermentação são o teor de massa seca, a concentração de açúcares solúveis em água e a capacidade tampão. Alguns capins podem ser aproveitados, desde que sejam ensilados no estágio de desenvolvimento ideal ou se empreguem aditivos adequados⁷.

Em relação às definições, os resíduos industriais são chamados de subprodutos, todavia neste trabalho será identificado como coproduto, por ser passivo de utilização pelos ruminantes.

Os inoculantes microbianos são muito utilizados em todo o mundo, em virtude da segurança e facilidade de uso, além de não serem corrosivos e não poluírem o ambiente⁸.

Existem estudos sobre o uso de aditivos em silagens, tais como: enzimas, ácidos orgânicos e inorgânicos, polpa cítrica⁹, ou outros como os oriundos da indústria de sucos, porém, os resultados relacionados às melhorias do processo fermentativo, ao valor nutritivo, ao consumo de matéria seca e ao ganho de peso dos animais ainda são contraditórios¹⁰, principalmente quando os aditivos são resíduos de agroindustriais.

Os farelos de oleaginosas como o algodão, a canola, o girassol e a soja são coprodutos da produção de óleos (comestíveis ou combustíveis) extraídos por processos mecânicos (prensagem) ou químicos (uso de solventes) dessas plantas. A inclusão destes farelos na silagem do capim-mombaça poderia melhorar o padrão fermentativo e o valor nutricional do produto final, porém poucos estudos que indiquem os níveis mais adequados de inclusão dos referidos farelos e qual seu impacto sobre a microbiota ruminal dos bovinos estão disponíveis.

Portanto, o presente trabalho se justifica por buscar alternativas sustentáveis para o destino do coproduto da agroindústria visando a maior degradabilidade de alimentos aos ruminantes no período de escassez das chuvas e ainda melhorar a composição bromatológica e perfil fermentativo de forragens conservadas pelo processo de ensilagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características do *Panicum maximum* cv. Mombaça

O capim-mombaça é originário da África, coletado em 1967 em Karogwe Tanzânia, por pesquisadores do Instituto Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), sendo que no Brasil, é pesquisado desde 1982 e foi lançado comercialmente em 1993, pela Embrapa-Gado de Corte¹¹.

O capim-mombaça apresenta hábito de crescimento cespitoso com aproximadamente 1,65 m de altura. Suas folhas são longas, quebradiças, sem serosidade e com largura média de 3 cm. As lâminas foliares, principalmente na face superior, apresentam poucos pêlos curtos e duros, as bainhas são glabras (órgão desprovido de pêlos), os colmos são levemente arroxeados e a inflorescência do tipo panícula longa com ramificações secundárias longas apenas na base^{11,12}.

De acordo com Pereira Filho et al¹³, no Brasil, a época de semeadura desta forrageira pode variar de setembro a abril, com as melhores produções de massa verde obtidas em setembro/outubro e para produção de sementes em abril/maio. Já Guimarães Júnior et al¹⁴, relataram que para produção de forragem destinada à ensilagem, a época de semeadura estende-se de setembro a fevereiro, de acordo com o regime pluviométrico regional.

Experimentos realizados por Jank et al¹¹ e Jank¹⁵ na Embrapa-Gado de Corte, revelam um potencial de produção de matéria seca de 41 t.ha.ano¹, sendo 33 t.ha.ano¹ de folhas, ou seja, 81,9% da matéria seca total.

2.2. Silagens de gramíneas forrageiras tropicais

A conservação de forragens verdes na forma de silagem é uma estratégia para contornar o problema de escassez de pasto no período de estiagem. Ensilagem é o método de preservação para forragens úmidas, almejando preservar suas características físicas e químicas. É baseado na conversão de carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, tendo como resultado a redução do pH e o material, ainda úmido, torna-se livre da ação de microrganismos indesejáveis (como as enterobactérias, fungos e leveduras), podendo ser fornecido aos animais, nos períodos de maior escassez de forragem.^{16,17,18}

As forragens conservadas podem ter seu valor alimentício alterado, devido aos procedimentos utilizados para a sua produção e conservação, e dos fenômenos bioquímicos e microbiológicos que ocorrem no processo¹⁹. Enquanto a resposta do animal à silagem é dependente do padrão de fermentação, que por sua vez exerce influência marcante na composição química, ingestão e digestibilidade da forragem²⁰.

Por outro lado, o aumento do teor de matéria seca e fibra insolúvel em detergente neutro (celulose, hemicelulose e proteína lignificada), são esperados com a maturidade da forrageira, já que ocorre intensificação no processo de alongamento do colmo e diminuição na proporção foliar, acarretando redução do conteúdo celular e do valor nutritivo da planta^{21, 22}.

2.2.1. Potencial de Produção

Para confecção de silagens, o milho e o sorgo são tidos como culturas padrão e têm sido as forrageiras que mais se destacam quanto aos aspectos nutricionais e de adequação ao processo fermentativo²³, no entanto, pode-se utilizar uma grande variedade de gramíneas e leguminosas²⁴.

As silagens de gramíneas tropicais constituem alternativa às culturas “padrão” milho e sorgo. O capim-mombaça por ser de origem tropical (C4), possui diferenças morfofisiológicas em relação às gramíneas de clima temperado (C3), apresentando frações solúveis e taxas de degradação das proteínas menores, em relação às forrageiras temperadas²⁵. Para serem armazenados, os capins devem ser ensilados no estágio de desenvolvimento ideal ou serem empregados aditivos adequados²⁶, todavia apresentam neste momento ideal, baixos teores de matéria seca e de carboidratos solúveis em água, além de elevado poder tampão.

2.2.2. Teores de matéria seca e carboidratos solúveis em água e elevado poder tampão

As gramíneas tropicais não apresentam teores adequados de matéria seca (MS) e carboidratos solúveis (CHOs) e valores de poder tampão que proporcionem ideal processo fermentativo. Desta forma, a baixa matéria seca leva a susceptíveis perdas por fermentação secundária, por produção de efluente e por deteriorações aeróbias, resultando em entraves na produção de silagens de gramíneas tropicais²⁷.

A ensilagem de gramíneas com baixo teor de carboidratos solúveis favorece as perdas durante o processo de ensilagem²⁸, e aliada ao elevado teor de umidade da forrageira, propicia o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*^{26, 29,30}.

Outro fator que interfere na qualidade de silagem é a presença de oxigênio no material ensilado, pois favorecem a presença de bactérias aeróbicas proteolíticas, as quais elevam o teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), oriundo da degradação da proteína durante o processo de fermentação da silagem. Resultado este influenciado também por outros fatores, como, por exemplo, estrutura física da forragem, compactação, capacidade tamponante e população autóctone de bactérias lácticas³¹.

De acordo com estudos estabelecidos por Santos³², os parâmetros mais utilizados na avaliação da qualidade da silagem são os teores de ácidos graxos de cadeia curta: o láctico, propiônico, acético, butírico, nitrogênio amoniacal e o pH. Sendo assim, além do manejo adequado, a planta deve ser colhida com teor de umidade ideal para a ocorrência de compactação ótima da massa ensilada e manutenção dos nutrientes, bem como o teor de carboidratos solúveis suficiente para promover adequada fermentação láctica³³, podendo este último, ser adicionado por coprodutos que são caracterizados como elementos resultantes do beneficiamento industrial e ou processamento secundário de produtos de origem vegetal ou animal³⁴.

Considerando dietas ricas em volumosos e a produção em grande escala, o capim-mombaça pode ser armazenado para que componha dietas balanceadas e, aliando a redução dos custos na obtenção das matérias, e os coprodutos de agroindústrias se apresentam como uma boa alternativa.

2.3. Aditivos sequestradores de umidade

O tipo de aditivo absorvente utilizado na ensilagem depende da região, do custo e das características do material ensilado³⁵. Este aditivo, quando utilizado em quantidades adequadas, é capaz de elevar o teor da matéria seca do material ensilado e promover um ambiente menos favorável para o crescimento de leveduras^{36, 37}.

O uso de aditivo para silagens de capim deve apresentar alto teor de matéria seca, alta capacidade de retenção de água, boa aceitabilidade, além de fornecer carboidratos para fermentação³⁸. Igualmente, devem ser de fácil manipulação, baixo custo e fácil aquisição³⁹.

2.4. Farelo de algodão

A alimentação animal com coprodutos tipicamente na forma de resíduos de colheitas tem sido utilizado há muitos anos. Atualmente, a maioria dos coprodutos utilizados na alimentação de ruminantes é resultante do processamento da indústria alimentícia e têxtil, sendo a sua importância em regiões próximas a essas indústrias e quando o suprimento de grãos está baixo ou seus preços elevados⁴⁰.

A América Latina produz mais de 500 mil toneladas por ano de coprodutos e resíduos agroindustriais, sendo o Brasil responsável por mais da metade dessa produção⁴¹. Vários são os coprodutos empregados na alimentação de ruminantes, dentre eles destacam-se o farelo de algodão, a polpa cítrica, o resíduo úmido de cervejaria e resíduos da fabricação de bicomcombustíveis entre outros.

A cultura do algodão é cultivada para obtenção da fibra. As sementes são aproveitadas para extração do óleo alimentício, de cujo processo resulta o farelo de algodão, que representa a segunda fonte mais importante de proteína disponível para alimentação animal. Possui de 30 a 38% de PB, como também boa palatabilidade, e pode substituir totalmente ao farelo de soja em dietas de vacas, apesar de apresentar o problema do gossipol em níveis que não afetam a vaca a não ser quando utilizado em conjunto com o caroço de algodão⁴².

O farelo do algodão é um coproduto resultante da extração do óleo contido no grão que, ao ser esmagado, é denominado de torta, e depois submetida à extração com solventes, moagem e peletização. Em função do tipo da extração, podem-se produzir dois tipos de produtos: a torta gorda (5% de óleo residual) mais energética, proveniente apenas da prensagem mecânica, porém com menor teor de proteína; e a torta magra (menos de 2% de óleo residual) oriunda da extração por solventes, que apresenta concentração relativamente maior de proteína⁴³.

Verifica-se, através da Tabela1, a composição do farelo que é obtido depois da moagem da torta magra.

TABELA 1- Composição química do farelo de algodão

Parâmetros	Teor
Matéria seca (MS) (%)	89,75
Proteína bruta (PB)	43,60
Extrato etéreo (EE)	1,61
Fibra bruta (FB) (%)*	11,20
Matéria orgânica (MO)	92,50
Matéria mineral (MM)	7,50
Cálcio (%)*	0,24
Magnésio (%)*	0,66
Fósforo (%)*	1,20
Potássio (%)*	0,77
Sódio (%)*	0,14
Enxofre (%)*	0,44
Cobre (mg/kg)*	12,50
Ferro (mg/kg)*	126,00
Manganês (mg/kg)*	20,10
Molibdênio (mg/kg)*	2,50

* Valores com base em 100% de matéria seca. Fonte: Valadares Filho⁴⁴.

2.5. A técnica da degradabilidade “in situ” em forrageiras tropicais

A aplicação da técnica “in situ” para a estimativa da degradabilidade ruminal não é recente, tendo sido descrita pela primeira vez no final da década dos 30 por Quin e colaboradores em 1938, contudo, foi depois da introdução de ferramentas matemáticas capazes de transformar os dados de taxas de desaparecimento ruminal em valores denominados de degradabilidade efetiva⁴⁵, que o método passou a ser difundido⁴⁶. Hoje, o método “in situ” é o mais amplamente utilizado em pesquisas para determinação de estimativas da degradabilidade ruminal, sendo adotado em vários países⁴⁷, como também pelo NRC⁴⁸.

Além de ser um método preciso, simples, rápido e de fácil execução para determinar o valor nutritivo de um alimento⁴⁹, no Brasil esta técnica in situ tem sido utilizada com sucesso para a determinação da degradação da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA)^{50,51}.

A técnica “in situ” possibilita obter informações importantes na avaliação de alimentos, como a taxa e o potencial de degradação ruminal de cada alimento. O uso baseia-se no conceito de que a dinâmica animal-dieta são importantes⁵². Simultaneamente, aos estudos agronômicos das forrageiras nativas por Sousa⁵³, recomendam avaliá-las do ponto de vista da nutrição animal: sua caracterização química e seu efeito sobre o consumo de alimentos. Por outro lado, sabendo-se que a partição dos nutrientes no organismo é determinada por fatores do animal e do alimento, estes precisam ser considerados para que se possam orientar as práticas de manejo alimentar de forma eficiente.

O conhecimento de como ocorre a degradação dos alimentos no ambiente ruminal é de extrema importância em estudos de avaliação de alimentos para ruminantes. Alguns países disponibilizam tabelas com parâmetros de degradação ruminal de vários alimentos, o que facilita o uso destes na alimentação animal.

No Brasil, alguns trabalhos desenvolvidos estão voltados ao estudo desses parâmetros, pois devido às condições edafoclimáticas das diferentes regiões, principalmente no uso de forrageiras, muitas informações não estão disponíveis. Rossi Júnior et al⁵⁴, destacou a necessidade de uma avaliação mais precisa do valor nutritivo dos alimentos concentrados e volumosos, devido à variação na composição química e à diversificação de métodos de análises das frações dos alimentos para a determinação de alguns parâmetros ruminais.

Esta técnica, conhecida por degradabilidade “in situ”, tem sido adotada pelo Agricultural and Food Research Council - AFRC⁵⁵, como metodologia padrão para caracterização da degradabilidade ruminal do nitrogênio, pelo fato de fornecer as melhores comparações com os resultados “in vivo”.

Os sistemas mais modernos de dietas para ruminantes levam em consideração a cinética da degradação das diferentes frações dos alimentos, particularmente da proteína e dos carboidratos não estruturais, além de permitir o potencial de crescimento microbiano a partir da fração fermentável^{56,57}. A técnica “in situ”, quando comparada a ensaios “in vivo”, é considerada a mais precisa, mais prática e menos onerosa; sendo mais empregada na determinação da degradação proteica. Contudo, no Brasil, vem sendo utilizada com sucesso para determinação da degradabilidade ruminal da matéria seca e carboidratos⁵⁸.

Devido a sua ampla utilização, pesquisas foram desenvolvidas com o intuito de estabelecer padrões apropriados e uniformizar a técnica “in situ”, visando a obtenção de repetibilidade aceitável dos resultados, como a porosidade do tecido, tamanho da partícula, quantidade de amostra, lavagem dos sacos, etc. Apesar dos esforços para uniformizar as condições experimentais na utilização da técnica “in situ”, ainda são detectadas diferenças nos resultados entre laboratórios, mesmo quando se utilizam condições de avaliação idênticas⁵⁹.

A origem destas variações é devida às diferenças na fermentação ruminal entre animais, ou no mesmo animal utilizado em dias distintos, ou entre replicações nos sacos de náilon incubados no mesmo dia e animal⁶⁰.

A técnica “in situ” apresenta rapidez e baixo custo conforme Erasmus e Prinsloo⁶¹. Porém, o fato da técnica é levar em conta a importante dinâmica da interação animal-dieta, também é considerado por alguns autores como sua principal vantagem para determinação da degradação da proteína e fibra dos alimentos, uma vez que o método “in vitro” não consegue reproduzir em condições de movimentação do alimento do ambiente como o “in situ”^{62,63}.

2.6. Tempo de incubação

O tempo de incubação ruminal é uma das variáveis de maior influência sobre a representatividade dos resíduos indigestíveis em procedimentos de incubação “in situ”⁶⁴.

Não existe na literatura consenso sobre o tempo de incubação ruminal que permita representar melhor a fração indigestível das amostras; observam-se períodos variáveis, como: 96⁶⁵, 144⁶⁶, 192⁶⁷, 240⁶⁸ e 288 horas⁶⁹. Como regra geral, para que o máximo potencial de degradação seja alcançado⁷⁰, recomendam, para concentrados, de 12 a 36 horas de incubação; para forragens de alta qualidade, de 24 a 60 horas; e de 48 a 72 horas para forragens de baixa qualidade.

De acordo com Sampaio⁷¹, sugere para a degradação de forrageiras, o intervalo de 6 a 96 horas, e cita que três ou quatro tempos de incubação estimariam a equação da degradabilidade com a mesma eficiência que sete ou mais tempos. Maior número de tempos de incubação nesse intervalo, além de aumentar o trabalho experimental, poderia interferir no processo digestivo devido às constantes retiradas dos sacos do rúmen, o que certamente ocasionaria elevação do erro experimental e estresse do animal.

3. REFERÊNCIAS

1. Lanes ECM, Oliveira JS, Lopes FCF, Villani EM. A. Silagem de milho como alimento para o período da estiagem: com produzir e garantir boa qualidade. CESR. Juiz de Fora, v.1, n.1, p.1-14, 2006.
2. Zago CP. Silagem de milho e sorgo. Consultor das Sementes Biomatrix. Patos de Minas. [Acesso 17 dez. 2011]. Disponível em: <http://www.biomatrix.com.br/resources/>.
3. Alves EM, Pedreira MS, Aguiar LV, Coelho CP, Oliveira CAS, Silva AMP. Silagem de sorgo com e sem tanino em substituição à silagem de milho na alimentação de ovinos: desempenho e características de carcaça. Sci. Anim. Bras, Goiânia, v.13, n.2, p. 157-164, 2012.
4. Rodrigues PHM, Almeida TF, Melotti L, Andrade SJT, Peixoto JKC. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e sobre a fermentação da silagem de girassol produzida em silos experimentais. R. Bras. De Zootec, Viçosa, v.30, n.6, p. 2169-2175, 2001.
5. Vasconcelos WA, Santos EM, Zanine AM, Pinto TF, Lima WC, Edvan RL, Pereira OG. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq) colhido em função de idades de rebrotação. R. Bras. Saúde. Prod. Anim. Salvador, v.10, n. 4, p. 874-884, 2009.
6. Evangelista AR, Abreu JG, Amaral PNC, Pereira RC, Salvador FM, Santana RAV. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* stapf cv. Marandu), com e sem emurchecimento. Sci e Agrotec. Lavras, v.28, n.2, p.446-452, 2004.
7. Zanine AM, Santos ED, Ferreira DJ, Oliveira, JS, Pereira OG. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. Arq. de Zootec, Córdoba, v.55, n. 209, p. 75-84, 2006.
8. Coan RM, Reis RA, Garcia GR, Schocken-Iturrino RP, Ferreira DS, Resende FD, Gurgel FA. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins Tanzânia e Marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. R. Bras. de Zootec, Viçosa. 2007;36(5):1502-1511.
9. Ferrari JE, Paulino VT, Possenti RA, Lucas TL. Aditivos em silagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso). Arq. de Zootec, Córdoba. 2009;58(222):185-194.

10. Ávila CLS, Pinto JP, Figueiredo HCP, Moraes AR, Pereira OG, Schwan RF. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacilos buchneri*. R. Bras de Zootec, Viçosa, v.38, n.5, p.779-787, 2009.
11. Jank L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: Simpósio Sobre Avaliação da Pastagem, 12. Piracicaba, 1995. FEALQ, 1995, p. 21-58.
12. Savidan YH, Jank L, Costa JCG. Registro de 25 acessos selecionados de *Panicum maximum*, Campo Grande, EMBRAPA-CNPQC, 1990. 68p.
13. Pereira Filho IA, Ferreira ADS, Coelho AM, Casela CR, Karam D, Rodrigues JAS, Cruz JC, Waquil JM. Manejo da Cultura do Milheto Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. 2003.
14. Guimarães Junior R, Gonçalves LC, Rodrigues JAS, Utilização do milheto para produção de silagem. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa-Cerrados, 2009.30p.
15. Jank L, Savidan Y, Souza MT, Costa JGC. Avaliação de germoplasma de *Panicum maximum*, introduzido da África. Produção forrageira. R. da Socied. Bras. Zootec. V.23,n.3, p. 433-440, 1994.
16. McDonald P, Henderson AR, Heron, S. The biochemistry of silage. 2a ed. Marlow: chacombe Publications, 1991:340.
17. Wright DA, Gordon FJ, Steen RWJ, Patterson DC. Factors influencing the response in intake of grass before ensiling: A review. Grass and Forage Science, Oxford, 2000;55:1-13.
18. Filya I, Sucu E, Karabulut A. The effect of *Propionibacterium acidipropionici*, with or without *Lactobacillus plantarum*, on the fermentation and aerobic stability of wheat sorghum and maize silages. J. Appl. Microbiol. 2004;97:818-826.
19. Santos MC, Nussio LG, Mourão GB. Schmidt P, Mari LJ, Ribeiro JL. Evaluation of chemical additives in the fermentation profile, nutritive value, and dry matters losses of sugar cane silages (*Saccharum officinarum* L.), R. Bras. Zootec. 2008;37 (9):1555-63.
20. Jobim CC, Nussio LG, Reis RA, Schmidt P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. R. Bras. Zootec. 2007;36 (suppl):101-19.

