

GUSTAVO HENRIQUE DE FRIAS CASTRO

SILAGENS DE CAPIM TANZÂNIA
(*Panicum maximum* cv Tanzânia)
EM DIFERENTES IDADES

**Tese apresentada à Escola de
Veterinária da Universidade Federal
de Minas Gerais como requisito parcial
para a obtenção do grau de Doutor em Zootecnia
Área de concentração: Nutrição Animal
Orientador: Prof. Dr. Norberto Mario Rodriguez**

BELO HORIZONTE – MG
ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG
2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

C355s Castro, Gustavo Henrique de Frias, 1977-
Silagens de capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv Tanzânia) em diferentes idades / Gustavo Henrique de Frias Castro. – 2008.
125 p. : il.

Orientador: Norberto Mario Rodriguez
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Silagem – Teses. 2. Capim Tanzânia – Teses. 3. Digestibilidade – Teses. 4. Valor nutricional – Teses. I. Rodriguez, Norberto Mario. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 633.2

Dissertação defendida e aprovada em 28 de Março de 2008 pela Comissão Examinadora composta por:

Prof. Dr. Norberto Mario Rodriguez

**Orientador
(EV-UFMG)**

Prof. Dr. Décio Souza Graça

(EV-UFMG)

Prof. Dr. Eloísa Oliveira Simões Saliba

(EV-UFMG)

Dr. Roberto Camargos Antunes

(CNPq)

Dr. Thierry Ribeiro Tomich

(Embrapa Pantanal)

AGRADECIMENTOS

À Capes, pelo auxílio financeiro concedido durante a execução deste trabalho.

À FUNED e seus funcionários, por terem disponibilizado a área e possibilitado a implantação deste trabalho.

Ao Professor Norberto Mario Rodriguez, pela orientação durante a execução do projeto, pela confiança e disponibilidade.

Ao Professor Lúcio Carlos Gonçalves, pela amizade, orientação e confiança.

Ao Doutor Rogério Martins Maurício, pela amizade, orientação e auxílio nesta caminhada.

Ao Doutor Roberto Camargos Antunes, pela amizade e pela contribuição na finalização deste trabalho.

Ao Doutor Thierry Ribeiro Tomich, por ter estado sempre disponível para contribuir.

Ao Professor Décio e à Professora Eloísa, pelas valiosas contribuições.

Ao Toninho e Carlos, pela amizade e colaboração imprescindível durante as análises laboratoriais.

À Marcela, da PUC-Betim, e ao Marcos e à Kelly, do LAB-NUTRI, pela colaboração com as análises laboratoriais.

Aos colegas do grupo de Nutrição Animal: Wilson, Gabriel, Alex, Deborah, Cristiano, Fernanda, Merith, Izabela, Luciano, Guilherme, Flavia, Fred, Pedro, Thiago e tantos outros que me acompanharam durante o curso.

Ao Wellington, que esteve sempre disposto a ajudar quando havia alguma dificuldade.

Aos amigos Carlos Eugênio, Daniel Crepaldi, Edgar, Robertinho, Daniel e Diogo, pelo companheirismo, e a todos os colegas da Escola de Veterinária, companheiros que, apesar de não terem sido citados, foram importantes durante o curso.

Aos professores e funcionários da Escola de Veterinária, que tiveram as suas parcelas de contribuição na minha formação.

Ao Dr. Paulo Macedo e a Viviane, pela ajuda incondicional na revisão deste trabalho.

Aos meus pais, Ronaldo e Suely, minhas Irmãs, Carolina e Fabiana, que sempre apoiaram minha iniciativa, e a toda minha família pelo apoio e exemplo.

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 O capim Panicum maximum	19
2.1.1 Composição morfofisiológica do capim Panicum maximum	19
2.1.2 Cultivares	19
2.1.3 Composição bromatológica e digestibilidade in vitro	21
2.1.4 Produção animal	21
2.2 Silagem	22
2.2.1 Aspectos gerais	22
2.2.2 Microbiologia da silagem	25
2.2.3 Qualidade da silagem	28
2.2.4 Silagem de capim	30
2.3 Avaliação de forrageiras	31
2.3.1 Técnica in vitro de produção de gases	31
2.3.2 Técnica de degradabilidade in situ	34
2.3.3 Consumo e digestibilidade	37
2.4 Valor energético dos alimentos	40
CAPÍTULO 3 – PRODUTIVIDADE, CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE IN VITRO DO CAPIM PANICUM MAXIMUM CV TANZÂNIA EM CINCO DIFERENTES IDADES DE CORTE.	43
3.1 Resumo	43
3.2 Introdução	43
3.3 Material e métodos	43
3.4 Resultados e discussão	45
3.5 Conclusão	58
CAPÍTULO 4 - PERFIL DE FERMENTAÇÃO DA SILAGEM DE PANICUM MAXIMUM CV TANZÂNIA EM QUATRO IDADES DE CORTE.	59
4.1 Resumo	59
4.2 Introdução	59
4.3 Material e métodos	60
4.4 Resultados e discussão	61
4.5 Conclusão	75
CAPÍTULO 5 - CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS DA SILAGEM DE PANICUM MAXIMUM CV TANZÂNIA EM QUATRO IDADES DE CORTE.	76
5.1 Resumo	76
5.2 Introdução	76
5.3 Material e métodos	76
5.4 Resultados e discussão	79
5.5 Conclusão	93
CAPÍTULO 6 - CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE E VALORES DE ENERGIA LÍQUIDA DA SILAGEM DE PANICUM MAXIMUM CV TANZÂNIA.	94
6.1 Resumo	94
6.2 Introdução	94
6.3 Material e métodos	95

6.4	Resultados e discussão	97
6.5	Conclusão	109
CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS		110
CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		111

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação da qualidade das silagens	28
TABELA 2 - Análise de variância para o delineamento em blocos ao acaso	44
TABELA 3 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.	45
TABELA 4 – Valores médios de altura das plantas (ALT, cm), produção de massa de forragem total (PMFV, kg/ha) e produção de matéria seca (PMS kg/ha) e do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	46
TABELA 5 – Valores médios dos teores de matéria seca das folhas (MSF,%), percentual defolhas na matéria seca (FMS,%), matéria seca das hastes (MSH,%), percentual de hastes na matéria seca (HMS,%), matéria seca da matéria morta (MSMM,%), e percentual de matéria morta na matéria seca (MMMS,%), no capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	47
TABELA 6 – Valores médios dos teores de matéria seca (MS,%), matéria mineral (MM,%), matéria orgânica (MO,%), extrato etéreo (EE,%) e proteína bruta (PB,%) no capim Tanzânia, cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	48
TABELA 7 – Valores médios dos teores de fibra em detergente neutro (FDN,%), fibra em detergente ácido (FDA,%), hemiceluloses (HCEL,%), celulose (CEL,%) e lignina em detergente ácido (LIG,%) no capim Tanzânia, cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	51
TABELA 8 – Valores médios dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN,%), nitrogênio insolúvel em detergente neutro em percentual do nitrogênio total (NIDN/N,%), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA,%) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em percentual do nitrogênio total (NIDA/N,%) no capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	53
TABELA 9 - Valores médios de produção acumulada de gases do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	54
TABELA 10 – Valores médios de degrababilidade in vitro da matéria seca do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	55
TABELA 11 – Parâmetros da curva de produção acumulada de gases e degradabilidade efetiva da matéria seca (DIEMS), segundo France (1993) para o capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias	57
TABELA 12 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas determinadas nos dias 0, 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 de abertura.	60
TABELA 13 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas determinados nos dias 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 de abertura.	61
TABELA 14 - Valores médios de matéria seca (%) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	62
TABELA 15 - Valores médios de matéria mineral (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	63
TABELA 16 - Valores médios de proteína bruta (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	63

TABELA 17 - Valores médios de fibra em detergente neutro (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	64
TABELA 18 - Valores médios de fibra em detergente ácido (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	65
TABELA 19 - Valores médios de carboidratos solúveis em etanol 80% (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	66
TABELA 20 - Valores médios da digestibilidade in vitro da matéria seca (%) da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	67
TABELA 21 - Valores médios de pH da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	68
TABELA 22 - Valores médios de nitrogênio amoniacal (% do nitrogênio total) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	69
TABELA 23 - Valores médios de ácido láctico (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	70
TABELA 24 - Valores médios de ácido acético (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	71
TABELA 25 - Valores médios de ácido propiônico (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	72
TABELA 26 - Valores médios de ácido butírico (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	72
TABELA 27 - Valores médios de etanol (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.	74
TABELA 28 – Parâmetros de qualidade da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	74
TABELA 29 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.	78
TABELA 30 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.	79
TABELA 31 - Valores médios de pH e N-NH ₃ no líquido ruminal de carneiros em relação ao tempo de fornecimento da dieta.	80
TABELA 32 - Valores médios de matéria seca (MS,%), pH, nitrogênio amoniacal percentual do nitrogênio total (NNH ₃ /N,%), ácido láctico (%), ácido acético (%), ácido butírico (%) das silagens de capim Tanzânia cortado às idades de 42, 63, 84 e 107 dias ensilado em tambores.	81
TABELA 33 - Valores médios de matéria orgânica (MO,%), proteína bruta (PB,%), fibra em detergente neutro (FDN,%), fibra em detergente ácido (FDA,%), hemiceluloses (HCEL,%), nitrogênio insolúvel em detergente neutro na matéria seca (NIDN,%), nitrogênio insolúvel em detergente neutro percentual do nitrogênio total (NIDN/N,%), nitrogênio insolúvel em detergente ácido na matéria seca (NIDA,%), nitrogênio insolúvel em detergente ácido	

percentual do nitrogênio total (NIDA/N,%) e celulose (CEL,%) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias ensilado em tambores.	81
TABELA 34 - Valores médios de desaparecimento ruminal (%) da matéria seca da silagem de Panicum maximum cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	81
TABELA 35 - Parâmetros da degradação potencial ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca da silagem de Panicum maximum cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	83
TABELA 36- Valores médios de desaparecimento ruminal (%) da proteína bruta da silagem de Panicum maximum cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	84
TABELA 37 - Parâmetros da degradação potencial ruminal e degradabilidade efetiva da proteína bruta da silagem de Panicum maximum cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	85
TABELA 38 - Valores médios de desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente neutro da silagem de Panicum maximum cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	85
TABELA 39 - Parâmetros da degradação potencial ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro da silagem de Panicum maximum cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	87
TABELA 40 - Valores médios de desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente ácido da silagem de Panicum maximum cv Tanzânia cortado ao 42, 63, 84 e 107 dias.	88
TABELA 41 - Parâmetros da degradação potencial ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido da silagem de Panicum maximum cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	89
TABELA 42 - Valores médios de produção acumulada de gases da silagem do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	91
TABELA 43 - Parâmetros da curva de produção acumulada de gases e degradabilidade efetiva da matéria seca segundo France (1993) para a silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	92
TABELA 44 – Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.	96
TABELA 45 – Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.	97
TABELA 46 - Valores médios de consumo de matéria verde (g/dia;CMV), consumo de matéria seca total (g/dia;CMST), consumo de matéria seca por quilograma de peso metabólico (g/kg ^{0,75} ; CMSPM) e digestibilidade aparente da matéria seca (%; DAMS) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.	97
TABELA 47 - Valores médios de consumo de proteína bruta (g/dia, CPBT), consumo de proteína bruta por quilograma de peso metabólico (g/kg ^{0,75} , CPBPM) e digestibilidade aparente da proteína bruta (%; DAPB) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.	99
TABELA 48 - Valores médios de nitrogênio urinário (g, NU), nitrogênio nas fezes (g, NF), nitrogênio consumido (g, NC), balanço de nitrogênio (g, BN) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.	100
TABELA 49 - Valores médios de consumo de extrato etéreo total (g/dia;CEET), consumo de extrato etéreo por quilograma de peso metabólico (g/kg ^{0,75} ; CEEPMP) e digestibilidade aparente do extrato etéreo (%DAEE) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.	101
TABELA 50 - Valores médios de consumo de fibra em detergente neutro total (g/dia;CFDNT), consumo de fibra em detergente neutro por quilograma de peso metabólico (g/kg ^{0,75} ; CFDNPM) e digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (%; DAFDN) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.	102
TABELA 51 - Valores médios de consumo de fibra em detergente ácido total (g/dia;CFDAT), consumo de fibra em detergente ácido por quilograma de peso metabólico (g/kg ^{0,75} ; CFDAAPM)	

e digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido (% DAFDA) das silagens de capim Tanzânia cortado às idades de 42, 63, 84 e 107 dias, em ovinos.	103
TABELA 52 - Valores médios de consumo de energia bruta diária (CEBT, Kcal/dia), consumo de energia bruta por quilograma de peso metabólico (CEBPM, Kcal/kg ^{0,75}), digestibilidade aparente da energia bruta (DAE, %) consumo de energia digestível por quilograma de peso metabólico (CEDPM, Kcal/kg ^{0,75}) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.	104
TABELA 53 - Produção de metano (CH ₄), dióxido de carbono (CO ₂) e consumo de oxigênio (O ₂) e coeficiente respiratório (CR) de ovinos alimentados com silagens de capim Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias.	105
TABELA 54 – Valores médios para a perda de energia diária pela urina (EU, Kcal/dia), perda de energia pela urina por quilograma de peso metabólico (EUPM, Kcal/kg ^{0,75}), perda de energia pela produção de metano por quilograma de peso metabólico (EmetPM, Kcal/kg ^{0,75}), custo energético para a excreção de nitrogênio pela urina (EUN, Kcal/g N), consumo de energia metabolizável por quilograma de peso metabólico (CEMPM, Kcal/kg ^{0,75}), consumo de energia líquida por quilograma de peso metabólico (CELPM, Kcal/kg ^{0,75}) e balanço energético diário (BE, Kcal/dia) em ovinos consumindo silagem de capim Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias.	107
TABELA 55 – Valores médios de energia digestível (ED, Mcal/kg), nutrientes digestíveis totais (NDT,%), energia metabolizável (EM, Mcal/kg), energia líquida (EL, Mcal/kg), metabolizabilidade da energia bruta (q _m) e eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k _m) para as silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	107

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Taxa de produção total de gases (ml/g de matéria seca/hora ⁻¹) do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	53
FIGURA 2 – produção acumulada de gases (ml/g de matéria seca) do capim Tanzânia, cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	54
FIGURA 3 – Fração molar de ácido acético, ácido butírico e ácido lático nos diferentes tempos de abertura da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.	73
FIGURA 4 – Taxa de produção total de gases (ml/g de matéria seca/hora ⁻¹) das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	90
FIGURA 5 – Produção acumulada de gases (ml/g de matéria seca) das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.	91
FIGURA 6 – Relação entre os valores de energia obtidos a partir das equações propostas pelo National ... (2001) no eixo y e as obtidas neste experimento para a silagem de capim Tanzânia no eixo x.	108

RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o potencial de uso do capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv Tanzânia) colhido em diferentes idades para a produção de silagem. No primeiro experimento, avaliou-se o capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias quanto à produtividade, características agrônômicas e composição bromatológica. Observou-se aumento na altura da planta do capim Tanzânia até os 84 dias, com aumento da produção de massa verde de forragem e produção de matéria seca com o avançar da idade ao corte desta forrageira, com diminuição do percentual de folhas e aumento no percentual de hastes. Na composição bromatológica, foram observadas diminuição dos teores de proteína bruta e aumento das frações fibrosas com o avançar da idade ao corte da forrageira. Os resultados obtidos foram refletidos na cinética de fermentação ruminal do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias, descrita pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, demonstrando menor potencial de produção de gases, menor taxa fracional de fermentação, e, conseqüentemente, menor degradabilidade efetiva da matéria seca. No segundo experimento, avaliou-se o perfil de fermentação das silagens de capim Tanzânia cortado às idades de 42, 63, 84 e 107 dias nos tempos de abertura de 0, 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 dias através do uso de silos de laboratório. Em função da composição nutricional (matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos solúveis em etanol 80% e digestibilidade *in vitro* da matéria seca) e dos parâmetros de fermentação (pH, nitrogênio amoniacal como percentual do nitrogênio total, ácido láctico, ácido acético, ácido propiônico, ácido butírico e etanol), as silagens de capim Tanzânia podem ser classificadas como sendo de baixa qualidade. No terceiro experimento, estudou-se a cinética de degradação e fermentação das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias, mediante o uso da técnica *in situ* e da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. Na metodologia *in situ*, os valores de degradabilidade efetiva diminuíram com o aumento da idade ao corte para todas as frações nutricionais. Quanto aos parâmetros da cinética de fermentação obtidos pela metodologia *in vitro*, observou-se que o potencial máximo de produção de gases e a degradabilidade efetiva da matéria seca diminuíram com o aumento da idade ao corte da forrageira ensilada. No quarto experimento foi avaliado o consumo voluntário e a digestibilidade aparente dos componentes nutricionais das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias, sendo que nas silagens aos 63, 84 e 107 dias foram determinados os valores de energia metabolizável e energia líquida através de calorimetria indireta. Não se observou diferença no consumo voluntário de matéria seca, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido das silagens de capim Tanzânia em ovinos. O consumo voluntário de proteína bruta diminuiu com o avançar da idade ao corte da forrageira ensilada até a idade de 84 dias. As concentrações de nutrientes digestíveis totais diminuíram com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia ensilado. Não foi observada diferença significativa para a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção entre as diferentes silagens. Para a produção de silagem, o capim Tanzânia deve ser cortado no intervalo de 42 a 63 dias.

PALAVRAS-CHAVES: valor nutritivo, consumo, digestibilidade, *in situ*, produção *in vitro* de gases, energia líquida.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the potential for use of *Tanzania* grass (*Panicum maximum* cv. Tanzania) cut at different ages for the production of silage. In the first experiment, *Tanzania* grass, cut at 42, 63, 84, 107 and 126 days of growth, was evaluated considering its productivity, agronomic characteristics and chemical composition. It was observed gain in height of *Tanzania* grass until the 84th day, with increased production of green fodder and mass production of dry material with the advancing age of cutting of forage, with a decrease in the percentage of leaves and an increase in the percentage of stems. Regarding chemical composition, it was detected a decrease in crude protein percentage and an increase of fibrous fractions with the advancing of age. The results were reflected in the kinetics of rumen fermentation of Tanzania grass cut on the 42nd, 63rd, 84th, 107th and 126th days, described by semi-automated *in vitro* gas production technique, showing less potential for gas production, lower rate of fractional of fermentation, and consequently less effective degradability of dry matter. In the second experiment, the profile of fermentation of the *Tanzania* silage, cut on the 42nd, 63rd, 84th and 107th days of growth, at silo opening times of 0, 1, 3, 5, 7, 14, 28 and 56 days, was evaluated by using laboratory silos. According to the nutritional composition (dry matter, mineral matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, carbohydrates soluble in 80 % ethanol and *in vitro* dry matter digestibility) and to the parameters of fermentation (pH, ammonia nitrogen as a percentage of total nitrogen, lactic acid, acetic acid, propionic acid, butyric acid and ethanol), the *Tanzania* silage can be classified as a low quality one. In the third experiment it was studied the kinetics of degradation and fermentation of *Tanzania* silage cut on the 42nd, 63rd, 84th and 107th days, by using *in situ* and semi-automated *in vitro* gas production techniques. Concerning the *in situ* methodology, the values for effective degradability declined, as the age of cutting increased, for all nutritional fractions evaluated. For the parameters of kinetics of fermentation obtained by *in vitro* methodology, it was noticed that the the maximum potential for maximum gas production and effective degradability of dry matter *in vitro* declined as the age of cutting of ensiled forage increased. In the fourth experiment, it were evaluated the voluntary intake and apparent digestibility of nutritional components of *Tanzania* grass silage cut on the 42nd, 63rd, 84th and 107th days, whereas the values of metabolizable energy and net energy were determined through indirect calorimetry in silages of 63, 84 and 107 days. There was no difference noticed in the voluntary intake of dry matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of grass silage in sheep. The voluntary intake of crude protein decreased as the age of cutting of ensiled forage increased, until the age of 84 days. The concentrations of total digestible nutrients have also decreased as the age of cutting of forage increased. It was not observed a significant difference to the efficiency of use of metabolizable energy for maintenance among different silages. For the production of grass silage, *Tanzania* should not be cut in the range of 42 to 63 days.

KEYWORDS: digestibility, *in vitro* gas production, *in situ*, intake, net energy, nutritive value.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Os sistemas de criação de ruminantes no Brasil têm na pastagem sua principal fonte de alimento. A produção das gramíneas tropicais pode ser dividida em duas estações bem definidas: o período das águas, quando há grande disponibilidade de forrageiras com alta qualidade nutricional, e o período da seca, quando seu crescimento torna-se restrito devido às condições climáticas, com conseqüente redução na qualidade da forrageira. Desta forma, deve haver planejamento alimentar na tentativa de se ajustar o suprimento à demanda de forragem em todas as épocas, possibilitando, assim, a produção uniforme ao longo do ano.

A escolha de alternativas visando minimizar os efeitos da sazonalidade na produção de plantas forrageiras deve ser coerente com o nível de exploração pecuária, diferenciando-se em função do nível de intensificação do uso das pastagens.

O uso de pastagens em sistema contínuo, com o ajuste da taxa de lotação baseando-se no período das águas, demanda alimentação suplementar durante o período seco. Se o ajuste da taxa de lotação tiver como objetivo a ausência de alimentação suplementar no período seco, isto levará ao subpastejo com a formação de macegas no período das águas, havendo, assim, a perda da maior parte da forragem produzida.

A situação agrava-se quando a forrageira utilizada é do gênero *Panicum*, já que esta concentra sua produção de matéria seca no verão em torno de 87% da produção anual (Jank et al. 1997). Pedreira (1972) citado por Corsi (1995) estimou que fosse necessária uma variação muito ampla, de 0,2 a 5,3 UA/ha, na lotação animal, para ajustar o consumo de forragem à taxa de crescimento do capim Colônia (*Panicum maximum*) durante o ano. Dessa forma, surge como alternativa a conservação do excedente da produção das pastagens, através de fenação ou ensilagem, permitindo o equilíbrio entre a oferta e a demanda. Todavia, devem ser

considerados os aspectos relacionados à eficiência dos sistemas de colheita, processamento e conservação, assim como a qualidade da forragem produzida e os aspectos econômicos. A produção e conservação de forragem de alto valor nutritivo são de extrema importância para garantir a continuidade da oferta de forragem durante o período de escassez de pasto, permitindo aos animais plenas condições para exibirem seu potencial genético.

Dentre os métodos de conservação de forragens, a fenação é uma prática arriscada, em grande parte do Brasil, uma vez que, no momento em que a quantidade e a qualidade das forrageiras estão adequadas para o corte, ocorrem chuvas freqüentes. A silagem é vantajosa por poder ser feita quando a forrageira apresenta seu melhor valor nutricional, com menor dependência das condições meteorológicas. O primeiro pré-requisito para a ensilagem de uma forrageira é que esta seja colhida no estágio de crescimento em que possua alto valor nutritivo com concentrações de carboidratos adequados para a fermentação.

A determinação do momento de corte é fundamental, já que é reconhecido o fato de o valor nutritivo decrescer com a maturidade, ao passo que o acúmulo de massa de forragem aumenta. O estudo do padrão de fermentação da silagem de forragens em diferentes idades ao corte torna-se necessário para que se determine o momento em que a composição bromatológica irá favorecer a ocorrência de um bom padrão fermentativo.

Objetivou-se com este estudo avaliar o potencial de uso do capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv Tanzânia), colhido em diferentes idades, para a produção de silagem. O trabalho compreende quatro experimentos, sendo que no primeiro experimento determinaram-se as características agrônômicas, bromatológica e digestibilidade *in vitro* daquela forrageira

nas diferentes idades avaliadas, no segundo experimento avaliou-se o perfil de fermentação das silagens, no terceiro experimento estudou-se a cinética de degradação e fermentação das silagens, e no quarto experimento foram avaliados o consumo voluntário, a digestibilidade e os valores de energia líquida das silagens de capim Tanzânia.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O capim *Panicum maximum*

2.1.1 Composição morfofisiológica do capim *Panicum maximum*

Os capins do gênero *Panicum* são originários da África Tropical. No entanto, são encontradas formas nativas na África do Sul (Jank, 1995). Quanto à sua introdução no Brasil, existem duas versões, segundo Aronovich (1995). A primeira é que esta se deu pelo tráfico de escravos no período colonial (século XVIII), sendo os capins do gênero *Panicum* usados como cama nos navios negreiros. A outra versão sugere que a introdução foi feita por Tomé de Sousa, no século XVI. Segundo este autor, a espécie *Panicum maximum* ocupava aproximadamente seis milhões de hectares, sendo cultivada em todas as regiões do país naquela época.

O *Panicum maximum* é caracterizado como uma gramínea de crescimento cespitoso, vigorosa, variando a altura de acordo com o cultivar e a estação do ano; apresenta folhas largas e haste espessa e achatada, com inflorescências em panículas densas. Prefere regiões com temperatura superior a 15 °C, adaptando-se a regiões de alta temperatura e pluviosidade acima de 1300 mm e altitudes entre 0 a 2500 metros. Não tolera geada, e sua resistência à seca é considerada baixa. Não tolera áreas alagadas e de drenagem deficiente. É tolerante ao fogo, rebrotando após sua passagem. Demanda um solo fértil, sendo sugeridos valores de saturação de bases de pelo menos 60%. Prefere solos leves, profundos, friáveis, demonstrando alta resposta à adubação nitrogenada e fosfatada. O plantio é feito por sementes no período de novembro a janeiro, sendo as sementes enterradas no máximo a dois centímetros de profundidade. Caracteriza-se por apresentar baixo crescimento invernal, em torno de 7 a 10% da produção anual, com 30 a 60 % de folhas em função do cultivar. Responde bem à irrigação, apresentando aumento na

produção de matéria seca (MS), embora esta estratégia não altere o baixo crescimento invernal da forrageira. É caracterizada como uma gramínea altamente palatável, de alta produtividade (de 24 a 38 t de MS/ha/ano), com grande participação de folhas, o que resulta em alto valor nutritivo com média de digestibilidade da matéria seca (DIVMS) de 61,7 %. No entanto, pode apresentar problemas quanto aos teores de ácido oxálico (McCosker e Teitzel, 1975; Oliveira e Alcântara, 1978; Gomide et al., 1984; Gomide et al., 1986; Ghisi et al., 1989; Hill et al., 1989; Vallejos et al., 1989; Jank et al., 1994; Aronovich, 1995; Corsi, 1995; Jank, 1995; Silva, 1995; Vieira e Kichel, 1995; Grassland..., 1998; Alcântara et al., 1980; Costa e Oliveira, 1994).