21. Zanine AM, Santos EM, Dórea JRR, Dantas PAS, Silva TC, Pereira OG. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. R. Bras. Zootec. 2010;39(12):2611-6.
22. Hoffman PC, Sievert SJ, Shaver RD, Welch DA, Combs DK. *In Situ* Dry Matter, Protein, and Fiber Degradation of Perennial Forages. J Dairy Sci 1993;76:2632-264.
23. Vasconcelos WA, Santos EM, Zanine AM, Pinto TF, Lima WC, Edvan RL, Pereira OG. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq). Colhido em função de idades de rebrotação 1 R. Bras. Saúde. Prod. Anim. 2009, v.10, n.4, p.874-884.
24. Alves EM, Pedreira MS, Aguiar LV, Coelho CP, Oliveira CAS, Silva AMP. Silagem de sorgo com e sem tanino em substituição à silagem de milho na alimentação de ovinos: desempenho e características de carcaça. Sci. Anim. Bras. 2012;13(2):157-164.
25. Rodrigues PHM, Almeida TF, Melloti L, Andrade SJT, Peixoto Júnior KC. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e sobre a fermentação da silagem de girassol produzida em silos experimentais. R. Bras. Zootec. 2001; 30(6): 2169-2175.
26. Prado IN, Moreira FB, Zeoula LM, Wada FY, Mizubuti IY, Neve CA. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta, e fibra em detergente neutro de algumas gramíneas sobre pastejo contínuo. R. Bras. Zootec. 2004;33(5):1332-1339.
27. Zanine AM, Santos EM, Ferreira DJ, Oliveira JS, Almeida JCC, Pereira OG. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. Arq. Zootec. Córdoba. 2006;55(209):75-84.
28. Bergamashine AF, Passipiéri M, Veriano Filho WV, Isepon OJ, Corrêa LDA. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu), produzidas com aditivos ou forragem emurhecida. R. Bras. Zootec. 2006; 35(4): 1454-1462.
29. Evangelista AR, Abreu JG, Amaral PNC. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu), com e sem emurhecimento. Sci. Agrotec. 2004;2:446-452.
30. Pires AJV, Carvalho GGPD, Garcia R, Carvalho Júnior JND, Ribeiro LSO, Chagas DMT. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. R. Bras. Zootec. Viçosa. 2009;38(1):34-39.

31. Bernardino FS, Garcia R, Rocha FC, Souza AL, Pereira OG. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. *Rev. Bras. Zootec.* 2005;34:2185-2191.
32. Santos VP. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e ácido. Digestibilidade *in vitro* da cana de açúcar fresca ou ensilada e silagem de milho em diferentes ambientes ruminais [Dissertação], Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
33. Pereira OG, Rocha KD, Ferreira CLDLF. Composição química, caracterização e quantificação da população de microrganismos em capim-elefante (*Pennisetum purpureum*. Schum) e suas silagens. *R. Bras. Zootec*, Viçosa. 2007;36(6): 1742-1750.
34. Santos MVF Castro AGG, Pereira JM, García A, Guim A, Hernández MP. Fatores que afeta, o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. *Arch. Zootec.* 2010;59(R): 25-43.
35. Ferreira ACH. Valor nutritivo de silagens à base de capim elefante com níveis crescentes de subprodutos agroindustriais de abacaxi, acerola e caju. [Tese]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária;2005.
36. McDonald P, Henderson AR, Heron S. The biochemistry of silage. 2a ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991:340.
37. Igarasi MS. Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença de inoculante bacteriano [Mestrado].Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo; 2002
38. Santos ED, Zanine AM, Oliveira JS. Produção de Silagem de Gramineas Tropicais. *R. Electr. Veterinária*, 2006;7(11):1-22.
39. Grasser LA, Fadel JG, Garnett I, Depeters EJ. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. *Journal of Dairy Science*, v 78, n.5.p. 962-971,1995.
40. Souza O, Silva IE. Resíduos agroindustriais. *Revista Veterinária In Foco*, Aracajú-SE, 2002.
41. National Cottonseed Products Associations. Cottonseed Feed Products Guide. 2002. [acessado em 11 de novembro de 2008]. Disponível em: <http://www.cottonseed.com/publications/feedproductsguide.asp>.

42. LANA RP. Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades). Viçosa: UFV, 2005, p. 125 – 140.
43. Tonissi e Buschinelli de Goes RE, da Silva LEX, Alves de Souza K. Alimentos e alimentação animal: Universidade Federal da Grande Dourados, 2013.
44. Valadares Filho SC, Magalhães KA, Junior VRR. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.
45. Ørskov ER, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 92: 499–503, 1979.
46. Hvelplund T, weisbjerg MR. In Situ techniques for the estimation of protein degradability and postruminal availability. In: Givens DI, Owen E, Axford RFE and Omed HM. *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CAB International. p. 233_257, 2000.
47. Schwab CG, Tylutki TP, Ordway RS. Characterization of proteins in feeds. *Journal of Dairy Science*. 86 (E. Suppl.): 88–103, 2003.
48. National Research Council – NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7 ed. Washington, D.C. National Academic Press, 2001. 381 p.
49. Aroeira LJM, Silveira MI, Liziere RS, Matos L, Figueira DG. Degradabilidade no rúmem e taxa de passagem de cana-de-açúcar mais ureia, do farelo de algodão e do farelo em novilhos mestiços europeus x zebu. *R. da Socied. Bras. de Zootec*, Brasília, v.22, n, 4,p. 552-564, 1993.
50. Carmo CA, Berchielli TT, Andrade P, Zeoula NMBL. Degradabilidade de matéria seca e fibra em Detergente Neutro da Cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) com Diferentes Fontes de Proteína. *R. Bras. de Zootec*, Brasília, v. 30, n.6, supl. 1,p. 2123-2133,2001.
51. Schmidt P, Nussio LG, Junqueira MC, Pedroso AF, Loures DRS, Paziani SF, Zopollato M, Mari LJ, Filho SG. Consumo e digestibilidade de silagens de cana de açúcar tratadas com aditivos químicos e microbianos, In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 34, Juiz de Fora, 1997. *Anais... Juiz da Fora: SBZ*, 1997. P.176-178.
52. Petit HV, Rioux R, Tremblay GF. Evaluation of forages and concentrates by the “in situ” degradability technique: In: *simpósio internacional de produção de ruminantes; reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*, 31.,.1994, maringá, anais... Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.119-133.

53. Sousa HMH. Utilização de mata-pasto na alimentação de caprinos e ovinos In: Simpósio Paraibano de Zootecnia, 2004, 55 f. [Tese], (doutorado em Zootecnia), Universidade Federal da Paraíba-Areia, 2004.
54. Rossi Junior P. Degradabilidade ruminal do amido de silagem de milho, farelo de soja e sorgo grão, em bovinos da raça nelore. Rev. Soc. Bras. Zootec, Viçosa, v.26, p.416-422, 1997.
55. Agricultural and Food Reaserch Council - AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB Internacional, 1993. 159p.
56. Molina LR. Degradabilidade in Situ da matéria seca e proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. R. da Socied. Bras. de Zootec, Viçosa, v, n.1p156, 2002.
57. Tonani FL. Degradabilidade ruminal in situ da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. Belo Horizonte, vol.53 n.1 Belo Horizonte Feb. 2001.
58. Berchielli TT, Garcia AV, Oliveira SG. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. p.397-421. In: Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: FUNEP. 2010.
59. Nocek JE. *In situ* and other methods to estimate ruminal proteín and energy digestibility: a review. Journal of Dairy Science, Champaigne, v.71, n.8, p.2051-2069, Ago. 1988.
60. Teixeira JC. Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes. In: Digestibilidade em ruminantes. Lavras: UFLA/FAEP, 1997. p.7-27.46.
61. Erasmus LJ, Prinsloo J. The establishment of protein degradability data base for cattle using nylon bag technique 1. Protein sources. South African Journal of Animal Science, Pretoria, v.18, n.1, p.23-29, 1988.
62. Mertens DR, Loften JR. The effect of starch on forage fiber digestion kinectis *in vitro*. Journal of Dairy Science, New York, v. 63, p. 1437-1446, 1980.
63. Petit HV, Rioux R, Tremblay G. Evaluation of forages and concentrates by the “in situ” degradability technique: In: simpósio internacional de produção de ruminantes; reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 31,1994, maringá, anais... maringá: sociedade brasileira de zootecnia, 1994. p.119-133.

64. Casali AO. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. R. Bras. de Zootec, Viçosa, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
65. Ruiz R. Use of chromium mordanted neutral detergent residue as a predictor of fecal output to estimate intake in grazing high production Holstein cows. Animal Feed Science and Technology, Cambridge, v.89, p.155-164, 2001.
66. Freitas D, Berchielli TT, Silveira RN. Produção fecal e fluxo duodenal de matéria seca e matéria orgânica estimados através de indicadores. R. Bras. de Zootec, Viçosa, v.31, n.3, p.1521-1530, 2002.
67. Zeoula LM. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. R. Bras. de Zootec, Viçosa, v.31, p.1865-1874, 2002.
68. Clipes RC. Evaluation of acid detergent insoluble protein as na estimator of rumen non-degradable protein in tropical Grass forages. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v.58, p.694- 697,2006.
69. Huhtanen P, Kaustell K, Jaakkola S. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v.48, p.211-227, 1994.
70. Orskov ER, Hovell FDB, Mould, f. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Production of Animal Tropical Cambridge, v.5, p.213-233, 1980.
71. Sampaio IBM. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forrageiras quando avaliadas *in situ*. In: simpósio internacional de produção de ruminantes, reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 31. Maringá, 1994. Anais. Maringá, SBZ, 1994. p.119-133.

CAPÍTULO II

CINÉTICA DA DEGRADABILIDADE IN SITU DA SILAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho, avaliar a cinética da degradabilidade “in situ” da silagem de capim-mombaça com a inclusão de quatro níveis de farelo de algodão (0%, 10%, 15%, 20%). O delineamento experimental utilizado na composição bromatológica como primeiro ensaio foi, o inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Foi feita análise de regressão para a composição bromatológica. No segundo ensaio, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, subdivididas em esquema fatorial (1x4x9) para a degradabilidade “in situ”, foram utilizadas quatro bovinos machos da raça nelore, providas de fistula ruminal para a incubação das amostras por 0, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72, 96 horas. Foi feita análise de regressão para os desaparecimentos de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA). A inclusão do farelo de algodão melhorou a composição bromatológica da silagem de capim-mombaça, aumentando assim os teores médios de MS e PB variando entre 22,69 a 31,93 e 12,51 a 22,45, respectivamente, como também reduzindo a FDN e FDA atingindo variações entre 60,95% a 56% e 34,61 a 28,76, respectivamente. A adição do nível 20% do farelo de algodão apresentou valores significativos de desaparecimento na MS, PB, FDN e FDA, mostrando ser o nível aceitável do farelo de algodão como adição.

Palavras-chave: conservação de forragem, coprodutos, ensilagem, valor nutricional.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the degradability kinetics “in situ” of grass mombasa silage with the inclusion of four levels of cottonseed meal (0%, 10%, 15%, 20%). The experimental design used in chemical composition as the first test was completely randomized, with four treatments and four replications. Data were submitted to analysis of variance and the averages compared by Tukey at 5% probability. Regression analysis was performed for the chemical composition. In the second test, we used the completely randomized design divided factorial (1x4x9) for “in situ” degradability, four male animals were used nelore, fitted with ruminal fistula for the incubation of samples with 0, 6, 9 12, 24, 36, 48, 72, 96 hours. Regression analysis was performed for the disappearances of the dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent insoluble fiber (NDIF) and acid (IADF). The inclusion of cottonseed meal improved the chemical composition of grass mombasa silage, thereby increasing the average levels of DM and CP ranging from 22.69 to 31.93 and from 12.51 to 22.45, respectively, as well as reducing the NDIF and IADF reaching variations between 60.95% to 56% and from 34.61 to 28.76, respectively. The addition level of 20% of cottonseed meal showed significant amounts of disappearances in DM, CP, NDIF, IAFD, showing that the acceptable level of cottonseed meal as addition.

Keywords: forage conservation, co-products, silage, nutritional value.

1. INTRODUÇÃO

A produção bovina baseada em pastagens é a forma mais econômica de se obter produtos de alto valor biológico a baixo custo, evitando-se a utilização de alimentos nobres, tais como grãos e farelos de oleaginosas, os quais são utilizados de forma mais eficiente pelos monogástricos, contudo, para que possamos obter elevados índices de produtividade na produção de carne ou leite, é necessário que os animais tenham condições de obter, a partir das forragens ingeridas, a quantidade suficiente de nutrientes que permita manter suas atividades fisiológicas básicas e ainda para síntese de tecidos corporais ou para produção de leite¹.

Diversos métodos têm sido pesquisados e utilizados para suprimir o déficit alimentar em rebanhos, mantidos em regime de campo, e mais comum é a utilização da silagem². Adotado para minimizar os problemas ocasionados pela estacionalidade de produção de forragem no Brasil, diversas gramíneas têm se destacado para a produção de silagem, dentre elas o *Panicum maximum* cv. Mombaça, por ser uma planta perene de superior potencial de produção e de boa composição bromatológica³. Entretanto, forragens conservadas podem ter seu valor nutritivo alterado, devido aos procedimentos utilizados para a sua produção e conservação e dos fenômenos bioquímicos e microbiológicos que ocorrem durante o processo⁴.

O maior fator limitante para produção de silagem de capins forrageiros é o alto teor de umidade no material a ser ensilado. Tem-se como exemplo o milheto para confecção de silagem, a qual ocorre quando os grãos se encontram em estágio pastoso-farináceo, porém, nesse momento, a planta apresenta baixo teor de matéria seca de 20% a 23%⁵. As forrageiras quando apresentam nível ideal de matéria seca e quantidade suficiente de carboidratos solúveis para a microbiota epifítica, favorecem a boa fermentação⁶. Igualmente, a inclusão de aditivos absorventes pode proporcionar uma maior qualidade no perfil fermentativo do material ensilado.

O valor nutricional do farelo de algodão pode variar de acordo com a adição de maior ou menor teor de casca, por isso, no mercado, tem-se o farelo de algodão com 44% de proteína bruta, apresenta: 1.8% de extrato etéreo, 23% de fibra em detergente neutro⁷. No Brasil, segundo Valadares et al⁸, apresentaram dados de farelo de algodão com 38% de proteína bruta, 1.87% de extrato etéreo, 34,92% de FDN.

O alto teor relativo de proteína bruta e baixo custo do farelo de algodão, o tornaram uma opção para a formulação de dietas para animais. Dessa forma, alguns trabalhos têm apresentado desempenhos satisfatórios de ruminantes alimentados com farelo de algodão^{9,10}, sendo assim, a estimativa da degradação ruminal das silagens aditivadas com farelos é de suma importância para avaliar a quantidade de nutrientes no alimento disponíveis para os microrganismos do rúmen e sua qualidade.

A técnica “in situ”, tem sido muito difundida, principalmente pela sua simplicidade e economicidade^{11,12,13}. Oferece estimativa mais exata de degradação de proteína no rúmen, permitindo melhor contato do alimento com o meio ruminal, sem mastigação e passagem, constituindo-se em um meio mais rápido para simular o ambiente no interior do rumem perante um regime alimentar^{14,15}.

Os resultados obtidos em condições tropicais podem contribuir para a confecção de uma tabela nacional de composição de alimentos. No Brasil, estudos são realizados com a utilização desta para avaliar forragens, resíduos agrícolas e produtos industriais¹⁶, justificando-se sua utilização como técnica de referência.

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a cinética da degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido da silagem do capim mombaça contendo diferentes níveis de farelo de algodão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterizações da área

O experimento foi realizado na Fazenda AJR, no município de Goiás, GO, em Latitude: 15° 56' 23,024"S Longitude: 50° 8' 29,159" W Altitude: 513 metros. Conforme a classificação de Koeppen¹⁷, o clima da região é do tipo Aw, tendo com características quente e semiúmido, com duas estações bem definidas, a seca, dos meses de maio a outubro e as águas, entre novembro e abril. O ar é relativamente seco na maior parte do ano, com umidade relativa chegando a níveis críticos entre os meses de julho e setembro e ao extremo em agosto. A topografia do local é plana com declividade de 3,5% e predominância de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilo-arenosa¹⁸.

2.2. Condições climáticas no período experimental

Os dados climatológicos durante o período de cultivo foi de 30 de dezembro de 2013 (semeadura) a 27 de fevereiro de 2014 (colheita e enchimento dos silos experimentais), foram coletados junto à Estação Meteorológica do 10º Distrito Meteorológico de Goiás - Instituto Nacional de Meteorologia, que fica localizada a sete quilômetros da área experimental, está apresentado na Tabela 1.

TABELA 1- Condições climáticas do local durante o período experimental

	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Máxima (°C)	35	28	34
Mínima (°C)	21	21	22
Umidade (%)	88	94	76
Precipitação Total (mm)	284	302	276
Insolação(h)	184	176	170

Fonte: Estação meteorológica do 10º Distrito Meteorológico de Goiás – INMET

2.3. Preparo do solo e implantação da cultura

Para a caracterização química e física da área experimental, foi realizada a coleta de amostra da terra na profundidade de zero a 0,20 m, para realização das análises físico-químicas, realizada pelo Laboratório Terra Analises para Agropecuária Ltda. conforme resultado na Tabela 2.

TABELA 2- Resultado da análise do solo da área experimental

Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	M. O. (%)	pH (CaCl ₂)	CTC (cmolc dm ⁻³)	V (%)
29	20	51	2,3	5	12,4	84,0

P (Mehl) (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmolc dm ⁻³)	Mg (cmolc dm ⁻³)	H + Al (cmolc dm ⁻³)	Al (cmolc dm ⁻³)
1,0	200	7,5	2,4	2	0,0

O preparo do solo foi o convencional com uso de duas gradagens, uma com grade aradora e outra com grade niveladora antecedendo a semeadura. De acordo com os dados fornecidos pela análise de solo não foi necessária a calagem segundo recomendação por Vilela¹⁹, a semeadura do capim-mombaça foi realizada manualmente a lanço, no dia 30 de dezembro de 2013, utilizando-se 1,6 kg de sementes puras e viáveis (SPV) de capim-mombaça da empresa Sementes Agrossol por hectare.

Foi realizada adubação fosfatada de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), além de 50 kg ha⁻¹ de micronutrientes (FTE BR-16) segundo recomendações por Martha Júnior e Pereira^{20, 21}. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 100 kg de ureia após 15 dias da emergência das plantas e outra dose equivalente, aos 40 dias. Durante o período de cultivo foi feita uma aplicação de Clorantniliprole (Ampligo® Syngenta) para controlar um pequeno acesso da Lagarta-militar (*Spodoptera frugiperda*).

2.4. Tratamentos

Os tratamentos foram assim constituídos: T-1: silagem de capim-mombaça; T-2: silagem de capim-mombaça com inclusão de 10% de farelo de algodão; T-3: silagem de capim-mombaça com inclusão de 15% de farelo de algodão; T-4: silagem de capim-mombaça com inclusão de 20% de farelo de algodão. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os dados foram analisados pelo software R²², e submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% e análise de regressão para os níveis de inclusão do farelo de algodão.

2.4. Colheita e ensilagem

O corte e ensilagem do capim-mombaça foi realizado no dia 27 de fevereiro de 2014, 60 dias após a emergência das plântulas. O corte foi realizado com roçadeira costal a 0,15 m, distante do solo e posteriormente picado em triturador forrageiro estacionário modelo TRF 80-Júnior em partículas de dois centímetros. As amostras foram homogeneizadas manualmente e deste material retirado uma amostra de aproximadamente, um quilograma da matéria original (MO), para fins das análises laboratorial e caracterização da planta.

A matéria original do capim-mombaça foi dividida em quatro partes iguais, sendo em seguida feita a inclusão dos diferentes níveis de FA, de acordo com os tratamentos propostos.

Utilizou-se como silos experimentais “mini-silos” canos de PVC de 100 mm de diâmetro e com 0,70 m de comprimento (capacidade de 5,5 L), com tampas dotadas de válvula, tipo “Bunsen”, para escape dos gases produzidos durante o processo fermentativo, sem permitir, entretanto, a entrada de ar. No fundo de cada mini-silo foi colocado um kg de areia grossa, separado da forragem por duas camadas, uma de TNT e outra de tela mosquiteiro para coleta e mensuração das perdas por efluente. Antes da ensilagem foi feita a pesagem dos silos juntamente com a tampa, areia grossa e camadas. Foram ensiladas em média, 4,0 de forragem em cada mini-silo, que foi compactado com soquete de madeira e, em seguida foram vedados com lona própria para silos e selados com fita adesiva em seguida pesados.

2.6. Análise bromatológica.

Os silos foram abertos, decorridos, 65 dias após a ensilagem. Inicialmente, os silos foram pesados para obtenção dos valores de perdas por gases por diferença, em relação à pesagem por ocasião da ensilagem.

Foi descartada a porção superior e a porção inferior de cada um dos silos, sendo a porção central de cada mini-silo separada e homogeneizada em recipientes plásticos, uma sub amostra de aproximadamente 2 kg foi colocada em sacos de papel e levada à estufa de ventilação forçada, a 65°C, durante 72 h, visando à determinação da matéria pré-seca. Posteriormente foram moídas em moinho de faca, tipo “Willey” com peneira de dois mm de diâmetro, identificadas e acondicionadas em recipientes de polietileno com tampa e armazenadas. Foram realizadas análises bromatológica das amostras no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Produção Animal (DPA) da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (EVZ-UFG).

Foram determinados os teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibras insolúveis em detergente neutro (FDN) e fibras insolúveis em detergente ácido (FDA) de acordo com as metodologias recomendados pelo INCT²³.

A composição bromatológica do capim-mombaça e do farelo de algodão estão apresentadas na Tabela 3

TABELA 3 - Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), e nutrientes digestíveis totais (NDT), determinados na matéria original (MO) do capim-mombaça e do farelo de algodão.

Alimento	MS%	PB%	FDN%	FDA%	FB%	EE%	NDT%
Capim-mombaça	24,8	15,7	70,0	57,0	31,8	1,4	56,1
Farelo de algodão	90,9	34,9	50,1	34,0	19,3	1,9	65,3

2.7. Degradabilidade “in situ”

Para a degradabilidade ruminal “in situ”, as amostras das silagens foram incubadas em quatro bovinos machos da raça nelore, (36 meses de idade e 350 kg de peso vivo) com cânulas implantadas no rúmen,

Os animais foram mantidos em a pasto, no setor de Bovinocultura do departamento de Zootecnia da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC). As amostras da silagem a serem incubadas foram moídas em peneiras de porosidade de dois (2) mm. Posteriormente, cerca de seis (6) g de MS foram pesadas e colocadas em sacos de náilon (5 cm x 6 cm), e diâmetro de poros de 50 micra, correspondendo a cerca de 0,2 g/cm² e selados, os sacos de náilon contendo as amostras foram incubadas no rúmen, em triplicata, por tempo de incubação. (0, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72, 96) horas, utilizando-se o método “gradual dentro/tudo fora”, com sacos de poliéster (30x40cm) concomitantemente, sendo três sacos por tratamento, cada um com peso de ferro de 500 g e com um cordão de +-0,60m, para garantir localização no interior do rúmen e facilitar a localização da remoção²⁴.

Após a remoção do rúmen, os sacos de náilon contendo resíduos de forragem foram retirados do rúmen, lavados em água corrente e fria até que a coloração ruminal desaparecesse e se tornasse límpida. Em seguida, foram congelados a -20°C por 24 horas para cessar a atividade fermentativa. As amostras de 0 h não foram incubadas e sim lavadas juntas com as amostras retiradas do rumem, para se extinguir possíveis variações por solubilidade em água. Todos os sacos foram descongelados, lavados simultaneamente para padronizar o processo, secados por 72h em estufa de ventilação forçada, à 55°C. Uma vez secos, foram pesados para determinação da degradabilidade da MS, PB, FDN e FDA.

2.8. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, subdivididas em esquema fatorial 1x4x9 (silagem de capim-mombaça, quatro doses de farelo de algodão e nove tempos de incubação “in situ”, 0, 6, 9 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas), os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Foi feita análise de regressão para os níveis de inclusão do farelo de algodão. O modelo da degradabilidade ruminal foi estimado por Orskov & McDonald²⁵, levando-se em conta a taxa de passagem de sólidos no rúmen preconizada pelo NRC²⁶.

2.9. Análise estatística

Para o desaparecimento da MS, PB, FDN e FDA foram obtidos pelo modelo não linear, conforme proposto²⁵.

$$DP = a + b (1 - e^{-ct})$$

DP = Degradabilidade potencial estimada;

a = fração rapidamente solúvel em água;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação da fração b;

e = logaritmo natural, que representa o tempo de colonização dos microrganismos das partículas do alimentos.

t = tempo de incubação no rúmen (horas)

Para determinação da degradabilidade efetiva dos nutrientes, utilizou-se a equação:

$$DE = a + (bc)/(c+k)$$

DE = Degradabilidade efetiva %;

a = Fração imediatamente solúvel;

b = Fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = Taxa de degradação da fração b;

k = Taxa de passagem da digesta no rumem.

A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada a partir dos parâmetros acima mencionados, assumindo taxas de passagem fracionárias “k” de 2%, 5% e 8% /horas. Estas taxas de passagem são baseadas no NRC²⁶, que recomenda tais valores para baixa, média e alta produção de vacas leiteiras, respectivamente.

Para os casos em que houve diferença significativa entre tratamentos, foi realizado teste de Tukey, considerando nível de significância de 5% ($P < 0,05$)²⁷. O modelo não linear, utilizado em outros experimentos se ajustou de modo satisfatório aos dados de degradação parcial da MS, PB, FDN e FDA. Os coeficientes de determinação (R^2) obtidos para as curvas de degradabilidade destes nutrientes foram sempre superiores a 93%, sendo indicativos da adequacidade do modelo para caracterização do fenômeno de degradação ruminal “in situ” de forragens, de acordo com^{28,29}.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição bromatológica.

Para os parâmetros analisados foi encontrada diferença significativa ($P < 0,05$) em função da inclusão do farelo de algodão. Conforme na Tabela 4.

TABELA 4- Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), em porcentagem da MS, determinados nas silagens do capim-mombaça com inclusão de farelo de algodão.

Farelo de algodão (%)	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)
0	22,69 d	12,51 d	60,95 a	34,61 a
10	27,67 c	15,88 c	58,46 b	32,64 b
15	29,72 b	19,03 b	56,99 c	30,77 c
20	31,93 a	22,45 a	55,00 d	28,76 d
Média (%)	28,00	17,46	59,6	31,69
CV (%)	4,07	4,26	0,94	2,90

Médias seguidas por letras diferentes, nas mesmas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se efeito de inclusão nos teores de MS determinados na silagem de capim-mombaça ($P < 0,05$), em função do FA, mostrando uma variação de 22,69% a 31,93%, indicando um incremento nos teores à medida que foram aumentando as inclusões, provavelmente em função das características nutricionais do FA (Tabela3). Conforme Figura 1, observou-se um aumento linear nos teores de MS das silagens em função da adição do FA, o que pode ser demonstrado na equação $MS = 0,4617 \text{ FG} + 22,811$ ($R^2 = 0,9211$), cabe ressaltar que os teores médios determinados nesta pesquisa, demonstram a eficiência deste aditivo na elevação do teor de matéria seca da silagem.

Conforme Andrade³⁰, Igarazi³¹, e Zanine et al³², relataram em suas pesquisas a eficiência do uso de farelos de cereais e coprodutos da indústria alimentícia, como forma de aumentar o teor de MS do material ensilado, em função da absorção do excesso de umidade da forragem, melhorando assim a fermentação microbiana e valor nutricional em silagem de gramíneas tropicais.

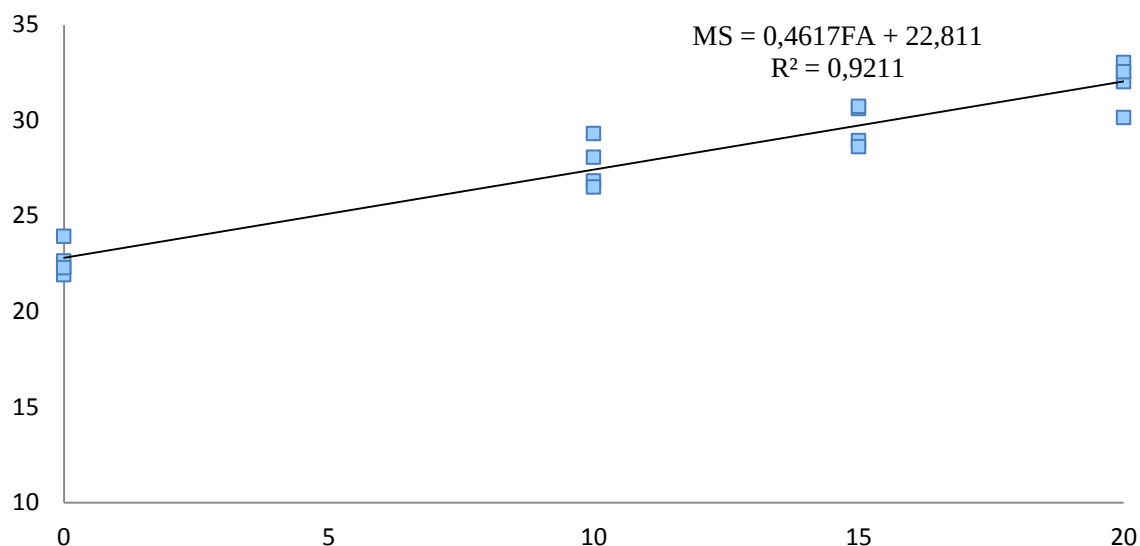


FIGURA 1 – Teores de matéria seca em função dos níveis de inclusão do farelo de algodão na silagem de capim-mombaça.

Comparando com trabalhos que demonstram resultados semelhantes foram avaliadas por Ávila et al³³ a composição química-bromatológica da silagem de capim-mombaça sem aditivo com tempo de abertura aos 90 dias, obtiveram teores de 28,59% de matéria seca (MS) valor este semelhante aos encontrados nesta pesquisa. Corroborando com esta pesquisa Zanine et al³⁰ relataram incremento linear de matéria seca quando foram acrescentados 20, 30 e 60% de farelo de trigo na ensilagem de capim-mombaça.

Observa-se também que a inclusão do FA nos seus diferentes níveis contribuiu de forma efetiva no incremento dos teores de proteína bruta da silagem produzida, visto que o farelo de algodão possui teores satisfatórios de PB.

Houve um aumento linear ($P < 0.05$) em função aos níveis de inclusão do FA, com uma variação de 12,51% e 22,45% conforme à figura 2, demonstrado pela seguinte equação $PB = 0.4959FA + 11,644$ ($R^2 = 0,8913$). Entretanto, Zanine³⁰ utilizando três níveis de inclusão de farelo de trigo de capim-mombaça, relataram aumento linear da PB e decréscimo linear da FDN e FDA. Os resultados citados pelos referidos autores corroboram com o comportamento

observado nesta pesquisa, confirmando assim, a eficiência do aditivo na melhoria da composição bromatológica da silagem aditivada. Este processo percorreu em forma aceitável, sem sofrer perdas na PB das silagens avaliadas.

Alimentos com teores de proteína bruta inferiores a 7% são considerados limitantes para a atividade dos microrganismos ruminais, o que implica em condições desfavoráveis para a microbiota do rúmen, comprometendo assim, a manutenção do crescimento microbiano e a utilização dos compostos fibrosos da forragem (Sampaio³⁴ e Lazzarini³⁵). Portanto, os teores de PB determinados na silagem aditivada com farelo de algodão superam os níveis críticos relatados pelos referidos autores.

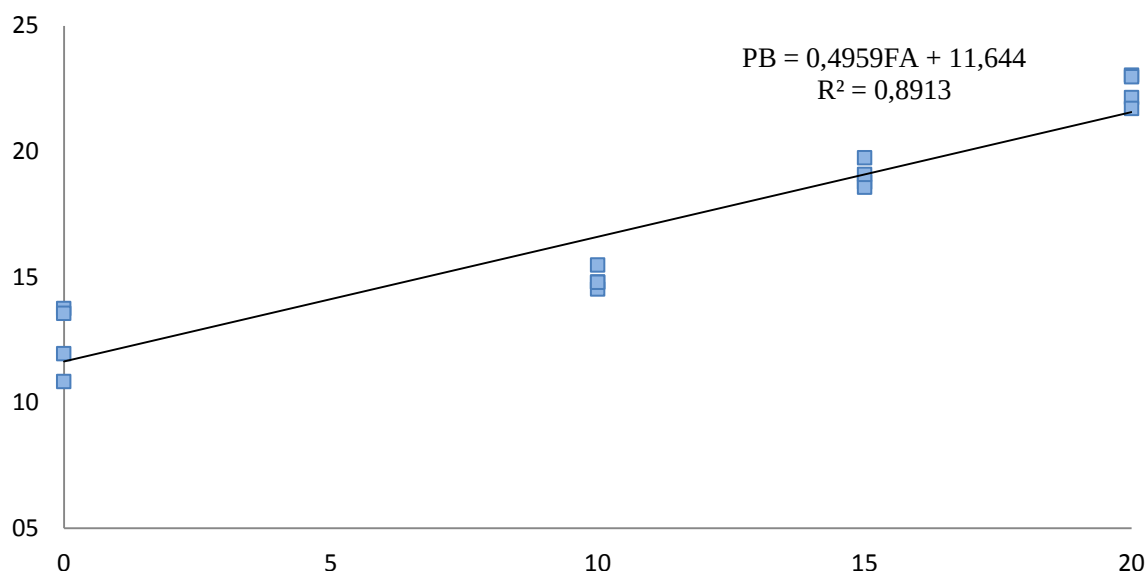


FIGURA 2- Teores de proteína bruta em função dos níveis de inclusão do farelo de algodão na silagem de capim-mombaça.

Para os teores de FDN, houve diferença significativa entre os níveis de inclusão e apresentaram efeito linear decrescente em função à silagem de capim-mombaça com inclusão do FA, com uma variação entre 56,00% a 60,95%, conforme na Figura 3, demonstrados pela equação $FDN = -0,2517FA + 60,937FA$ ($R^2 = 0,9373$). A redução nos teores de FDN da silagem pode contribuir para aumentar o consumo de MS, bem como aumentar a densidade energética da dieta de ruminantes³⁶.

Segundo estudos realizados por Junt et al.³⁷, o elevado teor de FDN interfere no consumo e na digestibilidade da MS. Porém, os valores encontrados são considerados satisfatórios para a silagem estudada.

O consumo de MS se torna negativo quando os níveis de FDN da parede celular da planta forrageira é encontrada acima de 55% segundo aos aferidos por Mertens³⁸, limite do qual se encontra a silagem avaliada no tratamento 20%, a partir da inclusão do coproduto, que resultou no limite já que o consumo de MS deste tratamento não sofreria interferência negativa por parte do ruminante.

Os conteúdos da FDA, de acordo com Mertens³⁸, diz respeito à celulose e da lignina, correlacionam-se negativamente com a digestibilidade, e no presente estudo, variaram entre 28,76 % e 34,61%, com uma média de 31,69%, houve uma diminuição linear da FDA em função da adição do FA nas silagens, com uma equação $FDA = -0,2888FA + 34,95FA$ ($R^2 = 0,8515$) (Figura 3). Estes teores são superiores aos aferidos por Zanine et al.³⁰, ao utilizar a silagem de capim-mombaça com três níveis de farelo de trigo, quando relatou aumento linear da PB e decréscimo linear da FDN e FDA. Este resultado referido pelo autor corrobora com o comportamento observado nesta pesquisa, confirmando assim o efeito do FA na melhoria da composição bromatológica da silagem do capim-mombaça.

Esta redução nos teores de FDN e FDA e os aumentos nos teores médios de MS e PB, só agregam valor nutricional à silagem como fonte de alimento para animais ruminantes.

De acordo com Resende et al.³⁶ e NRC²⁶ um dos fatores limitantes para o maior consumo de MS de forragem por ruminantes são os altos teores de FDN encontrados nos materiais, por causa das baixas taxas de degradação, este constituinte é considerado dietético primário associado ao efeito de enchimento do trato gastrointestinal.

Quando analisados os resultados relacionados a FDN e FDA houve comportamento decrescente ($P < 0.05$) conforme o aumento da adição do FA, esta característica é importante pois quanto menos a proporção de FDN e FDA maiores são o consumo e a digestibilidade do alimento.

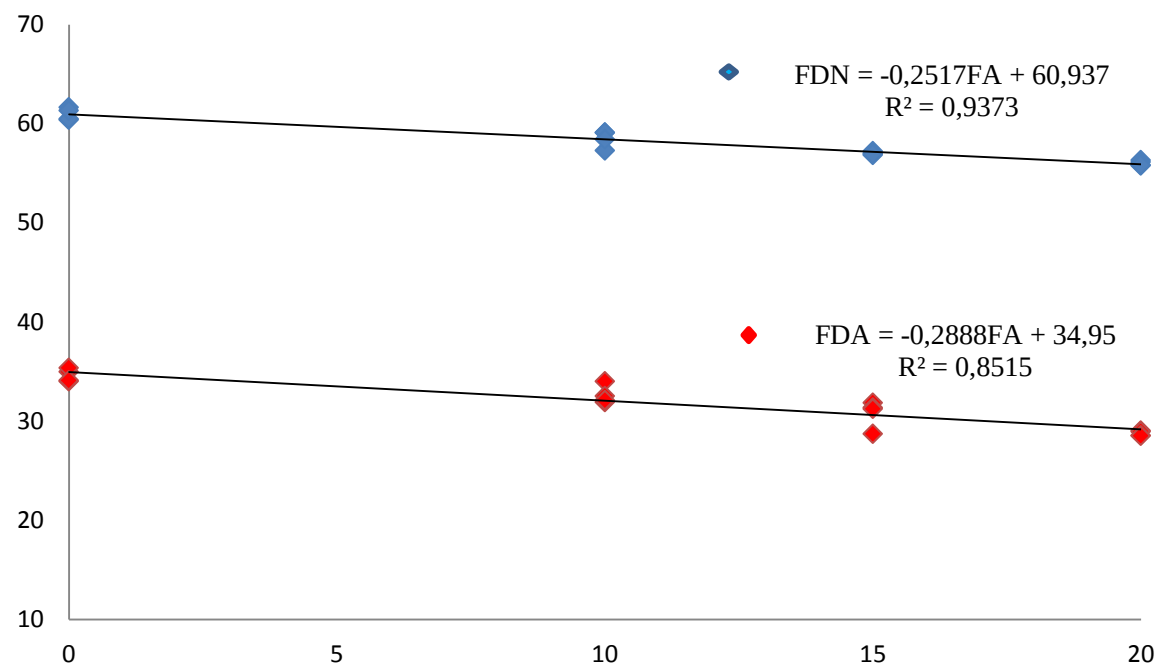


FIGURA 3 – Teores da fibra em detergente neutro e ácido em função dos níveis de inclusão do farelo de algodão na silagem de capim-mombaça.

3.2. Degradabilidade “in situ”

Pode-se observar que o desaparecimento de MS sofreu influência significativa ($P < 0,05$) em todos os tempos avaliados à medida que aumentava o nível de inclusão do farelo de algodão na silagem. O desaparecimento da MS durante o tempo de 0 a 96 horas, estão representados na Tabela 5.

Dentre dos níveis de inclusão, o tratamento que teve o maior nível de degradação da MS em todos os tempos de incubação foi o de 20% de inclusão de FA, seguido pela inclusão de 15% e 10%.

Após dos 96 horas de incubação, o tratamento sem inclusão do FA apresentou 61,00% de desaparecimento ruminal. Para os níveis de 10% de inclusão de FA, 61,14% e para os níveis de 15% e 20% de inclusão, os desaparecimentos foram, respectivamente, 64,35; 66,25%. Em tempo 12 horas de incubação, para os níveis de inclusão de 0%; 10%; 15% e 20%, os desaparecimentos da matéria seca foram de 27,67%; 31,95% ; 32,39% e 37,43%. Essa diferença de desaparecimentos constitui um fator relevante já que exerce uma influência positiva sobre o consumo do animal ruminante.