2.1.2 Cultivares

A partir do início do século, houve uma série de introduções de material genético do gênero *Panicum* no Brasil, estas se limitaram a cultivares australianos, como as cultivares Gatton e Hamil. A partir da década de 1980, foram lançadas as cultivares resultantes do trabalho de melhoramento genético no Brasil. Em 1982, foram lançadas a cultivar Tobiata e, respectivamente, em 1986 e 1988, as cultivares Centenário e Centauro pelo Instituto Agrônomo de Campinas; em 1989, o Instituto de Zootecnia lançou a cv Aruana; em 1990, a EMBRAPA-CPAC lançou a cultivar Vencedor. Em 1990 foi lançada a cultivar Tanzânia pela EMBRAPA-CNPQC, que em 1993 lançou a cultivar Mombaça, e em 2001 a cultivar Massai.

O *Panicum maximum* cv. Tanzânia refere-se ao acesso BRA-007218 ou ORSTOM T58, coletado em 1969 em Korogwe, Tanzânia, tendo sido lançado pela EMBRAPA em 1990. Esta planta apresenta altura média de 1,3 m com folhas decumbentes, glabras, sem cerosidade, com colmos arroxeados; as inflorescências são do tipo panículas, e as espiguetas arroxeadas. Produz entre 26 e 33 ton. MS/ha/ano, sendo 11 % desta na estação seca, apresentando em média 79 % de folhas

durante o ano, com teor de proteína bruta (PB) de 11,7 % na planta inteira (Jank et al., 1997, Savidan et al., 1990). Benedetti et al. (2001) observaram que a irrigação do capim Tanzânia na época da seca não apresentou efeito na produção por área da forrageira.

A cultivar Tanzânia tem se destacado pela maior facilidade de manejo por possuir menor porte e abundância de folhas, permitindo pastejo mais uniforme e diminuindo a ocorrência de macegas (Jank, 1995). Além disso, tem sido relatada menor queda na produção a partir do segundo ano após o estabelecimento, maior taxa de rebrote das plantas, maior ganho de peso por animal e por área, maior tolerância à cigarrinha das pastagens desta cultivar. Quando comparada às outras cultivares da espécie *Panicum maximum* (Jank et al., 1994; Jank, 1995; Jank, 1995; Vieira e Kichel, 1995). Corsi e Santos (1995) citam ainda que o cv. Tanzânia tem apresentado resultados mais favoráveis quanto à persistência da produção em solos de menor fertilidade, fato que justifica a menor perda na produção forrageira com o avançar dos anos.

Viera et al. (1980) estudaram o efeito das idades de corte (30, 45, 60 e 75 dias) na produção de MS e DIVMS do capim Colômbio. Observou-se que a produção de MS foi maior com o aumento da idade ao corte. Ao atingir 75 dias, o peso de MS de hastes aproximou-se ao peso de MS de folhas tornando a relação haste: folha igual a 1,02. Nas outras idades, o peso de MS de folhas foi sempre superior ao das hastes, ficando a relação haste: folha menor que 0,87. A idade ao corte apresentou um efeito significativo na porcentagem de MS de haste e folhas, sendo expresso pela equação: %MS = 12,3+0,2*idade. Os coeficientes de DIVMS, obtidos por estes autores para as idades de 30, 45, 60 e 75 dias, foram, respectivamente, de 86,95 %, 85,32 %, 76,26 % e 73,01 % para as folhas e 90,69 %, 79,42 %, 75,92% e 64,30 % para as hastes. Para as diferentes partes da planta,

observou-se que, à medida que a planta amadurece, há um decréscimo na DIVMS. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Weber e Haag (1984), os quais demonstraram a queda da digestibilidade com o aumento da idade ao corte da planta inteira. Estes autores encontraram valores de DIVMS para a cv Makueni de 53,06 %, 45,04 %, 44,27 %, 42,27 %, 41,40 % e 29,4 %, respectivamente para as idades de 30, 60, 90, 120, 150 e 170 dias, descrevendo uma função linear (DIVMS=55,7-0,1*idade; R²=0,99).

Gerdes et al. (2000b) estudaram as características agronômicas e produtivas do capim Tanzânia em função da estação do ano, com 35 dias de crescimento, no estado de São Paulo. No inverno, a forrageira apresentou valor de 22,92% de MS, valores aproximados nas estações da primavera (19,35%) e do verão (19,5%), e valor de 16,94 % de MS no outono. As percentagens de lâmina foliar no capim Tanzânia variaram de 81,67% na primavera a 97,33% no inverno. Costa et al. (1992) observaram aumento na produção de matéria seca (PMS) dos capins Colômbio e Tobiatã com o avançar da idade ao corte de 28 a 42 dias. Ezequiel e Favoretto (2000) observaram aumento na PMS e matéria seca foliar com o aumento das idades ao corte de 28, 35 e 42 dias para o capim Colômbio. Estes autores observaram ainda a diminuição na produção de proteína bruta (PB) e aumento de produção de fibra em detergente ácido (FDA) com o aumento da idade ao corte do capim Colômbio.

Cecato et al. (2000), avaliando seis cultivares de *Panicum maximum* (Aruanã, Centenário, Colômbio, Mombaça, Tanzânia e Tobiatã) às alturas de corte de 20 cm e 40 cm no período seco e chuvoso, concluíram que o capim Tanzânia é o mais adaptado a manejo em cortes mais baixos no período chuvoso em função da PMS.

2.1.3 Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro*

Machado et al. (1999) encontraram valores de PB, fibra em detergente neutro (FDN), FDA e DIVMS, respectivamente, de 11,8%, 75,7%, 43,3% e 63,1% para o capim Tanzânia no período chuvoso; e 12,0%, 71,1%, 41,1% e 64,9% respectivamente, para o capim Tanzânia no período seco.

Benedetti et al. (2001) observaram aumento nos teores de FDA, FDN e celulose (CEL) e diminuição no teor de PB do capim Tanzânia com o aumento das idades ao corte de 30, 45, 60 e 75 dias nos períodos da águas e da seca.

Gerdes et al. (2002) observaram, com o corte aos 145 dias, valores de PMS de 6,04 ton./ha com teor de 20,86% de MS, 11,81% de PB, 73,79% de FDN e coeficiente de DIVMS de 56,23 % para o *Panicum maximum* cv Tanzânia.

No noroeste do estado de São Paulo, Soares Filho et al. (2002) encontraram valores médios de PB para o capim Tanzânia, de 11,0 % na estação das águas e 10,1 % na estação da seca. Estes mesmos autores observaram teor de FDN e coeficiente de DIVMS de 70,6 % e 53,5 % para a estação das águas, e 70,2 % e 62,4 % para a estação da seca. Estes autores observaram que o comportamento da PMS anual do capim Tanzânia foi de 15,1% no inverno e 84,9% nas águas.

Devasena et al. (1994) estudaram a composição bromatológica e a degradabilidade da MS do capim Colômbio nas idades de 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias de crescimento. Observou-se que, com o aumento da idade de crescimento, o capim Colômbio apresentou aumento do teor de MS (de 14,34% para 30,68%), FDN (de 61,18% para 72,72%) e FDA (de 49,07% para 56,17%); e decréscimo nos teores de PB (de 15,79% para 7,02%) e DIVMS (de 68,13% para 42,94%). Nessas idades de crescimento, os autores observaram valores de degradabilidade efetiva da MS para o capim

Colômbio com taxa de passagem de 0,05%/h de 53,41%, 38,11%, 36,69%, 35,68%, 35,11%, e 32,51%, respectivamente, para as idades de 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias de crescimento. Barbi et al. (1995) avaliaram pela metodologia *in situ* a cultivar Tobiata (*Panicum maximum* cv Tobiata) em quatro idades de corte (28, 56, 84 e 112 dias). Estes autores encontraram valores de potencial máximo de degradação ruminal de 85,57%, 80,21%, 67,50% e 58,74%, respectivamente, para as idades de 28, 56, 84 e 112 dias. A taxa de degradação da fração lentamente degradada desta gramínea, encontrada neste trabalho, foi equivalente estatisticamente para todas as idades de corte, ficando entre 3,07%/hora a 4,17%/hora. Para a cv. Mombaça, Silva et al. (2001) encontraram o decréscimo linear da degradabilidade da MS com o avanço da idade de corte de 21 até 56 dias.

Mello et al. (2002) estudaram a cinética de degradação ruminal da MS e da FDN do capim Tanzânia cortado aos 30, 40 e 50 dias. A fração solúvel e lentamente degradável da MS e da FDN do capim Tanzânia diminuiu com o aumento da idade ao corte ($P < 0,05$). No entanto, não foi observada diferença entre as taxas de degradação da fração lentamente degradável entre as gramíneas colhidas nas diferentes idades, ficando em média de 6,26%/hora para a MS e 5,34%/hora para a FDN.

2.1.4 Produção animal

Resultados de desempenho animal em pastagens de capim Tanzânia, observados na literatura, demonstram o grande potencial desta forrageira para os sistemas de produção animal em regime de pasto. Sugere-se a altura de saída das pastagens de *Panicum maximum* de 35 cm em pastejo rotacionado (Grassland Index, 1998). Santos et al. (2003) sugerem como período de descanso para o capim Tanzânia, quando da sua utilização em sistemas de pastejo rotacionado, o intervalo de cerca de 38 dias no período de outubro a abril, 28 dias de

abril a maio, e aproximadamente, 48 dias entre maio e setembro.

McCosker e Teitzel (1975) consideraram as gramíneas da espécie *Panicum maximum* como capazes de ensejar grandes resultados de produção animal, descrevendo ganhos de peso que variam de 279 a 1360 kg/ha/ano na dependência do nível de adubação e da utilização de irrigação.

Ruggieri et al. (1997) observaram ganhos médios de peso diário de 580 gramas em bovinos machos castrados na pastagem de capim Tanzânia em pastejo contínuo com disponibilidade de MS de 6722 kg/ha com 56,3% de folhas.

Santos et al. (1999) estudaram o comportamento do capim Tanzânia em pastejo rotacionado com intervalos de pastejo de 28, 38 e 48 dias. Foi observado o aumento da massa de forragem por pastejo de 4486 kg/ha para 6757 kg/ha com o aumento dos intervalos de pastejo de 28 para 48 dias. O período de janeiro a fevereiro concentrou a maior taxa de acúmulo de forragem para o capim Tanzânia.

Euclides et al. (1999) estudaram o consumo e o desempenho de bovinos de corte em pastagens de três cultivares de *Panicum maximum* (Colônia, Tobiata e Tanzânia) sob pastejo contínuo. O capim Tanzânia propiciou maior ganho médio de peso diário (485 g/animal/dia) e menor tempo de pastejo (561 min./dia), não havendo diferença no consumo voluntário de MS entre as cultivares avaliadas. Estes autores observaram correlação entre as características estruturais (disponibilidade de folhas e relação material verde: material morto) e os teores de FDN do capim Tanzânia com os resultados de desempenho.

No entanto, como representante da espécie *Panicum maximum*, o cultivar Tanzânia também demonstra baixa taxa de crescimento invernal. Assim, estratégias de produção de alimentos volumosos para o período seco do ano devem ser adotadas. A

silagem destaca-se pela maior independência das condições climáticas para a sua execução, já que não é necessária a secagem da forrageira durante o processo de ensilagem. Além disso, o corte da forrageira pode funcionar como técnica de manejo de pastagem durante o período das chuvas, o que possibilita o aproveitamento do excedente de forragem produzida no período das águas, principalmente nos cultivares de *Panicum maximum*, que se caracterizam pelas altas taxas de crescimento durante este período, igualando desta forma a disponibilidade de alimento volumoso durante o ano.

2.2 Silagem

2.2.1 Aspectos gerais

A ensilagem é o método de conservação da forragem baseado na fermentação láctica espontânea sobre condição de anaerobiose. Segundo McDonald et al. (1991) a rapidez na obtenção de anaerobiose e na produção de ácido láctico são as principais metas a serem alcançadas durante o processo de ensilagem para que ocorra a fermentação láctica sem que haja fermentações secundárias. Segundo Elferink et al. (1999), o processo de ensilagem pode ser dividido em quatro fases: aeróbica, fermentativa, estabilidade e degradação aeróbica.

A fase aeróbica apresenta poucas horas de duração, consistindo no processo de redução do oxigênio pela respiração celular vegetal, microorganismos aeróbicos e aeróbicos facultativos presentes na planta. Nesta fase, os valores de pH do suco da forrageira ensilada permanecem inalterados (Elferink et al., 1999).

No primeiro momento após o corte, a planta converte em calor toda a energia proveniente da respiração celular advinda da oxidação da glicose (McDonald et al., 1991, Pettersson e Lindgren, 1990). Com isso, ocorre o consumo do oxigênio residual, produzindo dióxido de carbono, água e calor (Muck, 1988). O calor não dissipado acaba sendo absorvido pela massa ensilada, o que faz

com que aumente a temperatura no silo (Henderson, 1993; McDonald et al., 1991). O aumento de temperatura nas silagens pode levar à indisponibilização da proteína vegetal pela formação de ligações amida e ésteres, bem como reações de Maillard (McDonald et al., 1991). Com o aumento da temperatura ocorre a aceleração da ação das enzimas vegetais, permanecendo até a exaustão do oxigênio e dos açúcares disponíveis para a respiração celular (Henderson, 1993; McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999; Muck, 1988).

As enzimas vegetais têm alta atividade proteolítica e podem catabolizar alguns aminoácidos (Muck, 1988; McDonald et al., 1991). Estas são mais ativas em pH 6,0 a 7,0, mas sua ação pode continuar mesmo em pH 4,0 (Henderson, 1993; McKersie, 1985), embora com menor intensidade (Muck, 1988; McKersie, 1985). O aumento da temperatura e a lenta velocidade de abaixamento do pH, durante a ensilagem, favorecem a ação das enzimas vegetais. Segundo McDonald et al. (1991), a proteólise mediada pelas enzimas vegetais é afetada pela temperatura durante o período inicial da ensilagem e pelo pH em período mais tardio. Estas enzimas estão presentes em vacúolos no citoplasma das células das folhas das forrageiras, estando em atividade durante toda a vida da planta. Desta forma, a ruptura da estrutura da célula vegetal, durante a ensilagem, torna-se necessária para que haja a liberação das enzimas. As enzimas vegetais atuam também na degradação de ácidos orgânicos, como o málico e o cítrico, e nos carotenóides presentes na célula vegetal.

A atividade proteolítica das enzimas vegetais diminui à medida que avança o processo de fermentação no silo, sendo determinada pelo teor de MS da forragem, presença de oxigênio, pH e temperatura (Henderson 1993; McDonald et al., 1991; McKersie, 1985). De maneira geral, o principal limitante nesse processo é o oxigênio. Com a diminuição da

concentração de oxigênio no meio e a disponibilidade de glicose, ocorre a produção de etanol, de ácido lático e de alanina (McDonald et al., 1991).

A rapidez na colheita da forragem e a vedação dos silos, associadas à compactação eficiente, são ações que diminuem as perdas na fase aeróbica (Elferink et al., 1999). O atraso na vedação do silo pode resultar na menor produção de ácido lático e menor velocidade na queda do pH, havendo a substituição de bactérias lácticas por *Clostridium* e leveduras (McDonald et al., 1991).

Quanto à fase fermentativa, esta se inicia com o estabelecimento da anaerobiose. O pH atinge valores de 3,8 a 5,0 devido à produção intensa de ácido lático pela ação e predominância de bactérias lácticas. Em continuação à fase anterior, estabelece-se a fase de estabilidade, em que o pH da silagem baixa a valores de 3,8 a 4,2 (Elferink et al., 1999).

A eficiência na fase fermentativa e na fase de estabilidade depende diretamente da flora microbiana e das características da forrageira (Elferink et al., 1999; Muck, 1988). A qualidade do processo de fermentação é de fundamental importância na qualidade da silagem, por influenciar nos demais estágios da ensilagem. Para isso, é necessário que as forrageiras apresentem algumas características que favoreçam este processo como: níveis adequados de carboidratos solúveis, baixa capacidade tampão, teor de matéria seca e estrutura física que facilite a compactação (McDonald et al. 1991).

A concentração de carboidratos solúveis em água de uma forrageira varia em função da espécie, cultivar, idade, clima, adubação (McDonald et al., 1991; Haigh, 1990). Os principais carboidratos solúveis em água nas forragens utilizados durante o processo fermentativo são os monossacarídeos (glicose, frutose e galactose), dissacarídeos (sacarose e melibiose), oligossacarídeos

(rafinose e estaquiose) e alguns polissacarídeos (frutanas). As forrageiras tropicais caracterizam-se por acumular amido (Van Soest, 1994), o qual não é metabolizado pelas bactérias lácticas (McDonald et al., 1991). No entanto, as hemiceluloses podem servir como substrato para a fermentação. Estas, durante a fermentação, passam pelo processo de hidrólise ácida disponibilizando açúcares simples para o metabolismo bacteriano (Morrison, 1979; Muck, 1988; McDonald et al., 1991). Teores de carboidratos solúveis em água ao redor de 2% a 3% do peso da forragem fresca a ser ensilada são tidos como adequados para uma fermentação estável com baixo pH, predominância de ácido láctico e prevenção de fermentações secundárias (Wilkinson et al., 1983; Haigh, 1990; Pettersson e Lindgren, 1990). No entanto, para Muck (1988), o teor mínimo de carboidratos solúveis para a fermentação é dependente do teor de MS da forragem a ser ensilada.

Com o estabelecimento da anaerobiose, as bactérias lácticas produzem ácido láctico a partir dos carboidratos disponíveis. A ionização destes ácidos faz com que ocorra a redução do pH (Fairbairn et al., 1992), tornando o meio inadequado aos microrganismos indesejáveis. Valores de pH para a inibição da atividade dos *Clostridium* nas silagens variam em função do teor de MS da silagem (McDonald et al., 1991; Muck, 1988). Ao atingir o pH ideal e, conseqüentemente, o estágio de estabilidade, a regulação do pH do meio é feita por um mecanismo de retroalimentação.

A capacidade tampão em plantas forrageiras é definida como a resistência que a massa de forragem apresenta ao abaixamento do pH. Esta depende basicamente da composição da planta no que se refere ao teor de proteína bruta, amido, íons inorgânicos (Ca, K, Na) e combinação de ácidos orgânicos e seus sais (Giger-Reverdin et al., 2002; Jobim et al., 2007). A capacidade tampão determina a velocidade com que será atingido o pH para

inibição da atividade clostridiana e, conseqüentemente, o crescimento e a ação destes microrganismos (McDonald et al., 1991). O aumento dos teores de amônia na silagem aumenta a capacidade tampão da massa ensilada, influenciando no abaixamento do pH em períodos iniciais da silagem (Elferink et al., 1999).

Segundo Haigh (1990), o teor de MS da forragem a ser ensilada é fundamental para que o processo de fermentação láctica seja eficiente. Em forragens com alto teor de MS (acima de 40%), ocorre redução na capacidade de compactação, o que impede a eliminação total do ar, causando perdas de MS, pelo consumo de carboidratos por microrganismos indesejáveis, e perdas devido ao atraso na queda do pH. No entanto, silagens com maiores teores de matéria seca apresentam maior facilidade de transporte e manejo (McDonald et al., 1991). Em situação inversa, ao se ensilar forragens com alto teor de umidade, há a ocorrência de fermentação clostridiana com aumento do teor de amônia e ácido butírico. A inibição do crescimento clostridiano é dependente da relação entre pH e umidade na silagem (McDonald et al., 1991; Muck, 1988).

A produção de efluentes é inversamente proporcional ao teor de MS da forragem, ou seja, aumenta com a diminuição do teor de matéria seca. Minerais, carboidratos solúveis e aminoácidos são os principais nutrientes carregados nos efluentes das silagens (McDonald et al., 1991). Faria (1994) admite que em teores de matéria seca acima de 25% há a redução na produção de efluentes, e em teores de matéria seca acima de 30% não haverá a produção destes, bem como a diminuição da ocorrência de fermentações indesejáveis.

Com a abertura do silo, ou a infiltração de ar, por perda da vedação, inicia-se a fase de degradação aeróbica. A infiltração de ar no silo leva à perda de qualidade da silagem pela ação de leveduras e fungos, havendo a formação de ácido butírico e amônia

(McDonald et al., 1991; Muck, 1988). O contato da silagem com o oxigênio possibilita a formação de bolores, produção de calor e ocorrência de reações de Maillard (Van Soest, 1994; Faria, 1994). São observados dois picos de aumento de temperatura: o primeiro, devido à ação de leveduras, que ocorre em até três dias, e o segundo, causado por fungos, que ocorre após mais três ou quatro dias. Microrganismos que anteriormente estavam dormentes passam a se multiplicar, resultando na deterioração da silagem, levando à perda excessiva de nutrientes, além da rejeição pelos animais. O ácido lático e o ácido acético, bem como os carboidratos solúveis, são os principais substratos para os microrganismos responsáveis pela deterioração aeróbica das silagens, produzindo água, dióxido de carbono e calor. São observados aumento no pH, nitrogênio amoniacal e, em fases posteriores, decomposição dos carboidratos estruturais (McDonald et al., 1991). Verifica-se a correlação entre estabilidade aeróbica e teores de ácido butírico, isobutírico e isovalérico na silagem (McDonald et al., 1991; Muck, 1988). O consumo imediato pelos animais é a melhor forma de evitar a perda de nutrientes pela deterioração aeróbica (McDonald et al., 1991; Muck 1988), sendo então importante que haja o planejamento e dimensionamento dos silos.

Desta forma, para a obtenção de uma silagem de alta qualidade, devem ser seguidas as seguintes recomendações: colheita da forrageira no momento ideal, esta associada à produtividade, valor nutritivo e composição bromatológica que favoreça o processo fermentativo; a picagem da forrageira em partículas de aproximadamente dois centímetros; e a vedação imediata, impedindo o contato excessivo entre o material ensilado e o ar. Wilkinson (1983) conclui que na conservação de forrageiras na forma de

silagem podem ocorrer perdas quantitativas de até 20%.

2.2.2 *Microbiologia da silagem*

À medida que a fermentação avança, ocorre a substituição da flora aeróbia por anaeróbicos produtores de ácido lático. O potencial máximo de conservação é atingido quando há o predomínio de bactérias lácticas, cerca de dois a quatro dias após a ensilagem. Estas estão presentes na superfície da planta em baixo número, parecendo ter uma ação protetora pela competição com bactérias patogênicas na planta (McDonald et al., 1991). As bactérias lácticas crescem ativamente por uma a quatro semanas, baixando o pH, normalmente para valores entre 3,8 e 5,0, dependendo do conteúdo de umidade da cultura, capacidade tampão e conteúdo de carboidratos solúveis (Reis e Rosa, 2001).

Quanto ao metabolismo dos carboidratos, as bactérias lácticas podem ser classificadas em homofermentativas e heterofermentativas. As bactérias lácticas homofermentativas produzem o ácido lático a partir das hexoses, mas não se utilizam das pentoses (McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999). Estas têm como produto final exclusivo o ácido lático (Henderson, 1993). As bactérias heterofermentativas podem ser divididas em facultativas e obrigatórias (McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999). As bactérias heterofermentativas obrigatórias fermentam as hexoses a ácido lático, ácido acético, etanol e dióxido de carbono em quantidades equimolares. As bactérias lácticas heterofermentativas facultativas são capazes de fermentar as hexoses a ácido lático. No entanto, também fermentam as pentoses em ácido acético e ácido lático pela ação da fosfocetolase (McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999). Este grupo de bactérias lácticas é capaz de utilizar o ácido lático em situações de baixa concentração de carboidratos, produzindo a partir daí ácido acético (Henderson, 1993). Alguns ácidos orgânicos podem ser fermentados pelas bactérias

láticas variando o produto final em função do pH da massa ensilada (Muck, 1988). Algumas bactérias láticas são capazes de descarboxilar alguns aminoácidos formando amidas, mas em pequenas quantidades, podendo também reduzir nitrato a amônia. Em condições de aerobiose, as bactérias láticas são capazes de metabolizar glicerol, manitol, sorbitol e lactato (McDonald et al., 1991).

As fermentações secundárias durante a silagem ocorrem principalmente pela ação de bactérias dos gêneros *Enterobacteriaceae* e *Clostridium*. As *Enterobacteriaceae* têm seu crescimento acelerado nos primeiros dias da ensilagem competindo pelos carboidratos (McDonald et al., 1991; Henderson, 1993; Elferink et al., 1999). No entanto, estas são rapidamente inibidas durante a conservação pela anaerobiose e pela acidificação do meio (McDonald et al., 1991; Henderson, 1993; Elferink et al., 1999). As *Enterobacteriaceae* e os *Lactobacillus*, normalmente dominam todos os outros microrganismos de um a três dias após o fechamento do silo. Ao atingir valor de pH de 5,0, a população de *Enterobacteriaceae* diminui rapidamente, predominando as bactérias produtoras de ácido lático (Reis e Rosa, 2001).

Lactato, acetato, succinato, formato e pequenas quantidades de etanol são os produtos da fermentação dos carboidratos pelas *Enterobacteriaceae* (McDonald et al., 1991). Estas bactérias também apresentam atividade proteolítica (McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999). Segundo Elferink et al. (1999), este grupo de bactérias é capaz de degradar a proteína vegetal, formando aminas biogênicas e amônia.

Bactérias do gênero *Clostridium* são estritamente anaeróbicas, fermentam açúcares, ácido lático e proteínas (McDonald et al., 1991), produzindo ácido butírico e aminas (Henderson, 1993; Elferink et al., 1999; Reis e Rosa, 2001).

Estas bactérias estão presentes nas silagens como contaminantes vindos do solo (Henderson, 1993; McDonald et al., 1991). O crescimento das bactérias do gênero *Clostridium* é estimulado pela alta temperatura nos silos, baixos níveis de carboidratos solúveis, baixos níveis de MS e alto poder tamponante na massa ensilada, além da demora na vedação do silo (McDonald et al., 1991).

A ação deste gênero de bactérias nas silagens causa a destruição do ácido lático, demora na queda do pH e redução no valor nutricional, devido ao catabolismo de aminoácidos. Valores de pH abaixo de 4,2 inibem o crescimento clostridiano (McDonald et al., 1991; Henderson, 1993; Elferink et al., 1999; Reis e Rosa, 2001). No entanto McDonald et al. (1991) consideraram que a inibição da ação clostridiana em função do pH esteja correlacionada ao teor de MS em forragem com teores abaixo de 30%. Em forragens ensiladas com alta umidade, mesmo em situações de baixo pH, as bactérias do gênero *Clostridium* permanecem ativas (Fisher e Burns, 1987). Estas bactérias utilizam carboidratos e ácido lático para obtenção de energia, tendo como metabólito deste processo o ácido butírico (Luis e Ramirez, 1988). Associado a esse processo, ocorre a degradação de proteínas e aminoácidos e conseqüente elevação do pH por essas bactérias.