TABELA 5 – Desaparecimento da matéria seca - MS (h)

Farelo de algodão (%)	Tempo de degradação da MS (h)								
	0	6	9	12	24	36	48	72	96
0	24,03 c	24,59 c	26,96 c	27,67 c	36,73 c	43,72 c	50,91 b	54,51 c	61,00 c
10	25,12 c	26,52 c	30,39 b	31,95 b	37,31 c	43,55 c	47,66 c	56,21 c	61,14 c
15	26,41 b	28,51 b	30,72 b	32,39 b	41,19 b	45,69 b	49,77 c	56,77 b	64,35 b
20	30,67 a	31,31 a	33,90 a	37,43 a	47,80 a	50,20 a	57,91 a	63,25 a	66,25 a
Media (%)	26,55	27,73	30,24	32,23	40,75	45,79	51,56	57,68	63,38
CV (%)	2,41	3,27	3,66	2,83	3,89	2,62	2,76	3,98	1,64

Médias seguidas por letras diferentes, nas mesmas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Podem ser verificados na Tabela 6 os parâmetros cinéticos da degradabilidade ruminal da MS do capim-mombaça aditivado com FA. Observou-se menor fração indigestível (FI) e refletiu maior degradabilidade potencial (DP) com adição de 10% e 15% de FA.

TABELA 6 – Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) nas taxas de passagem de 2%; 5% e 8% por hora da matéria seca da silagem de capim-mombaça aditivada com níveis de farelo de algodão.

Farelo de algodão (%)	a	b	c	FI	DP	DE		
						2% h ⁻¹	5% h ⁻¹	8% h ⁻¹
0 ¹	18,50 b	49,87 ab	0,0196 b	24,87	60,52	43,06 c	32,48 c	28,27 c
10 ²	24,15 a	57,62 a	0,0115 c	14,16	64,67	44,80 b	34,72 b	31,26 b
15 ³	23,90 a	52,70 ab	0,0150 bc	17,98	63,36	46,10 b	35,84 b	32,07 b
20 ⁴	24,66 a	45,46 b	0,0266 a	23,71	60,80	50,36 a	40,22 a	35,79 a

¹:f(tempo)=18,50+49,87*(1-exp(-0,0196*tempo))

²:f(tempo)=24,15+57,62*(1-exp(-0,0115*tempo))

³:f(tempo)=23,90+52,70*(1-exp(-0,0150*tempo))

⁴:f(tempo)=24,66+45,46*(1-exp(-0,0266*tempo))

Estes teores foram inferiores que aos relatados por Prado³⁹, quando avaliaram a degradabilidade do capim-mombaça sem aditivos, certamente pelos elevados teores médios de FDN referido na composição químico bromatológica. Assim mesmo avaliando forragens de diversos cultivares de *Panicum maximum*, sem inclusão, observaram teores superiores aos encontrados nesta pesquisa⁴⁰.

Os teores de degradabilidade potencial (DP) verificados foram menores que aos aferidos por Bonelli⁴¹, que foram de 72,84% para a silagem do *Panicum maximum* colhidos aos 65 dias, e de 76,25% para a silagem do *P. maximum*, aditivada com 10% de farelo de trigo. As menores DPs, encontradas nesta pesquisa em relação aos de Bonelli et al⁴¹, se devem aos menores frações “a” verificados conforme a Tabela 6, respectivamente, enquanto no estudo por Bonelli⁴¹, estas frações foram acima de 25,46, já o nível de inclusão de 20% demonstrou superior aos demais tratamentos conforme na Tabela 6.

Em relação à digestibilidade efetiva podemos perceber que o aumento dos níveis de inclusão influenciou positivamente nos valores da degradabilidade efetiva (DE), entretanto quando aumentamos o valor da taxa de passagem existe uma diminuição na degradabilidade efetiva. Isso ocorre devido à permanência do material no rumem ser menor, dificultando assim a adesão dos microrganismos ao alimento; dessa forma, quanto menor a taxa de passagem maior a DE.

Como se observa conforme na Tabela 7, o desaparecimento da PB do capim-mombaça aditivado com níveis de FA, para todos os níveis de inclusão, teve aumento com o decorrer do tempo de incubação. Onde se observa uma diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$), e é justificável pela maior quantidade de proteína disponível na silagem com adição nos níveis de 10, 15 e 20% da MS original.

Dentre dos níveis de inclusão do FA, o de 20% apresentou melhores teores superiores de degradabilidade em todos os tempos de incubação, seguido pela inclusão de 15% e 10%; nos tempos iniciais de 6, 9 e 12 horas, são importantes para quantificar, principalmente, a degradação da proteína no rúmen, pois Miranda et al⁴², sugeriram que as proteínas e aminoácidos não degradados no rúmen têm digestibilidade intestinal variável.

No final de 96 horas, o tratamento sem adição de FA apresentou 73,19% de desaparecimento ($P < 0,05$), sendo inferior aos demais, que apresentaram teores médios de 77,61% para o nível 10 %; 84,04% para o nível 15% e 86,68 % para o nível 20% ($P < 0,05$). O FA tem proteína de alta degradabilidade pois às 24 horas de incubação no tratamento 20 % o desaparecimento foi de 74,57 %.

TABELA 7- Tempos de desaparecimento da proteína bruta (PB)

Farelo de algodão (%)	Tempo de degradação da PB (h)								
	0	6	9	12	24	36	48	72	96
0	30,07 d	32,12 d	38,18 d	49,96 c	55,39 c	59,66 c	63,83 c	68,60 c	73,19 c
10	38,67 c	39,84 c	47,53 c	51,61 c	56,95 c	61,63 c	67,50 c	71,99 c	77,61 b
15	50,43 b	51,72 b	52,50 b	58,28 b	65,22 b	72,84 b	75,42 b	79,25 b	84,04 a
20	59,02 a	60,50 a	63,85 a	67,33 a	74,57 a	78,12 a	84,00 a	88,21 a	86,68 a
Média (%)	44,54	46,04	50,51	56,79	63,03	68,06	72,68	77,01	80,38
CV (%)	2,25	2,66	1,69	2	1,94	2,3	2,4	3,62	2,06

Médias seguidas por letras diferentes, nas mesmas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A silagem do capim-mombaça sem aditivo relatou maior fração insolúvel potencialmente degradável (b), ainda assim apresentou, também, uma baixa fração imediatamente solúvel (a), e no final deu como resultado uma menor degradabilidade efetiva da proteína bruta conforme como se observa na Tabela 8.

Na inclusão de 15% e 20 % do FA apresentaram maior degradabilidade potencial, no entanto, maior degradabilidade efetiva nas taxas de 2%, 5%, e 8% que o tratamento com inclusão de 10%. Sendo estatisticamente significativo ($P < 0,05$), foi obtido 76,69 com 20% de inclusão de FA. Segundo Martins⁴⁴ avaliando a degradabilidade efetiva da PB de silagem de milho e de sorgo, observaram valores de 74,40% respectivamente os quais foram ligeiramente semelhantes ao observado com o nível de inclusão de 20 %, já Valadares Filho⁴³ encontraram teores superiores para a fração “a” do FA (50,65%).

TABELA 8 – Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) nas taxas de passagem de 2%; 5% e 8% por hora da proteína bruta da silagem de capim-mombaça aditivada com níveis de farelo de algodão.

Farelo de algodão (%)	a	b	c	FI	DP	DE		
						2% h ⁻¹	5% h ⁻¹	8% h ⁻¹
0 ¹	23,61 d	47,84 a	0,0454 a	28,54 a	71,45 c	56,64 d	46,24 d	40,84 d
10 ²	37,28 c	43,35 ab	0,0252 c	19,36 b	80,63 b	61,26 c	51,69 c	47,58 c
15 ³	44,35 b	40,79 b	0,0308 bc	14,84 bc	85,15 a	69,08 b	59,89 b	55,69 b
20 ⁴	53,61 a	35,27 c	0,0379 ab	11,04 c	88,95 a	76,69 a	68,83 a	64,98 a

¹: $f(\text{tempo}) = 23,61 + 47,84 * (1 - \exp(-0,0454 * \text{tempo}))$

²: $f(\text{tempo}) = 37,28 + 43,35 * (1 - \exp(-0,0252 * \text{tempo}))$

³: $f(\text{tempo}) = 44,35 + 40,79 * (1 - \exp(-0,0308 * \text{tempo}))$

⁴: $f(\text{tempo}) = 53,61 + 35,27 * (1 - \exp(-0,0379 * \text{tempo}))$

A degradabilidade está diretamente relacionada com a taxa de passagem do conteúdo ruminal, pois existe a necessidade de se avaliar nas proporções de 2%, 5% e 8% h. Segundo estudos por Prado³⁹ encontraram teores semelhantes desta pesquisa, em relação à degradabilidade efetiva, quando analisou o capim-mombaça sem inclusão, sendo 63,4%, na taxa 2%; 53,1% na taxa 5% e 49,2% na taxa 8%h⁻¹, sugerindo que as inclusões do farelo de algodão manteve a semelhança na degradabilidade citada pelo autor. Já na degradabilidade

potencial apresentou maior teor de 88,95 com adição 20% de FA⁴⁵, ao avaliarem a degradação ruminal de silagem de capim com adição de farelo de batata diversa, observaram teores de degradação potencial da proteína bruta (PB) de 74,57% no nível 15% de inclusão do farelo sendo superior ao obtido no maior nível de inclusão do FA.

Conforme aos estudos aferidos por Beran⁴⁶, as exigências em proteína dos animais ruminantes são atendidas, tanto pela proteína dietética, quanto pela proteína endógena e microbiana que escapam da fermentação ruminal, sendo que a de origem microbiana apresenta perfil ideal de aminoácidos, que é relativamente constante, independentemente da dieta fornecida.

Sabe-se que a digestão da fibra é afetada pelo teor de proteína das dietas, principalmente aquelas compostas de forragem de baixa qualidade. A deficiência de proteína na dieta limitaria a atividade ruminal afetando a ingestão e a digestibilidade dos nutrientes, visto que as exigências de proteínas pelos ruminantes são atendidas pelos aminoácidos provenientes da proteína microbiana e da proteína dietética não degradada no rúmen. Portanto, o fornecimento de fonte de proteína de alta degradabilidade ruminal é fundamental para o crescimento dos microrganismos pois, juntamente com a energia fermentável no rúmen, se define a eficiência de síntese microbiana. A utilização de fontes de baixa degradabilidade ruminal visa ao atendimento das exigências de proteína metabolizável⁴⁷.

Diante desta realidade, cumpre destacar que os teores de PB observados na silagem colhidas estão acima do valor mínimo de 7% (Tabela 4) preconizado por Minson⁴⁸, ocorrendo suprimento adequado de N para os microrganismos ruminais, garantindo a manutenção dos animais.

Em relação aos teores de desaparecimento da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) da silagem de capim-mombaça com níveis de inclusão de FA, os dados estão apresentados na Tabela 9, onde houve diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$), tendo predominância o nível 20% em todos os tempos de incubação.

TABELA 9- Tempos de desaparecimento da fibra em detergente neutro (FDN)

Farelo de algodão (%)	Tempo de degradação da FDN (h)								
	0	6	9	12	24	36	48	72	96
0	6,10 b	7,02 b	10,74 b	16,08 b	19,25 b	26,11 b	29,26 b	35,02 b	42,82 b
10	6,93 b	7,77 b	12,21 b	15,20 b	20,41 b	27,68 b	32,24 b	38,33 b	44,89 b
15	7,44 b	8,04 b	11,28 b	14,98 b	20,08 b	30,06 b	32,82 b	37,76 b	47,74 b
20	8,31 a	9,11 a	14,40 a	19,25 a	25,11 a	33,42 a	41,13 a	48,52 a	53,90 a
Média (%)	7,19	7,98	12,15	16,377	21,21	29,31	33,86	36,03	47,08
CV (%)	15	11,91	11,71	11,95	7,59	7,34	9,63	4,35	4,03

Médias seguidas por letras diferentes, nas mesmas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na fibra insolúvel em detergente neutro, o nível 20% se destacou com maior degradação, estabilizando-se a partir das 24 horas de incubação, com taxa de desaparecimento ruminal de aproximadamente 25,11%. Na análise estatística, os níveis 0%, 10% e 15% apresentaram valores não significativos, entretanto ambos os tratamentos estabilizaram o desaparecimento da fibra insolúvel em detergente neutro a partir das 24 horas de incubação ruminal, com taxas de degradação entre 19,25%, 20,41%, e 20,08% (Tabela 9). Para Mertens³⁹, o enchimento ruminal é um fator limitante de consumo, pois quanto maior for a ingestão de FDN, menor será a taxa de passagem do alimento. O consumo de alimento está correlacionado negativamente com a FDN, ou seja, quanto menos degradável, mais tempo permanecerá a forragem no rúmen, e conseqüentemente, mais o enchimento limitará a ingestão.

Obteve-se que, com o aumento nos tempos de incubação da silagem de capim-mombaça, as porcentagens de desaparecimento da FDN dos tratamentos em pesquisa, aumentaram de 0 até as 96 horas, todavia outro fator a ser verificado é que quando existe um aumento no nível de inclusão de FA na silagem de capim-mombaça, a taxa de desaparecimento inicial é maior.

Após 96 horas de incubação, o desaparecimento da fibra em detergente neutro foi maior ($P < 0,05$) para a silagem com inclusão de 20% do FA, com 53,90%. Para a inclusão de 15% de FA, o desaparecimento foi de 47,74%, sendo valor superior ao tratamento controle com 42,82%, e próximo ao da silagem com 10% de FA com 44,89%.

Estão apresentados os parâmetros da degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro da silagem de capim-mombaça na Tabela 10

TABELA 10 – Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) nas taxas de passagem de 2%; 5% e 8% por hora da fibra em detergente neutro (FDN), da silagem de capim-mombaça aditivada com níveis de farelo de algodão.

Farelo de algodão (%)	a	b	c	FI	DP	DE		
						2% h ⁻¹	5% h ⁻¹	8% h ⁻¹
0 ¹	4,4985	47,81	0,0185	47,68	52,31	25,26 c	16,06 b	12,54 b
10 ²	4,4052	50,47	0,0175	45,12	54,87	27,27 b	17,09 b	13,19 b
15 ³	4,0966	59,32	0,0165	36,58	63,41	28,10 b	17,18 b	12,63 b
20 ⁴	4,2354	59,50	0,0163	36,58	63,73	33,42 a	20,91 a	15,92 a

$$^1:f(\text{tempo})=4,4985+47,81*(1-\exp(-0,018*\text{tempo}))$$

$$^2:f(\text{tempo})=4,4052+50,47*(1-\exp(-0,0175*\text{tempo}))$$

$$^3:f(\text{tempo})=4,0966+59,32*(1-\exp(-0,0165*\text{tempo}))$$

$$^4:f(\text{tempo})=4,2354+59,50*(1-\exp(-0,0199*\text{tempo}))$$

A fração “a” é definida como solúvel, portanto a fração fibrosa (FDN) deveria apresentar valor próximo de zero. Embora o valor da fração “a” da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) estimada pelo modelo tenha sido reduzida, não foi igual a zero. Isso provavelmente ocorreu devido às perdas de partículas diminutas decorrentes da lavagem dos sacos no tempo “zero”¹⁴, o que afeta a estimativa do modelo.

Os teores da degradabilidade efetiva da fibra insolúvel em detergente neutro, na taxa de passagem de 2%, 5% e 8%, para a silagem de capim-mombaça sem inclusão do FA verificado, foram inferiores ao farelo de trigo observado por Bonelli⁴¹ que foram de 36,36% e 22,40% e 15,81% respectivamente para a silagem do *Panicum maximum* colhido aos 65 dias. Com a inclusão de 10%, verificaram a degradabilidade efetiva, nas taxas de passagem de 2%, 5% e 8%, de 39,88; 24,77 e 17,77%.

Ambas as pesquisas, neste e de acordo com Bonelli⁴¹, definem que a inclusão dos farelos tanto de algodão como de trigo, exercem pouco efeito sobre a degradabilidade da FDN. Porém os maiores benefícios da inclusão do FA reside na redução dos teores de FDN, e não em sua degradabilidade. Entretanto também, foi observado na taxa de degradação da fração potencialmente degradável “c” da FDN, que diminuiu à medida que foi aumentando a inclusão dos tratamentos do FA. Obteve-se teor menor de 0,0163 %/h no nível de inclusão de 20% do FA.

De acordo com estudos feitos por Chesson⁴⁹, estas variações na fração “c” é devido à preferência das bactérias ruminais por diferentes tipos de tecidos vegetais. Tornando esta afirmação coerente com o fato de que maiores níveis de inclusão podem favorecer ou não a população microbiana no rúmen, sendo responsável pela degradação de carboidratos não estruturais predominantes nas silagens⁵⁰. Por tanto as maiores degradabilidade potencial e efetiva da FDN ocorreram com a inclusão de 20% do FA da silagem de capim-mombaça

Em relação à degradabilidade da FDA da silagem de capim-mombaça com níveis de inclusão do FA, os dados estão apresentados pela Tabela 11, onde não houve diferença significativa ($P>0,05$), nos tempos entre 0, 6, 9 e 12 horas de degradação. Entre os tempos de 24, 36, 48, 72 e 96 horas de incubação houve diferença significativa entre o tratamento controle e os demais com inclusão do farelo de algodão.

TABELA 11- Tempos de desaparecimento da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA)

Farelo de algodão (%)	Tempo de degradação da FDA (h)								
	0	6	9	12	24	36	48	72	96
0	9,34 a	9,85 a	14,29 a	17,72 a	18,49 b	26,38 b	32,09 b	37,64 b	44,18 b
10	9,80 a	9,58 a	13,11 a	18,08 a	24,14 a	31,35 a	34,23 ab	36,15 b	45,88 b
15	9,96 a	10,29 a	13,94 a	16,93 a	19,65 b	26,81 b	33,07 ab	38,01 b	46,48 b
20	9,10 a	10,94 a	14,92 a	17,72 a	22,41ab	26,81 b	35,76 a	43,96 a	48,26 a
Média (%)	9,55	10,16	14,06	17,61	21,17	27,83	33,78	38,94	46,2
CV (%)	11	9,89	12,56	9,62	9,28	7,29	4,52	5,52	3,06

Médias seguidas por letras diferentes, nas mesmas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De maneira semelhante à degradabilidade da FDN, o desaparecimento ruminal da FDA da silagem de capim-mombaça com inclusão do FA foi menor. No maior tempo de incubação ruminal, 96 horas, os tratamentos 0%, 10%, e 15% de inclusão de FA apresentaram

degradabilidade semelhante, 44,18%, 45,88%, 46,48% respectivamente, enquanto o tratamento 20% apresentou o valor de 48,26%. Embora os níveis de inclusão de FA tenham apresentado as menores taxas de degradabilidade da FDA como também da FDN (53,9%), no maior tempo de incubação, esses valores são considerados satisfatórios, pois, de todos os nutrientes necessários para a manutenção, o crescimento e a produção de bovinos, a energia oriunda da degradação ruminal dos carboidratos estruturais (fibrosos) constitui a principal contribuição dos alimentos⁵¹.

Alimentos produzidos sob condições tropicais apresentam composição nutricional diferente dos alimentos obtidos em regiões de clima temperado⁵². A degradação da FDA está intimamente ligada à digestibilidade dos alimentos e, portanto, o seu aproveitamento ou a sua degradação será maior ou menor de acordo com sua composição, já que a lignina presente na fibra insolúvel em detergente ácido não é aproveitada⁵³.

Quanto à fração solúvel em água da FDA como também da FDN (Tabela 12) os valores aproximaram-se de zero. Na avaliação da degradabilidade ruminal da silagem de sorgo, de acordo com Molina¹¹ relataram valores de 23 e 21,1% para a fração solúvel em água da FDN e FDA, respectivamente. Estes teores médios são considerados altos e são superiores.

TABELA 12 – Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) nas taxas de passagem de 2%; 5% e 8% por hora da fibra em detergente ácido (FDA) da silagem de capim-mombaça aditivada com níveis de farelo de algodão.

Farelo de algodão (%)	a	b	c	FI	DP	DE		
						2% h ⁻¹	5% h ⁻¹	8% h ⁻¹
0 ¹	6,77 a	51,27 b	0,0146 a	41,95 a	58,04 b	26,97 b	17,57 a	14,16 a
10 ²	4,77 a	44,16 b	0,0234 a	51,05 a	48,94 b	28,18 b	18,59 a	14,58 a
15 ³	7,84 a	68,54 a	0,0102 a	23,61 b	76,38 a	28,56 b	18,20 a	14,77 a
20 ⁴	6,48 a	44,16 b	0,0146 a	29,94 b	70,05 a	31,35 a	19,90 a	15,71 a

¹:f(tempo)=6,77+51,27*(1-exp(-0,0146*tempo))

²:f(tempo)=4,77+44,16*(1-exp(-0,0234*tempo))

³:f(tempo)=7,84+68,54*(1-exp(-0,0102*tempo))

⁴:f(tempo)=6,48+44,16*(1-exp(-0,0146*tempo))

Quanto ao coeficiente “b” da FDA, o maior teor médio encontrado foi no tratamento 15% de nível de inclusão, apresentando mais de 60% de fração potencialmente degradável. Por sua vez, os tratamentos 0%, 10% e 20% apresentaram teores intermediários variando de 44% a 51%. Assim, apesar de possuir um potencial menor de degradação, os níveis de inclusão apresentam uma excelente taxa de degradabilidade da fração “b”.

Para a degradabilidade potencial, os valores observados na Tabela 12 sugerem maior potencial para o tratamento 15% e 20% de nível de inclusão. Os tratamentos apresentaram doze unidades percentuais a mais que os tratamentos 0% e 10% de inclusão de FA, indicando, portanto, maior potencial de degradação da fibra insolúvel em detergente ácido. Como a FDA é composta basicamente de celulose e lignina, esses resultados permitem inferir que houve maior degradação da celulose nos tratamentos 15% e 20% de FA. Segundo Ítavo⁵¹, os nutrientes necessários às exigências nutricionais para manutenção, crescimento e/ou produção de bovinos, a energia oriunda da degradação ruminal de celulose e hemicelulose constitui a principal contribuição dos alimentos.

A degradabilidade efetiva da FDA com taxa de passagem de 2%, diferiu entre os tratamentos com uma média de 37% ($P < 0,05$), mas quando a taxa de passagem foi aumentada para 5% e 8% não houve efeito significativo ($P > 0,05$) entre os tratamentos, com o teor maior sendo registrado para o tratamento 20% (19,90 ; 15,71%) respectivamente. A degradabilidade efetiva (5%) da FDA com média de 18,57% apresentou-se abaixo dos valores reportados na literatura (27,6%) quando trabalhou com 5 capins do gênero *Panicum maximum* sem inclusão⁴⁰.

Pelo comportamento dos tempos de desaparecimento, percebe-se uma tendência de maiores desaparecimentos da FDA para o capim-mombaça com inclusão do FA; entretanto, o tempo de incubação de 96 horas não foi suficiente para se estimar a fração insolúvel das forrageiras em estudo, visto que nenhuma destes tratamentos atingiu o ponto assintótico, necessitando, portanto, de um tempo superior para que esta fração insolúvel seja determinada. Segundo estudos por Wilkins⁵⁴, o aumento de parede celular restringe o ataque das enzimas digestivas e, conseqüentemente, diminui a digestibilidade da fibra e aumenta o tempo de retenção dos sólidos no rúmen.

Ao examinar o comportamento da degradabilidade da MS ,PB, FDN e da FDA em função do tempo de incubação (Tabelas 5, 7, 9 e 11), observa-se que o tratamento 20% apresentou um valor superior, seguido pelo tratamento 15%, que, por sua vez, foi superior ao tratamento 10% e ao tratamento 0% sem inclusão, que apresentaram comportamento semelhante. Esses comportamentos provavelmente ocorreram em função da melhor qualidade apresentada pelo capim-mombaça com nível de inclusão.

4. Conclusões

A inclusão do farelo de algodão avaliado, promoveu uma melhor composição bromatológica, com aumentos lineares nos teores de MS, PB e reduções lineares nos teores de FDN e FDA.

Os melhores resultados de desaparecimento e da cinética da degradabilidade foram encontrados quando o nível de inclusão de FA foi de 20%.

5. REFERÊNCIAS

1. Abrahão JJS. Valor nutritivo de plantas forrageiras. In: Monteiro ALG. Forragicultura no Paraná. Londrina: Iapar, 1996. p.93-108.
2. Oliveira ER, Monção FP, Moura LV, Gabriel AMA, Góes RHTB, Lempp B, Nascimento FA. Valor nutricional de silagem de capim-mombaça com aditivos agroindustriais. Semina: Sci. Agr. 2014;35(3):1543-1556.
3. Mesquita EE, Neres MA. Mophogenesis and chemical composition of *Panicum maximum* cultivars in function of nitrogen fertilization. R. Bras. Saúde Prod. Anim. 2008;9(2):201-9. Português.
4. Jobim CC, Nussio LG, Reis RA, Schmidt P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. R Bras Zootec. 2007; 36 (supl esp):101-19. Português.
5. Guimarães Junior R, Gonçalves LC, Rodrigues JAS. Utilização do milheto para produção de silagem. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados, 2009. 30 p.
6. Oliveira JS, Santos EM, Zanine AM, Mantovani HC, Pereira OG, Rosa LO. Populações microbianas e composição química de silagem de capim-mombaça inoculado com *Streptococcus bovis* isolado de rúmen. Arch. of Veterinary Sci. 2007;12(2):35-40.
7. National Research Council. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, Cervids, and New World camelids. Washington: National Academic Press, 2007. 362p.
8. Valadares Filho SC, Paulino PVR, Magalhães KA. Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-corte. 1. ed., Editora Suprema, Viçosa: UFV, DZO, 2010. 142p.
9. Kandylis K, Nikokyrus PN, Deligian-Nis K. Performance of Growing.Fattening Lambs Fed diets containing different proportions of cotton seed meal. Journal of the Science of Food and Agriculture, Malden, v. 79, p.1613-1319, 1999.
10. Rogers GM, Poore MH, Paschal JC. Feeding cotton products to cattle. Veterinary Clinics of North América: Food Animal Practice, Philadelphia, v. 18, p. 267-294, 2012.

11. Molina LR, Gonçalves LC, Rodriguez, NM. Degradabilidade in situ das frações fibrosas de silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor L Moench*) em diferentes estádios de maturação. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 54, n. 2, p. 169-179, 2002.
12. Molina LR. Degradabilidade in situ da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*), com e sem tanino no grão, ensilados no estágio de grão farináceo. Brazilian Journal of Veterinary Research and Anim. Sci. v39, n.5, p.233-237, 2002.
13. Ruggieri AC. Efeito do emurchecimento e da adição de fubá na degradabilidade in situ da silagem de alfalfa (*Medicago sativa L*). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 53, n.1, p.94-99, 2010.
14. Huntington JA, Givens DI. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. Nutrition Abstracts and Review (Serie B), v.65, n. 2, p. 63-93, 1995.
15. Nocek JE. In situ and others methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. Journal Dairy Science, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.
16. Goes R, HTB et al. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta, de alimentos concentrados utilizados como suplementos para novilhos. Ciência e Agrotecnologia, v. 28, n. 1, p. 167-173, 2004.
17. Koeppen W. Climatologia: Con um estudo de los climas de la tierra. México: Fondo e Cultura Económica, 1948. 478 p.
18. Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2 ed. Rio de Janeiro-RJ, 2006.
19. Vilela L, Martha Júnior GB, Sousa DMG. Adubação potássica e com micronutrientes. In: Martha Júnior GB, Vilela L, Sousa DMG, editores. Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados, 2007. p.179-87.
20. Martha Júnior GB, Vilela L, Sousa DMG. Adubação nitrogenada. In: Martha Júnior GB, Vilela L, Sousa DMG, editores. Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados, 2007. p.117-44.
21. Pereira Filho IA, Coelho AM, Casela CR, Karam D, Rodrigues JAS, Cruz JC, Waquil JM. Manejo da Cultura do Milheto. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 17p.

22. R, Core Team RA. Language and Environment for Statistical Computing, R 2.15.1, Foundation for Statistical Computing, 2012.
23. Detmann E. Métodos para análises de alimentos. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema; 2012 214p.
24. Vanzant ES, Cochran RC, Titgemeyer EC. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. Journal Animal Science. 1998; 76: 2717-2729.
25. Ørskov ER, McDonald, J. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in Degradabilidade in situ de silagens de milho em ovinos weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science, 1979;92 (2) :499-503.
26. National Research Council-NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, D.C.: National Academic Press, 2001. 381p.
27. Sampaio IB. Estatística aplicada a experimentação animal 3. ed. – reimpressão – Belo Horizonte: Ed. Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia da UFMG, 2010 p. 152 – 167.
28. Lopes FCF, Paciullo DSC, Mota EF, Pereira JC, Azambuja AA, Motta ACS, Rodrigues GS, Duque ACA. Composição química e digestibilidade ruminal in situ da forragem de quatro espécies do gênero *Brachiaria* Arquivos. Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2010;62(4):883-888.
29. Keim JP, Valderrama X, Alomar D, López IF. In situ rumen degradation kinetics as affected by type of pasture and date of harvest, Sci. Agri.2013;70 (6):405-414.
30. Zanine AM, Santos EM, Ferreira DJ, Oliveira JS. Almeida JCC, Pereira OG. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. Archivos de Zootecnia, Córdoba. 2006;55(209):75-84.
31. Andrade PA, Quadros, DG, Bezerra ARG, Almeida JAR, Silva PHS, Araújo JAM. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. Semina: Sci. Agr. 2012; 33(3):1209-1218.
32. Igarasi MS. Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença de inoculante bacteriano [Mestrado] Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo; 2002.

33. Ávila CLS, Pinto JC, Evangelista AR, Moraes AR, Figueiredo HCP, Pereira OG, Schwan RF. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*, R. Bras. Zootec. 2009;38(5):779-787.
34. Sampaio CB, Detmann E, Lazzarini I, Souza MAD, Paulino MF, Valadares filho SDC. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. Revista Brasileira Zootecnia, Viçosa, v. 38, n.3, p. 560-569, 2009.
35. Lazzarini I. Consumo, digestibilidade e dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. 2007. 52 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
36. Resende FD. Efeito do nível de fibra em detergente neutro da ração sobre a ingestão alimentar de bovídeos de diferentes grupos raciais, em regime de confinamento. [Dissertação] Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 2004.
37. Jung HG, Allen MS. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. Journal of Animal Science, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2774, 1995.
38. Mertens DR. Regulation of Forage Intake. In: Fahey GC, Collins JM, Mertens DR, Moser LE. Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. 1994;11:450 – 493.
39. Prado IN, Moreira FB, Zeoula LM, Wada FY, Mizubuti IY, Neve CA. Degradabilidade In Situ da Matéria Seca, Proteína Bruta e Fibra em Detergente Neutro de Algumas Gramíneas sob Pastejo Contínuo. R. Bras. Zootec., 2004;33(5):1332-1339.
40. Pedreira CGS, Pedreira BC, Bittar CMM, Faustino MG, Santos VP, Ferreira LS, Lara, MAS. Produtividade e degradabilidade ruminal da forragem de capins da espécie *Panicum maximum*. Nativa, Sinop, 2014;2(3):143-148.
41. Bonelli EA, Zanine AM, Souza AL, Ferreira DJ, Alves GR. Ruminal degradability of Guinea grass silage inoculated with (*Streptococcus bovis*) isolated from bovine rumen combined or not with wheat bran. Agr. Sci. 2013;4(12):628-34.
42. Miranda LF, Rodriguez NM, Pereira ES, Queiroz AC, Sainz RD, Pimentel PG, Gontijo Neto MM. Chemical composition and ruminal degradation kinetics of crude protein and amino acids, and intestinal digestibility of amino acids from tropical forages. Revista Brasileira de Zootecnia 2012;41(3):717-725.

43. Valadares Filho SC et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. Rev. Bras. Zootec., Viçosa, v. 19, n. 6, p. 512-522, 1990.
44. Martins A de S, Zeoula LM, Prado IN, Martins EN, Loyola VR. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. Revista Brasileira de Zootecnia Viçosa, MG, v.28,n.5,p. 1109-1117,1999.
45. Rezende VM, Paiva PC, Barcelos AF. Degradabilidade ruminal das silagens de capim-napier produzidas com diferentes níveis de farelo de “Batata diversa”. Ciência e Agrotecnologia. Lavras. V.31.n.2.p.485-491. 2007.
46. Beran FHB, Silva LDF, Ribeiro ELA, Castro VS; Correa RA, Kagueyama EO, Rocha MA, Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. Semina: Ciências Agrárias, 2005; 26 (3):405-418.
47. Branco AF. Fontes de proteína, ingestão de alimentos e fluxo esplâncnico de nutrientes em ovinos. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa,v.33, n.2, p.444-452, 2004.
48. Minson DJ. Forrage in ruminat nutrition. San Diego: Academic Press,1990.
49. Chesson A, Gordon AH, Lomax JA. Methylation analysis of mesophyll, epidermis and fibre cells-walls isolated from the leaves of perennial and Italian rygrass. Carbohydrate Research. 1985; 141(01):137-147p.
50. Resende FD, Queiroz AC, Fontes CAA, Pereira JC, Rodriguez RR, Jorge AM, Barros JMS. Raáies com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovinos em confinamento. R. bras. de Zootec, Viçosa. 1994, 23(3):366-376 p.
51. Ítavo LCV, Valadares Filho SC, Silva FF, Valadares RFD, Cecon PR, Ítavo CCBF, Moraes EHBK, Paulino PVR. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. R. Bras. de Zootec, v.31, p.1024-1032, 2002.
52. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press New York, 1994. 476 p.2. ed. Corvallis: O’ B Books, 1987. 373p.
53. Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos 3a ed. Viçosa (MG): UFV, 2006. 235p.
54. Wilkins RJ. The potencial digestibility of cellulose in forage and faeces. Journal of Agricultural Science, Champaign,v.73, n.1, p.57-64, 1969.

CAPÍTULO III

PERFÍL FERMENTATIVO DA SILAGEM DO CAPIM MOMBAÇA COM INCLUSÃO DE FARELO DE ALGODÃO

RESUMO

Objetivou-se avaliar a utilização do farelo de algodão como aditivo em quatro níveis de inclusão (0%, 10%, 15% e 20%), sobre as perdas por gases, perdas por efluentes, recuperação de matéria seca, potencial hidrogeniônico, acidez titulável e os ácidos graxos voláteis de silagens do capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). Utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As perdas por gases, efluentes e recuperação de matéria seca, foram calculadas pelas equações de Santos (2008), o cálculo do potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável foi realizado por Silva e Queiroz (2006), o teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi determinado por Mizubuti (2009), as análises de ácidos graxos: (ácido láctico, acético, propiônico e butírico), foram realizadas em Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), e os teores de carboidratos solúveis (CHOs) foram determinados conforme Campos (2004). O maior nível de inclusão do FA 20%, foi registrada como menores perdas por gases e efluentes, porem a recuperação de matéria seca não diferiu estatisticamente ($P>0,05$) com a inclusão do FA na ensilagem, variando de 84,17% a 86,31%. Os teores de Nitrogênio amoniacal foram elevados com a inclusão do FA, mas ficaram dentro dos parâmetros aceitáveis. Os teores de pH encontrados variaram de 4,88 a 5,17, havendo diferença significativa, tendo em destaque o 0% que apresentou um pH ácido. Aumentou também, os ácidos: láctico, acético, propiônico e butírico. Os teores de CHOs não diferiram ($P>0,05$) em função dos níveis de inclusão de FA até 15%, variando de 4,62% (0%) no tratamento controle, até 5,66% (15%) sendo que o nível de inclusão de 20% foi estatisticamente significativo ($P<0,05$) cujo teor médio foi de 8,90. A inclusão do FA na silagem de capim-mombaça resultou em uma silagem de boa qualidade com menores perdas por gases e efluentes, afirmando o efeito absorvente de umidade do farelo de algodão.

Palavras-chave: ácidos graxos voláteis, aditivos, ensilagem, recuperação de matéria seca.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the use of cottonseed meal as an additive in four inclusion levels (0%, 10%, 15% and 20%) on gas losses, losses due to waste, dry matter recovery, hydrogenionic potential, titratable acidity and volatile fatty acids mombasa silages (*Panicum maximum* cv. Mombasa). The design was used completely randomized, with four treatments and four replications, data were submitted to variance analysis and means compared by Tukey test at 5% probability. The losses by gases, effluents and recovery of dry matter were calculated by equations of Santos (2008), the calculation of hydrogenic potential (pH), and titratable acidity was done by Silva and Queiroz (2006), the average content of ammonia nitrogen (NH₃), was determined by Mizubuti (2009); Fatty acid analysis of: (lactic, acetic, propionic and butyric acid), were held in High Performance Liquid Chromatograph (HPLC), and soluble carbohydrate content (CHOs), were determined as Campos (2004). The highest level of inclusion of CM 20%, was recorded as lower losses by gases and effluent, but the recovery of dry matter was not statistically different ($P>0.05$) with the inclusion of CM in silage, ranging from 84.17% to 86.31%. The ammonia nitrogen levels were elevated with the addition of CM, but were within acceptable parameters. The pH levels found ranged from 4.88 to 5.17, with a significant difference, and highlighted the 0% that showed an acid pH. Also increased, the acid: lactic, acetic, propionic and butyric. The CHOs levels did not differ ($P>0.05$), on the basis of CM inclusion levels up to 15%, ranging from 4.62% (0%), in the control treatment, up to 5.66% (15%) and to 20% inclusion level was statistically significant ($P<0.05$), with an average content was 8.90. The inclusion of CM in silage mombasa resulted in a good quality silage with lower losses and waste gases, saying the absorbent effect of moisture in the cottonseed meal.

Keywords: Volatile fatty acids, additives, silage, dry matter recovery

1. INTRODUÇÃO

A produção de forragem nos trópicos, principalmente na região central do Brasil, é caracterizada por períodos de alta produção e qualidade superior e também por períodos de baixa produção e de qualidade inferior. Isto ocorre em função da diminuição da disponibilidade dos fatores climáticos, tais como: luz, temperatura e umidade¹.

A silagem é um produto originado de processo fermentativo que depende das condições do material ensilado, assim como das condições proporcionadas no interior do silo. De acordo com Mari², a conservação de forragem define como uma prática importante para suprir o déficit alimentar no período de escassez de forragem, seja em quantidade e em qualidade. Assim, a utilização de silagens como fonte de alimento para os animais no período da seca contribui com 10-25% dos alimentos destinados para ruminantes, em algumas partes do mundo, representando 2% dos alimentos suplementares, como média global³.

Este processo de conservação de forragens se baseia na conversão de carboidratos solúveis em ácidos graxos como butírico, propiônico, láctico e acético, e a produção de cada um deste está relacionada com a espécie e gênero de microrganismo que predomina durante todo o processo de fermentação⁴. Sendo, destes ácidos orgânicos, o láctico, mais eficiente em reduzir o pH do material conservado.

O capim (*Panicum maximum* cv. Mombaça) que possui um elevado potencial produtivo e bom valor nutricional, o que faz dele uma boa opção para ensilagem⁵. No entanto como a maioria das gramíneas forrageiras tropicais na época ideal, não apresentam adequados teores de matéria seca, carboidratos solúveis e valores de poder tampão que proporcionem eficiente processo fermentativo, levando a perdas decorrentes da fermentação secundária, do efluente produzido e de deteriorações aeróbicas, constituindo entraves na produção de silagens de gramíneas tropicais^{6,7}.

Neste contexto surge como alternativa a eficiência dos aditivos como fornecimento de carboidratos solúveis, favorecendo as bactérias que reduzem o pH da silagem e também pelo aumento do teor de matéria seca⁸. De acordo com Silva⁹, os farelos têm sido apontados como alternativa para melhorar o perfil fermentativo e o valor nutricional de silagens de algumas plantas forrageiras e elevar as chances de obter fermentação adequada.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o perfil fermentativo da silagem do capim-mombaça com inclusão do FA nos níveis 0%, 10%, 15% e 20%.

2. MATERIAL E METODOS

2.5. Caracterização da área

O experimento foi realizado na Fazenda AJR, no município de Goiás, GO, com as coordenadas geográficas em Latitude: -15° 56' 23,024"S, longitude: -50° 8' 29,159" W e altitude: 513 metros. Com dimensão de um hectare. Conforme a classificação de Koeppen¹⁰, o clima da região é do tipo Aw, tendo características quente e semiúmido, com duas estações bem definidas, a seca, dos meses de maio a outubro e as águas, entre novembro e abril. O ar é relativamente seco na maior parte do ano, com umidade relativa chegando a níveis críticos entre os meses de julho e setembro e ao extremo em agosto. A topografia do local é plana com declividade de 3,5% e predominância de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilo-arenosa¹¹.