A ação proteolítica deste gênero de bactérias é de grande importância no processo de silagem, afetando a perda de MS e o consumo pelos animais (Muck, 1988). O catabolismo dos aminoácidos na silagem ocorre principalmente por três tipos de reações: deaminação, descarboxilação e reações de oxidação e redução (Ohshima et al., 1979). Na deaminação ocorre formação de amônia e na descarboxilação a formação de dióxido de carbono. Os aminoácidos oxidados são convertidos em ácidos graxos de cadeias curtas, liberando dióxido de carbono, e os aminoácidos reduzidos

formam ácidos graxos com o mesmo número de átomos de carbono (Muck, 1988). Nos dois tipos de reação, excetuando-se para a prolina, há liberação de amônia. Também são produzidos ácidos butírico, histamina, cadaverina, putrescina e tiramina, substâncias que afetam a palatabilidade das silagens. (Ohshima & McDonald, 1978).

A concentração de amônia nas silagens é geralmente associada à ação proteolítica dos *Clostridium* devido à baixa concentração advinda da ação de outros microrganismos e da ação de enzimas da planta. No entanto, tem sido descrita a capacidade proteolítica para *Enterobacteriaceae* (McDonald et al., 1991). Segundo estes autores os níveis de amônia na silagem representariam a ocorrência de degradação de aminoácidos, não estando necessariamente relacionados à ocorrência de proteólise. Entretanto, pode ocorrer intensa proteólise sem que haja qualquer aumento significativo no teor de amônia.

Através da ação sacarolítica das bactérias do gênero *Clostridium* ocorre a fermentação da glicose e frutose, utilizando também o ácido láctico como substrato para a fermentação, formando butirato, hidrogênio e dióxido de carbono (Elferink et al., 1999; McDonald et al., 1991; Muck, 1988). Algumas vias podem levar à formação também de formato, acetato, propionato, etanol e butanol, condicionado ao abaixamento do pH da massa ensilada. A produção de ácido butírico não é exclusiva do gênero *Clostridium*, podendo este composto ser obtido em menores quantidades pela ação de Leveduras e *Bacillus spp* (McDonald et al., 1991).

Outras bactérias indesejáveis na silagem são as do gênero *Acetobacter*, *Bacillus*, *Listeria* e bactérias propionogênicas. Bactérias do gênero *Acetobacter* estão associadas à deterioração aeróbica pela oxidação do ácido láctico e acético em dióxido de carbono e água (McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999) ou do etanol em acetato (McDonald et

al., 1991). No entanto, Elferink et al., (1999) consideram de pequena importância a participação deste grupo de bactérias no processo de deterioração aeróbica.

Bacillus são capazes de fermentar carboidratos em velocidade menores que as bactérias lácticas, apresentando pouca significância durante o processo fermentativo das silagens, sendo em alguns casos associados à deterioração aeróbica das silagens (McDonald et al., 1991).

A espécie *Listeria monocytogenes* caracteriza-se por ser patogênica para os seres humanos e animais domésticos. Esta bactéria tem sido isolada em silagens mal preservadas, com pH acima de 4,5, e está associada à entrada de ar no silo (McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999).

As bactérias propionogênicas *Propionibacterium spp* e *Clostridium propionicum* são encontradas em silagens e são capazes de fermentar o ácido láctico em ácido propiônico (McDonald et al., 1991). Sua importância não tem sido bem descrita na literatura, já que o ácido propiônico pode ser utilizado como aditivo para a conservação de silagens.

Os fungos e leveduras podem estar presentes nas silagens. Em sua maioria, são organismos aeróbicos restritos, mas algumas leveduras e fungos filamentosos crescem em condições de anaerobiose e obtêm energia a partir do processo de fermentação. Entretanto, a maioria da ação destes microrganismos está diretamente relacionada à deterioração aeróbica, reduzindo o valor nutritivo e a palatabilidade da silagem, podendo apresentar efeito negativo para a saúde animal. A presença de fungos está condicionada às regiões onde houve falha na vedação e contato com o ar (McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999). Estes microrganismos são capazes de hidrolisar componentes da parede celular vegetal e utilizar açúcares e ácido láctico (McDonald et al., 1991).

As leveduras, especialmente, estão relacionadas à degradação do ácido láctico, tanto em aerobiose, como em anaerobiose (McDonald et al., 1991; Henderson, 1993). Sob condições de aerobiose, degradam ácidos orgânicos, etanol e carboidratos, dependendo do subgrupo de leveduras, ao passo que, em anaerobiose, degradam os carboidratos formando etanol (McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999; Henderson, 1993). A capacidade de oxidação de ácidos orgânicos pelas leveduras está condicionada à presença de oxigênio. Altas contagens de leveduras em silagens estão relacionadas à sua deterioração aeróbica. Estes microrganismos não são inibidos pela queda do pH. A inibição da ação de leveduras em condição de anaerobiose é dada pela ação de ácidos orgânicos de cadeia curta no sistema de produção de ATP. A degradação do ácido láctico por estes microrganismos, em presença de oxigênio, aumenta o pH da silagem favorecendo o crescimento de outros microrganismos (McDonald et al., 1991).

2.2.3 Qualidade da silagem

A qualidade da silagem refere-se ao padrão do processo fermentativo no silo, enquanto o valor nutritivo da silagem vai depender além do processo de conservação, da composição da forragem ensilada, uma vez que a ensilagem não melhora a qualidade nutricional da forragem original. Segundo McDonald et al. (1991), a eficácia do processo fermentativo pode ser avaliada pelos parâmetros pH, ácidos orgânicos e

nitrogênio amoniacal. Segundo Mannetje (1999), a qualidade da silagem depende do valor nutricional da forrageira ensilada e dos produtos da fermentação, ou seja, dos tipos de ácidos orgânicos e do teor de amônia.

Como fatores limitantes da qualidade da silagem de capins tropicais estão o alto teor de umidade e baixo teor de carboidratos solúveis, que influenciam negativamente, impedindo o rápido declínio do pH. No entanto, Elferink et al. (1999) relembram que o processo de fermentação não depende apenas do tipo e da qualidade da forragem ensilada, mas também das técnicas de colheita e ensilagem.

Reis e Rosa (2001) afirmam que os teores de MS são determinantes na qualidade da silagem em função da relação entre carboidratos solúveis e capacidade tampão da forrageira ensilada. Forragens com alto teor de matéria seca, com alta capacidade tampão e baixo teor de carboidratos solúveis podem dar origem a silagens de má qualidade. Da mesma forma, a forragem com baixa umidade, alto teor de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão dá origem à silagem de boa qualidade. Na tabela 1 são apresentados os principais parâmetros utilizados para classificação da qualidade das silagens por diferentes autores.

Em geral, a resposta do animal a silagem é depende do padrão de fermentação que, por sua vez, afeta a forma e a concentração dos nutrientes e a ingestão (Jobim et al., 2007).

TABELA 1 – Classificação da qualidade das silagens

	MS ^{1,2}	DIVMS ^{1,2}	pH ^{1,2}	NNH ₃ /N ¹	Ácido Láctico ²	Ácido Butírico ²
Muito Boa	30-35	>65,0	≤3,8	<10,0	>5,0	≤0,1
Boa	25-30	65,0-55,0	3,8-4,2	10,0-15,0	5,0-3,0	0,1-0,2
Media	20-25	55,0-40,0	4,2-4,6	15,0-20,0	3,0-2,0	0,2-0,4
Ruim	<20	<40,0	>4,6	>20,0	>2,0	>0,4

¹ Dados compilados de Borges (1995). ² Dados de Paiva (1976). NNH₃/N – nitrogênio amoniacal em percentual do nitrogênio total.

O teor de carboidrato solúvel da forrageira ensilada e o teor de nitrogênio protéico estão correlacionados de forma positiva ao consumo voluntário da silagem, enquanto o teor de etanol e ácidos orgânicos apresenta efeitos negativos. Silagens mal preservadas têm como seus principais ácidos orgânicos o ácido acético e o ácido butírico, além de maiores teores das frações fibrosas, conjunto de fatores que levam à diminuição do consumo e da digestibilidade. Os valores de ácido acético e amônia estão negativamente correlacionados ao consumo da silagem (McDonald et al., 1991). Já para Harrison et al. (1994) o principal ácido que afeta a consumo de silagem é o ácido butírico. Sugere-se que as presenças de amins em silagens mal preservadas também teriam a capacidade de afetar negativamente o consumo (McDonald et al., 1991).

Paiva (1976), avaliando a qualidade das silagens da região metalúrgica de Minas Gerais, observou que as densidades das silagens variaram de forma inversa ao teor de MS. Tavares (2005) demonstrou que, com o aumento da densidade da silagem, observa-se o decréscimo nos valores de pH e nitrogênio amoniacal na silagem de capim Tanzânia cortado aos 65 dias. No entanto, segundo este autor, ocorre o aumento da produção de efluentes com o aumento da densidade da silagem de capim Tanzânia. Faria (1994) sugeriu existir relação inversa entre densidade e tempo de enchimento do silo nas perdas da silagem. No entanto, o valor alimentício da silagem não resulta exclusivamente do valor nutricional da forragem ensilada e do processo de fermentação dentro do silo, mas também do manejo pós-abertura do silo.

Tem sido proposta a utilização de aditivos de silagens na tentativa de melhorar o processo fermentativo e o valor nutricional das silagens (Henderson, 1993). A escolha do aditivo ideal está condicionada ao tipo de forragem, à facilidade de manipulação e ao preço do aditivo (Elferink et al., 1999). Estes podem ser classificados como ácidos

orgânicos, inoculantes bacterianos, aditivos enzimáticos e absorventes.

Os ácidos orgânicos aumentam a velocidade de queda do pH (Henderson, 1993; Harrison et al., 1994; Corrêa e Pott, 2007). Os inoculantes bacterianos têm por objetivo assegurar o número e espécies de bactérias adequadas para a rápida e eficiente fermentação do material ensilado (Corrêa e Pott, 2007; Harrison et al., 1994; Reis e Rosa, 2001). Os aditivos enzimáticos têm por objetivo ocasionar a quebra de polissacarídeos complexos (amido, celulose, pectinas e hemiceluloses) em açúcares simples (glicose, frutose) que podem ser utilizados pelas bactérias lácticas, além de aumentar a digestibilidade da silagem (Henderson, 1993; Corrêa e Pott, 2007; Harrison et al., 1994). Aditivos absorventes aumentam o teor de matéria seca da massa a ser ensilada, podendo contribuir com nutrientes que favoreçam a fermentação (Henderson, 1993).

Faria (1994) relatou a possibilidade de se obter silagens experimentais de capim elefante com boa qualidade sem o uso de aditivos. Para Haigh (1990), a ineficiência na utilização de ácidos orgânicos como aditivos de silagem deve-se principalmente à dificuldade em ser aplicado, de forma homogênea, tal produto em toda a forragem a ser ensilada. Restle et al. (2003) concluíram que o uso de inoculante bacteriano no processo de ensilagem do capim Papuã (*Brachiaria plantaginea*) não propiciou condições favoráveis à melhoria da qualidade da silagem e nem alterou o consumo diário de MS e o desempenho animal. Rodrigues et al. (2001) concluíram que não é recomendável a utilização de inoculante bacteriano na silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) cortado aos 75 dias. Coan et al. (2005) concluíram que não há melhora nas características qualitativas, fermentativas e nutricionais das silagens de capim Tanzânia (*Panicum maximum*) e capim Mombaça (*Panicum maximum*) cortado aos 45 e 60 dias de idade

com a utilização de inoculante bacteriano-enzimático.

O emurchecimento da forragem antes da ensilagem tem sido proposto como estratégia de aumentar o teor de MS (Haigh, 1990), controlando a ocorrência das fermentações indesejáveis, além da redução das perdas por efluentes (Faria, 1994; McDonald et al., 1991; Reis e Rosa, 2001). O aumento da proteólise, das perdas respiratórias, perdas mecânicas no recolhimento da forragem, e a possível contaminação com solo são tidos como as desvantagens deste procedimento (McDonald et al., 1991; Faria, 1994; Reis e Rosa, 2001; Fitzgerald, 1996).

Narciso Sobrinho et al. (1998b) não observaram diferenças entre a qualidade da silagem de capim Elefante (*Pennisetum purpureum*) confeccionada a partir da forragem fresca, emurchecida inteira e emurchecida triturada nas idades ao corte de 56, 70 e 84 dias.

2.2.4 Silagem de capim

A silagem de capim vem sendo utilizada como alternativa às culturas tradicionais. O estabelecimento de uma estratégia de obtenção de silagem de capins tropicais seria de extrema valia para os sistemas de produção de bovinos no Brasil. Isto se deve ao fato de que estas forrageiras apresentam altos valores de produção por área, sendo este o ponto que mais onera o custo de produção da silagem. Outro fato importante é a adoção da confecção de silagem como estratégia de manejo de pastagem. Com o crescimento explosivo da maioria dos capins tropicais durante o período das águas, muitos produtores não conseguem ajustar a carga animal, ocorrendo sobra de pastagem. A vedação ou exclusão de áreas de pastagem para a produção de silagem iria fornecer volumoso para o período da seca, além de racionalizar o manejo da pastagem durante as águas (Corrêa e Pott, 2007). Esses autores citam ainda como vantagens da utilização da silagem de capim a maior flexibilidade na colheita e o menor risco de perda.

Atualmente, muitas propriedades têm adotado a confecção de silagens de capins tropicais. Segundo Corrêa e Pott (2007), este fato pode ser atribuído ao desenvolvimento de maquinário mais eficiente para a colheita e picagem dos capins tropicais, favorecendo o manejo de enchimento, descarga do silo e fornecimento aos animais.

Entre os capins tropicais utilizados para a confecção de silagens têm se destacado o capim Elefante (*Pennisetum purpureum*), os do gênero *Panicum* e os do gênero *Brachiaria*. Segundo Nussio et al. (2002), o maior teor de MS das gramíneas do gênero *Panicum* e *Brachiaria*, no estágio de maturidade que são colhidas, em relação às plantas do gênero *Pennisetum*, e a ampla utilização destas forrageiras no território nacional têm apontado para conveniências logísticas da utilização dessas como opção para silagem.

As gramíneas tropicais caracterizam-se por apresentar sua composição bromatológica diretamente relacionada à idade ao corte. Quando o objetivo é a sua utilização na forma de silagem, deve-se buscar o momento ideal onde haja alta produção de MS, teores de MS de 25% a 35% e teor de carboidratos solúveis acima de 3%. No entanto, observa-se certa ausência de sincronia entre os teores de MS e carboidratos solúveis. Quando a gramínea apresenta teor de carboidrato solúvel ideal para a ensilagem, a planta ainda é muito jovem e apresenta teor de MS abaixo do desejado, favorecendo a ocorrência de fermentações secundárias e elevada produção de efluentes (Corrêa e Pott, 2007). Quando ela atinge o teor de MS ideal, apresenta baixo teor de carboidratos solúveis (Vilela, 1997), com grande percentual de parede celular (Van Soest, 1994), fato este que irá limitar o consumo e o valor nutricional da silagem. No entanto, alguns estudos não têm observado diferença nos teores de carboidratos solúveis de gramíneas tropicais cortadas em diferentes idades

(Silveira et al., 1974; Narciso Sobrinho et al., 1998a; Panditharatne et al., 1986).

Soares et al. (1980), estudando a silagem de capim Colômbio (*Panicum maximum*), atribuíram a baixa qualidade da silagem ao fato de esta forrageira apresentar baixos teores de carboidratos solúveis (2,3%). Aminah et al. (1999) estudaram a silagem de capim *Panicum maximum* cortado aos 42 dias com valores de MS de 19,35% e carboidratos solúveis de 3,03%. Estes autores caracterizaram a silagem desta forrageira como de qualidade média, com valores de pH de 3,27 e ácido láctico de 2,74%. Otero e Esperance (1994), estudando a silagem de *Panicum maximum* cv Likoni, concluíram que é possível obter uma silagem de elevada qualidade nutritiva e fermentativa, desde que seja determinada a idade ideal da forrageira para este processo.

Associa-se a isto a alta capacidade tampão apresentada pelos capins tropicais (Tosi et al., 1995), característica esta que dificulta a queda do pH durante a ensilagem. Narciso Sobrinho et al. (1998a) observaram a diminuição da capacidade tampão do capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com o aumento da idade ao corte de 56 para 70 dias. Isto se deve, principalmente, ao decréscimo nos teores de minerais, ácidos orgânicos e proteína bruta nas gramíneas tropicais com a maturidade da planta.

2.3 Avaliação de forrageiras

Para a recomendação de cultivares de espécies forrageiras, deve-se levar em consideração o máximo de características morfofisiológicas que permitam indicar com a maior precisão possível sua utilização. Características como altura da planta, relação haste:folha, taxas de crescimento, dinâmica de perfilhamento, exposição de meristemas apicais, expansão foliar, entre outras, apresentam uma relação direta com a produtividade e qualidade da forragem (Costa e Paulino, 1998). Jank (1995) cita que a maior porcentagem de folhas nas forrageiras resulta e

m maior ganho de peso animal, devido à melhor qualidade da forragem consumida, uma vez que são as folhas que concentram a maior quantidade de nutrientes digestíveis.

Já a produção de matéria seca nas forrageiras é variável e depende de condições intrínsecas e extrínsecas delas, sendo regulada pelo genótipo, balanço hormonal, florescimento, luz, temperatura, fotoperíodo, água, nutrição mineral e manejo de cortes ou pastejo (Langer, 1972).

Com relação ao valor nutritivo, o avanço da idade leva ao aumento dos teores de carboidratos estruturais e à redução de nutrientes potencialmente digestíveis. Estas características irão influenciar negativamente o consumo e a digestibilidade da forrageira. Torna-se então imprescindível a busca de informações relativas ao melhor momento de utilização das gramíneas (Lima et al., 2002).

2.3.1 Técnica *in vitro* de produção de gases

A técnica *in vitro* de produção de gases baseia-se na mensuração dos produtos da fermentação ruminal, enquanto as outras técnicas *in vitro* são gravimétricas, nas quais a mensuração do desaparecimento do substrato pode estar relacionado ou não à ocorrência da fermentação (Getachew et al., 1998).

Esta técnica fundamenta-se na relação entre a degradação anaeróbica dos carboidratos, ocorrida no rúmen, com os produtos da fermentação: ácidos graxos voláteis (AGV), gás carbônico (CO₂), metano (CH₄) e hidrogênio (H₂). Dessa forma, a mensuração da produção *in vitro* de gases pode ser utilizada para o estudo da taxa e extensão da degradação ruminal (Stern et al., 1997; Williams, 2003). Os gases produzidos são basicamente resultantes da fermentação dos carboidratos, já que a fermentação da proteína produz baixa quantidade de gases, e na fermentação das gorduras os gases podem ser desconsiderados (Getachew et al., 1998; Menke et al., 1979).

Os gases mensurados têm sua origem na fermentação do substrato (gás direto) e junto à formação de CO₂ pela ação tamponante do meio de cultura (gás indireto) com os AGV's (Getachew et al., 1998; Fondevilla e Barrios, 2001). A quantidade de gases diretos produzidos é variável em diferentes proporções molares de AGV (Stern et al., 1997; Getachew et al., 1998). Os gases são produzidos principalmente quando o substrato é fermentado a acetato e butirato. A fermentação a propionato produz gases apenas devido ao tampanamento pelo meio (Getachew et al., 1998; Fondevilla e Barrios, 2001).

Um grande número de fatores, tais como meio de cultura, temperatura, solução tamponante, anaerobiose, pH e inóculo ruminal, afetam a fermentação *in vitro* (Willians, 2003; Getachew et al., 1998; Rymer et al., 2005). Na tentativa de minimizar a variação da fermentação ruminal, o inóculo ruminal aparece como fator de grande importância. Cone et al. (1996) encontraram diferenças no formato das curvas de produção acumulada de gases para substratos incubados com inóculo ruminal proveniente de animais alimentados com uma mistura de silagem de gramíneas e silagem de milho, e outro alimentado apenas com silagem de gramíneas. Esta alteração refletiu as diferentes taxas de produção *in vitro* de gases apresentadas pelos inóculos ruminais. O aumento do tempo de coleta após a alimentação do animal doador também aumenta a taxa de fermentação dos substratos.

Tentativas de substituição do inóculo ruminal por fezes têm sido estimuladas devido à dificuldade de manutenção de animais fistulados. Mauricio et al. (2001) compararam a utilização de líquido ruminal e fezes como inóculo para a fermentação *in vitro* de gramíneas por 96 horas de incubação. Observou-se menor produção acumulada de gases, menor taxa fracional de produção de gases e maior tempo de colonização do substrato com a utilização de

fezes, quando comparada ao líquido ruminal. No entanto, observou-se alta correlação entre os resultados observados com a utilização de fezes e líquido ruminal como inóculos, e destes com a digestibilidade *in vivo*. Segundo estes autores, a utilização de fezes como inóculo para a fermentação *in vitro* apresenta grande potencial de utilização. Cone et al. (2002b) estudaram os parâmetros da fermentação ruminal pela técnica *in vitro* de produção de gases em 21 alimentos incubados com inóculo ruminal proveniente de bovinos, ovinos e fezes de bovino. Estes autores observaram que a produção total de gases foi equivalente entre o líquido ruminal de ovinos e bovinos. No entanto, os valores de taxa de produção *in vitro* de gases não se equivaleram para os dois inóculos. Com relação às fezes, não se observou equivalência com o inóculo ruminal de bovinos nos tempos de 24 horas, tornando-se estes equivalentes no tempo de 48 horas de incubação.

Outros fatores como conteúdo de proteína do substrato, renovação da microbiota ruminal e uso de brancos interferem na interpretação dos dados obtidos pela técnica de produção *in vitro* de gases (Willians, 2003). A fermentação ruminal da proteína produz amônia. Esta reage com o CO₂ e precisa-se na forma de carbonato de amônia, diminuindo a quantidade de gases no frasco de fermentação (Fondevilla e Barrios, 2001). Cone e Van Gelder (1999) observaram que o aumento nos teores de caseína incubada diminuiu a produção acumulada de gases. A fermentação da caseína diminui os teores de ácido acético, propiônico e a produção total de gases, aumentando os teores de amônia no frasco de incubação. Estes autores concluíram que a produção final de gases deve ser corrigida para o teor de proteína fermentada.

A maior taxa de fermentação da proteína ocorre nos momentos iniciais e na fase final da incubação após a fermentação dos carboidratos lentamente degradados (Cone e Van Gelder, 1999). Segundo Cone et al.

(1996), a fase final da fermentação da proteína corresponderia à renovação da população microbiana. Esta seria representada pela terceira fase de produção *in vitro* de gases, observada após o consumo dos carboidratos e o aumento dos teores de amônia com diminuição dos valores de proteína microbiana no conteúdo dos frascos incubados. Blümmel e Ørskov (1993) sugerem que a fermentação das células microbianas pode afetar o plâto (assintota) da curva de produção acumulada de gases e, conseqüentemente, a taxa de fermentação do substrato.

O uso de brancos visa corrigir a presença de substratos indesejáveis presentes no líquido ruminal. No entanto, Cone et al. (1997) sugerem a não correção da produção *in vitro* de gases pelos brancos. Segundo estes autores, o consumo de substâncias fermentáveis advindas do líquido ruminal ocorreria a cerca de 1 hora de incubação, sendo então que os gases produzidos a partir deste momento são provenientes da renovação da população microbiana.

a. Aplicações da técnica

Degradabilidade e predição do valor energético dos alimentos.

Nogueira et al. (2004) estudaram várias espécies de forrageiras na tentativa de estabelecer uma equação entre produção *in vitro* de gases e degradação da MS. Estes autores concluíram que a composição química da forragem, principalmente com relação aos teores de carboidratos, afeta a relação acetato:propionato, inviabilizando a estimativa da degradação da MS a partir da produção *in vitro* de gases. No entanto, a associação da produção de gases com os dados de degradabilidade possibilitou a mensuração da fermentabilidade do alimento, bem como a determinação da fração desta utilizada para o crescimento microbiano (Rymer et al., 2005). Menke et al. (1979) observaram que os dados de produção *in vitro* de gases, após 24 horas de fermentação, juntamente com os valores da

análise bromatológica, podem ser utilizados para estimar a energia metabolizável dos alimentos. Blümmel et al. (2005b) concluíram que a técnica *in vitro* de produção de gases, associada aos dados de degradabilidade e consumo voluntário, pode predizer o valor da produção de metano de alimentos volumosos para ruminantes.

Cinética da fermentação e descrição matemática da produção in vitro de gases

A cinética de produção *in vitro* de gases é dependente da proporção das frações solúvel, degradável e indegradável do alimento. Getachew et al. (2004) observaram grande correlação entre a produção de gases com 24 horas de incubação e os teores de carboidratos não fibrosos. A descrição matemática da produção *in vitro* de gases permite esta análise, bem como a avaliação das diferenças relativas ao substrato, e a avaliação da fermentabilidade dos componentes solúveis e os lentamente fermentáveis do alimento (Getachew et al., 1998).

Predição do consumo voluntário e digestibilidade

Segundo Blümmel e Ørskov (1993), cerca de 90% da variação na ingestão de matéria seca digestível se explica a partir do modelo exponencial ajustado à produção *in vitro* de gases. Estes autores observaram valores de coeficientes de correlação de 0,86 a 0,90 para a ingestão de MS digestível e o volume de gás produzido nos tempos de 8, 12, 24 e 36 horas. Rodrigues et al. (2002) concluíram que as constantes da produção *in vitro* de gases podem ser usadas para estimar o consumo voluntário de matéria seca e matéria seca digestível, quando modelos multicompartimentais são usados para descrever a cinética de fermentação ruminal (Brown et al., 2002). Blümmel et al. (2005a) observaram que as forragens que apresentaram maior volume de produção *in vitro* de gases nos tempos iniciais de incubação (2 a 8 horas), maior degradabilidade e menor volume de

produção *in vitro* de gases nos tempos mais tardios de incubação (24 horas) tiveram maior consumo de matéria seca por ovinos.

Avaliação de fatores antinutricionais

A técnica *in vitro* de produção de gases tem maior capacidade de estudar a ação dos fatores antinutricionais por estes afetarem principalmente a formação dos produtos da degradação ruminal, e não a degradabilidade, mensurando também seu efeito biológico (Getachew et al., 1998). Khazaal e Ørskov (1994) citam que na técnica de produção de gases os fatores antinutricionais estão mais concentrados no meio, o que tornaria seu efeito mais evidente.

b. Metodologias de avaliação da produção in vitro de gases

As técnicas de produção *in vitro* de gases, segundo Getachew et al. (1998) e Fondevilla e Barrios (2001), estão baseadas em duas metodologias: (1) a mensuração direta do volume de gases produzidos e (2) a mensuração da pressão acumulada no frasco, sendo esta convertida em volume de gases.

Fondevilla e Barrios (2001) citaram como limitações desta metodologia a dificuldade de se encontrar seringas graduadas de 100 ml no mercado, o espaço ocupado pelas seringas, o que limita o número de amostras a serem incubados, e a possibilidade de pequenas partículas afetarem a mensuração dos gases por dificultarem a movimentação do êmbolo. Rymer et al. (2005) consideraram que esta metodologia não foi desenvolvida para a descrição da cinética de fermentação.

Theodorou et al. (1994) propuseram uma metodologia para descrever a cinética de degradação ruminal baseando-se na produção acumulada de gases. Estes autores observaram que os tempos de incubação devem ser ajustados para que os valores de pressão de gases sejam menores que 7 psi, possibilitando melhor ajuste da correlação linear entre volume e pressão dos gases.

Fondevilla e Barrios (2001) sugerem que esta é uma das técnicas mais versáteis; no entanto, a quantidade de líquido ruminal utilizado na mistura com o meio de cultura pode afetar a taxa de fermentação do substrato.

Maurício et al. (1999) modificaram a técnica proposta por Theodorou et al. (1994) eliminando a mensuração do volume de gases com a seringa. Outra modificação proposta por Maurício et al. (1999) foi a conexão do transdutor de pressão ao computador, automatizando a técnica de Theodorou et al. (1994). Estes autores citam que a modificação nesta técnica possibilita a incubação de 336 frascos ou 75 substratos. Estes autores observaram também que ocorria a variação da relação entre pressão e volume de gás devido à altitude, fazendo com que esta não se ajuste à Lei de Boyle. Este fato deve-se à retenção de parte dos gases na fase líquida que varia com a pressão atmosférica. Estes sugeriram como solução do problema a obtenção de uma equação matemática entre gás e pressão a partir dos dados experimentais para cada laboratório.

Pell e Schofield (2003) desenvolveram um sistema automático usando sensores de pressão computadorizados para monitorar a produção *in vitro* de gases. Estes sensores são acoplados a cada frasco de fermentação, sendo a leitura dos gases feita a cada hora em um intervalo de 48 horas. O alto custo dos sistemas automatizados, segundo Fondevilla e Barrios (2001), os torna mais apropriados para serem utilizados em estudos mais detalhados com pequena quantidade de substrato.

2.3.2 Técnica de degradabilidade in situ

A avaliação da degradabilidade ruminal pela metodologia *in situ* foi primeiramente descrita por Quin et al. (1938) citado por Sampaio (1988). Trabalhos posteriores ao deste autor avaliaram variações na técnica quanto ao tempo de incubação no rúmen (42 horas a 7 dias) e o material utilizado na

confeção dos sacos de incubação (seda, plástico e náilon). A partir de 1966, foram conduzidos experimentos na tentativa de padronizar a técnica, principalmente no que diz respeito à quantidade de material incubado em função da dimensão, tamanho e porosidade dos sacos (Johnson, 1966; TomLin et al. 1967; Rodriguez, 1968; Van Keuren e Heinemann, 1968; Uden et al., 1974 citados por Sampaio, 1988). Esta técnica tomou grande impulso com a proposta de um modelo matemático por Ørskov e McDonald (1979), o qual foi inicialmente aplicado para descrever a cinética de degradação de concentrados protéicos.

A técnica *in situ* tem possibilitado a determinação da degradabilidade de alimentos e seus diversos componentes nutricionais. São citados na literatura altos coeficientes de correlação entre a técnica *in situ* e *in vivo* (Huntington e Givens, 1995). Esta técnica tem sido preferida em relação à metodologia *in vivo* por ser menos trabalhosa, com menor demanda de recursos financeiros e menor quantidade de alimento e, principalmente, por descrever a participação da degradação ruminal na digestibilidade total dos alimentos (Nocek, 1988; Huntington e Givens, 1995). Quando comparada às metodologias *in vitro*, esta é mais apropriada para a determinação da cinética da digestão ruminal por levar em consideração a interação entre substrato e animal (Mertens, 1993).

A metodologia de estimativa da degradação *in situ* baseia-se na permanência do material incubado no rúmen em diversos tempos, convergindo os resultados de desaparecimento ruminal para um modelo matemático não linear.

a. Fontes de variação na técnica *in situ*

Os materiais citados mais comumente, como tendo sido usados na confeção dos sacos, são o náilon, o poliéster e o dacron. Huntington e Givens (1995) sugerem que, mais importante que o material utilizado na

confeção dos sacos, é a estrutura do tecido, podendo este ser multifilamentoso ou monofilamentoso. Segundo estes autores a utilização de tecido monofilamentoso favorece a manutenção da porosidade dos sacos de incubação, por este tecido receber tratamento com calor durante a sua confeção.

A porosidade ótima dos sacos de incubação é aquela que permite o influxo da microbiota ruminal e líquido ruminal, não permitindo o refluxo de partículas da digesta ruminal e partículas não degradadas dos sacos (Nocek, 1988; Vazant et al., 1998). Huntington e Givens (1995), revisando a literatura, observaram que a maioria dos trabalhos de degradabilidade *in situ* utiliza sacos com porosidade maior que 35 micras. Nocek (1988) indica como porosidade ótima o intervalo de 30 a 53 micras. Segundo este autor, estas porosidades favorecem o acesso de protozoários e bactérias ao substrato incubado. O aumento na porosidade pode favorecer o influxo de partículas finas da digesta ruminal, subestimando a degradabilidade do substrato, bem como a perda de partículas não degradadas, devendo ser ajustado o tamanho da porosidade dos sacos de incubação com o tipo de material incubado (Huntington e Givens, 1995; Vazant et al., 1998).

O processamento da amostra a ser incubada deve apresentar efeito mínimo sobre o substrato, tornando-o mais homogêneo possível. Vazant et al. (1998) sugerem haver interação entre a moagem da amostra a porosidade dos sacos de incubação, além de o tamanho da partícula influenciar na área de exposição ao líquido ruminal. Nocek (1985) observou que o desaparecimento ruminal da matéria seca tende a diminuir com o aumento do tamanho da partícula. Barbosa et al. (1998) estudaram o efeito de três tamanhos de partícula (1, 3 e 5 mm) nos parâmetros de degradação da matéria seca de feno de capim Elefante (*Pennisetum purpureum*) e Jaraguá (*Hyparrhenia rufa*). Estes autores observaram que o principal

parâmetro sujeito a modificações, devido à variação nos tamanhos de partículas, é a taxa de degradação da fração potencialmente degradável. Huntington e Givens (1995) observaram que a maior frequência de observações na literatura refere-se à moagem do material a ser incubado em peneira com crivo de 2 mm. Mehrez e Ørskov (1977) sugeriram que a moagem da amostra em moinhos com peneira com crivo de 5 mm, para alimentos concentrados, e com máquina de “moer carne”, para alimentos volumosos, são os métodos mais adequados de processamento para a incubação ruminal. Nocek (1988) comentou que são inconclusivos os resultados na literatura quanto ao tamanho de partícula para substratos concentrados ou ricos em proteína. Para volumosos, este autor recomenda a pré-secagem das amostras e moagem a 5 mm para que haja maior uniformidade do substrato.

Para que haja resíduo de material para a execução das análises laboratoriais, e ocorra a estimativa mais próxima da realidade dos parâmetros da degradação, é necessário que seja mantida uma relação entre o peso da amostra e a área do saco de incubação (Nocek, 1988). Huntington e Givens (1995) sugeriram a relação de 16 mg/cm². Nocek (1985) observou a diminuição nos valores de desaparecimento da matéria seca de 3% e 8%, respectivamente, para relações de peso da amostra: área do saco de 9,2 para 20,3 e 18,3 para 32,7 mg/cm². Este autor observou ainda que a relação de 12,6 mg/cm² resultou em valores de desaparecimento ruminal mais próximos dos obtidos *in vivo*. Nocek (1988) e Vazant et al. (1998) sugerem que relações de 10 a 20 mg/cm² podem ser utilizadas para os vários tipos de volumosos e concentrados.

A incubação no saco ventral do rúmen é tida como mais eficiente, já que as bactérias presentes nesta região teriam maior capacidade de colonização do substrato por estarem na fase líquida da digesta ruminal. Na tentativa de manter este posicionamento dos sacos no rúmen, são utilizados pesos que

funcionam como âncoras. Huntington e Givens (1995) citaram que a restrição dos movimentos dos sacos no rúmen pode levar à subestimativa do desaparecimento do substrato. Mehrez e Ørskov (1977) utilizaram uma âncora de 40g nos sacos de náilon incubados em ovinos na tentativa de reduzir a variação entre sacos. No entanto, estes autores não observaram redução na variabilidade entre os sacos, observando que o tamanho da corda teria maior importância nos seus posicionamentos no rúmen. Pode-se concluir, a partir dos trabalhos de Mehrez e Ørskov (1977) e Huntington e Givens (1995), que a utilização de cordas de comprimento igual à distância da cânula ao assoalho ruminal é mais eficiente na manutenção do posicionamento no rúmen dos sacos incubados que a restrição da movimentação com âncoras.

A dieta fornecida ao animal afeta diretamente a característica do ambiente ruminal. A manutenção do *steady-state* do rúmen visa à manutenção da microbiota e de fatores que favoreçam a sua atividade. Barbosa et al. (1998) consideram como dieta ideal para se testar, simultaneamente, várias forrageiras em um mesmo rúmen, aquela em que há o fornecimento de uma forragem de qualidade regular que não comprometa a atividade da microbiota. Segundo estes autores, a extensão e a taxa de degradação são os parâmetros que sofrem maior influência da dieta. Vazant et al. (1998) sugerem a padronização da dieta em 60% a 70% de volumoso, devendo esta suprir as exigências de manutenção da categoria animal. A dieta deve fornecer as exigências de nitrogênio e energia da microbiota ruminal, além de ser composta de fibras longas que executem a ação abrasiva sobre os sacos incubados (Huntington e Givens, 1995; Nocek, 1988). Marinucci et al. (1992) demonstraram que a ação física nos sacos de náilon é necessária para que haja a remoção de partículas que ocluam os poros, ou mesmo para expulsão do gás formado dentro dos sacos de náilon. Vazant et al. (1998)

sugeriram a divisão da dieta em, no mínimo, duas refeições, na tentativa de diminuir a influência da flutuação populacional das espécies microbianas presentes no rúmen.

Nocek (1985) observou que a retirada em blocos dos sacos incubados leva ao maior valor de taxa de degradação que a retirada dos sacos em vários intervalos de tempos. Esta variação seria função da interrupção da ação microbiana pela retirada em intervalos variados. Segundo Vazant et al. (1998), a incubação das bolsas em diferentes horários as sujeitaria a diferentes condições de ambiente ruminal, alterando a estimativa dos valores de degradação.

A determinação dos tempos de retirada dos sacos do rúmen deve considerar a característica da amostra a ser avaliada. Para obter uma adequada descrição matemática da curva de degradação ruminal do substrato incubado torna-se importante que a fase de maior inclinação da curva contenha maior número de observações, já que, neste intervalo, a taxa de degradação é mais rápida (Hovell e Ayala-Burgos, 2003; Sampaio, 1988). Segundo Sampaio (1998), os tempos de incubação dependem da taxa de degradação esperada para o material incubado, devendo os intervalos estar entre 5 e 96 horas, com pelo menos 3 pontos entre estes. A inclusão de tempos de incubação anterior ao ponto de inflexão da curva (tempo de colonização) irá distorcer a função exponencial, levando à redução do valor da taxa de degradação da fração lentamente degradável (Hovell e Ayala-Burgos, 2003; Nocek, 1988). A segunda observação deve estar entre 20 e 28 horas para taxas de 0,01 a 0,07 hora⁻¹ (Sampaio, 1988), e o último tempo de incubação deve possibilitar a descrição da assíntota da curva de desaparecimento (Hovell e Ayala-Burgos, 2003; Sampaio, 1988).

2.3.3 Consumo e digestibilidade

O hipotálamo é a área encefálica associada à regulação da ingestão. Dentro dele, dois importantes centros têm sido referidos: o

centro da saciedade, situado no núcleo ventromedial, e o centro da fome, localizado na área hipotalâmica lateral (Fonseca e Dias-da-Silva, 2001). Dentre os fatores que afetam o consumo voluntário são descritos os fatores fisiológicos e físicos. A importância desses fatores depende dos valores de digestibilidade da dieta ou do alimento consumido. Conrad et al. (1964) observaram que em forragens com digestibilidade da matéria seca de até 66,7%, os fatores físicos apresentavam maior importância sobre o controle do consumo, tendo os fatores fisiológicos maior importância em forragens com digestibilidade superior a 66,7%.

Os fatores fisiológicos refletem nos níveis ruminais e sanguíneos de produtos do metabolismo que agem sobre os receptores quimiostáticos e estes, por sua vez, sobre o centro da saciedade (Forbes, 1995; Fonseca e Dias-da-Silva, 2001). A comunicação deles com as regiões hipotalâmicas também é feita por intermédio do nervo vago (Forbes, 1995). Diversas teorias tentam explicar os mecanismos fisiológicos que controlam o consumo, dentre elas as teorias quimiostática, lipostática, termogênese, glicostática, entre outras, estando ligadas direta ou indiretamente ao sistema nervoso central (Forbes, 1995; Fonseca e Dias-da-Silva, 2001). Observa-se que fatores climáticos como a temperatura ambiente, umidade relativa do ar, radiação solar, pressão atmosférica, vento, nebulosidade, precipitação pluviométrica também influenciam o consumo voluntário em ruminantes (Forbes, 1995; Van Soest, 1994; Fonseca e Dias-da-Silva, 2001).

Os fatores físicos estão relacionados à qualidade do alimento oferecido e à capacidade deste em distender a parede ruminal, independente do atendimento das necessidades energéticas do animal (Fonseca e Dias-da-Silva, 2001). Eles podem estar relacionados ao teor e à estrutura da parede celular, teor de MS, relação concentrado/volumoso da dieta,

produtos da fermentação em silagens, estágio de lactação e peso vivo (Van Soest, 1994; Forbes, 1995). A detecção se dá através dos tensoreceptores presentes no trato digestivo, os quais desencadeiam impulsos nervosos que, pelo nervo vago, chegam ao sistema nervoso central (Forbes, 1995).

Segundo Mertens (1983), a fibra em detergente neutro é a fração do alimento que melhor se correlaciona ao consumo de matéria seca para ruminantes. Isto se deve à relação entre a FDN e a ruminação e à conseqüente redução do tamanho das partículas do alimento. Segundo Oba e Allen (1992), enquanto a FDN correlaciona-se com o consumo voluntário, a fibra em detergente ácido (FDA) e a lignina correlacionam-se negativamente com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca. As ligações covalentes entre a lignina e os polissacarídeos da parede celular são os maiores fatores limitadores do acesso das enzimas microbianas à parede celular vegetal (Moore e Hatfield, 1994).

O crescimento das bactérias responsáveis pela digestão da fibra no rúmen pode ser limitado pela deficiência de nitrogênio, tendo como conseqüência a redução da taxa de digestão da fibra (Campling et al., 1961). Para Van Soest (1994), à medida que as forragens amadurecem, a capacidade de ingestão de matéria seca pelo animal diminui, principalmente devido ao aumento na proporção de hastes, tecidos lignificados e diminuição nos teores de nitrogênio. Nesta situação, os animais reciclam nitrogênio via saliva. No entanto, a quantidade reciclada tem dependência relativa da quantidade ingerida e, normalmente, não é suficiente para atender às necessidades da microbiota ruminal. Segundo Minson e Milford (1967), teores de proteína bruta na forragem inferiores a 6% causam decréscimo no consumo voluntário pela diminuição da atividade microbiana ruminal.

O consumo de forragens conservadas é o resultado de interações complexas que envolvem as características das plantas antes do processamento, dos fatores inerentes ao processo de conservação, das alterações no valor nutritivo durante o fornecimento aos animais, do processamento físico da forragem conservada e das características dos animais que serão alimentados com o volumoso (Reis e Silva, 2006). Segundo Van Soest (1994), a presença de substâncias tóxicas, o alto conteúdo de ácidos orgânicos e a diminuição do teor de carboidratos solúveis são os responsáveis pelo baixo consumo observado para as silagens. Dulphy e Van Os (1996) e Reis e Silva (2006) citam que dentre os fatores que têm sido estudados, destacam-se o conteúdo de umidade, pH da silagem, concentração de ácidos orgânicos, concentração de etanol e de compostos nitrogenados como sendo os principais fatores a influenciar o consumo de silagens. O conteúdo de umidade e o pH da silagem são fatores que determinam a qualidade do processo fermentativo (McDonald et al., 1991; Dulphy e Van Os, 1996; Huhtanen et al., 2002), e por isso determinam os demais fatores associados ao consumo das silagens. No entanto, a redução de consumo provocada pela ingestão de silagens com baixo pH tem sido atribuída à redução da atividade de bactérias celulolíticas no rúmen (Weiss et al., 2003, citados por Reis e Silva, 2006). O decréscimo no consumo voluntário de silagens tem sido associado aos teores de ácido butírico, ácido acético, ácido propiônico e ácido lático produzido durante o processo fermentativo (Hutchinson e Wilkins, 1971; Wilkins et al., 1971; Dulphy e Van Os, 1996). No entanto, Weiss et al (2003), citados por Reis e Silva (2006), não consideraram consistentes os resultados observados referentes à alteração do consumo de silagem com a infusão ruminal de ácidos orgânicos. Wilkins et al. (1971) observaram correlação negativa ($r=-0,75$) entre o consumo voluntário de silagem por ovinos e os teores de nitrogênio amoniacal.

Van Os et al. (1996) concluíram que aminas biogênicas e outros compostos nitrogenados resultantes da proteólise ocorrida durante a fermentação da silagem não reduzem o consumo da silagem em ovinos. Huhtanen et al. (2002) e Reis e Silva (2006) consideram que os compostos nitrogenados resultantes da fermentação estariam associados à redução do consumo, desde que os compostos estivessem associados a outros componentes que afetam diretamente a ingestão. Segundo Dulphy e Van Os (1996), os efeitos dos compostos voláteis, sejam ácidos orgânicos ou compostos nitrogenados, na palatabilidade não estão bem esclarecidos. Para silagens de gramíneas tropicais, os fatores relacionados à composição da forragem, como o teor de FDN e PB, devem ser considerados, pois podem ter maior influência no consumo e na digestibilidade do que os produtos da fermentação (Dulphy e Van Os, 1996).

Segundo Van Soest, (1994) para maximizar as condições ruminais é necessário um sinergismo entre a degradação da proteína, teor de amônia e a fermentação de carboidratos no rúmen para que haja uma máxima eficiência de síntese de proteína microbiana. No entanto, quando a velocidade de produção de amônia excede sua utilização, há aumento da excreção de nitrogênio e do custo energético de síntese de uréia, resultando em redução da digestibilidade da proteína. Desta forma, o balanço de nitrogênio pode ser indicativo do metabolismo protéico animal, importante na avaliação nutricional de alimentos, pois evidencia o aproveitamento das fontes nitrogenadas do alimento pelo organismo (Andriquetto et al., 1990).

Para a determinação do valor nutritivo de um alimento, o consumo voluntário e a digestibilidade são os parâmetros de maior importância (Forbes, 1995). O valor nutritivo dos alimentos volumosos é diretamente proporcional ao fornecimento de energia destes alimentos para o metabolismo animal, o qual está diretamente

relacionado ao consumo e à digestibilidade. Crampton (1957) sugere que 70% do valor nutritivo de uma forragem está relacionado ao seu consumo e 30% à sua digestibilidade. Estes coeficientes devem-se ao fato de que, com o aumento do consumo voluntário, é observada a diminuição da digestibilidade na dependência de fatores relativos ao alimento e ao animal (Tyrrel e Moe, 1975). Por isso, Van Soest (1994) sugere que o consumo é mais importante que a digestibilidade para a produção animal, já que o consumo irá definir a disponibilidade de alimento para o metabolismo animal. A relação entre os dois parâmetros fez com que Crampton et al. (1960) sugerissem o estabelecimento do índice de valor nutritivo, que nada mais é do que o produto do consumo relativo e da digestibilidade.

Segundo Minson (1990), o coeficiente de digestibilidade é um dos principais parâmetros para se avaliar um volumoso, pois fornece uma noção do aproveitamento das diversas frações do alimento. Sanches (1985) cita que fatores como a qualidade da dieta, nível de consumo, tempo de retenção da digesta, ciclo de ruminação e taxa de fermentação ruminal interferem na digestibilidade, estando todos estes fatores associados. Almeida (1992) afirmou que a qualidade de silagens pode ser considerada satisfatória quando o coeficiente de digestibilidade aparente da MS for superior a 50%.

Quando se deseja obter dados referentes ao coeficiente de digestibilidade dos nutrientes de alimentos ou rações, emprega-se a metodologia de digestibilidade aparente. Para tal, é necessário medir a quantidade de alimentos ou nutrientes ingeridos e excretados pelo animal. Conhecendo-se a quantidade digerida, efetua-se uma regra de três, sendo seu resultado uma grandeza centesimal que permite conhecer o coeficiente de digestibilidade do alimento ou nutriente (Silva e Leão, 1979). O coeficiente de digestibilidade está diretamente relacionado ao valor energético do alimento,

sendo, desta forma, utilizado para o cálculo dos valores de energia digestível e nutrientes digestíveis totais.

2.4 Valor energético dos alimentos

O conteúdo energético dos alimentos é constantemente expresso em termos de energia digestível, nutrientes digestíveis totais ou energia metabolizável (Fontes et al., 2005). Porém, a energia digestível subestima o valor de alimentos muito digestíveis e superestima o valor de alimentos ricos em fibras. Isto se deve ao fato de que a energia digestível, embora reflita a digestibilidade da dieta, considerando as perdas energéticas fecais, tem pouca precisão na avaliação dos alimentos por desconsiderar perdas importantes de energia, associadas à digestão e ao metabolismo. Atualmente, o critério mais adequado e amplamente utilizado para expressar os requerimentos de energia dos animais e o valor energético dos alimentos, nos cálculos de ração, é o sistema de energia líquida (Fontes et al., 2005).

A energia líquida de um alimento pode ser definida como a porção da energia bruta do alimento que foi destinada aos processos metabólicos de manutenção, gestação, lactação e crescimento (Nunes, 1995). Ela é obtida através de uma equação na qual deduzimos da energia bruta do alimento ingerido a energia bruta das fezes, urina, gases da digestão e o incremento calórico. Da energia referente às fezes, faz-se necessário subtrair os valores relativos às perdas endógenas e metabólicas, obtidos com animais em jejum.

Há, entretanto, carência absoluta de estudos voltados à determinação do conteúdo de energia líquida dos alimentos utilizados no Brasil, a qual pode ser fortemente influenciada por fatores como clima, solo, espécie forrageira, entre outros (Fontes et al., 2005). A determinação dos valores de energia líquida dos alimentos possibilita um balanceamento de rações mais adequado nutricionalmente e uma redução dos custos de produção. Mais importante ainda torna-se

a determinação dos valores de energia líquida na avaliação de alimentos volumosos devido às perdas de energia relacionadas à produção de metano durante a degradação ruminal (Baldwin e Sainz, 1995; Moss, 1994).

O metano consiste de um átomo de carbono com quatro átomos de hidrogênio. Esta molécula altamente reduzida tem sua origem no rúmen, consumindo em torno de 3 ATP's para sua formação (Moss, 1993). Considera-se que haja uma perda de 6% a 10% da energia digestível devido à produção de metano no rúmen (Czerkawski, 1970; Moss, 1994). Com isso, torna-se importante a mensuração da produção de metano ruminal.

No rúmen são identificados organismos específicos para produção de metano. Os principais microrganismos que apresentam ação metanogênica, que por características evolutivas específicas divergem das bactérias, são classificados como Archaeobactérias metanogênicas. Estas Archaeobactérias são anaeróbicas e exigem um ambiente altamente reduzido (< -300 mv). Cinco espécies são encontradas no rúmen, sendo que apenas duas (*Methanobrevibacter ruminantium* e *Methanosarcina sp.*) são encontradas em populações acima de 1×10^6 UFC/mL (McAllister et al., 1996).

Estes microrganismos têm baixa taxa de crescimento populacional, o que faz o processo de produção de metano ser extremamente demorado (McAllister et al., 1996). No entanto, a transferência interespecífica de hidrogênio no rúmen favorece o processo de metanogênese (Moss, 1993; McAllister et al., 1996; Wolin et al., 1997). Whitelaw et al. (1984) demonstraram que protozoários ciliados do rúmen afetam a produção de metano por modificarem a proporção de ácidos graxos voláteis no rúmen. Cerca de 70% do hidrogênio transferido para as archaeobactérias são originários da ação dos

protozoários na fermentação ruminal (Moss, 1994).

Estas Archaeobactérias são capazes de utilizar o hidrogênio na redução de moléculas de dióxido de carbono, formato, acetato, metilamina e metanol para a produção de metano (Moss, 1994). Para que esta reação ocorra, cofatores como a coenzima M, corrinóides, metanopterina, metanofurano e ferredoxinas (F₄₂₀ e F₄₃₀) estão envolvidos nesta reação (Moss, 1993; Jonhson e Jonhson, 1995). No entanto, no ambiente ruminal, os principais substratos reduzidos para que haja a produção de metano são o dióxido de carbono e o formato (Moss, 1994; Wolin et al., 1997).

No rúmen, estes microrganismos são responsáveis pela manutenção da baixa pressão parcial de hidrogênio e diminuem em níveis irrisórios a produção de etanol (Moss, 1993; Wolin et al., 1997). No entanto, Marty e Demeyer (1973) observaram alta recuperação e ausência de acúmulo de hidrogênio no líquido ruminal de ovinos com a inibição da metanogênese, sugerindo que o hidrogênio também pode ser utilizado em outras vias metabólicas pela microbiota ruminal (Czerkawski, 1970; Jonhson e Jonhson, 1995).

A bioquímica da fermentação ruminal demonstra que os carboidratos diferem quanto à quantidade de metano produzido no rúmen. Carboidratos fibrosos, como as hemiceluloses e a celulose, resultam em maior proporção de acetato durante a fermentação que carboidratos não fibrosos (Moe e Tyrrell, 1979; Moss, 1994; Wilkerson et al., 1995). Contudo, a natureza dos carboidratos digestíveis apresenta queda de importância na produção de metano em função do nível de consumo do animal (Moe e Tyrrell, 1979). Moss (1994) afirma que qualquer tipo de processamento de alimento ou fator que leve à variação no tempo de permanência ruminal irá afetar a produção de metano.