2.6. Condições climáticas no período experimental

Os dados climatológicos durante o período de cultivo foi de 30 de dezembro de 2013 (semeadura) a 27 de fevereiro de 2014 (colheita e enchimento dos silos experimentais), foram coletados junto à Estação Meteorológica do 10º Distrito Meteorológico de Goiás - Instituto Nacional de Meteorologia, que fica localizada a sete quilômetros da área experimental, está apresentado na Tabela 1.

TABELA 1- Condições climáticas do local durante o período experimental

	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Máxima (°C)	35	28	34
Mínima (°C)	21	21	22
Umidade (%)	88	94	76
Precipitação Total (mm)	284	302	276
Insolação (h)	184	176	170

Fonte: Estação meteorológica do 10º Distrito Meteorológico de Goiás - INMET

2.7. Preparo do solo e implantação da cultura

Para a caracterização química e física da área experimental, foi realizada a coleta de amostra da terra na profundidade de zero a 0,20 m, para realização das análises físico-químicas, realizada pelo Laboratório Terra Análises Para Agropecuária Ltda. conforme o resultado na Tabela 2.

TABELA 2- Resultado da análise do solo da área experimental

Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	M. O. (%)	pH (CaCl ₂)	CTC (cmolc dm ⁻³)	V (%)
29	20	51	2,3	5	12,4	84,0
P (Mehl) (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmolc dm ⁻³)	Mg (cmolc dm ⁻³)	H + Al (cmolc dm ⁻³)	Al (cmolc dm ⁻³)	
1,0	200	7,5	2,4	2	0,0	

O preparo do solo foi o convencional com uso de duas gradagens no solo, uma com grade aradora e outra com grade niveladora antecedendo a semeadura. De acordo com os dados fornecidos pela análise de solo não foi necessária a calagem segundo recomendação por Vilela¹², a semeadura do capim-mombaça foi realizada manualmente a lanço, no dia 30 de dezembro de 2013, utilizando-se 1,6 kg de sementes puras e viáveis (SPV) de capim-mombaça da empresa Sementes Agrossol por hectare.

Foi realizada adubação fosfatada de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), além de 50 kg ha⁻¹ de micronutrientes (FTE BR-16) segundo recomendações por Martha júnior e Pereira et al ^{13,14}. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 100 kg de ureia após 15 dias da emergência das plantas e outra dose equivalente, aos 40 dias. Durante o período de cultivo foi feita uma aplicação de Clorantraniliprole (Ampligo® Syngenta) para controlar um pequeno acesso da Lagarta-militar (*Spodoptera frugiperda*).

2.8. Tratamentos

Os tratamentos foram: T-0: silagem de capim-mombaça sem inclusão; T-10: silagem de capim-mombaça com inclusão de 10% de farelo de algodão; T-15: silagem de capim-mombaça com inclusão de 15% de farelo de algodão; T-20: silagem de capim-mombaça com inclusão de 20% de farelo de algodão.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os dados foram analisados pelo software R¹⁵, e submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% e análise de regressão para os níveis de inclusão do farelo de algodão.

2.5. Colheita e ensilagem

O corte e ensilagem do capim-mombaça foi realizado no dia 27 de fevereiro de 2014, 60 dias após a emergência das plântulas. O corte foi realizado com roçadeira costal a 0,15 m, distante do solo e posteriormente picado em triturador forrageiro estacionário modelo TRF 80-Júnior em partículas de dois centímetros. As amostras foram homogeneizadas manualmente e deste material retirado uma amostra de aproximadamente, um quilograma da matéria original (MO), para fins das análises laboratorial e caracterização da planta.

A matéria original do capim-mombaça foi dividida em quatro partes iguais, sendo em seguida feita a inclusão dos diferentes níveis de farelo de algodão, de acordo com os tratamentos propostos.

Utilizou-se como silos experimentais “mini-silos” canos de PVC de 100 mm de diâmetro e com 0,70 m de comprimento (capacidade de 5,5 L), com tampas dotadas de válvula, tipo “Bunsen”, para escape dos gases produzidos durante o processo fermentativo, sem permitir, entretanto, a entrada de ar. No fundo de cada mini-silo foi colocado um kg de areia grossa, separado da forragem por duas camadas, uma de TNT e outra de tela mosquiteiro para coleta e mensuração das perdas por efluente. Antes da ensilagem foi feita a pesagem dos silos juntamente com a tampa, areia grossa e camadas. Foram ensiladas em média, 4,0 de forragem em cada mini-silo, que foi compactado com soquete de madeira e, em seguida foram vedados com lona própria para silos e selados com fita adesiva em seguida pesados.

2.6. Abertura dos mini-silos

No dia 03 de maio de 2014, os silos foram abertos, decorridos, 65 dias após a ensilagem. Inicialmente, os silos foram pesados para obtenção dos valores de perdas por gases por diferença, em relação à pesagem por ocasião da ensilagem. Posteriormente foi descartada a porção superior e a inferior de cada um dos silos. A porção central de cada mini-silo foi separada e homogeneizada em recipientes plásticos de onde foi retirada uma sub amostra, que foi colocada em copos descartáveis para a determinação do pH e acidez titulável. Outra sub-amostra, de aproximadamente 0,5 kg foi prensada em prensa hidráulica para retirada de: 50 ml de suco para análise de ácidos graxos voláteis (AGV), sendo as amostras conservadas em 10 ml de ácido fosfórico - 25%; 50 ml de suco para determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) conservado em um mililitro de ácido sulfúrico a 50%.

Uma terceira sub-amostra de cada mini-silo, de aproximadamente 2,0 kg foi colocada em sacos de papel e levada para estufa de ventilação forçada para realização das análises bromatológica. Após a retirada total da massa ensilada, tomou o cuidado de fazer as pesagens dos silos experimentais, ainda com o aparato e tampa, possibilitando assim, quantificar as perdas por efluentes e o cálculo do índice de recuperação de matéria seca (IRMS).

2.7. Variáveis Analisadas

Para o cálculo do potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável foram realizados pela metodologia conforme descrito por Silva e Queiroz¹⁶, após abertura dos silos, com um potenciômetro Beckman Expandomatic SS-2. A leitura do pH foi realizada com uma fração de 9 g de silagem fresca, diluída em 60 ml de água destilada, deixando assim em repouso por um intervalo de 30 minutos, com posterior leitura do pH com o uso de um peagâmetro. A mesma amostra foi feita para medir a acidez titulável utilizando a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, com agitações lentas e frequentes. Em seguida registrou-se o volume gasto do hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N para elevar a 7 o pH da solução.

Os teores médios do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foram determinados segundo a metodologia descrita por Mizubuti¹⁷, as amostras colhidas foram descongeladas e passaram pelo processo de destilação e titulação. As análises de ácidos orgânicos e graxos: ácido láctico (AL), ácido acético (AAc), ácido propiônico (AP) e ácido butírico (AB), foram realizadas através de Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), marca SHIMADZU®, modelo SPD-10A VP acoplado ao Detector Ultra Violeta (UV) utilizando-se comprimento de ondas de 210 nanômetros (nm), os teores de carboidratos solúveis foram determinados conforme Campos¹⁸.

Para os teores médios das perdas por gases, efluentes e do índice de recuperação de matéria seca foram calculados pelas equações propostas por Santos¹⁹, sendo a seguir:

$$PG = \frac{(Pfe - Pab)}{(MFfe \times MSfe)} \times 1000$$

Onde:

PG = Perdas por gases durante o armazenamento(%da MS inicial);

Pfe = Peso do silo cheio no fechamento;

Pab = Peso do silo cheio na abertura ;

MFfe = Massa da forragem ensilada (kg de matéria natural);

MSfe = Teor de MS da forragem ensilada (%).

Para determinação de perdas por efluentes, foi calculada pela equação a seguir, em que, efluente é a produção de efluente em kg.t⁻¹ massa verde:

$$PE = \frac{(Pab - Pfe)}{MFfe} \times 1000$$

Onde:

PE = Produção de efluente (kg.t⁻¹ massa verde);

Pab = Peso do conjunto (balde + tampa + areia + tela) vazio na abertura, (kg);

Pfe = Peso do conjunto (balde + tampa + areia + tela) vazio no fechamento,(kg);

MFfe = Massa de forragem no fechamento, (kg)

Os índices de recuperação de matéria seca foram obtidos pela equação:

$$RMS = \frac{(MF_{ab} \times MS_{ab})}{(MF_{fe} \times MS_{fe})} \times 1000$$

Onde:

RMS = Índice de recuperação de matéria seca (%);

MF_{ab} = Massa de forragem na abertura (kg)

MS_{ab} = Teor de matéria seca da forragem na abertura (%);

MS_{fe} = Massa de forragem no fechamento (%)

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do departamento de Produção Animal (DPA) da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás UFG, foi submetida a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%) e análise de regressão para os níveis de inclusão, foram efetuadas análises estatísticas com auxílio do software estatístico R¹⁵.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores das perdas por gases, e efluentes, foram influenciados significativamente ($P < 0,05$) pela adição dos diferentes níveis do farelo de algodão, onde reduziu a partir do nível 10 % de inclusão, enquanto o índice de recuperação de matéria seca (IRMS) não foi observado diferenças significativas em função aos tratamentos (Tabela 3).

TABELA 3 - Perdas por gases (% da MS), por efluentes (kg t^{-1} de silagem) e recuperação de matéria seca (%) determinados na silagem de capim-mombaça com inclusão de níveis de farelo de algodão.

Farelo de algodão (%)	Perdas por gases (% da MS)	Perdas por efluentes (kg t^{-1} silagem)	Índice de recuperação de matéria seca (IRMS)
0	9,01 a	6,35 a	84,86 a
10	5,57 b	4,39 b	84,17 a
15	4,35 c	2,84 c	85,69 a
20	3,56 c	1,36 d	86,31 a
Media (%)	5,62	3,73	85,25
CV (%)	7,24	9,83	1,11

Médias seguidas por letras diferentes, nas mesmas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As perdas por gases estão associadas ao perfil de fermentação ocorrido na silagem, sendo que as menores perdas são ocasionadas pelas bactérias homofermentativas que utilizam glicose como substrato para a síntese de lactato. Maiores produções de gases estão associadas com as bactérias hetero e enterofermentativas²⁰. Esta redução das perdas por gases deve-se, provavelmente, à redução na ação dos microrganismos produtores de gás, como as enterobactérias e bactérias clostrídicas, destacando-se assim que a fermentação butírica é ocasionada por bactérias do gênero *Clostridium* e neste trabalho permaneceu dentro dos limites adequados (0% a 0,1%), conforme figura 10 que se desenvolvem em silagens mal fermentadas.

Segundo estudos aferidos por Ribeiro et al²¹, o desenvolvimento de bactérias *clostrídicas*, responsáveis pela degradação proteica e formação de amônia podem elevar as perdas por gases.

Pesquisas realizadas por Rego²², com gramíneas tropicais, especialmente com o capim-Tanzânia, obtiveram perdas por gases com valores entre 3,1 a 4,0%, não encontraram diferenças no uso de aditivo (inoculantes microbianos). Ao contrário, no presente estudo, obteve-se redução significativa neste tipo de perda.

Para a variável produção de gases, os teores diferiram significativamente ($P < 0,05$) com inclusão dos níveis de FA, com variação de 3,56 a 9,01%, apresentando comportamento quadrático em função dos níveis, conforme se verifica na Figura 1, com equação: $PG = 0,00073FA^2 - 0,4194x + 9,0169$ ($R^2=0,9721$).

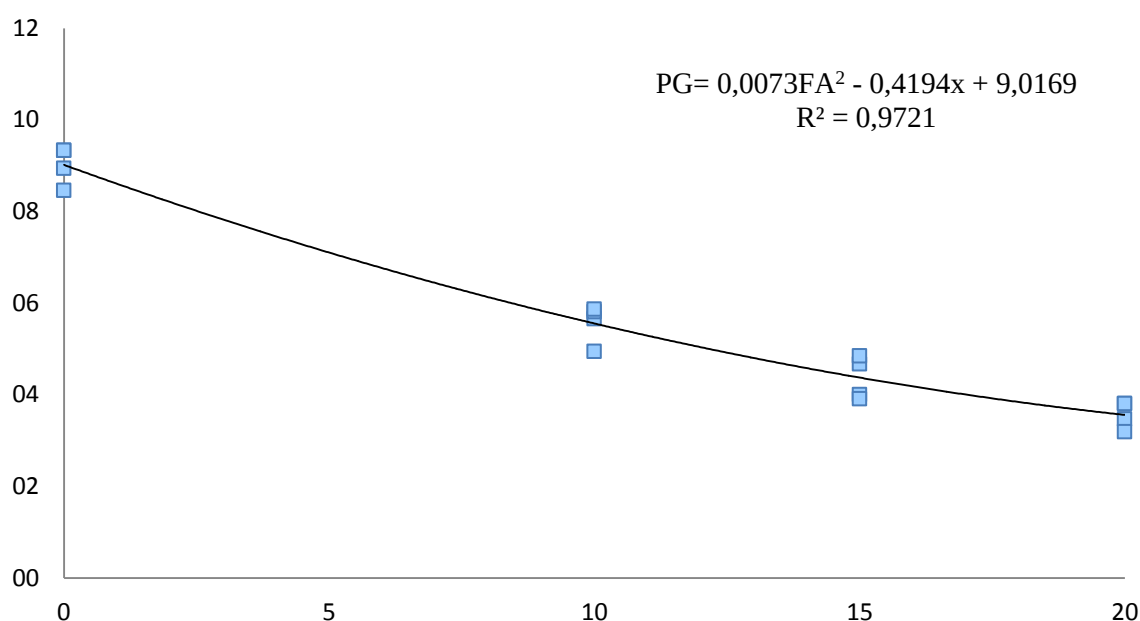


FIGURA 1 – Teores das perdas por gases das silagens analisadas.

As perdas por efluentes diferiram significativamente ($P < 0,05$) com a inclusão de FA na silagem, com variação entre 1,36% a 6,35% de matéria seca, apresentando efeito quadrático negativo em função sobre as variáveis conforme na figura 2, cuja equação é $PE = 0,00048FA - 0,1572x + 6,3701$ ($R^2= 0,9702$).

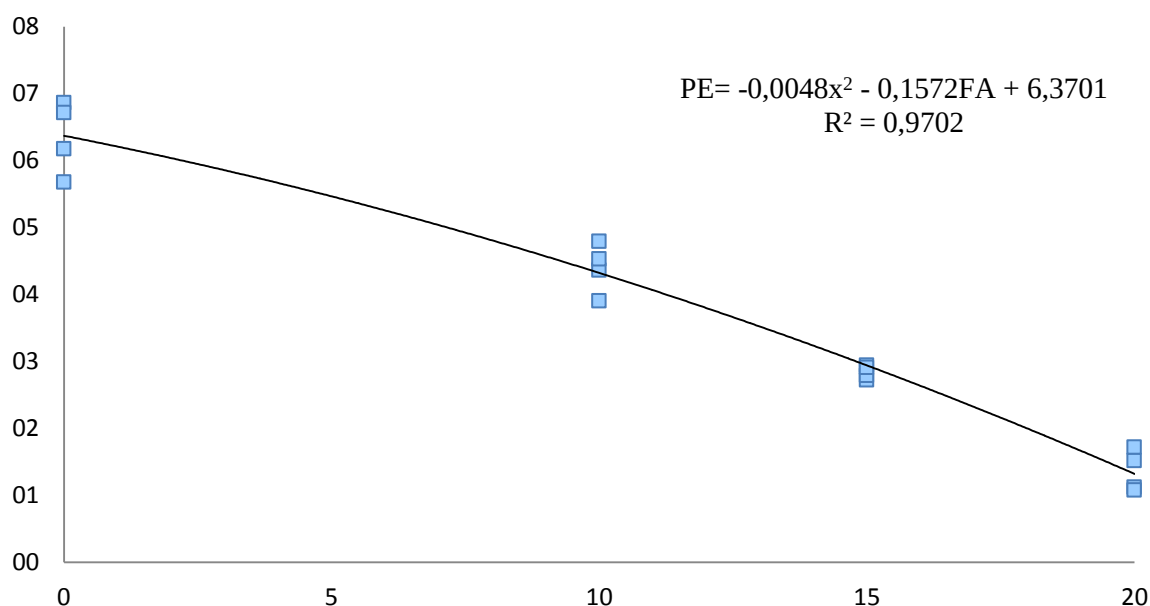


FIGURA 2 – Teores das perdas por efluentes das silagens analisadas.

Este resultado pode ser explicado devido ao aumento do teor de matéria seca da silagem com a adição do aditivo (Tabela 3), reduzindo a umidade da silagem de capim-mombaça. Estes resultados são importantes, pois o teor de umidade está diretamente relacionado com as perdas por efluentes, que carregam, em solução, nutrientes de alta digestibilidade e compostos fundamentais para que ocorra boa fermentação da forragem, mantendo a qualidade do material ensilado.

Resultados encontrados nesta pesquisa pode ter como referência o trabalho de Igarasi²⁰, que avaliou a produção de efluentes nas silagens de capim-Tanzânia (ensilado com dois tamanhos de partículas), aditivadas com polpa cítrica peletizada, pré-secadas com inoculante bacteriano, em duas épocas do ano (verão e inverno). O autor observou que a presença de polpa cítrica peletizada promoveu aumento nos teores de matéria seca e diminuição nas perdas por efluente..

Estudos realizados por Ferraz et al²³ com torta de algodão como aditivo em silagem de capim-Tanzânia, obtiveram resultados semelhantes ao deste trabalho com diferentes níveis de inclusão (0%, 10%, 20%, 30%) com valores médios de 8,27% ; 6,40% ; 4;60% ; 1,70% respectivamente.

Forragens com teores baixos de MS, as perdas por efluentes podem aumentar ou sobre passar a 10%, enquanto em culturas ensiladas com MS entre 25% e 35%, as perdas por efluente é pouco produzido⁴, no entanto teores médios observados nesta pesquisa confirmam a capacidade do FA que aumenta o teor médio de MS da silagem e também gera uma menor perda por efluentes, promovendo assim uma qualidade de silagem.

A inclusão do FA reduziu ($P < 0,05$) as perdas por gases e efluentes a partir do nível de 10% de adição, o que fez com que o FA cumprisse seu objetivo em sequestrar a umidade da silagem, resultando em índices de recuperação de matéria seca satisfatórios, embora não houve diferença significativa entre os níveis de inclusão.

Teores realizados neste estudo foram intermediários aos relatados por Zanine et al²⁴, com teores entre 74,50% e 97,00%, para o IRMS em silagens de capim-mombaça com inclusão de 0% e 20%, respectivamente, do farelo de trigo. Teores de IRMS são influenciadas pelas perdas por produção de gases e efluentes nas silagens, sendo o cálculo determinado em função dessas duas variáveis, ou seja, naqueles tratamentos onde ocorreram maiores perdas por gases e efluentes, o IRMS foi menor. A silagem originada com o maior teor de MS resultou em aumento no IRMS, e o benefício causado pelo aditivo pode ser verificado através da redução de perdas na forma de gases e de efluente, assim como da menor ocorrência de fermentações indesejáveis, pelos menores valores de pH e $N-NH_3$.

Os teores de acidez titulável, potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) e carboidratos solúveis em água (CHOs), foram influenciados significativamente ($P < 0,05$) em função da inclusão do FA (Tabela 4).

TABELA 4- Teores de Acidez titulável (meq NaOH/100g MS), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), e carboidratos solúveis em água (CHOs) determinados nas silagens do capim-mombaça com inclusão de FA.