Webster (1987) citado por Moss (1994) relatou que vários trabalhos demonstraram que a relação volumoso:concentrado diminui a relação acetato:propionato e reduz a perda de energia na forma de metano. Além deste fator, tem sido demonstrado na literatura que a suplementação com concentrado leva ao aumento do consumo de MS e à maior eficiência de síntese de proteína microbiana. No entanto, Moss (1994), revisando dados da literatura, conclui que a suplementação concentrada favorece a produção animal, mas ainda não está bem definido seu efeito na eficiência de produção de metano.

Jonhson e Jonhson (1995) e McAllister et al. (1996) citam que qualquer propriedade das forrageiras que leve à diminuição da taxa de digestão ou ao aumento do tempo de permanência no rúmen levará a um aumento da produção de metano por unidade de forragem digerida. Vários estudos têm sido executados com o objetivo de desenvolver estratégias para se obter uma menor produção de metano no rúmen. Os principais mecanismos de manipulação da metanogênese ruminal são a utilização de ionofóros, ácidos graxos insaturados e antibióticos seletivos (Moss, 1993; Wolin et al., 1997). Wolin et al. (1997) e Moss (1994) citam, além destes, a utilização de probióticos como forma de manipular a fermentação ruminal e a emissão de metano.

Os ruminantes têm grande participação na produção global de metano (Moss, 1994). Moss (1993) citou que 80% do metano emitido pela atividade agropecuária tem sua origem no processo digestivo dos ruminantes, correspondendo a 2% do total de metano emitido no globo (Jonhson e Jonhson, 1995). Murray et al. (1976) encontraram taxas de produção de metano de 21 ml/min. para ovinos, sendo 87% de produção originária no rúmen e 13% no intestino grosso. Segundo estes autores, a eructação e absorção sanguínea no colón e sua posterior liberação, através dos pulmões, são as principais vias de excreção daquele gás.

O controle da liberação de metano na atmosfera tem sido considerado como de grande importância para a mitigação dos efeitos ambientais relacionados ao aquecimento global (Moss, 1994). Gases como dióxido de carbono, metano e clorofluorcarbonetos, quando emitidos no ambiente, influenciam a modificação da temperatura global por permitirem a passagem da radiação solar e impedirem a reflexão desta para a atmosfera. O metano tem grande importância neste processo, apesar da baixa emissão, quando comparada ao dióxido de carbono. Este gás apresenta maior tempo de permanência na atmosfera, devido ao maior tempo de oxidação, o qual está diretamente relacionado à presença de vapor d'água e radicais hidroxilas (Moss, 1993; Moss, 1994). Dessa forma, as adoções de estratégias que reduzam a metanogênese por unidade de alimento digerido devem se estimuladas (Moss, 1994).

CAPÍTULO 3 – PRODUTIVIDADE, CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE IN VITRO DO CAPIM *PANICUM MAXIMUM* CV TANZÂNIA EM CINCO DIFERENTES IDADES DE CORTE.

3.1 Resumo

Avaliou-se o capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias quanto à produtividade, características agronômicas, composição bromatológica e digestibilidade *in vitro*. Observou-se aumento na altura da planta do capim Tanzânia até os 84 dias, com aumento da produção de massa verde de forragem e aumento na produção de matéria seca com o avançar da idade ao corte desta forrageira. O aumento da idade ao corte da forrageira resultou em diminuição do percentual de folhas e em aumento no percentual de hastes. Na composição bromatológica, observaram-se diminuição dos teores de proteína bruta (PB) e aumento das frações fibrosas com aumento do nitrogênio retido nesta última com o avançar da idade ao corte da forrageira. Os resultados obtidos foram refletidos na cinética de fermentação ruminal do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias, descrita pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, demonstrando menor potencial de produção de gases, menor taxa de fraccional de fermentação e, conseqüentemente, menor degradabilidade efetiva da matéria seca. Recomenda-se o corte do capim Tanzânia no intervalo de 42 a 63 dias de crescimento.

3.2 Introdução

As técnicas *in vitro* têm sido utilizadas para a determinação do valor nutricional de alimentos, sendo os parâmetros obtidos neste tipo de avaliação relacionados ao consumo e digestibilidade animal (Ørskov, 2002). A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Mauricio et al., 1999) tem a capacidade de avaliar grande número

de substratos e descrever a cinética de fermentação ruminal. Esta tem sido utilizada em estudos de classificação de substratos com altos teores de carboidratos, em estudos de fermentabilidade de componentes específicos, na avaliação de fatores antinutricionais e na predição da energia metabolizável dos alimentos (Willians, 2003).

Objetivou-se, com este trabalho, determinar as características agronômicas, a composição bromatológica e a cinética de fermentação ruminal dos componentes nutricionais do capim *Panicum maximum* cv Tanzânia colhido em cinco idades de corte para determinar o momento ideal para a produção de silagem e sua utilização na alimentação de ruminantes.

3.3 Material e métodos

O experimento foi estabelecido na Fazenda Experimental São Judas Tadeu pertencente à Fundação Ezequiel Dias (FUNED-MG), situada no município de Betim, em Minas Gerais, latitude 19,8782, longitude 44,1896, altitude 869,87. Foi utilizada uma área já existente de *Panicum maximum* cv Tanzânia dividida em quatro curvas em nível, sendo que em cada curva foram estabelecidos cinco piquetes com área de 600 m² cada. A análise de solo apresentou as seguintes características: pH 5,8, Al⁺ = 3,02 cmol.carga/dm³, P = 2,4 mg/dm³, K = 122 mg/dm³ e índice de saturação de bases de 67,97%. Inicialmente, foi feita a uniformização da área experimental com o uso de roçadeira mecânica. Para a adubação de cobertura foram utilizados 200 kg/ha de superfosfato simples, em aplicação única, e 400 kg/ha de adubo N:P:K 20-05-20, divididos em duas aplicações. Foi avaliado o capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias. Em cada curva de nível foi estabelecido um piquete de cada idade avaliada, havendo quatro repetições para todos os tratamentos.

Foi avaliada a altura média das plantas (ALT), produção de massa de forragem

verde total (PMVT), produção de matéria seca por hectare (PMS), percentual de folhas (FMS), percentual de hastes (HMS) e percentual de matéria morta na matéria seca (MMMS). Para a mensuração da PMVT e PMS, foram amostrados dois quadrados de 2x2 metros (réplicas) em cada piquete, ceifados à altura de 20 cm do solo. Para a mensuração da altura, foram medidos cinco pontos (réplicas) dentro de cada quadrado de 2x2 metros, totalizando 10 medições, as quais foram agrupadas em um único valor médio para cada piquete por curva de nível. Para a determinação das diferentes partes da plantas foram utilizadas 30 plantas íntegras por piquete. Foram considerados como componentes das folhas o limbo e a bainha foliar; e como componentes da matéria morta as partes secas da planta.

Cada amostra foi pré-seca a 55°C e, posteriormente, submetida à moagem em moinho estacionário com peneira de crivo de 1,0 mm. Na fase laboratorial foram determinados os teores de matéria seca - MS, proteína bruta - PB, extrato etéreo - EE (Official..., 1995), fibra em detergente neutro - FDN, fibra em detergente ácido - FDA, hemiceluloses - HCEL, nitrogênio insolúvel em detergente ácido - NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente neutro - NIDN, celulose - CEL e ligninas - LIG (Van Soest, 1991; Goering e Van Soest, 1970) na planta inteira. Os valores de matéria seca também foram determinados nas folhas, hastes e na matéria morta.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, tendo como fontes de variação as curvas em nível (blocos) e idades ao corte (tratamentos). Para a comparação de médias entre tratamentos, foi adotado o teste SNK ($P < 0,05$) utilizando o PROC ANOVA do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). O estudo de regressão e os coeficientes de correlação foram obtidos com auxílio do software PROC CORR e PROC REG do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). A decomposição da análise de

variância seguiu o esquema apresentado na tabela 2.

TABELA 2 - Análise de variância para o delineamento em blocos ao acaso

Fontes de variação	gl.
Total	19
Curvas em nível (bloco)	3
Idade ao corte (tratamentos)	4
Erro	12

Para a análise dos dados, empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + G_j + e_{ijk}$$

Onde, Y_{ijk} = observação "k" na curva em nível "i" submetido a idade ao corte "j"; μ = média geral; E_i = efeito da curva em nível "i", ($i = 1, 2, 3, 4$); G_j = efeito da idade ao corte "j", ($j = 42, 63, 84, 107$ e 126); e_{ij} = erro experimental.

Para o experimento *in vitro* de produção de gases (Maurício et al., 1999), o material foi amostrado em cada canteiro, seco, em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 48 horas. Posteriormente foi moído em moinho com peneira de um milímetro de crivo e usado para o estudo *in vitro*. Foram utilizados três frascos por canteiro por tempo de produção de gases e por idade ao corte. Estes foram incubados com líquido ruminal obtido de um bovino fistulado, alimentado com capim elefante (*Pennisetum purpureum*), picado, oferecido à vontade, e com aproximadamente 1,5 kg de ração concentrada com 20% de proteína bruta. Foi utilizado um grama de amostra por frasco de fermentação (160 ml) com 90 ml de meio de cultura e 10 ml de líquido ruminal. Após a inoculação, os frascos foram mantidos em estufa a 39°C. A pressão de gases foi mensurada nos tempos de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 horas

de incubação. A relação pressão e volume foi determinada pela equação matemática para este laboratório desenvolvida por Mauricio et al. (2003). A degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DegMS) foi mensurada pela filtragem do conteúdo dos frascos em cadinhos de borosilicato com porosidade 1 nos tempos de 6, 12, 24, 48, 96 horas. Foram mantidos por 48 horas em estufa a 105°C, sendo posteriormente pesados para o cálculo da DegMS (DegMS=((peso da amostra –(peso final-peso do cadinho))/peso da amostra)*100).

Para a descrição da cinética de fermentação, determinaram-se os parâmetros do modelo proposto por France et al. (1993); $PG = A * (1 - \exp^{-b(t-LAG) - c(Nt - LAG)})$ e $\mu = b + c / (2\sqrt{t})$, onde A é potencial máximo de produção de gases, LAG é o tempo de colonização e hidratação das partículas do substrato e μ é a taxa fracional de produção de gases; b e c são as taxas fracionais constantes (horas⁻¹ e horas^{-0,5} respectivamente), é t o tempo de incubação em horas. Estes parâmetros foram determinados utilizando-se o PROC NLIN do software SAS 6.12 (SAS...,1993). A partir desses parâmetros e dos valores de DegMS, para cada tratamento foi calculada a degradabilidade efetiva da matéria seca (DIEMS) considerando-se as taxas de passagem (kp) de 0,02/h; 0,03/h e 0,04/h, correspondentes, respectivamente, aos tempos de permanência no rúmen de 50, 33 e 25 horas (Dhanao et al., 2000; France et al. 2000), sendo $DIEMS = S_0 * \exp^{-k * LAG} (1 - kI) / (S_0 + U_0)$, onde S_0 é a fração inicialmente fermentável, U_0 é a fração não fermentável, e I é um parâmetro matemático .

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística da produção acumulada de gases foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação curvas em nível (blocos), idades de corte (parcelas) e tempos de incubação (subparcelas). Para a comparação de médias entre os tratamentos foi utilizado o teste SNK (P<0,05), utilizando o PROC GLM do software SAS 6.12 (SAS..., 1993).

A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 3.

TABELA 3 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.

Fontes de variação	gl.
Total	19
Idades de corte (parcelas)	4
Curva em nível (blocos)	3
Erro (A)	9
Total de subparcelas	99
Parcelas	19
Tempo	4
Cortes X Tempo	16
Erro (B)	60

Para a análise dos dados, empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkz} = \mu + T_z + D_i + G_j + D * G_{ij} + e_{ijk}$$

em que, Y_{ijkz} = observação "k" na curva de nível "z" da idade ao corte "i" submetido ao tempo de incubação "j"; μ = média geral; T_z = efeito da curva em nível "z", (j = 1, 2, 3, 4); D_i = efeito do tempo de incubação "j", (j = 6, 12, 24, 48 e 96) G_j = efeito da idade ao corte "i", (j = 42, 63, 84, 107 e 126); $D * G_{ij}$ = efeito da interação do tempo de incubação "i" com a idade ao corte "j"; e_{ijk} = erro experimental.

3.4 Resultados e discussão

Produtividade e altura

Na tabela 4 são apresentados os resultados encontrados para altura do relvado (ALT), produtividade de massa de forragem verde (PMFV) e produtividade de matéria seca (PMS) do capim Tanzânia cortado aos 42,63, 84, 107 e 126 dias. Foi observado aumento significativo (P<0,05) na ALT com

TABELA 4 – Valores médios de altura das plantas (ALT, cm), produção de massa de forragem total (PMFV, kg/ha) e produção de matéria seca (PMS kg/ha) e do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Idade ao corte	ALT	PMFV	PMS
42	43,2 C	8406 B	1874 D
63	73,7 B	14219 B	2938 CD
84	120,9 A	23031 B	4910 BC
107	115,9 A	21094 B	6183 B
126	130,0 A	37844 A	9743 A
CV	18,23	35,42	30,40

Letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). CV = coeficiente de variação.

o aumento da idade ao corte de 42 dias até 84 dias no capim Tanzânia. Entre as idades de 84 a 126 dias não se observou diferença significativa para ALT ($p > 0,05$).

Azevedo et al. (1992) relataram medidas de altura do relvado do capim Tanzânia nas idades de 28, 56, 84 e 112 dias de 40,5 cm, 63,0 cm, 91,0 cm e 99,7 cm, respectivamente. Gerdes et al. (2000b) citaram como valor de altura do relvado de capim Tanzânia, cortado aos 35 dias, de 77,8 cm.

O corte do capim Tanzânia na idade de 126 dias foi aquele que apresentou a maior PMFV ($P < 0,05$). Não houve diferença significativa entre a PMFV nas demais idades ($p > 0,05$). Santos et al. (1999) encontraram valores de produção de massa de forragem para o capim Tanzânia em pastejo em intervalos de 48 dias de 6757 kg/ha, respectivamente.

A maior PMS do capim Tanzânia foi observada no corte aos 126 dias ($P < 0,05$). Esta foi seguida pelo corte aos 107 dias, sendo o menor valor observado para a forragem cortada aos 42 dias ($P < 0,05$). Nas idades de corte de 63 e 84 dias, o capim Tanzânia apresentou valores intermediários para PMS. Ezequiel e Favoretto (2000) citaram valores de PMS para o capim Colômbio cortado aos 42 dias de 2126,3

kg/ha. Gerdes et al. (2000b) relataram valores de PMS para o capim Tanzânia cortado aos 35 dias de 2880 kg/ha.

Fatores como solo, adubação, luminosidade, temperatura, pluviosidade e duração dos dias afetam a taxa de crescimento da planta e, conseqüentemente, seu desenvolvimento e sua produtividade (Van Soest, 1994; Harrison et al., 1994). As variações observadas entre os valores de ALT, PMFV e PMS podem ser atribuídos a diferentes condições deste experimento se comparados com a literatura.

Observou-se relação linear para PMFV em função da idade ao corte descrita pela equação:

$$\text{PMFV} = 307,1 * \text{DIAS} - 5000,1; R^2 = 0,61, \\ P < 0,001.$$

Pode-se atribuir um acréscimo de 307,10 kg/ha para cada dia de crescimento no período avaliado. Para a PMS e ALT obtiveram-se as seguintes equações:

$$\text{PMS} = 89,1 * \text{DIAS} - 2390,9, R^2 = 0,77, \\ P < 0,001;$$

$$\text{ALT} = 1,0 * \text{DIAS} + 10,9; R^2 = 0,67, \\ P < 0,001.$$

Santos et al. (1999) descreveram taxas de acúmulo de MS, para o capim Tanzânia, de 79,8 a 150,1 kg/ha/dia durante o período das

águas. Gomide et al. (1980) avaliaram a taxa de crescimento do capim Colômbio cortado de 2 a 63 dias a intervalos de 7 dias. Estes autores observaram taxa de acúmulo de MS de 75,8 kg MS/ha/dia. Botrel et al.(1987) encontraram taxa de crescimento para o capim *Panicum maximum* de 2390 kg MS/ha/30 dias (79,7 kg MS/ha/dia) para o cv Makueni e 2060 MS/ha/30 dias (69,7 kg MS/ha/dia) para o cv Green Panic no período das águas.

Na tentativa de se estimar a PMFV e PMS a partir da ALT, foi estudada a regressão para estas variáveis. Observou-se correlação positiva entre PMFV e ALT de $r=0,83$, e da PMS e ALT de 0,84. O comportamento foi descrito pelas seguintes equações:

$$\text{PMFV(Kg/ha)} = 263,5 * \text{ALT(cm)} - 4580,4;$$

$$R^2=0,69, P<0,001;$$

$$\text{PMS (Kg/ha)} = 68,9 * \text{ALT(cm)} - 1541,1;$$

$$R^2=0,71, P<0,001.$$

Pelos resultados obtidos, confirma-se que há um incremento de 263,56 kg/ha na PMFV com o aumento da ALT, e que, por sua facilidade de mensuração, esta pode ser uma forma mais simples de se estimar a PMS quando associada à determinação a campo dos teores de matéria seca.

TABELA 5 – Valores médios dos teores de matéria seca das folhas (MSF,%), percentual defolhas na matéria seca (FMS,%), matéria seca das hastes (MSH,%), percentual de hastes na matéria seca (HMS,%), matéria seca da matéria morta (MSMM,%) e percentual de matéria morta na matéria seca (MMMS,%) no capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Idade ao corte	MSF	FMS	MSH	HMS	MSMM	MMMS
42	21,0 B	82,0 A	0,0 C	0,0 C	37,4 A	18,0 A
63	23,0 B	89,6 A	13,9 B	5,6 BC	13,9 B	4,8 B
84	22,3 B	83,7 A	15,9 B	9,8 B	28,7 AB	6,5 B
107	29,5 A	80,8 A	24,3 A	11,9 B	50,6 A	7,3 B
126	25,0 B	65,9 B	24,4 A	25,0 A	41,0 A	9,1 B
CV	8,77	6,68	12,25	41,05	35,17	41,10

Letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P<0,05$; SNK). CV = coeficiente de variação.

Apesar dos fatores ambientais anteriormente citados afetarem o desenvolvimento e a produtividade das plantas, a maturidade influencia as características agrônomicas e bromatológicas da forragem devido a alterações na relação haste:folha e na deposição de compostos nos tecidos vegetais (Van Soest, 1994). Por tal razão, sugere-se que os valores de produtividade de uma forrageira sejam avaliados de forma conjunta com as características agrônomicas, já que as folhas são mais ricas em nutrientes do que as hastes (Van Soest, 1994), sendo fundamental essa avaliação para a determinação do melhor momento de corte do capim Tanzânia.

Características agrônomicas

Os percentuais de MS das folhas (MSF), hastes (MSH) e matéria morta (MSMM), bem como o percentual de cada componente da planta do capim Tanzânia na MS (FMS para folhas, HMS, para hastes e MMMS para matéria morta) são apresentados na tabela 5.

A MSF variou de 21,0 a 29,5%, sendo que no capim Tanzânia cortado aos 107 dias apresentou maior teor que as demais idades ao corte ($P<0,05$). O comportamento da

MSF foi descrito pela equação:

$$\text{MSF} = 18,2 + 0,7 * \text{idade}; R^2 = 0,38, P < 0,01.$$

O percentual de FMS manteve-se, respectivamente, entre a 80,8% a 89,6% até a idade de 107 dias, sem apresentar diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$). O capim Tanzânia cortado aos 126 dias apresentou menor FMS do que ao corte nas demais idades ($P < 0,05$). Para a FMS encontrou-se a equação:

$$\text{FMS} = 53,949 + 0,969 * \text{idade} - 0,006 * \text{idade}^2, R^2 = 0,64, P < 0,001.$$

Jank et al. (1997) citaram valores inferiores aos observados neste experimento para a FMS do capim Tanzânia cortado aos 56 dias (79,8%). Gerdes et al. (2000b) relataram valores de FMS para o capim Tanzânia cortado aos 35 dias (81,92%) próximos aos observados neste experimento para a forragem cortada aos 42 dias. No entanto, no presente experimento, considerou-se como a fração folha a soma entre a bainha foliar e lâmina foliar, enquanto nos demais trabalhos a FMS consistiu apenas de lâmina foliar. Por isto, certa cautela deve ser tomada na comparação dos resultados encontrados com os demais observados na literatura.

São observados maiores teores de PB na lâmina foliar que nas hastes no capim Tanzânia, enquanto observa-se nas hastes maior teor de FDN que nas folhas desta forrageira (Gerdes et al., 2000a; Gerdes et al., 2002). Isto se deve à presença de tecidos vegetais relacionados ao processo de fotossíntese nas folhas. Tecidos vegetais relacionados ao processo de assimilação do carbono são ricos em cloroplastos, estrutura responsável pela fotossíntese com grande acúmulo de proteína na forma de enzimas, e apresentam células com parede celular delgada e não-lignificada (Paciullo, 2002). Dessa forma, a busca pela idade ao corte de uma forrageira, em que haja maior teor de folhas, é desejável.

A MSH aumentou gradativamente com o aumento da idade ao corte do capim

Tanzânia ($P < 0,05$), comportamento descrito pela equação:

$$\text{MSH} = -28,59 + 0,842 * \text{idade} - 0,003 * \text{idade}^2, R^2 = 0,92, P < 0,001.$$

O aumento da MS observado nas hastes está associado à maturidade do capim Tanzânia quando o conteúdo celular é substituído pela parede celular vegetal (Van Soest, 1994). Para a HMS, observou-se acréscimo gradativo em função da idade ao corte do capim Tanzânia ($P < 0,05$). Este pode ser descrito pela equação:

$$\text{HMS} = -11,81 + 0,264 * \text{idade}, R^2 = 0,74, P < 0,001.$$

O aumento nos valores de HMS, com o avançar da idade da forrageira, interferem diretamente no valor nutritivo da mesma. Wilson e Hatfield (1997) associam o decréscimo da digestibilidade em forrageiras tropicais ao aumento da participação de hastes na composição agrônômica da planta. Segundo esses autores, este componente da planta apresenta em sua composição tecidos vegetais de menor taxa de degradação ruminal (esclerênquima e xilema). Estas consistem de tecidos vegetais de sustentação e vascular possuindo células densamente agrupadas, com paredes espessadas e lignificadas (Van Soest, 1994; Paciullo, 2002; Paciullo et al., 2002).

Quanto à fração vegetal correspondente à matéria morta do capim Tanzânia, observou-se o menor teor de MSMM aos 63 dias ($P < 0,05$). Este fato pode ser atribuído à possibilidade de contaminação desta fração por resíduos de plantas presentes no solo na idade ao corte de 42 dias e ao possível aumento da importância do processo de senescência a partir da idade de 84 dias no capim Tanzânia, aumentando o número de folhas mortas. Para o MMMS, observou-se a significância ($P < 0,05$) da participação deste componente somente no corte aos 42 dias, confirmando, desta forma, a possibilidade de ocorrência de contaminação com resíduos presentes no solo no corte do capim

Tanzânia aos 42 dias. Por isso não foram determinadas, para estas variáveis, as respectivas equações de regressão. Costa et al. (1992) observaram que ocorre o aumento na proporção de material seco na planta dos capins Tobiatã e Colonião, com o avançar da idade ao corte de 28 aos 42 dias, atribuindo a este fato o aumento do processo de senescência com o aumento da idade ao corte das forrageiras.

Composição bromatológica

Os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) do capim Tanzânia, cortado nas diferentes idades, são apresentados na tabela 6.

Para o capim Tanzânia, observou-se o maior teor de MS com o corte à idade de 107 dias ($P < 0,05$), sendo que entre as demais idades ao corte não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Devasena et al. (1994) observaram aumento nos teores de MS (14,34% a 30,68%) com o aumento da idade ao corte do capim Colonião cortado dos 15 aos 90 dias de idade, a intervalos de 15 dias. Jank et al. (1997) observaram teor de MS para o capim Tanzânia, cortado aos 56 dias de 26,5%. Teor de MS de 19,50% foi observado por Gerdes et al. (2000b) para o corte do capim Tanzânia aos 35 dias. Gerdes et al. (2002) observaram teor de MS para o corte do capim Tanzânia aos 145 dias de 20,86%.

TABELA 6 – Valores médios dos teores de matéria seca (MS,%), matéria mineral (MM,%), matéria orgânica (MO,%), extrato etéreo (EE,%) e proteína bruta (PB,%) no capim Tanzânia, cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Idade ao corte	MS	MM	MO	EE	PB
42	22,70 B	10,86	89,14	1,41	9,77 A
63	21,65 B	11,44	88,56	1,39	7,66 B
84	21,80 B	11,23	88,77	0,74	6,22 B
107	29,64 A	10,26	89,74	0,44	3,87 C
126	25,77 B	9,97	90,03	0,41	3,78 C
CV	9,49	8,46	1,02	18,12	78,57

Letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). CV = coeficiente de variação. Valores em percentual da matéria seca.

Os valores de matéria seca no capim Tanzânia são expressos pela equação:

$$MS(\%) = 18,57 + 0,06 * DIAS, R^2 = 0,33, P < 0,01.$$

Pelo baixo coeficiente de determinação apresentado pela equação, podemos inferir que a idade ao corte explicou parcialmente a variação no teor de MS do capim Tanzânia. Acredita-se que possa haver alguma relação entre os teores de MS e as condições climáticas nos dias que antecederam os cortes, já que o experimento foi executado durante a estação do ano com grande

freqüência de chuvas. Devido a isso, pode ter ocorrido o acúmulo de orvalho na forrageira em alguns cortes. Este fato é importante quando o objetivo é a ensilagem da forrageira, já que a ocorrência de chuvas, nos dias que antecedem ao corte, influencia o teor de MS da forragem a ser ensilada, bem como pode aumentar as perdas durante a ensilagem (McDonald et al., 1991).

Para a MO, MM e EE, não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os teores encontrados. No entanto, Devasena et al. (1994) descreveram decréscimo nos teores MM e EE no capim Colonião com o avançar

da idade ao corte de 15 a 90 dias, em intervalos de 15 dias. Nas plantas forrageiras, cerca de 50% do conteúdo da fração EE corresponde a óleos essenciais ou apenas a substâncias solúveis em solvente apolar com valor nutricional irrisório (Van Soest, 1994). Observou-se o decréscimo dos teores de PB do capim Tanzânia com o aumento da idade ao corte ($P<0,05$), apresentando comportamento linear descrito pela equação:

$$PB(\%) = 12,57 - 0,074 * \text{idade (dias)}, R^2 = 0,82, \\ P < 0,001.$$

O teor de PB de 11,7% foi observado por Jank et al. (1997) para o capim Tanzânia, cortado aos 56 dias. Gerdes et al. (2000b) encontraram para o capim Tanzânia, cortado aos 35 dias, teor de 10,84% de PB. Gerdes et al. (2002) relataram teor de PB no capim Tanzânia cortado aos 145 dias de 11,41%. Gomide et al. (1979); Devasena et al. (1994) e Benedetti et al. (2001) observaram decréscimo nos teores de PB de cultivares de *Panicum maximum* com o avançar da idade ao corte.

Neste experimento, foram obtidos valores inferiores a 6% de PB, a partir do corte do capim Tanzânia aos 84 dias. Segundo Minson (1990) e Van Soest (1994), valores de PB inferiores a 6% afetam a fermentação ruminal, devido à diminuição da atividade microbiana causada pela deficiência de nitrogênio, afetando o consumo voluntário e coeficiente de digestibilidade da forrageira. Dessa forma, os resultados obtidos sugerem a utilização do capim Tanzânia em idades inferiores a 84 dias de crescimento vegetativo quando na forma de forragem fresca.

O teor encontrado para PB nas diferentes idades reflete a composição agronômica desta forrageira. Observou-se correlação negativa entre PB e HMS de -0,69, e correlação positiva entre PB e FMS de 0,43. A haste de uma forrageira é composta de tecido vegetal altamente lignificado e parede

celular espessa (Van Soest, 1994). A maior espessura da parede celular diminui a participação de conteúdo celular, local em que se concentra o maior percentual das proteínas da forrageira. De forma oposta, os tecidos da folha apresentam parede celular menos espessa, além de alto conteúdo de enzimas relacionadas à fotossíntese no conteúdo celular, o que explica por que esses tecidos da folha apresentaram coeficiente de correlação positiva com os teores de PB. Desse modo, o aumento na idade ao corte do capim Tanzânia poderá resultar em menor teor de PB pela diminuição do percentual de folhas e conteúdo celular da forrageira (Buxton, 1996).

Na tabela 7, são apresentados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HCEL), celulose (CEL) e lignina em detergente ácido (LIG) do capim Tanzânia, cortado em diferentes idades. Observou-se aumento dos teores de FDN com o aumento da idade ao corte ($P<0,05$), sendo os maiores teores de FDN observados na forrageira cortada aos 126 dias ($p>0,05$) e o menor no corte aos 42 e 63 dias ($P<0,05$), com valores intermediários observados no corte aos 84 e aos 107 dias. Para a FDA, não houve diferença entre a forragem cortada aos 42, 63, 84 e 107 dias ($p>0,05$), sendo que a forrageira cortada aos 126 dias apresentou maior teor de FDA que os demais tratamentos ($P<0,05$). Gerdes et al. (2000b) relataram teor de FDN do capim Tanzânia cortado aos 35 dias de 78,14%. Gerdes et al. (2002) citam teor de FDN para o capim Tanzânia cortado aos 145 dias de 73,79%.

A FDN e a FDA apresentaram comportamento linear em função da idade ao corte, sendo representadas pelas equações:

$$FDN(\%) = 67,25 + 0,07 * \text{idade(dias)}, R^2 = 0,52, \\ P < 0,001;$$

TABELA 7 – Valores médios dos teores de fibra em detergente neutro (FDN,%), fibra em detergente ácido (FDA,%), hemiceluloses (HCEL,%), celulose (CEL,%) e lignina em detergente ácido (LIG,%) no capim Tanzânia, cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Idade ao corte	FDN	FDA	HCEL	CEL	LIG
42	69,98 B	36,10 B	33,85	29,79 B	6,22 AB
63	71,75 B	37,00 B	34,66	31,78 AB	4,84 B
84	73,95 AB	39,73 B	34,02	33,64 AB	5,82 AB
107	73,32 AB	39,95 B	33,84	33,15 AB	6,20 AB
126	76,64 A	43,60 A	32,81	34,15 A	8,93 AB
CV	3,071	4,071	2,81	5,73	27,16

Letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). CV = coeficiente de variação. Valores em percentual da matéria seca.

$$\text{FDA}(\%) = 32,18 + 0,08 * \text{idade}(\text{dias}), R^2 = 0,70, P < 0,001.$$

Devasena et al. (1994) e Benedetti et al. (2001) observaram aumentos lineares nos teores de FDN e FDA em cultivares de *Panicum maximum* com o avançar da idade ao corte.

O FDN é tido como o principal constituinte químico da forragem relacionado ao consumo voluntário (Allen, 1996, Jung e Allen, 1995). Já os valores de FDA estão relacionados a alterações do coeficiente de digestibilidade da forrageira (Van Soest, 1994). Com isso, espera-se que, com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia, haja diminuição do consumo voluntário e da digestibilidade desta forrageira. No entanto, quando o objetivo é a ensilagem, os teores de FDN podem contribuir como substrato para a fermentação pela hidrólise das hemiceluloses, liberando açúcares para as bactérias ácido-láticas (McDonald et al., 1991; Henderson, 1993).

Como observado anteriormente, houve aumento do percentual de hastes com o aumento da idade ao corte. As hastes apresentam tecidos vegetais que se caracterizam por ter função vascular e estrutural (Paciullo, 2002) e, com isso, maior percentual de parede celular (Van Soest,

1994; Jung e Allen, 1995). Além disso, com a maturidade ocorre o aumento da deposição de parede celular nos tecidos das hastes (Jung e Allen, 1995). Este fato pode ser demonstrado pelo coeficiente de correlação positivo obtido para FDN e HMS ($r = 0,79$).

Para a HCEL, não foi observada diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$) ficando os teores nas diferentes idades ao corte entre 32,81% e 34,66%. Benedetti et al. (2001) estudaram o capim Tanzânia cortado aos 30, 45, 60 e 75 dias, e também não observaram diferença significativa para os teores de HCEL entre as idades ao corte. As HCEL são polissacarídeos complexos, podendo ser divididas quanto ao açúcar constituinte em pentosanas e hexosanas. As pentosanas são compostas principalmente por xilanas e arabinoxilanas, enquanto as hexosanas são compostas por mananas, glucanas, glucomanas e galactanas (Giger-Reverdin, 1995). Com a maturidade da forrageira, observam-se alterações mais significativas com relação à composição dos açúcares da HCEL que em sua concentração na planta (Chesson e Forsberg, 1997).

Para a CEL, o capim Tanzânia apresentou maior teor quando cortado aos 126 dias, diferindo do corte aos 42 dias ($P < 0,05$). Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários para a CEL ($p > 0,05$). O

comportamento dos teores de celulose em função da idade ao corte do capim Tanzânia é descrito pela equação:

$$\text{CEL}(\%)=0,05*\text{idade}(\text{dias})+28,50, R^2=0,40, P<0,01.$$

Devasena et al.(1994) observaram aumento nos teores de CEL de 24,59 a 34,52% no capim Colômbio cortado dos 15 aos 90 dias de idade a intervalos de 15 dias; enquanto Benedetti et al.(2001) observaram para o capim Tanzânia, cortado aos 30, 45, 60 e 75 dias, na estação chuvosa, teores de CEL de 30,4%, 32,8%, 33,3% e 34,5%, havendo diferença significativa entre todas as idades ao corte. Nos dois estudos, os valores ficaram próximos aos observados neste experimento para o capim Tanzânia.

A celulose consiste de polímeros de glicose com ligações β 1-4, com regiões cristalinas e amorfas em sua microfibrila (Giger-Reverdin, 1995). Com o aumento da idade ao corte, há a incorporação de polissacarídeos entre as fibrilas de celulose na parede celular vegetal. Arabinoxilanas e xiloses são depositadas entre as moléculas, na tentativa de organizar as fibrilas, aumentando a cristalinidade da cadeia de polissacarídeos com o aumento da idade da forrageira (Hatfield, 1989; Chesson e Forsberg, 1997; Moore e Hatfield, 1994).

O menor teor de LIG no capim Tanzânia foi observado com o corte aos 63 dias ($P<0,05$), sendo o maior teor de LIG observado no corte aos 126 dias ($P<0,05$). Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários ($p>0,05$) para a LIG. O alto valor apresentado pelo corte aos 42 dias embasa a constatação anterior de possível ocorrência de contaminação com resíduos de forragem seca presentes no solo. O comportamento dos teores de LIG foi descritos pela equação:

$$\text{LIG}(\%)=0,001x^2-0,18x+11,44, R^2=0,43, P<0,01.$$

Deve-se ter certo cuidado ao analisar os valores de LIG obtidos por metodologia

seqüencial, já que problemas relativos às etapas anteriores de determinação podem ter ocasionado este resultado, de difícil interpretação.

Devasena et al.(1994) observaram aumento nos teores de LIG de 5,39% a 10,98% no capim Colômbio, cortado dos 15 aos 90 dias de idade a intervalos de 15 dias. Os teores de LIG apresentaram alta correlação com os percentuais de HMS (0,68), enquanto observou-se a correlação negativa com FMS (-0,68), corroborando a afirmação de que a haste é composta por tecidos vegetais altamente lignificados e as folhas por tecidos menos lignificados. As ligninas são constituídas de macromoléculas de estrutura complexa e alto peso molecular (Giger-Reverdin, 1995). Com o desenvolvimento da forrageira, estes compostos substituem os espaços na matriz da parede celular ocupados por água (Hatfield, 1989), aumentando a rigidez da parede celular (Giger-Reverdin, 1995). As ligninas afetam a digestibilidade da matéria seca por se ligarem aos componentes da parede celular, sendo a ocorrência desta interação aumentada com a maturidade da forrageira, seja pelo aumento da concentração de LIG e/ou pela modificação na composição dos compostos fenólicos (Jung, 1989; Jung e Allen, 1995; Wilson e Hatfield, 1997).

Na tabela 8, são apresentados os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente neutro em percentual do nitrogênio total (NIDN/N), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em percentual do nitrogênio total (NIDA/N) do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Observou-se o decréscimo nos valores de NIDN com o avançar da idade ao corte da forrageira até a idade de 107 dias ($P<0,05$). No capim Tanzânia cortado aos 107 dias e 126 dias não foi observada diferença

TABELA 8 – Valores médios dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN,%), nitrogênio insolúvel em detergente neutro em percentual do nitrogênio total (NIDN/N,%), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA,%), e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em percentual do nitrogênio total (NIDA/N,%) no capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Idade ao corte	NIDN	NIDN/N	NIDA	NIDA/N
42	0,77 A	48,64	0,08	5,49 B
63	0,53 B	44,59	0,04	3,57 B
84	0,46 BC	46,85	0,06	6,80 AB
107	0,26 C	42,14	0,05	8,30 AB
126	0,29 C	47,94	0,06	10,72 A
CV	23,96	14,93	38,12	35,2

Letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). CV = coeficiente de variação. Valores em percentual da matéria seca.

significativa para os teores de NIDN ($p > 0,05$). A ausência de diferença observada para os teores de NIDN/N pode ser atribuída ao decréscimo nos teores de PB que, com isso, mantiveram semelhantes esses valores. Os teores de NIDN apresentaram comportamento linear em função da idade ao corte do capim Tanzânia sendo descrito pela equação:

$$\text{NIDN}(\%) = 0,95 - 0,01 * \text{DIAS}, R^2 = 0,72, P < 0,001.$$

Com relação aos teores de NIDN/N e NIDA, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$). Os teores de NIDA/N não foram diferentes no capim Tanzânia cortado aos 42 dias e 63 dias ($p > 0,05$), sendo estes menores que no corte à idade de 126 dias ($P < 0,05$). O capim Tanzânia cortado aos 84 dias e 107 dias apresentaram valores intermediários aos demais para NIDA/N ($p > 0,05$). O teor de NIDA/N descreveu comportamento linear expresso pela equação:

$$\text{NIDA/N}(\%) = 0,94 - 0,07 * \text{DIAS}, R^2 = 0,44, P < 0,001.$$

Valadares Filho et al. (2006) citam como teores de NIDN/N e NIDA/N, respectivamente, de 41,15% e 16,60% para o

capim Tanzânia. A fração NIDN consiste dos compostos nitrogenados associados à parede celular vegetal, apresentando, dessa maneira, degradabilidade lenta no rúmen. A fração NIDA consiste dos compostos nitrogenados associados à lignina, taninos e à produtos da reação de Maillard, sendo estes altamente resistentes à ação das enzimas microbianas e intestinais (Sniffen et al., 1992). Pode-se inferir que, com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia, ocorre maior associação entre compostos nitrogenados e a parede celular, e com isso há diminuição da disponibilidade desses compostos devido à formação de complexos que são resistentes à ação das enzimas microbianas e intestinais. Isto vai ao encontro da correlação encontrada entre HMS e NIDA/N de 0,60. Com estes resultados tornam-se mais limitantes os teores de PB, já que parte dela estará seqüestrada na parede celular, tornando-se indisponível para a utilização microbiana no rúmen com o aumento da idade ao corte da forrageira.

Técnica in vitro de produção de gases

Na figura 1 foram descritas as curvas da taxa de produção de gases em função dos tempos de incubação, em que se podem destacar três

grupos. O primeiro grupo, formado pelo capim Tanzânia cortado aos 42 dias, com a maior taxa de produção de gases em torno de 24 horas, do que as apresentadas pelos demais tratamentos. Este fato pode ser atribuído ao maior conteúdo celular na célula vegetal em idades mais jovens, o qual é fermentado mais rapidamente no rúmen (Jung, 1989; Van Soest, 1994). O segundo grupo é formado pelo capim Tanzânia cortado aos 63 dias, com aumento nas taxas de produção de gases após as 24 horas, sendo estas superiores à forrageira cortada

aos 84, 107 e 126 dias, e superando o corte aos 42 dias a partir das 48 horas de incubação. Com o aumento da idade ao corte, observa-se a substituição parcial do conteúdo celular por parede celular vegetal (Van Soest, 1994). A parede celular apresenta maior taxa de fermentação em períodos mais tardios, o que foi refletido na superioridade deste tratamento que foi observada após 48 horas de incubação. O capim Tanzânia cortado aos 84, 107 e 126 dias, apresentou menores taxas de produção *in vitro* degases em todos os tempos de

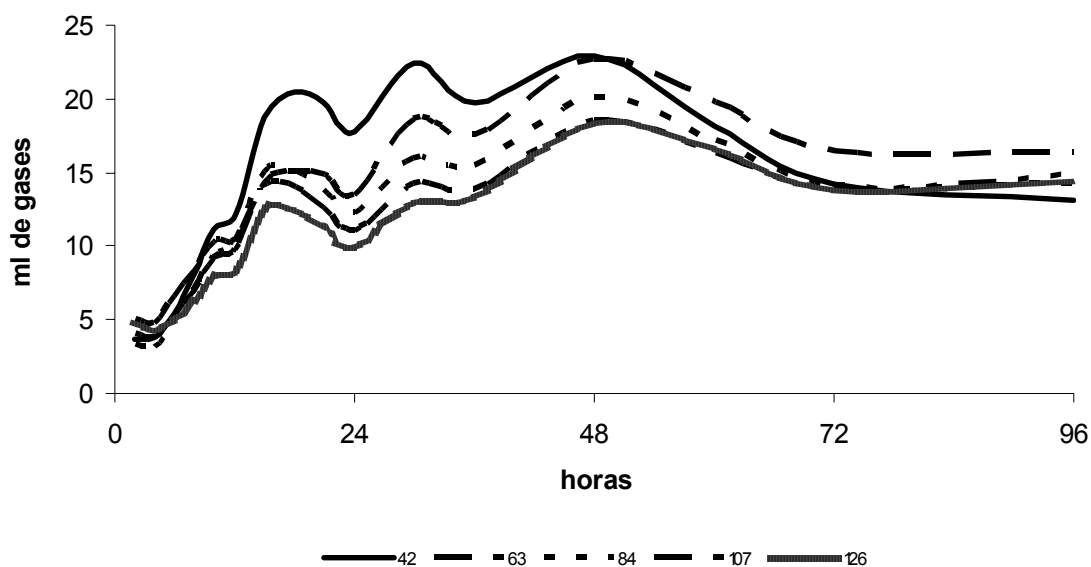


FIGURA 1 – Taxa de produção total de gases (ml/g de matéria seca/hora⁻¹) do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

incubação que nos demais tratamentos, sendo este o terceiro grupo observado na figura 1. Ligeira superioridade é observada para o capim Tanzânia cortado aos 84 dias, o qual teve menor teor de LIG entre os três tratamentos deste grupo (tabela 7), corroborando a observação feita anteriormente. Junto à ação da LIG, observa-se também o aumento da cristalinidade da molécula de CEL com o aumento da idade ao corte da forrageira, reduzindo a taxa de fermentação (Chesson e Forberg, 1997). Dessa forma, pode-se inferir que as diferenças observadas para taxa de

produção de gases nos diferentes tempos de incubação podem ser creditadas à relação entre quantidade e disponibilidade dos carboidratos da forrageira para a fermentação ruminal.

Na tabela 9 são apresentados os valores de produção acumulada de gases para o capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias, representado também na figura 2. Observa-se que para todos os tratamentos a produção acumulada de gases aumentou em função dos tempos de incubação ($P < 0,05$), com a assíntota sendo observada a partir do

tempo de 96 horas. Em relação aos tratamentos, apenas foram observadas diferenças entre eles a partir do tempo de 24 horas de incubação para a produção de gases. Para os tempos de 24, 48 e 96 horas, foi o capim Tanzânia cortado aos 42 dias o que apresentou a maior produção acumulada de gases ($P < 0,05$). No tempo de 24 horas de incubação, a produção acumulada de gases do capim cortado nas demais idades não diferiu ($p > 0,05$). Já no tempo de 48 horas, a forrageira cortada aos 63, 84 e 107 dias apresentou maior produção acumulada de gases que quando cortada aos 126 dias

($P < 0,05$). No tempo de 96 horas, o capim Tanzânia cortado aos 63 dias apresentou maior produção de gases ($P < 0,05$) que os cortes aos 84 e 107 dias, os quais foram semelhantes ($p > 0,05$), sendo a menor produção acumulada de gases observada no capim Tanzânia cortado aos 126 dias. A suposta contaminação com matéria morta presente no solo, aumentando os teores de LIG no capim Tanzânia cortado aos 42 dias, como observado na tabela 7, não influenciou a extensão de fermentação *in vitro*, demonstrando que os teores de

TABELA 9 - Valores médios de produção acumulada de gases do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Idade ao corte	6	12	24	48	96
42	12,96 Ae	44,30 Ad	120,98 Ac	186,11 Ab	231,57 Aa
63	13,12 Ae	39,13 Ad	96,84 Bc	155,53 Bb	207,99 Ba
84	11,40 Ae	38,09 Ad	94,39 Bc	145,79 Bb	191,35 Ca
107	16,36 Ae	45,49 Ad	97,17 Bc	143,78 Bb	188,82 Ca
126	14,16 Ae	36,70 Ad	82,90 Bc	127,67 Cb	172,55 Da

Letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 4,2% . Coeficiente de Variação Erro B = 4,3%.

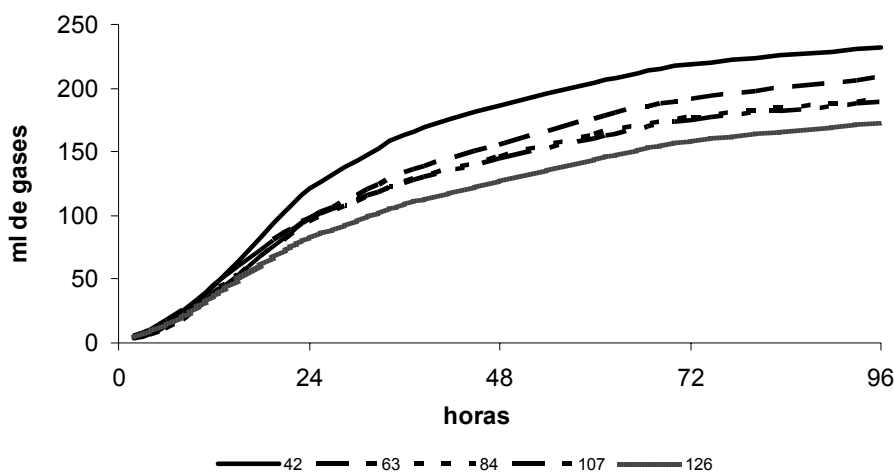


FIGURA 2 – produção acumulada de gases (ml/g de matéria seca) do capim Tanzânia, cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

ligninas observados podem ser atribuídos à metodologia utilizada.

Para o capim Tanzânia cortado aos 63 dias, apesar do menor teor de LIG (tabela 7), o maior teor de parede celular e, talvez, a maior espessura desta, devido ao maior percentual de hastes, podem ter sido limitantes no potencial de fermentação desta forrageira. Já o capim Tanzânia cortado aos 84 e 107 dias apresentou potencial de fermentação semelhante em todos os tempos de incubação, fato que pode ser atribuído ao reflexo dos teores de LIG e CEL, já que estes foram semelhantes entre os dois tratamentos ($p>0,05$). As ligninas interferem na degradação da parede celular por se ligarem à HCEL, podendo também se ligar à CEL, causando a indisponibilidade destes compostos para a degradação microbiana (Jung, 1989; Jung e Allen, 1995).

A menor produção acumulada de gases foi observada para o capim Tanzânia cortado aos 126 dias, o que pode ser reflexo dos maiores teores de CEL e LIG (tabela 7), os quais afetaram tanto a taxa quanto o potencial de fermentação *in vitro*. As ligninas ligam-se aos componentes da

parede celular, tendo a ocorrência desta interação aumentada com a maturidade da forrageira, seja pelo aumento da concentração de LIG e/ou pela modificação na composição dos compostos fenólicos, afetando a extensão da degradação da forrageira (Jung, 1989; Jung e Allen, 1995). De forma conjunta, observa-se aumento da hidrofobicidade da cadeia de celulose na parede celular, o que, conseqüentemente, poderá diminuir a taxa de degradação da forrageira (Chesson e Forsberg, 1997).

Na tabela 10 são apresentados os valores de degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DegMS) para o capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias. Observa-se que todos os tratamentos os valores de DegMS aumentaram em função dos tempos de incubação ($P<0,05$). Com relação aos tratamentos, apenas foram observadas diferenças entre eles a partir do tempo de 12 horas, quando o capim Tanzânia apresentou maior DegMS cortado aos 42 dias, e menor DegMS cortado aos 126 dias ($P<0,05$), sendo que a forrageira cortada aos 63, 84 e 107 dias apresentaram valores intermediários ($p>0,05$). A partir das 24

TABELA 10 – Valores médios de degradabilidade *in vitro* da matéria seca do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Idade ao corte	6	12	24	48	96
42	17,18 Ae	31,09 Ad	48,12 Ac	62,01 Ab	71,39 Aa
63	16,12 Ae	25,53 Abd	39,29 Bc	53,26 Bb	63,06 Ba
84	14,20 Ae	24,56 Abd	38,12 Bc	50,67 Bb	59,40 Bca
107	15,51 Ae	25,56 Abd	38,46 Bc	48,82 BCb	58,00 Bca
126	14,19 Ae	19,52 Bd	32,27 Bc	43,37 Cb	53,06 Ca

Letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($P<0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 5,5% . Coeficiente de Variação Erro B = 6,0%.

horas de incubação, o corte aos 42 dias apresentou maior DegMS que os demais ($P<0,05$), os quais foram iguais entre si ($p>0,05$). Às 48 horas, o capim Tanzânia cortado aos 42 dias apresentou maior

DegMS, seguido pelos cortes aos 63 dias e aos 84 dias ($P<0,05$), sendo o menor coeficiente de DegMS no corte aos 126 dias ($P<0,05$). Valores intermediários foram observados para o capim Tanzânia, cortado

aos 107 dias ($p>0,05$), em relação aos cortes aos 63 e 84, com o corte aos 126 dias. Após 96 horas de incubação, o capim Tanzânia cortado aos 42 dias apresentou maior DegMS, seguido pelos cortes aos 63 dias ($P<0,05$), sendo o menor coeficiente de DegMS no corte aos 126 dias ($P<0,05$). Valores intermediários foram observados para o capim Tanzânia cortado aos 84 e 107 dias ($p>0,05$) em relação aos cortes aos 63 dias e aos 126 dias.

A correlação entre produção de gases e DegMS foi de 0,99, sendo que a relação entre as duas variáveis foi descrita pela equação:

$$\text{DegMS}(\%) = 13,72 + 0,24 * \text{PG}(\text{ml}), R^2 = 0,97, P < 0,001.$$

Com isso, pode-se inferir que a produção de gases descreveu adequadamente a degradabilidade dos tratamentos.

Os parâmetros do modelo de France et al. (1993) para descrever a produção acumulada

de gases e a degradabilidade efetiva da matéria seca (DIEMS) para cada tratamento são apresentados na tabela 11. Observa-se que a A e a LAG diminuíram com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia. O maior valor de μ foi observado com o capim cortado aos 42 dias, sendo que os valores de μ decresceram, respectivamente, nos cortes aos 84, 107 e 63 dias. O capim Tanzânia, cortado aos 126 dias, apresentou o menor valor de μ . Cone et al. (1999) observaram que, com o aumento da maturidade das plantas, ocorreu diminuição na taxa de produção de gases (μ) e na PG, sendo que esses resultados ocorrem em função da diminuição da fermentabilidade da forrageira com o aumento da idade ao corte. De maneira geral, parece ter ocorrido tal fato no presente experimento para os valores de A e μ . Esta menor fermentabilidade está diretamente relacionada ao aumento dos teores e da disponibilidade da parede celular com o aumento da idade da forrageira (Jung e Allen, 1995; Hatfield, 1989).

TABELA 11 – Parâmetros da curva de produção acumulada de gases e degradabilidade efetiva da matéria seca (DIEMS), segundo France (1993) para o capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias

Idade ao corte	A	μ	LAG	$DIEMS$		
				0,02	0,03	0,04
42	229,50	0,04267	2:41	46,52	40,04	35,60
63	214,28	0,03259	1:48	39,20	33,97	30,73
84	193,29	0,03551	1:41	38,19	33,60	30,57
107	193,61	0,03266	1:23	38,01	33,68	31,01
126	180,73	0,02975	0:53	33,81	30,02	27,86

A - potencial máximo de produção de gases, μ - taxa fracional de produção de gases, LAG - tempo de colonização e hidratação das partículas do substrato, $DIEMS$ – degradabilidade efetiva da matéria seca.