Farelo de algodão	Acidez titulável (meq NaOH/100g MS)	pH	$N-NH_3$ (% do N total)	CHOs Solúveis
0	11,83 a	4,88 b	1,30 b	4,62 b
10	10,90 ab	5,09 a	1,34 b	5,01 b
15	10,60 a	5,15 a	1,40 b	5,66 b
20	9,31 c	5,17 a	2,19 a	8,90 a
Media (%)	0,6 6	5,07	1,55	6,04
CV (%)	5,16	1,04	4,04	12,59

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

No entanto, observa-se na Figura 3, para os teores de acidez titulável, um comportamento quadrático entre os tratamentos ($P < 0,05$), cuja equação de regressão é: $AT = 0,0048FA^2 - 0,0235x + 11,85$ ($R^2 = 0,7591$). Na inclusão do nível 20% do FA reduziu a acidez titulável da silagem. Segundo relatos por Silva & Queiroz¹⁶, a avaliação da acidez titulável, juntamente com o pH, dão uma estimativa mais precisa da qualidade da silagem do que a avaliação do pH isoladamente, pois a acidez titulável está mais relacionada aos ácidos, especialmente o ácido lático, enquanto o pH é influenciado por íons liberados por outros ácidos.

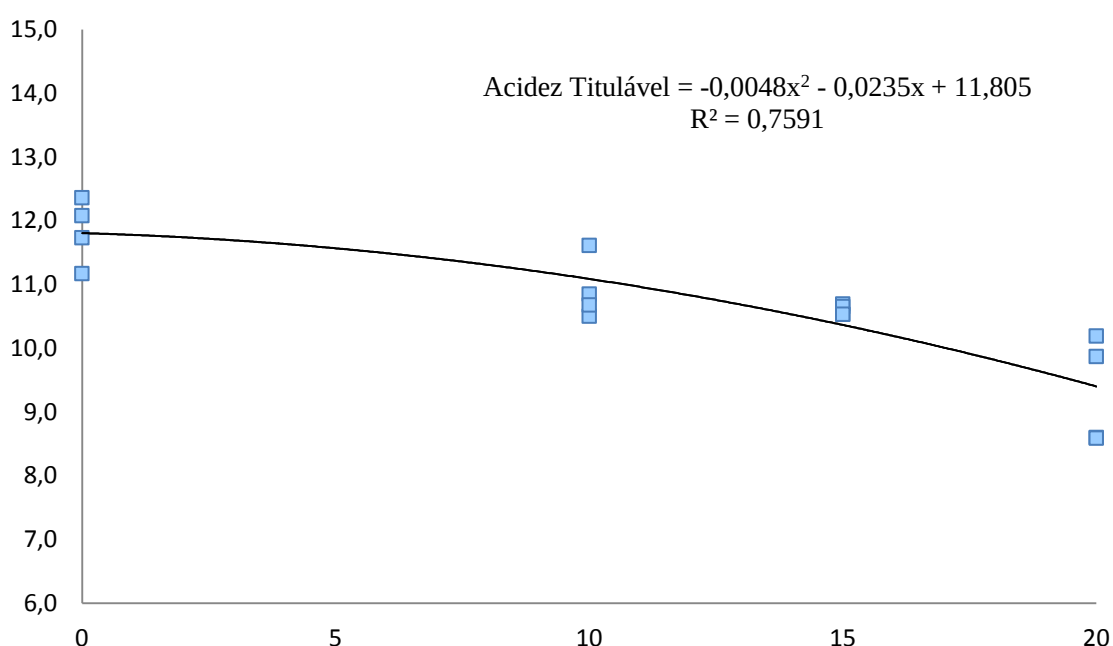


FIGURA 3 – Teores da Acidez tituláveis das silagens analisadas.

De acordo aos aferidos por Andrade²⁵, a aferição da acidez titulável se mostra como um indicativo sensível que, acompanhado com o pH, tem que ser utilizado na avaliação da cinética fermentativa de silagens.

Os teores de nitrogênio amoniacal, os valores de pH e os percentuais de ácidos orgânicos, são alguns dos parâmetros que caracterizam a qualidade da silagem após o processo fermentativo. Conforme na Figura 4, para os teores médios do potencial hidrogeniônico (pH), observa-se variação quadrática entre os tratamentos ($P < 0,05$), com uma equação de regressão de $pH = -0,0002FA^2 + 0,0222x + 4,887$ ($R^2 = 0,97233$). Constata-se que os teores observados no pH da silagem estão acima de 4,2 considerado por McDonald⁴, como um limite máximo de pH para as silagens com qualidade satisfatórias.

Entretanto, vale ressaltar que o valor citado ou a faixa estabelecida na referência supracitada são parâmetros para as silagens de milho e sorgo, não havendo na literatura especializada uma definição de valor ou faixa adequada para silagens de capins tropicais como é o caso do capim-mombaça. Os teores de pH nas silagens com FA observados neste estudo, podem ter sido influenciados pelos altos teores de extrato etéreo do FA, com diminuição da eficiência das bactérias lácticas em produzir ácidos orgânicos e, conseqüentemente, promover a redução no pH da silagem.

Não obstante, encontram-se alguns trabalhos compatíveis que avaliaram a silagem de capins tropicais como o *Panicum maximum*. Valores de pH de 4,73 na silagem de capim-mombaça ensilados aos 90 dias de crescimento vegetativo e sem uso de aditivos, foram trabalhos semelhantes neste estudo realizados por Ávila²⁶ enquanto Zanine²⁴, certificou 4,81 para o mombaça ensilado com 50 dias de rebrota. e Loures.²⁷, com o Tanzânia colhido com 15,65% de matéria seca (MS) obtiveram pH de 6,07. Todavia Ferraz²³, encontrou valores médios de pH muito elevados quanto aos encontrados no presente estudo, com uma variação de 5,22; 7,24; 7,74; 6,30 para silagens de *Panicum maximum* cv. *Tanzânia*, aditivadas com 0%, 10%, 20% e 30% de torta de algodão respectivamente.

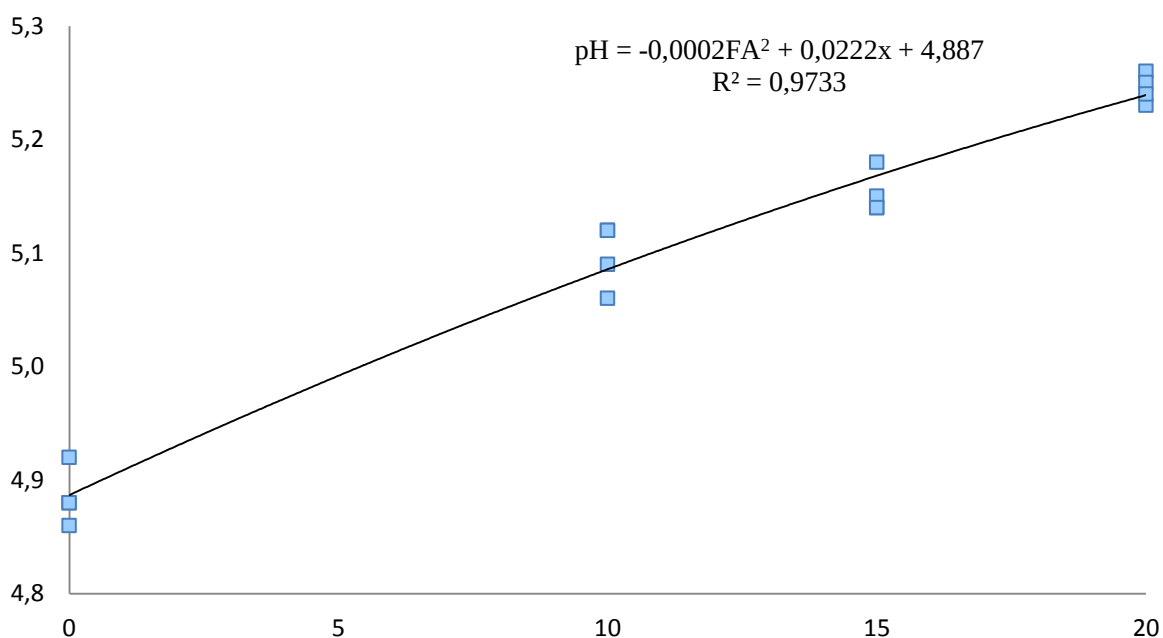


FIGURA 4 – Teores do pH da silagem em diferentes níveis de inclusão de FA

No trabalho realizado da silagem de capim-mombaça com FA como inclusão, não teve um efeito desejado sobre o pH com a inclusão do FA na silagem, o nível 10 e 15% não interferiu significativamente ($P>0,05$) no pH, porém teve aumento no nível 20% de farelo de algodão na silagem, este aumento do pH, nesta pesquisa, se deve pela redução dos ácidos orgânicos, que provavelmente foram utilizados no metabolismo dos micro-organismos deteriorantes.

Os teores médios de $N-NH_3$ foram influenciados significativamente ($P<0,05$) entre os níveis de inclusão do farelo de algodão com variação entre 1,30 e 2,39% (Tabela 4), observando-se variação quadrática entre os tratamentos, conforme apresentada na Figura 5, com a seguinte equação de regressão: $N-NH_3 : 0,005FA^2 - 0,0599x + 1,3229$ ($R^2 = 0,9029$).

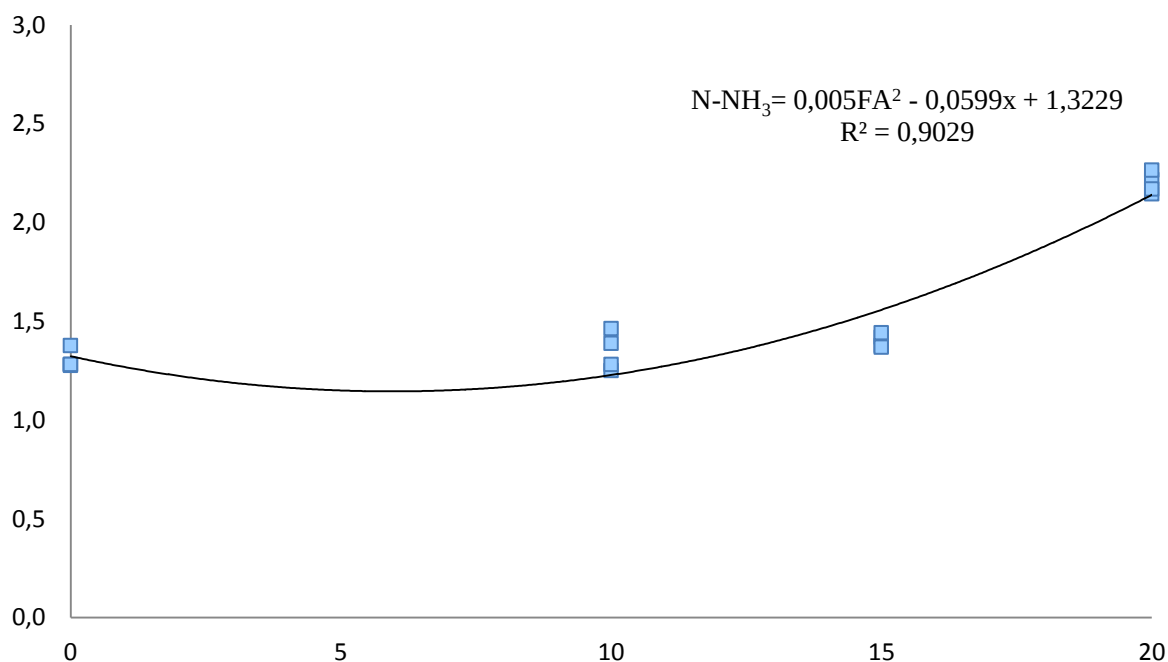


FIGURA 5 – Teores de nitrogênio amoniacal em diferentes níveis de inclusão do FA.

Os teores de $N-NH_3$ também é um bom indicativo da qualidade da silagem, auxiliando no processo fermentativo. Entretanto, os teores encontrados nesta pesquisa com FA como aditivo, foram estáveis com os tratamentos (0%,10% e 15%) e aumentaram no tratamento 20%, mas ficaram dentro do limite. Segundo Henderson et al²⁸, são consideradas silagem de boa qualidade, quando os teores de nitrogênio são inferiores a 8%. Os dados menores encontrados na pesquisa podem estar atribuídos à diminuição da atividade das enterobactérias ou da redução de bactérias do gênero *Clostridium*, que causam proteólise, tendo em vista que essas se desenvolvem melhor em silagens com pH mais elevado²⁹.

De acordo com estudos realizados por Pacheco³⁰, encontrou-se maior teor de nitrogênio amoniacal de 12,24% sem adição e menor teor de 1,40% com 40%, quando avaliou a silagem de capim-elefante com níveis de feno de gliricidia. Todavia Teixeira³¹ encontraram teores de nitrogênio Amoniacal (N-NH₃) entre valores de 2,02 e 4,53 ao avaliarem a silagem de capim piatã com quatros farelos (milho, milheto, sorgo, trigo) e cinco níveis de inclusão (0%, 8%, 16%, 24%, 32%), verificou-se que os valores estes são considerados como aceitáveis para classificar como silagem de boa qualidade.

Os teores médios de carboidratos solúveis, variaram de 4,62% até 8,90%, com os níveis de inclusão de 20% do coproduto, foram influenciados significativamente ($P < 0,05$) em função dos níveis de inclusão do aditivo, conforme Figura 6, com a seguinte equação de regressão de CHOs: $0,0206FA^2 + 0,0997FG - 0,2108x + 4,6871$ ($R^2 = 0,8353$).

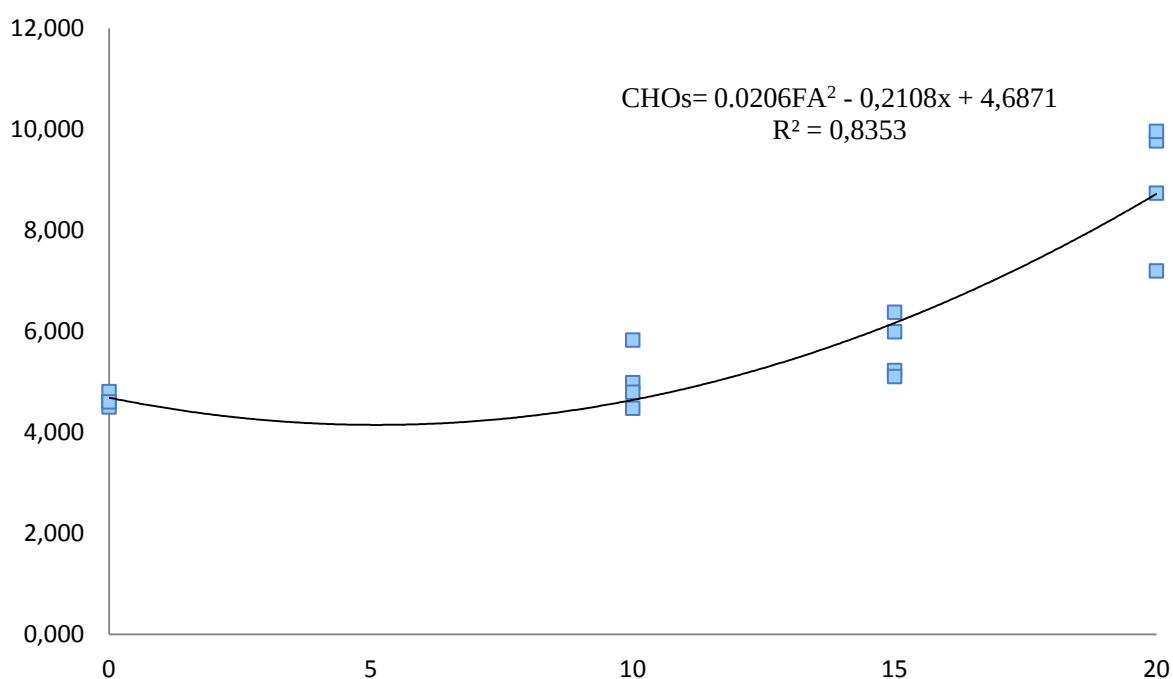


FIGURA 6 – Teores de carboidratos solúveis em diferentes níveis de inclusão do FA

Os níveis de inclusão 10% e 15% de FA, não diferiram positivamente entre si, com teor médio 5,52% de carboidratos solúveis, mas estes teores foram superiores ao tratamento sem adição de FA com 4,60%, além-inferiores ao tratamento do nível 20% de inclusão com 8,90%. Confirmando assim que o FA é uma boa alternativa para a elevação dos teores de nutriente. De acordo com Zanine e Avila^{24,26}, este aumento do teor médio de carboidratos solúveis ao final do processo de fermentação pode ocorrer, entre outros fatores, pela ação de enzimas ou pela hidrólise ácida da hemicelulose, liberando carboidratos solúveis

o qual será utilizado pelas bactérias láticas para fermentação, carboidratos solúveis como a glicose, frutose, sacarose e frutanas, são as principais fontes para a fermentação nos silos.

Segundo estudos realizados por Vasconcelos³², avaliaram o valor nutritivo de silagem de capim-mombaça colhido em função de idades de rebrota, verificou teores crescentes de carboidratos solúveis (CHOs), atingindo assim valor médio de 5,85%, quando o capim-mombaça apresentava idade de corte aos 65 dias. Assim mesmo, teores semelhantes aos de Vasconcelos³² dos carboidratos solúveis, foram observados 3,75% e 5,85% por Santos³³, quando estudou o uso de aditivo em silagem de capim-mombaça ensilado com 35 e 65 dias, em diferentes idades de corte.

Estão apresentados na Tabela 5, teores do ácido lático, acético, propiônico e butírico da silagem, nela se observa que houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos.

TABELA 5 – Teores do ácido lático, ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico em % da matéria seca (MS), verificados nas silagens de capim-mombaça, em função da inclusão de níveis de farelo de algodão.

Nível de inclusão	Ácido lático (%)	Ácido acético (%)	Ácido propiônico (%)	Ácido butírico (%)
0	0,2682 d	0,1759 d	0,0114 b	0,0012 b
10	0,6965 c	0,2273 c	0,0129 b	0,0017 a
15	0,8747 b	0,2667 b	0,0143 b	0,0018 a
20	1,5487 a	0,3216 a	0,0241 a	0,0018 a
Média (%)	0,8470	0,2478	0,0156	0,00162
CV (%)	6,36	6,26	9,12	9,6

Médias seguidas por letras diferentes, nas mesmas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores médios do ácido lático, acético, propiônico e butírico, foram influenciados de forma significativa ($P < 0,05$) na inclusão do FA. Assim mesmo o ácido lático é apresentado através da equação de regressão: $\text{Lático} = -0,0006\text{FA}^2 + 0,0493x + 0,2676$ ($R^2 = 0,9817$), (figura 7).

O teor do ácido lático verificado na inclusão do nível 10% 15% e 20 % do FA foi de 1,04 %, ao respeito da baixa concentração de ácido lático verificado no capim-mombaça sem inclusão 0,2682%, a inclusão do FA sobre o capim-mombaça elevou 77,18% os níveis desse ácido mostram assim um grande poder de elevar a qualidade da silagem.

Estas elevações do ácido lático com a inclusão do FA corroboram com os estudos realizados por Silva & Queiroz¹⁶, de que o potencial hidrogeniônico (pH) isoladamente não é indicativo da qualidade da silagem, pois os teores de pH elevaram com a adição do FA, mas os teores de ácido lático também, assim mesmo Costa Júnior³⁴, avaliando silagens de capim Tanzânia, observou teores médios de 1,05% para o ácido lático, valor semelhante aos encontrados nesta pesquisa com nível de 20%, e teores de 6,71% para o ácido acético e 2,27% para o ácido butírico, estes teores se encontram diferentes do observado na Tabela 5.