Verifica-se na tabela 11 que, de modo geral, os valores de $DIEMS$ diminuíram com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia em todas as taxas de passagem. Com estes resultados, fica demonstrado que os resultados de LIG (Tabela 7) não representam a ocorrência de contaminação

com resíduos vegetais na colheita do material no capim Tanzânia cortado aos 42 dias. Dessa forma, pode-se inferir que, com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia, ocorre a diminuição da degradabilidade da forrageira. O aumento da cristalinidade da celulose na parede celular

devido à substituição de moléculas de água por arabinose e xilose é responsável pela diminuição da taxa de degradação da parede celular. Enquanto o aumento dos teores de ligninas é responsável pela diminuição da extensão da degradação da forrageira devido à esterificação de polissacarídeos da parede celular vegetal, principalmente as hemiceluloses (Jung e Allen, 1995; Hatfield, 1989, Jung, 1989).

Através do estudo de correlação entre os resultados obtidos para a composição agronômica, composição bromatológica e volume acumulado de produção *in vitro* de gases às 24 (G24) e 48 horas (G48) de incubação do capim Tanzânia, observou-se que esta última refletiu a qualidade da forrageira, já que foram encontrados altos coeficientes de correlação entre G24 e G48, respectivamente, com HMS (-0,74 e -0,80), FDN (-0,76 e -0,75), FDA (-0,75 e -0,77), e PB (0,70 e 0,82).

Como já discutido anteriormente, o aumento nas hastes leva conseqüentemente ao aumento nos teores de FDN e FDA da forrageira. O aumento nos teores da fração fibrosa e decréscimo na disponibilidade desta fração diminuem a produção de gases. Isto se deve ao fato de a parede celular apresentar alterações significativas quanto à composição e à estrutura química de seus polímeros com o envelhecimento, reduzindo a degradabilidade da forrageira (Chesson e Forsberg, 1997). Estas interações resultariam na fermentação em período mais precoce da forrageira em idade mais jovem e, conseqüentemente, em períodos mais tardios das plantas com maior concentração de parede celular.

3.5 Conclusão

Recomenda-se o corte do capim Tanzânia no intervalo de 42 a 63 dias, baseando-se nos resultados encontrados para produtividade, composição agronômica, composição bromatológica e a cinética de fermentação ruminal desta forrageira.

CAPITULO 4 - PERFIL DE FERMENTAÇÃO DA SILAGEM DE *PANICUM MAXIMUM* CV TANZÂNIA EM QUATRO IDADES DE CORTE.

4.1 Resumo

Avaliou-se o padrão fermentativo da silagem de capim Tanzânia cortado nas idades de 42, 63, 84 e 107 dias, nos tempos de abertura de 0, 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 dias, através do uso de silos de laboratório. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso com parcela subdivididas. Em função dos tempos de abertura, observou-se decréscimo nos teores de matéria seca, proteína bruta e pH para a silagem da forrageira aos 42 e 107 dias, e decréscimo nos teores de carboidratos solúveis para a silagem do capim Tanzânia cortado aos 63 dias. Observou-se o aumento nos teores de nitrogênio amoniacal na silagem do capim Tanzânia aos 42 e 63 dias, aumento nos teores de ácido acético na silagem aos 42, 63 e 107 dias, aumento nos teores de ácido propiônico na silagem aos 42 dias e aumento nos teores de ácido butírico na silagem em todas as idades com o avançar dos tempos de abertura. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os tempos de abertura para os teores de matéria mineral, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, digestibilidade *in vitro* da matéria seca, ácido láctico e etanol. Entre os tratamentos, observou-se aumento nos teores de matéria seca e decréscimo dos teores de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca no dia 0 com o avançar da idade ao corte. Observou-se aumento nos teores de ácido butírico a partir de 28 dias, e decréscimo nos teores de nitrogênio amoniacal e ácido acético aos 56 dias de abertura, e ácido propiônico a partir de 28 dias de abertura com o avançar da idade ao corte da forrageira ensilada. Não se observou diferença estatisticamente significativa para os teores de matéria mineral, fibra em detergente ácido, carboidratos solúveis, ácido láctico e etanol com a avançar da idade ao corte da

forrageira ensilada para todos os tempos de abertura. De maneira geral, as silagens de capim Tanzânia avaliadas neste experimento podem ser classificadas como sendo de baixa qualidade.

4.2 Introdução

A qualidade da silagem refere-se ao padrão do processo fermentativo no silo, já que o valor nutritivo da silagem vai depender, além do processo de conservação, da composição da forragem ensilada, uma vez que a ensilagem não melhora a qualidade nutricional da forragem original (Mannetje, 1999). A eficácia do processo fermentativo pode ser avaliada pelos parâmetros pH, concentração de ácidos orgânicos e percentual de nitrogênio amoniacal (McDonald et al., 1991; Mannetje, 1999). Como fatores limitantes da qualidade da silagem de capins tropicais estão o alto teor de umidade e baixo teor de carboidratos solúveis, que influenciam negativamente, impedindo o rápido declínio do pH (Vilela, 1997; McDonald et al., 1991). No entanto, Elferink et al. (1999) relacionaram que o processo de fermentação não depende apenas do tipo e da qualidade da forragem ensilada, mas também das técnicas de colheita e ensilagem.

O entendimento dos mecanismos que propiciam a manutenção do valor nutritivo da forragem, minimizando as perdas de nutrientes, ou mesmo alterações que resultem em desequilíbrio entre os nutrientes, é de fundamental importância para aumentar a eficiência da utilização de forragens conservadas, uma vez que nos sistemas de produção intensiva há limitações acentuadas para a produção de forragem de alta qualidade durante todo o ano (Reis e Silva, 2006).

A realização deste experimento teve como objetivo determinar o perfil de fermentação das silagens do capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv Tanzânia) em diferentes idades de corte.

4.3 Material e métodos

O local, o estabelecimento e a divisão dos piquetes foram os mesmos descritos no experimento 1. O capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias de idade foi submetido à ensilagem. O material obtido de cada piquete após a picagem foi ensilado em silos de laboratório feitos de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 450 mm de comprimento, sendo a compactação executada com soquete de madeira. Os silos foram vedados com tampas de PVC providas de válvulas tipo Bunsen e lacrados com fita adesiva. Estes ficaram armazenados à temperatura ambiente, sendo a abertura destes executados com 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 dias após a ensilagem. Os tratamentos correspondentes no experimento 1 foram considerados como dia zero de abertura.

No momento da abertura dos silos, o material foi homogeneizado, e foram extraídos aproximadamente 200 ml de suco da silagem com auxílio de um prensa hidráulica. Neste foi determinado o valor de pH, empregando-se um potenciômetro com escala expandida, o teor de nitrogênio amoniacal por destilação com óxido de magnésio, e os teores de etanol, ácido acético, propiônico, butírico e láctico, através de cromatografia líquido-gasosa após a conservação do suco da silagem numa relação 5:1 com ácido metafosfórico 25% em cromatógrafo gasoso CG 17A da Shimadzu, tendo como gás de arraste N₂ (40 ml/min.), temperatura interna de 210 °C, e temperatura da coluna de 180 °C. Estas variáveis não foram determinadas no dia zero de abertura.

Parte do material ensilado, após a abertura dos silos, foi colocado em bandeja de alumínio, pesado e posteriormente pré-secado em estufa de ventilação forçada a 50° C por 72 horas. As amostras pré-secas foram moídas em moinho estacionário com peneira de 1 mm. Foram determinados os teores de matéria seca em estufa a 105°C, proteína

bruta (Official... 1995), componentes da parede celular pelo método sequencial (Van Soest, 1991; Goering e Van Soest, 1970), carboidratos solúveis em etanol 80% (Bailey, 1967) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Tilley e Terry, 1963).

O delineamento experimental utilizado para a análise estatística das variáveis nos dias 0, 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 de abertura foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação curvas em nível (blocos), idades de corte (parcelas) e dias de abertura (subparcelas). Para a comparação das médias de tratamento foi utilizado o teste SNK ($P < 0,05$), utilizando o PROC GLM do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). O estudo de regressão e os coeficientes de correlação foram obtidos com auxílio do software PROC CORR e PROC REG do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 12.

TABELA 12 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas determinadas nos dias 0, 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 de abertura.

Fontes de variação	gl.
Total	15
Idades de Corte (parcelas)	3
Curvas em nível (blocos)	3
<i>Erro (A)</i>	9
Total de subparcelas	127
Parcelas	15
Tempo (subparcelas)	7
Cortes X Tempo	21
<i>Erro (B)</i>	84

Para a análise dos dados, empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_z + D_i + G_j + D * G_{ij} + e_{ijk}$$

em que, Y_{ijk} = observação "k" na curva de nível "z" da idade ao corte "i" submetido ao tempo de abertura do silo "j"; μ = média geral; T_z = efeito da curva em nível "z", (j = 1, 2, 3, 4); D_i = efeito do tempo de abertura do silo "j", (j = 0, 1, 3, 5, 7, 14, 18 e 56) G_j = efeito da idade ao corte "i", (j = 42, 63, 84 e 107); $D * G_{ij}$ = efeito da interação do tempo de abertura do silo "i" com a idade ao corte "j"; e_{ij} = erro experimental.

Nas variáveis avaliadas nos dias 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 de abertura, o delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação curvas em nível (blocos), idades de corte (parcelas) e dias de abertura (subparcelas). Para a comparação das médias de tratamento foi utilizado o teste SNK ($P < 0,05$), com auxílio do PROC GLM do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). A

TABELA 13 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas determinados nos dias 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 de abertura.

Fontes de variação	gl.
Total	15
Idades de Corte (parcelas)	3
Curvas em nível (blocos)	3
<i>Erro (A)</i>	9
Total de subparcelas	111
Parcelas	15
Tempo (subparcelas)	6
Cortes X Tempo	18
<i>Erro (B)</i>	72

decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 13.

Para a análise dos dados empregou-se o seguinte modelo estatístico utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + T_z + D_i + G_j + D * G_{ij} + e_{ijk}$$

em que, Y_{ijk} = observação "k" na curva de nível "z" da idade ao corte "i" submetido ao tempo de abertura do silo "j"; μ = média geral; T_z = efeito da curva em nível "z", (j = 1, 2, 3, 4); D_i = efeito do tempo de abertura do silo "j", (j = 1, 3, 5, 7, 14, 18 e 56) G_j = efeito da idade ao corte "i", (j = 42, 63, 84 e 107); $D * G_{ij}$ = efeito da interação do tempo de abertura do silo "i" com a idade ao corte "j"; e_{ij} = erro experimental.

4.4 Resultados e discussão

Na tabela 14, são apresentados os valores de matéria seca (MS) encontrados para o capim Tanzânia e das silagens desta forrageira, cortada aos 42, 63, 84 e 107 dias. O capim Tanzânia cortado aos 107 dias apresentou maior teor de MS do que os demais tratamentos somente na forragem fresca ($P < 0,05$). Para a silagem do capim Tanzânia cortado aos 42 dias não se observou um comportamento definido para os teores de MS em função dos dias de abertura, sendo que o maior teor de MS foi observado no dia 1 de abertura ($P < 0,05$). Para a forragem cortada aos 63 e aos 84 dias, não foi observada diferença estatística entre os tempos de abertura do silo ($p > 0,05$). Com a ensilagem do capim Tanzânia aos 107 dias, observou-se o decréscimo nos valores de MS a partir do 1 dia de abertura dos silos.

Otero e Esperance (1994) obtiveram silagens de *Panicum maximum* cv Likoni cortado aos 40 e 60 dias de idade, respectivamente, valores de MS de 16,21% e 20,12%. Valadares Filho et al. (2006) citam para a silagem de capim Tanzânia teor de MS de 22,71%.

A diminuição nos teores de MS durante o processo de ensilagem pode ocorrer devido à fermentação dos substratos pelas enzimas

TABELA 14 - Valores médios de matéria seca (%) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
0	22,73 Bb	21,65 ABa	21,81 Ba	29,64 Aa
1	26,14 Aa	22,74 Aa	21,27 Aa	26,80 Ab
3	24,40 Aab	23,08 Aa	21,25 Aa	26,87 Ab
5	23,50 Aab	22,46 Aa	20,66 Aa	26,03 Ab
7	23,56 Aab	22,06 Aa	20,86 Aa	26,63 Aab
14	22,63 Ab	22,53 Aa	20,84 Aa	26,61 Aab
28	21,80 Ab	20,59 Aa	20,69 Aa	25,78 Ab
56	21,76 Ab	20,94 Aa	20,01 Aa	25,17 Ab

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 10,4%. Coeficiente de Variação Erro B = 5,0%.

vegetais e bactérias presentes na silagem, sendo que carboidratos e proteína são os principais componentes consumidos durante a fermentação (McDonald et al., 1991). Observou-se o decréscimo nos teores de MS com a ensilagem do capim Tanzânia cortado aos 107 dias ($P < 0,05$), não sendo observada nenhuma alteração entre os tempos de abertura nos demais tratamentos. Baseando-se no achado para a silagem do capim cortado aos 107 dias, pode-se afirmar que as alterações na composição bromatológica de uma forrageira com a ensilagem concentram-se durante as primeiras 24 horas do processo de fermentação.

Na tabela 15, são apresentados os valores de matéria mineral (MM) encontrados para o capim Tanzânia e a silagem desta forrageira cortada aos 42, 63, 84 e 107 dias. Não foi observada diferença entre os teores de MM encontrados para os diferentes tratamentos em nenhum dos tempos de abertura ($p < 0,05$). Somente o capim Tanzânia ensilado aos 107 dias apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tempos de abertura dos silos, sendo que o menor teor de MM foi observado na forragem fresca

($P < 0,05$) e o maior na abertura do silo com 5 e 28 dias ($P < 0,05$).

O teor de cinzas citado por Valadares Filho et al. (2006) para silagem de capim Tanzânia (10,95%) foi inferior aos valores encontrados neste trabalho (11,81 a 15,42%). Os minerais têm importância na capacidade tampão da forrageira (Giger-Reverdin et al., 2002; Jobim et al., 2007), podendo, por isso, interferir na diminuição do pH devido ao aumento da capacidade tampão da forrageira, afetando a qualidade fermentativa da silagem.

Na tabela 16, são apresentados os valores de proteína bruta (PB) encontrados para o capim Tanzânia e para a silagem desta forrageira cortada aos 42, 63, 84 e 107 dias. O capim Tanzânia cortado aos 107 dias apresentou menor teor de PB que os demais tratamentos na forragem fresca ($P < 0,05$). Nos demais tempos de abertura, não foi observada diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). O capim Tanzânia ensilado aos 42 dias apresentou maior teor de PB na forragem fresca ($P < 0,05$), sendo os menores teores observados com 1, 14 e 28 dias de abertura dos silos. Nos demais tratamentos não foram observadas diferenças entre os

TABELA 15 - Valores médios de matéria mineral (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
0	10,86 Aa	11,44 Aa	11,23 Aa	10,26 Ab
1	11,21 Aa	12,45 Aa	13,76 Aa	11,80 Aab
3	11,58 Aa	11,95 Aa	13,75 Aa	12,75 Aab
5	11,45 Aa	13,94 Aa	13,63 Aa	15,42 Aa
7	11,82 Aa	12,67 Aa	13,46 Aa	14,02 Aab
14	11,61 Aa	12,76 Aa	13,49 Aa	14,02 Aab
28	11,90 Aa	13,01 Aa	13,86 Aa	15,17 Aa
56	13,41 Aa	13,95 Aa	14,39 Aa	13,30 Aab

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 8,2%. Coeficiente de Variação Erro B = 11,0%.

TABELA 16 - Valores médios de proteína bruta (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
0	9,77 Aa	7,66 ABa	6,22 ABa	3,87 Ba
1	5,04 Ab	5,74 Aa	5,85 Aa	5,70 Aa
3	6,03 Aab	5,75 Aa	5,09 Aa	4,53 Aa
5	7,36 Aab	5,80 Aa	5,71 Aa	3,83 Aa
7	5,93 Aab	4,86 Aa	5,19 Aa	4,64 Aa
14	4,44 Ab	4,47 Aa	5,53 Aa	4,44 Aa
28	4,86 Ab	4,49 Aa	4,91 Aa	4,52 Aa
56	6,72 Aab	4,35 Aa	5,37 Aa	4,39 Aa

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 11,3%. Coeficiente de Variação Erro B = 28,2%.

teores de PB entre os diferentes tempos de abertura dos silos ($p > 0,05$). Valadares Filho et al. (2006) citam para a silagem de capim Tanzânia o teor de PB de 7,84%, sendo este superior aos valores observados no presente experimento.

A proteólise durante a fermentação na ensilagem está relacionada à atividade das enzimas vegetais e de microrganismos do gênero *Clostridium* e *Enterobacteriaceae* (McDonald et al., 1991). A ação das enzimas vegetais na proteólise está diretamente relacionada à velocidade de fechamento dos silos e a presença de

oxigênio residual, fatos estes que ocorrem nos primeiros momentos da ensilagem.

Observa-se que a alteração nos teores de proteína se deu principalmente entre o dia 0 e 1 de abertura, o que implica no importante papel da ação das enzimas vegetais na diminuição dos teores de PB na silagem do capim Tanzânia.

A ação clostridiana é determinada pelo alto teor de umidade da forrageira e pelo valor do pH e velocidade de diminuição deste durante a ensilagem (McDonald et al., 1991). Como pode ser observado, o baixo teor de MS encontrado no capim Tanzânia cortado aos 42 dias sugere a possibilidade de se atribuir a continuidade do processo de proteólise à ação de bactérias do gênero *Clostridium*.

Outro ponto importante relativo aos teores de PB encontrados é que, com a fermentação, todas as silagens apresentaram valores inferiores ou muito próximos ao limite de 6% de PB, que, segundo Minson (1990), pode afetar a fermentação ruminal pela diminuição da atividade microbiana causada pela deficiência de nitrogênio.

Dessa forma, a utilização das silagens de capim Tanzânia como alimento único da dieta torna-se limitada devido aos baixos valores de PB na forrageira cortada acima da idade de 42 dias, quando da ausência de suplementação protéica. Além disso, a qualidade da fração protéica das silagens é alterada com a ensilagem. A PB presente no conteúdo celular tem sua solubilidade aumentada, estando, assim, mais rapidamente disponível para a microbiota. Tal fato leva à assincronia entre proteína e energia disponível no rúmen com o consumo deste tipo de silagem, prejudicando a eficiência de síntese microbiana (Harrison et al., 1994; Muck, 1988).

Na tabela 17, são apresentados os teores de fibra em detergente neutro (FDN) encontrados para o capim Tanzânia e a silagem desta forrageira cortada aos 42, 63, Tanzânia cortado aos 107 dias apresentou maior teor de FDN que os demais tratamentos ($P < 0,05$), enquanto o menor teor de FDN foi observado com a forragem ensilada aos 42 dias ($P < 0,05$). A abertura do silo com 5 dias, a ensilagem da forrageira

TABELA 17 - Valores médios de fibra em detergente neutro (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
0	69,98 Aa	71,75 Aa	73,95 Aa	73,32 Aa
1	68,09 Ba	70,52 ABa	71,44 ABa	74,10 Aa
3	67,39 Aa	68,40 Aa	70,80 Aa	71,91 Aa
5	66,76 Ba	67,60 Ba	70,54 ABa	72,77 Aa
7	66,95 Ba	68,19 ABa	70,85 ABa	72,03 Aa
14	66,14 Ba	68,19 ABa	70,61 Aa	71,04 Aa
28	66,70 Aa	67,02 Aa	70,16 Aa	71,04 Aa
56	66,82 Aa	69,59 Aa	69,72 Aa	69,50 Aa

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 1,1%. Coeficiente de Variação Erro B = 2,2%.

cortada aos 107 dias do capim Tanzânia apresentou maior teor de FDN ($P < 0,05$), enquanto o menor teor de FDN foi observado com a ensilagem da forragem cortada aos 42 e aos 63 dias ($p > 0,05$). Para a abertura dos silos aos 14 dias, as silagens de capim Tanzânia cortado aos 84 e aos 107 dias apresentaram os maiores teores de FDN ($P < 0,05$), enquanto a forrageira ensilada aos 42 dias apresentou o menor teor ($P < 0,05$). Valadares Filho et al. (2006) citaram para a silagem de capim Tanzânia teor de FDN de 67,45%.

As hemiceluloses da parede celular podem ser utilizadas durante o processo de fermentação. O processo de hidrólise ácida das hemiceluloses disponibiliza carboidratos, os quais podem ser utilizados pelas bactérias ácido-láticas (McDonald et al., 1991; Henderson, 1993; Morrison, 1979; Muck, 1988). No entanto, quando da análise das concentrações de hemiceluloses, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tempos de abertura e os tratamentos no presente estudo, podendo a diferença observada estar relacionada à metodologia experimental utilizada.

Na tabela 18 são apresentados os teores de fibra em detergente ácido (FDA)

TABELA 18 - Valores médios de fibra em detergente ácido (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
0	36,10	37,00	39,73	39,95
1	37,04	37,21	40,61	41,80
3	36,63	37,59	40,55	38,58
5	37,19	37,48	40,60	41,05
7	35,99	38,99	40,32	41,00
14	37,25	38,92	41,54	37,60
28	38,77	37,99	40,75	41,26
56	35,41	38,39	40,44	40,25

Coefficiente de Variação Erro A = 3,5%. Coeficiente de Variação Erro B = 5,4%.

encontrados para o capim Tanzânia e a silagem desta forrageira cortada aos 42, 63, 84 e 107 dias. Não foi observada diferença entre os tempos de abertura dos silos e nem para o capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias ($p > 0,05$), sendo observados valores médios de FDA de 38,87% na forragem fresca e nas silagens de capim Tanzânia. Valadares Filho et al. (2006) citam para a silagem de capim Tanzânia teor de FDA de 43,35%.

A fração FDA consiste de NIDA, celulose, lignina e sílica. Durante a fermentação, tais compostos são inertes à ação microbiana no processo de ensilagem, e, com isso, seus teores permanecem inalterados, o que conseqüentemente faria com que os teores de FDA permanecessem estáveis (Van Soest, 1994).

Na tabela 19 são apresentados os teores de carboidratos solúveis (CHO) encontrados para o capim Tanzânia e para a silagem desta forrageira cortada aos 42, 63, 84 e 107 dias. Não foi observada diferença para os teores de carboidratos solúveis do capim (CHO) Tanzânia ensilado aos 42, 63, 84 e 107 dias em nenhum dos tempos de abertura dos silos ($p > 0,05$).

TABELA 19 - Valores médios de carboidratos solúveis em etanol 80% (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
0	0,90 Aa	1,27 Aa	0,84 Aa	0,84 Aa
1	0,85 Aa	0,72 Ab	0,73 Aa	0,85 Aa
3	0,64 Aa	0,36 Ab	0,39 Aa	0,56 Aa
5	0,51 Aa	0,45 Ab	0,26 Aa	0,51 Aa
7	0,48 Aa	0,41 Ab	0,21 Aa	0,38 Aa
14	0,42 Aa	0,36 Ab	0,29 Aa	0,45 Aa
28	0,43 Aa	0,41 Ab	0,23 Aa	0,43 Aa
56	0,38 Aa	0,28 Ab	0,21 Aa	0,42 Aa

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 15,3%. Coeficiente de Variação Erro B = 38,1%.

Os teores de CHO decresceram com o avançar do tempo na silagem de capim Tanzânia cortado aos 63 dias ($P < 0,05$), sendo que a partir de 1 dia não se observou diferença estatística entre os demais tempos de abertura dos silos para os teores de CHO ($p > 0,05$). Valadares Filho et al. (2006) citam para a silagem de capim Tanzânia teor de CHO de 0,97%, e de 5,60% na forragem fresca. Os carboidratos solúveis são os principais substratos para a fermentação mediada por bactérias lácticas. Observa-se que houve o consumo dos carboidratos em função do tempo de ensilagem do capim Tanzânia em todas as idades, apesar de ter sido observada diferença estatística entre os tempos de abertura dos silos somente no tratamento referente à idade ao corte de 63 dias. É recomendado na literatura que haja teores de carboidratos solúveis em água em cerca de 2 % a 3% do peso fresco da forragem (em torno de 6 a 8% na MS) a ser ensilada para que haja um bom processo fermentativo na silagem (Wilkinson et al., 1983; Haigh, 1990; Pettersson e Lindgren, 1990; Gourley e Lusk, 1978).

Entre os resultados obtidos, observa-se que os teores de carboidratos solúveis na forragem fresca estão bem abaixo do recomendado. Isto pode aumentar a ocorrência de fermentação secundária (Wilkinson et al., 1983; Haigh, 1990; Pettersson e Lindgren, 1990) com a produção de compostos indesejáveis, como ácido butírico e nitrogênio amoniacal.

Na tabela 20, são apresentados os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) encontrados para o capim Tanzânia e a silagem desta forrageira cortada aos 42, 63, 84 e 107 dias. Não foi observada diferença entre os tempos de abertura dos silos para os valores de DIVMS para o capim Tanzânia ensilado aos 42, 63, 84 e 107 dias ($p > 0,05$). Na forragem fresca e na silagem com 5 dias, observou-se maior DIVMS para o corte aos 42 dias ($P < 0,05$), enquanto o menor valor de DIVMS foi observado para a forragem cortada aos 107 dias ($P < 0,05$), sendo que valores intermediários de DIVMS ($p > 0,05$) foram observados nas silagens de capim Tanzânia

TABELA 20 - Valores médios da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%) da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
0	53,64 Aa	51,93 ABa	48,99 ABa	45,03 Ba
1	56,08 Aa	53,24 Aa	50,49 Aa	44,28 Ba
3	53,56 Aa	51,56 Aa	49,20 ABa	44,10 Ba
5	55,00 Aa	51,96 ABa	48,59 ABa	45,45 Ba
7	54,10 Aa	51,89 Aa	49,50 Aa	48,89 Aa
14	54,95 Aa	50,61 Aa	47,58 Aa	48,38 Aa
28	51,27 Aa	52,43 Aa	44,43 Aa	46,93 Aa
56	52,54 Aa	49,17 Aa	47,16 Aa	47,51 Aa

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 2,5%. Coeficiente de Variação Erro B = 5,5%.

cortado aos 63 e aos 84 dias. No tempo de abetura de 1 dia não foi observada diferença para os valores de DIVMS entre o capim Tanzânia ensilado com 42, 63 ou 84 dias de idade ($p > 0,05$), sendo que a ensilagem desta forragem aos 107 dias apresentou menor valor para a DIVMS ($P < 0,05$). No tempo de abertura de 3 dias, não foi observada diferença para os valores de DIVMS entre o capim Tanzânia ensilado com 42 e 63 dias de idade ($p > 0,05$), enquanto que a ensilagem desta forragem aos 107 dias apresentou menor valor para a DIVMS ($P < 0,05$), sendo que a silagem da forrageira aos 84 dias apresentou valores intermediários para a DIVMS ($p > 0,05$). Para a abertura a partir do dia 7 de ensilagem, não se observou diferença entre as silagens de capim Tanzânia ($p > 0,05$).