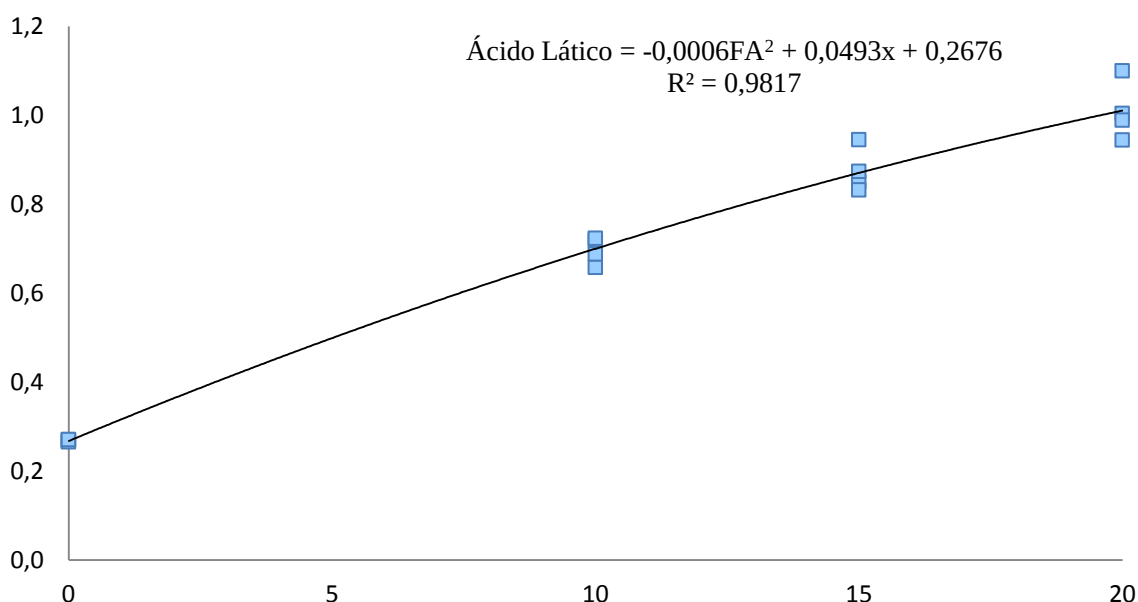


FIGURA 7 - Teores de Ácido Lático observados em diferentes níveis de inclusão de FA

Segundo estudos por McDonald⁴ a produção e acúmulo de ácido lático no processo da ensilagem são os responsáveis direto pelo abaixamento do pH, tornando assim, o principal responsável pela conservação da silagem. Os teores de ácido acético diferiram ($P < 0,05$) entre os níveis de inclusão do farelo de algodão, com variações de 0,1759 a 0,3216%, apresentando função quadrática dos níveis, conforme na Figura 8, cuja equação de regressão é: $\text{Acético} = -0,0183\text{FG}^2 + 0,6504\text{FG} + 2,3425$ ($R^2 = 0,9484$).

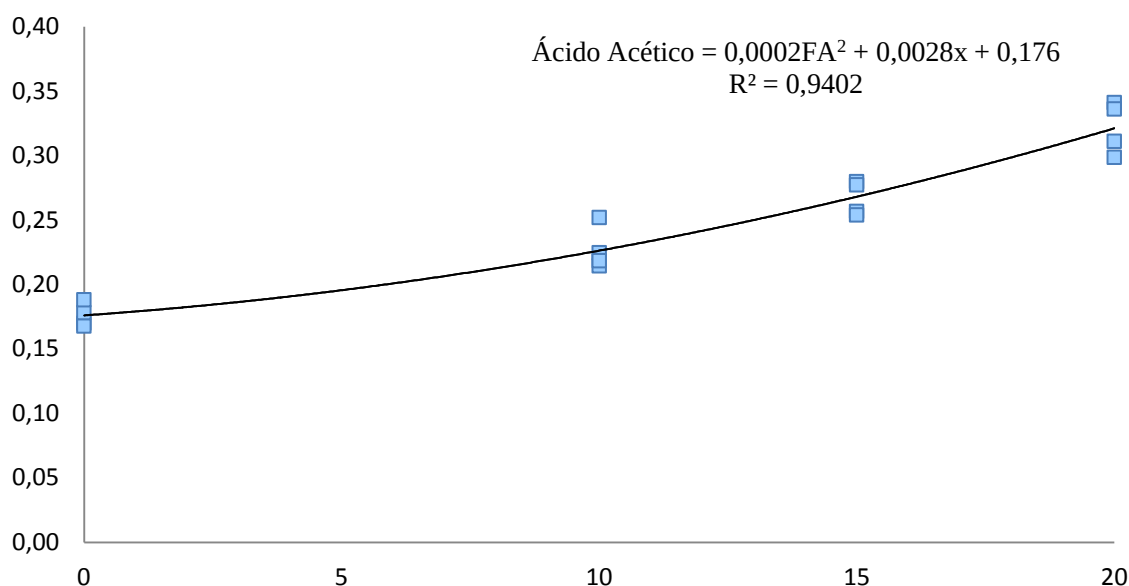


FIGURA 8 – Teores de Ácido Acético observados em diferentes níveis de inclusão do FA.

O ácido acético está relacionado a menores taxas na queda do pH nas silagens. A quantidade deste corresponde, principalmente, à ação prolongada de bactérias lácticas heterofermentativas e enterobactérias, todavia, em menor proporção, a ação de clostrídios. As fermentações promovidas por microrganismos, além de afetar negativamente a queda do pH, acarretam maiores perdas de matéria seca do material ensilado. Portanto as concentrações de ácido acético, foram em média 0,25% da matéria seca, o que é considerado como adequado, sendo o ideal para as silagens apresentarem níveis inferiores ou iguais a 2% ou 2,5% da matéria seca para classificá-las como de “boa qualidade”, segundo Roth & Undersander e Tomich^{35,36}.

Segundo estudos realizados por Rodrigues³⁷, as concentrações do ácido acético foram semelhantes aos encontrados nesta pesquisa, quando avaliaram a inclusão de polpa cítrica na ensilagem de capim-elefante e registraram valor médio de ácido acético de 0,66%. Todavia Santos³⁸ observou concentrações de ácido acético com médias de 1,07 e 0,82% com e sem inclusão, sendo assim superiores aos encontrados nesta pesquisa.

De modo geral os teores dos ácidos propiônico e butírico contiveram teores que variaram de 0,0114% a 0,0241% e 0,0012% a 0,0018%, apresentando função quadrática respectivamente, e estão representados conforme as seguintes equações: Propiônico = $-6E-05FA^2 - 0,0006x + 0,0116$ ($R^2=0,894$) e Butírico = $-2E-06FA^2 + 8E-05x + 0,0012$ ($R^2=0,7877$), de acordo com as Figuras 9 e 10.

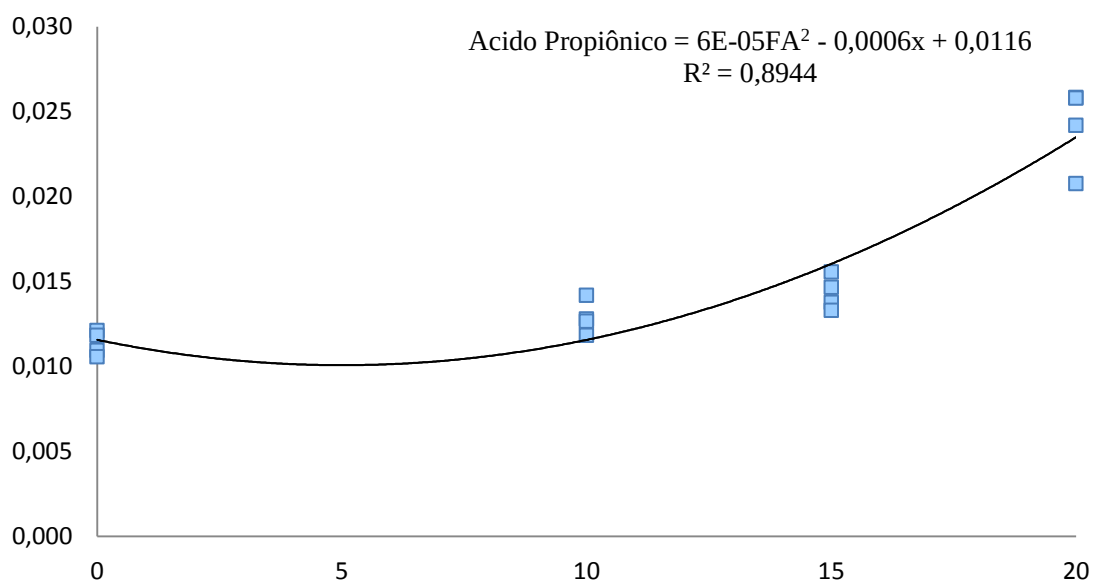


FIGURA 9- Teores de Ácido Propiônico observados em diferentes níveis de inclusão de FA.

Os teores dos ácidos propiônico e butírico encontram-se dentro da normalidade quando vistos a 20% do FA, no entanto não prejudicou a estabilidade da silagem. Para o ácido propiônico estes valores encontrados nesta pesquisa estão de acordo aos estabelecidos por Roth & Undersander³⁵, para silagem de materiais padrões. Rodrigues³⁷. trabalharam com a inclusão de diferentes níveis de polpa cítrica em silagem de capim elefante, onde observaram teores de ácido propiônico de 0,032%, estes teores se encontram superiores do observado neste trabalho.

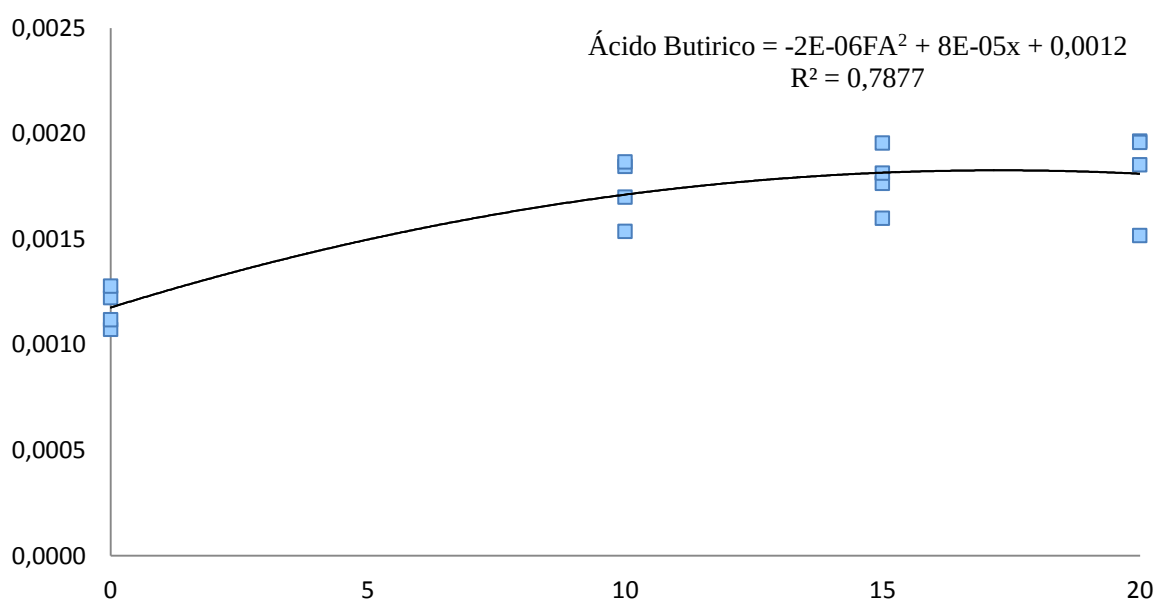


FIGURA 10 – Teores de Ácido Butírico observados em diferentes níveis de inclusão do FA

Para o ácido butírico as concentrações médias na matéria seca foram de 0,0016%, e podem ser consideradas como baixas, demonstrando que não houve efetivamente fermentação clostrídica e indicando boa qualidade da silagem, uma vez que não foi detectada a presença de mofos e bolores no material ensilado, estes valores estão de acordo com os preconizados por Tomich³⁶, em que as médias dos teores de ácido butírico devem estar entre 0% a 0,1% para que as silagens obtenham a qualificação de boa qualidade.

Resultados semelhantes foram observados em pesquisa realizada em *Brachiaria decumbens*, com teores médios entre 0,04 e 0,19%³⁸ e resultados superiores observados em capim elefante, entre 0,14 e 0,21% por Carvalho et al³⁹. De acordo com estudos realizados por Roth e Soares Filho^{35,40}, uma boa silagem não apresenta mofos, apresenta pouco ou nenhum ácido butírico, alto teor de ácido láctico (4%, 6%) e baixo teor de ácido acético (2%, 3%), sendo assim, estes índices não foram alcançados com a inclusão do FA.

4. CONCLUSÕES

A utilização do farelo de algodão como aditivo na silagem do capim-mombaça, contribuiu para melhora do perfil fermentativo, sendo eficiente em reduzir as perdas por gases e efluentes, que possibilitam classificar as silagens, como de boa qualidade.

5. REFERÊNCIAS

1. Costa KAP, Assis RL, Perim RC, Guimarães KC, Paludo A, Privado CJT, Vieira TP. Qualidade e valor nutritivo de silagem de genótipos de milho produzidas com e sem inoculantes bacteriano, R. Bras. Saúde Prod. Anim, Salvador, v.12, n.2, p.286-295,2011.
2. Mari LJ, Nussio LG, Ribeiro JL, Camargo MS, Zopollatto M, Schmidt P, Paziani SF.; Junqueira MC, Loures DRS, Nussio CMB. Perfil fermentativo das silagens de capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu) colhido em intervalos entre cortes fixos. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p.1248-1261, 2006.
3. Nussio LG, Paziani SF, Nussio CMB. Ensilagem de capins tropicais. In: Batista, AMV, Barbosa SBP, Santos MVF.(Ed.). A produção animal e a sociedade. Recife: SBZ, 2002. P.60-99.
4. McDonald P, Henderson AR, Heron, S. The biochemistry of silage. 2a ed. Marlow: Chalcombe Publicatins, 1991;340.
5. Santos EM, Pereira OG, Garcia R, Ferreira CLLF, Oliveira JS, Silva TC, Rosa LO. Microbial populations, fermentative profile and chemical composition of signal grass silages at different regrowth ages. R. Bras. Zootec. 2011;40(4):747-55. Português.
6. Pereira SA, Oliveira GC, Kliemann HJ, Balbino LC, França AFS, Carvalho ER. Influence of Different Grazing Systems on Physical Properties and Aggregation in Savannah Soils. Pesquisa Agropecuária Tropical. Goiânia, v. 40, n. 3, p. 274-282, 2010.
7. Mesquita EE, Neres MA. Mophogenesis and chemical composition of “*Panicum maximum*” cultivars in function of nitrogen fertilization. Rev Bras Saúde Prod Anim. 2008;9(2):201-9. Português.
8. Ávila CLS, Pinto JC, Evangelista AR, Morais AR, Figueiredo HCP, Valdir Botega Tavares VB. Perfil de fermentação das silagens de capim-Tanzânia com aditivos: teores de nitrogênio amoniacal e pH. Sci. e Agrotec. 2003;27(5):1144-1151.
9. Silva FF, Aguiar MSMA, Veloso CM, Pires AJV, Bonomo P, Dutra GS, Almeida VS, Carvalho GGP, Silva RR, Dias AM, Ítavo LCV. Cassava bagasse in elephant grass ensilage: quality of the silage and digestibility of the nutrients. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 2007;59(3):719-29. Português.
10. Koeppen W. Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.478p.

11. Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2 ed. Rio de Janeiro-RJ, 2006.
12. Vilela L, Martha JGB, Sousa DMG. Adubação potássica e com micronutrientes. In: Martha Júnior GB, Vilela L, Sousa DMG, editores. Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados, 2007. p.179-87.
13. Martha Júnior GB, Vilela L, Sousa DMG. Adubação nitrogenada. In: Martha Júnior GB, Vilela L, Sousa DMG, editores. Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados, 2007. p.117-44.
14. Pereira Filho IA, Coelho AM, Casela CR, Karam D, Rodrigues JAS, Cruz JC, Waquil JM. Manejo da Cultura do Milheto. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 17p.
15. R, Core Team. R, A Language and Environment for Statistical Computing, R 2.15.1, Foundation for Statistical Computing, 2012.
16. Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos 3a ed. Viçosa (MG): UFV, 2006. 235p.
17. Mizubuti IY, Pinto AP, Pereira ES, Ramos BMO. Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais vol 1. Londrina (PR): EDUEL, 2009. 228p.
18. Campos FP, Nussio CMB, Nussio LG. Métodos de análise de alimentos. Piracicaba (SP): FEALQ, 2004. 135p.
19. Santos MC, Nussio LG, Mourão GB, Schmidt P, Mari LJ, Ribeiro JL. Evaluation of chemical additives in the fermentation profile, nutritive value, and dry matters losses of sugar cane silages (*Saccharum officinarum* L.). R. Bras. Zootec. 2008;37 (9) :1555-63. Português.
20. Igarassi MS. Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano. Piracicaba, 2002. 152p. [Tese]. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
21. Ribeiro RDX, Oliveira RL, Bagaldo AR, Faria EFS, Garcez Neto AF, Silva TM, Borja MS, Cardoso Neto BM. Capim-Tanzânia ensilado com níveis de farelo de trigo. R. Bras. de Saúde Prod. Anim. v.9, n.4, p. 631-640, out/dez, 2008.

22. Rego FCA, Ludovico A, Silva LC, Lima LD, Santana EW, Françoze MC. Perfil fermentativo, composição bromatológica e perdas em silagem de bagaço de laranja com diferentes inoculantes microbianos Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.33, suplemento 2, p. 3411-3420, 2012.
23. Ferraz TT. Torta de algodão como aditivo em silagem de capim-Tanzânia. [Dissertação].Bahia, Universidade Federal da Bahia, 2014.
24. Zanine AM, Santos EM, Ferreira DJ, Oliveira JS. Almeida JCC, Pereira OG. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. Archivos de Zootecnia, Córdoba.2006;55(209):75-84.
25. Andrade PA, Quadros DG, Bezerra ARG, Almeida JAR, Silva PHS, Araújo JAM. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. Semina: Ciências Agrárias. 2012; 33 (3) :1209-1218.
26. Ávila CLS, Pinto JC, Evangelista AR. Morais AR, Figueiredo HCP, Pereira OG, Schwan RF. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*, R. Bras. Zootec. 2009;38(5):779-787.
27. Loures DRS, Nussio LG, Paziani SF, Pedroso AF, Mari LJ, Ribeiro JL, Zopollato M, Schmidt P, Junqueira MC, Packer IU, Campos FP. Chemical composition and effluent yield of Tanzania grass silages affected by wilting, particle size and enzymatic/microbial additive. R Bras Zootec. 2005;34 (3):726-35. Português.
28. Henderson N. Silage additives. Anim Feed Sci Technol. 1993;45 (1):35–56.
29. Mcdonald P. The Biochemistry of Silage. New York: John Willey & Sons, 1981. 226p.
30. Pacheco WF, Carneiro MSS, Edvan RL, Arruda PCL, Do Carmo ABR. Perdas fermentativas de silagens de capim elefante com níveis crescentes de feno de gliricidia, arquivos de Tecnol. & Ciên. Agropec., João Pessoa, v.7, n.4, p.69-75, dez. 2013.
31. Teixeira DAA, Perim RC, Costa KAP, Fernandes PB, Epifânio PS, Carvalho WG. Valores de pH, acidez titulável e nitrogênio amoniacal da silagem de capim-piatã ensilada com diferentes níveis de farelos energéticos. 1º Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Rio Verde do IF Goiano 2012. Rio Verde – Brasil. Rio Verde:. Instituto Federal Goiano 2012.

32. Vasconcelos WA, Santos EM, Zanine AM, Pinto TF, Lima WC, Edvan RL, Pereira OG. Nutritive value of silages of mombaça grass (*Panicum maximum* Jacq) harvested at different regrowth ages. R. Bras. Saúde Prod. Anim. 2009;10(4):874-84 p.
33. Santos VC, Ezequiel JMB, Oliveira PSN, Galati RL, Barbosa JC. Intake and digestibility of sheep fed grains and by-products of canola. Rev Bras Saúde Prod An. 2009;10(1):96-105. Português.
34. Costa Junior BM. Qualidade das silagens de gramíneas tropicais e desempenho de cordeiros Santa Inês. [Dissertação]. São Cristóvão Universidade Federal de Sergipe 2012.
35. Roth G, Undersander D. Silage additives. In: Corn silage production management and feeding. Madison: Madison American Society of Agronomy, 1995. p. 27-29.
36. Tomich TR, Pereira LGR, Gonçalves LC, Tomich RG, borges I. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, documentos 57, 2003.20 p.
37. Rodrigues PHM, Borgatti LMO, Gomes RW. et al. Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. Rev. Bras. Zootec. 2005; 34: 1138-1145 p.
38. Santos EM, Pereira OG, Garcia R, Ferreira CLLF, Oliveira JS, Silva TC. Effect of regrowth interval and a microbial inoculant on the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages. J Dairy Sci. 2014;97(7):4423-32.
39. Carvalho GGP, Garcia R, Pires AJV, Pereira OG, Fernandes FEP, Carvalho BM a. Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurhecido ou com adição de farelo de cacau. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 234-242, 2008.
40. Soares Filho CV. Produção de Silagem e Fenação, Universidade Estadual Paulista-Curso de Medicina Veterinária, Campus de Araçatuba, 19 p., 2005.