Gomide et al.(1979) relataram valores médios para os coeficientes de DIVMS do capim Colômbio cortado aos 14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias, respectivamente, de 68,4%, 65,3%, 60,4%, 55,1%, 49,5% e 45,6%. Weber e Haag (1984) avaliaram a DIVMS do capim *Panicum maximum* cv. Makueni cortado aos 30, 60, 90, 120, 150 e 170 dias. Estes autores observaram o decréscimo

linear na DIVMS com o aumento da idade ao corte expresso pela equação $DIVMS(\%) = 55,96 - 0,13 * idade$, $R^2 = 0,99$. O maior valor de DIVMS foi de 53,06% com o corte aos 30 dias, e o menor valor de DIVMS foi de 29,42% com o corte aos 170 dias. Gerdes et al. (2000b) descreveram valores de DIVMS de 60,99% para o capim Tanzânia cortado aos 35 dias no verão. Estes autores observaram que as proporções de folha no capim Tanzânia favoreceram os maiores valores de DIVMS nas diferentes estações do ano, já que esta apresentava maiores valores de DIVMS que a haste. Gerdes et al.(2002) encontraram valores de DIVMS para o capim Tanzânia de 56,23% quando cortado aos 145 dias. Soares Filho et al.(2002) citaram para o capim Tanzânia cortado a intervalo de 35 dias o valor médio de DIVMS de 53,5% durante o período das águas. Valadares Filho et al. (2006) relataram o valor de 56,00% para a DIVMS da silagem de capim Tanzânia.

Na tabela 21 são apresentados os valores de pH encontrados para as silagens do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias de idade. O capim Tanzânia ensilado aos 42 e aos 107 dias apresentou decréscimo no pH

TABELA 21 - Valores médios de pH da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
1	5,35 Aa	4,92 Aa	4,89 Aa	5,08 Aa
3	5,24 Aa	4,77 ABa	4,65 Ba	4,81 ABab
5	5,14 Aa	4,72 Aa	4,71 Aa	4,63 Ab
7	5,16 Aa	4,74 Aa	4,70 Aa	4,72 Aab
14	5,08 Aa	4,78 Aa	4,76 Aa	4,65 Ab
28	4,98 Aa	4,90 Aa	4,80 Aa	4,80 Aab
56	4,90 Ab	4,89 Aa	4,73 Aa	4,68 Aab

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 3,1%. Coeficiente de Variação Erro B = 2,9%.

com o avançar do tempo de abertura da silagem ($P < 0,05$), o que foi observado para a silagem do capim Tanzânia aos 42 dias, a partir de 56 dias de abertura, e para silagem aos 107 dias, a partir de 5 dias de abertura. Somente com a abertura dos silos com 3 dias observou-se diferença entre os tratamentos. Neste tempo, o menor valor de pH foi observado com o corte do capim Tanzânia aos 84 dias ($P < 0,05$), e o maior valor de pH com o capim Tanzânia cortado aos 42 dias ($P < 0,05$), sendo encontrados valores Para Luis e Ramirez (1988), o pH das silagens de milho e sorgo decaiu até o segundo dia com sua estabilização em pH 4,0. Para Muck (1988), o pH normalmente declina nos primeiros cinco dias de ensilagem. McDonald et al. (1991) citam que a estabilidade do pH da silagem é observada a partir do décimo dia. No entanto, no presente experimento, observa-se que somente na silagem do capim Tanzânia cortado aos 107 dias ocorre variação no pH com a ensilagem.

Observou-se correlação entre os valores de pH e MM de -0,43. O alto teor de matéria mineral observado nas tabelas 6 e 15 para a forragem fresca e para as silagens de capim Tanzânia, no presente experimento, pode explicar, parcialmente, os valores de pH

intermediários para a silagem do capim Tanzânia ensilado aos 63 dias e aos 107 dias ($p > 0,05$).

Valadares Filho et al. (2006) relataram valores de pH de 4,99 para silagem de Tanzânia, que também se aproximam dos valores deste experimento. Otero e Esperance (1994) encontraram valores de pH de 4,3 e 4,4 para a silagem de *Panicum maximum* cv Likoni cortado aos 40 e 60 dias.

obtidos para as silagens. Há correlação entre o conteúdo de íons inorgânicos e seus sais com ácidos orgânicos, com a capacidade tampão em plantas forrageiras (Giger-Reverdin et al., 2002; Jobim et al., 2007), fazendo com que a estabilidade seja atingida mais tardiamente do que a observada para as silagens de milho e sorgo (McDonald et al., 1991).

Há diminuição do pH e reflexo do teor de carboidratos solúveis e da ação das bactérias lácticas (McDonald et al., 1991). Foi encontrado coeficiente de correlação entre os valores de pH aos 56 dias e CHO na forragem fresca de $r = -0,33$. Isto, em tese, demonstraria que os baixos teores de carboidratos solúveis encontrados resultaram em valores de pH mais altos, e que, para a

silagem de capim Tanzânia, outros fatores, além do teor de carboidratos, estariam envolvidos na queda de pH. Observa-se que, para as silagens de gramíneas tropicais, os valores de pH tendem a aumentar com o avançar da idade ao corte (Sarwatt et al., 1989).

Na tabela 22, são apresentados os valores de nitrogênio amoniacal em percentual do nitrogênio total (NNH3/N) encontrados para as silagens do capim Tanzânia aos 42, 63, 84 e 107 dias de idade. Nos tempos de abertura de 1, 5, 7, 14 e 28 não foi observada diferença entre os tratamentos para os teores de NNH3/N ($p>0,05$). Na abertura dos silos com 3 dias, o capim Tanzânia ensilado aos 42 dias apresentou maior teor de NNH3/N que os demais tratamentos ($P<0,05$). À abertura do silo com 56 dias, o capim Tanzânia ensilado aos 42 e 63 dias não diferiu quanto aos teores de NNH3/N ($p>0,05$), apresentando estes maiores teores de NNH3/N que as silagens da forrageira aos 84 e 107 dias ($P<0,05$), as quais não diferiram entre si ($p>0,05$). As silagens do capim Tanzânia aos 42 dias e aos 63 dias apresentaram aumento nos teores de NNH3/N, com o avançar dos tempos de

abertura dos silos ($P<0,05$), a partir de 28 dias de abertura dos silos. Não foi observada diferença nos teores de NNH3/N entre os tempos de abertura dos silos para a silagem do capim Tanzânia cortado aos 84 e 107 dias ($p<0,05$).

Otero e Esperance (1994) encontraram teores de NNH3/N de 18,94% e 16,02% para a silagem de *Panicum maximum* cv Likoni cortado aos 40 e 60 dias. Valadares Filho et al. (2006) relatam valores de 9,40% de NNH3/N na silagem de capim Tanzânia.

A estabilidade na produção de NNH3/N foi observada a partir dos 28 dias do início da ensilagem do capim Tanzânia. Os teores de nitrogênio amoniacal estão associados à degradação de aminoácidos durante a ensilagem, podendo esta representar a ocorrência ou não de proteólise. As bactérias do gênero *Clostridium* são tidas como as principais responsáveis pelo teor de NNH3/N nas silagens de capins tropicais (Otero e Esperance, 1994).

Na tabela 23, são apresentados os teores de ácido láctico encontrados para as silagens do capim Tanzânia aos 42, 63, 84 e 107 dias de idade. Não foi observada diferença entre os

TABELA 22 - Valores médios de nitrogênio amoniacal (% do nitrogênio total) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
1	1,94 Ab	0,53 Ab	0,75 Aa	0,53 Aa
3	4,64 Ab	1,59 Bb	1,17 Ba	1,17 Aba
5	4,24 Ab	2,87 Aab	1,51 Aa	1,41 Aa
7	4,79 Ab	3,26 Aab	2,30 Aa	1,58 Aa
14	4,74 Ab	3,69 Ab	2,24 Aa	2,19 Aa
28	4,27 Ab	3,59 Aab	2,29 Aa	1,76 Aa
56	7,57 Aa	6,44 Aa	3,46 Ba	2,51 Ba

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P<0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 22,3%. Coeficiente de Variação Erro B = 45,3%.

TABELA 23 - Valores médios de ácido láctico (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
1	0,70	1,62	1,15	0,92
3	0,27	1,37	2,07	1,59
5	0,88	2,00	1,69	2,16
7	0,53	2,01	1,59	2,64
14	1,02	2,00	1,56	2,39
28	0,87	1,07	1,55	1,12
56	1,19	1,33	0,98	0,72

Coefficiente de Variação Erro A = 27,6%. Coeficiente de Variação Erro B = 32,8%.

tratamentos, nem entre os tempos de abertura para os teores de ácido láctico das silagens de capim Tanzânia ($p < 0,05$), sendo observado 1,39% como teor médio de ácido láctico para as silagens de capim Tanzânia.

Otero e Esperance (1994) encontraram teores de ácido láctico de 3,10% e 2,53% para as silagens de *Panicum maximum* cv Likoni cortado aos 40 e 60 dias.

Como observado anteriormente, os teores de CHO do capim Tanzânia nas diferentes idades foi inferior ao considerado como ideal para se obter uma fermentação de boa qualidade, resultando em baixas concentrações de ácido láctico. Panditharatne et al. (1986) afirmaram que, com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia, observa-se decréscimo no teor de ácido láctico na silagem, fato que não pode ser observado neste experimento.

Na tabela 24, são apresentados os teores de ácido acético encontrados na silagem do capim Tanzânia aos 42, 63, 84 e 107 dias de idade. Não foi observada diferença entre os tratamentos para os teores de ácido acético nas silagens de capim Tanzânia ($p < 0,05$) até a abertura dos silos com 28 dias. Após 56 dias, o teor de ácido acético foi maior na

silagem de capim Tanzânia cortado aos 42 dias ($P < 0,05$) que nos cortes aos 84 e 107 dias. Os teores de ácido acético aumentaram com o tempo de abertura da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63 e 107 dias ($P < 0,05$). Para a silagem da forragem cortada aos 84 dias, não foram observadas alterações dos teores de ácido acético em função dos tempos de abertura dos silos ($p < 0,05$).

Panditharatne et al. (1986) encontraram teores de ácido acético de 5,39% na silagem de capim *Panicum maximum*. Otero e Esperance (1994) encontraram teores de ácido láctico de 4,0% e 3,0% para as silagens de *Panicum maximum* cv Likoni cortado aos 40 e 60 dias.

Bactérias lácticas heterofermentativas são capazes de metabolizar os carboidratos solúveis da forragem em ácido láctico, ácido acético, etanol e dióxido de carbono (Elferink et al., 1999; McDonald et al., 1991). Além disso, bactérias lácticas heterofermentativas também são capazes de utilizar o ácido láctico em situações de baixa concentração de carboidratos, produzindo, a partir daí, ácido acético (Henderson, 1993).

TABELA 24 - Valores médios de ácido acético (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
1	0,63 Ac	0,48 Ab	0,98 Aa	0,40 Ab
3	1,48 Abc	0,72 Aab	0,83 Aa	0,55 Ab
5	1,30 Abc	1,03 Aab	0,84 Aa	0,60 Ab
7	1,65 Abc	1,20 Aab	1,12 Aa	0,88 Ab
14	1,40 Abc	1,22 Aab	1,41 Aa	0,81 Ab
28	2,40 Aab	1,36 Aab	1,52 Aa	1,43 Aab
56	2,90 Aa	1,78 ABa	1,82 Ba	1,93 Ba

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 21,1% . Coeficiente de Variação Erro B = 40,9%.

Dessa forma, observa-se que as baixas concentrações de ácido láctico e a alta concentração de ácido acético podem ser atribuídas à ação de bactérias lácticas heterofermentativas. Há citações na literatura que atribuem maior importância ao ácido acético que ao ácido láctico na preservação das silagens de forrageiras tropicais (Panditharatne et al., 1986). Niimi e Kawamura (1998), citados por Bureenook et al. (2005), estudaram as características fermentativas da silagem de *Panicum maximum*, sugerindo que a maior produção de ácido acético deve-se ao fato da grande participação de hemiceluloses como substrato para a fermentação em função do baixo conteúdo de carboidratos solúveis desta forrageira. No entanto, não se observou variação significativa nos teores de hemiceluloses em função dos tempos de abertura, como citado anteriormente neste experimento.

Os dados de referência para a maioria dos sistemas de classificação de silagens são baseados na silagem de milho (Paiva, 1976) e sorgo (Borges, 1995), o que pode gerar certo conflito com os resultados observados

para as silagens de capim. Por tal razão, mais estudos devem ser executados para que seja desenvolvida uma nova metodologia de classificação de silagens de capins tropicais levando-se em consideração as características fermentativas dessas forrageiras.

Na tabela 25 são apresentados os teores de ácido propiônico encontrados para a silagem do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias de idade. Não foi observada diferença entre os tratamentos para o teor de ácido propiônico até a abertura dos silos com 14 dias ($p < 0,05$). Na abertura dos silos com 28 e 56 dias, o teor de ácido propiônico foi maior na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42 dias ($P < 0,05$) que nas demais idades, sendo estas semelhantes entre si ($p > 0,05$). Na silagem da forrageira cortada aos 42 dias, observou-se o aumento do teor de ácido propiônico com o avançar do tempo de abertura do silo ($P < 0,05$). Nos demais tratamentos, não foram observadas diferenças nos teores de ácido propiônico em função dos tempos de abertura dos silos ($p > 0,05$).

TABELA 25 - Valores médios de ácido propiônico (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
1	0,05 Ad	0,04 Aa	0,05 Aa	0,05 Aa
3	0,09 Acd	0,04 Aa	0,05 Aa	0,05 Aa
5	0,11 Acd	0,07 Aa	0,06 Aa	0,06 Aa
7	0,14 Acd	0,07 Aa	0,10 Aa	0,07 Aa
14	0,24 Ac	0,11 Aa	0,14 Aa	0,08 Aa
28	0,44 Ab	0,14 Ba	0,19 Ba	0,12 Ba
56	0,58 Aa	0,19 Ba	0,21 Ba	0,14 Ba

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 30,3% . Coeficiente de Variação Erro B = 59,9%.

Baixos valores de ácido propiônico são características de uma silagem bem preservada, pois ele é oriundo de fermentações secundárias por bactérias produtoras de ácido propiônico em condições de anaerobiose, e este ácido contribui de forma insignificante para o abaixamento do pH da silagem (McDonald et al., 1991).

Na tabela 26, são apresentados os teores de ácido butírico encontrados para a silagem do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias de idade. Observou-se aumento nos teores de ácido butírico a partir do tempo de abertura de 28 dias para a silagem de capim Tanzânia cortado aos 107 dias ($P < 0,05$). Para as silagens da forrageira cortada aos 42, 63 e 84 dias foi observado aumento

TABELA 26 - Valores médios de ácido butírico (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
1	0,00 Ab	0,04 Ab	0,00 Aab	0,00 Ab
3	0,04 Ab	0,01 Ab	0,00 Aab	0,08 Ab
5	0,05 Ab	0,04 Ab	0,05 Aab	0,05 Ab
7	0,07 Ab	0,02 Ab	0,05 Aab	0,09 Ab
14	0,31 Ab	0,45 Ab	0,27 Ab	0,42 Ab
28	1,33 ABab	1,48 Bab	1,41 ABab	3,24 Aa
56	2,94 Aa	2,69 Aa	2,25 Aa	3,84 Aa

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 70,4%. Coeficiente de Variação Erro B = 130,9%.

significativo nos teores de ácido butírico somente a partir do tempo de 56 dias de abertura dos silos ($P < 0,05$). Foi observada diferença entre os tratamentos somente na abertura dos silos com 28 dias, em que o maior teor de ácido butírico foi observado na silagem do capim Tanzânia cortado aos 107 dias ($P < 0,05$), e menor teor na silagem da forrageira cortada aos 63 dias ($P < 0,05$), sendo observados teores intermediários no capim Tanzânia ensilado aos 42 e 84 dias.

Otero e Esperance (1994) encontraram teores de ácido butírico de 1,98% e 0,84% para as silagens de *Panicum maximum* cv Likoni cortado aos 40 e 60 dias.

Em silagens onde a atividade clostridiana não é inibida, devido ao alto teor de umidade e alto valor de pH, pode ser observada alta concentração de ácido butírico (Fisher e

Burns, 1987). Bactérias do gênero *Clostridium* utilizam os carboidratos e o ácido lático para obtenção de energia, tendo como metabólito deste processo o ácido butírico (Luis e Ramirez, 1988). Dessa forma, podemos inferir que as silagens de capim Tanzânia avaliadas neste estudo demonstraram alta atividade clostridiana. Tal fato pode basear-se no consumo de ácido lático nos últimos tempos de abertura dos silos, como observado na tabela 26 e na figura 3. Parte do ácido lático pode ter sido consumido por bactérias lácticas com a formação de ácido acético e pela ação de bactérias do gênero *Clostridium*, formando ácido butírico (McDonald et al., 1991). Esta segunda hipótese parece ser menos provável, já que os teores de fração molar de ácido acético mantiveram-se estáveis (figura 3).

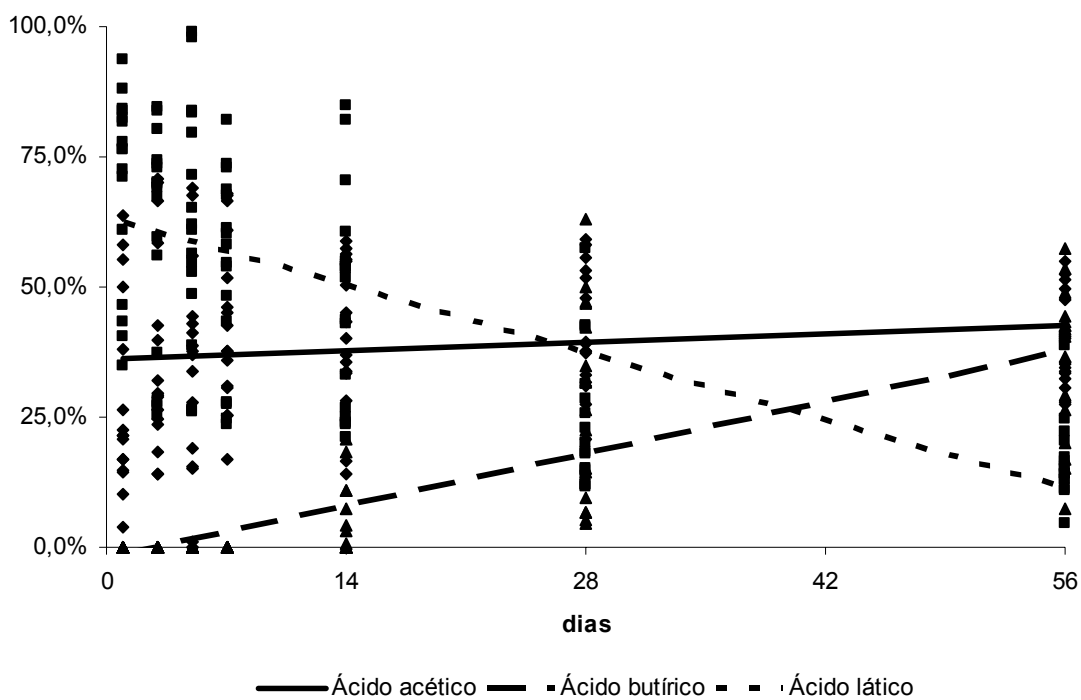


FIGURA 3 – Fração molar de ácido acético, ácido butírico e ácido lático nos diferentes tempos de abertura da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

TABELA 27 - Valores médios de etanol (% da matéria seca) na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias após diferentes tempos de ensilagem (em dias) em silos de laboratório.

Tempos de abertura	42	63	84	107
1	0,14	0,12	0,14	0,15
3	0,23	0,13	0,15	0,17
5	0,16	0,15	0,15	0,24
7	0,20	0,17	0,17	0,24
14	0,22	0,18	0,17	0,21
28	0,29	0,18	0,16	0,38
56	0,37	0,16	0,18	0,31

Coefficiente de Variação Erro A = 2,2%. Coeficiente de Variação Erro B = 10,3%.

Na tabela 27 são apresentados os teores de etanol encontrados para a silagem do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias de idade. Não foi observada diferença entre os tratamentos e entre os dias de abertura para os valores de etanol nas silagens de capim Tanzânia ($p < 0,05$), sendo observados teores médios de 0,20% nas silagens de capim Tanzânia.

Como descrito anteriormente, a ação de bactérias lácticas heterofermentativas produz também etanol, além de ácido acético (McDonald et al., 1991; Elferink et al., 1999). Observou-se coeficiente de correlação de 0,54 entre os teores de ácido acético e etanol. Dessa forma, pode-se inferir que a flora bacteriana presente no

capim Tanzânia utilizado no presente experimento consiste de bactérias lácticas heterofermentativas.

Na tabela 28 estão condensados os resultados observados para a classificação das silagens (Paiva, 1976; Oshima e McDonald, 1978; AFRC, 1987; Henderson, 1993) de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias. De maneira geral, pode-se observar que a silagem de capim Tanzânia, em todas as idades ao corte, pode ser classificada como de baixa qualidade, exceto para NNH3/N. Os baixos valores de NNH3/N podem ter origem nos baixos teores de PB na forragem fresca, limitando a ação proteolítica durante o processo fermentativo.

TABELA 28 – Parâmetros de qualidade da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	MS	DIVMS	pH	NNH3/N	Ácido láctico	Ácido butírico
42	média	média	ruim	muito boa	Ruim	Ruim
63	média	média	ruim	muito boa	Ruim	Ruim
84	média	média	ruim	muito boa	ruim	Ruim
107	média	média	ruim	muito boa	ruim	Ruim

4.5 Conclusão

A silagem de capim Tanzânia em todas as idades avaliadas pode ser considerada como de baixa qualidade.

CAPÍTULO 5 - CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS DA SILAGEM DE *PANICUM MAXIMUM* CV TANZÂNIA EM QUATRO IDADES DE CORTE.

5.1 Resumo

Avaliou-se a cinética de degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro e a cinética de fermentação ruminal da matéria seca da silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias, mediante uso da técnica *in situ* e da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. Na metodologia *in situ*, observou-se o maior desaparecimento ruminal da matéria seca e da proteína bruta na silagem do capim Tanzânia cortado aos 42 dias, enquanto o desaparecimento da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido foi maior na silagem cortada aos 42 e 63 dias. Os valores de degradabilidade efetiva diminuíram com o aumento da idade ao corte para todas as frações nutricionais avaliadas pela metodologia *in situ*. A silagem do capim Tanzânia cortado aos 42 dias apresentou maior produção acumulada de gases. Quanto aos parâmetros da cinética de fermentação obtidos pela metodologia *in vitro*, observou-se que o potencial máximo de produção de gases e a degradabilidade efetiva da matéria seca *in vitro* diminuiu com o aumento da idade ao corte da forrageira ensilada. Conclui-se que a utilização da silagem do capim Tanzânia cortado aos 42 e 63 dias deve ser priorizada, devido à maior degradabilidade e fermentabilidade ruminal da forrageira cortada nessas idades.

5.2 Introdução

A avaliação da degradabilidade *in situ* de alimentos para ruminantes tem sido muito utilizada devido à facilidade e à rapidez de execução. Huntington e Givens (1995)

citaram observações na literatura de altas correlações entre a metodologia *in situ* e os resultados obtidos *in vivo*.

Metodologias *in vitro* de avaliação de alimentos têm sido utilizadas para a determinação do valor nutricional de forrageiras, registrando-se alta correlação entre esta metodologia e o consumo e a digestibilidade *in vivo* (Ørskov, 2002). Segundo Williams (2003), as técnicas *in vitro* de produção de gases têm sido utilizadas em estudos de classificação de substratos com alto teor de carboidratos, em estudos de fermentabilidade de componentes específicos, na avaliação de fatores antinutricionais e na predição da energia metabolizável de alimentos.

O presente estudo tem por objetivo avaliar a cinética de degradação e fermentação ruminal da silagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv Tanzânia) cortado em diferentes idades para determinar seu momento ideal de utilização para a alimentação de ruminantes como forragem conservada.

5.3 Material e métodos

O local, o estabelecimento e divisão dos piquetes foram executados de forma semelhante à do experimento 1, sendo que os canteiros de cada curva de nível referentes à mesma idade foram transformados em amostras compostas. Assim, o capim Tanzânia foi cortado nas idades de 42, 63, 84 e 107 dias de crescimento. A forragem foi colhida manualmente e moída em picadeira estacionária em tamanhos de partícula de 2 cm, sendo imediatamente ensilada em tambores metálicos com capacidade para 200 litros, revestidos internamente com sacos plásticos, compactados sob pisoteio e vedados com o auxílio de travas nas tampas, que possuem válvula para saída dos gases.

O experimento com animais foi conduzido nas dependências do Departamento de

Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte, no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal - LAMCA. Para avaliação da degradabilidade *in situ* foram utilizados quatro ovinos machos, castrados, com peso aproximado de 40 Kg, previamente vermifugados e canulados no rúmen.

Os animais permaneceram alojados em gaiolas metabólicas com livre acesso à água e suplemento mineral. A limpeza dos comedouros foi realizada diariamente, assim como a inspeção dos bebedouros. A dieta dos animais foi composta por feno de Tifton 85 e ração concentrada com 20% de PB, fornecidos em duas refeições diárias (7:00 e 17:00 horas). A quantidade do feno foi calculada para que as sobras correspondessem a 10% do fornecido para os animais.

Os sacos utilizados no ensaio foram confeccionados em náilon com poros de 50 micras (μm). Estes foram secados a 55°C, por 24 horas, sendo então pesados. Posteriormente, foram enchidos com 5g de amostra previamente moída a 5 mm. Os sacos com as amostras foram atados com borracha elástica a um aro metálico, respeitando-se a relação de área de 18 mg de amostra por cm^2 de saco de náilon. Este aro foi, então, atado a uma presilha de contenção tipo chaveiro, capaz de manter até seis aros e, conseqüentemente, seis sacos. Duas presilhas foram ligadas por uma corda de náilon a um cilindro de ferro, de aproximadamente 150 gramas que funcionava como âncora. Foram utilizados quatro blocos (carneiros) por tratamento.

Os tempos de incubação foram de 6, 12, 24, 48 e 96 horas. Imediatamente depois de retirados do rúmen, os sacos foram imersos em água fria e, posteriormente, lavados em lavadora automática por dois ciclos completos de lavagem. Após a lavagem, os sacos foram colocados em bandejas e levados à secagem em estufa a 55°C com

ventilação forçada por 72 horas, sendo então transferidos para um dessecador durante 30 minutos, e pesados. O material restante nos sacos, de um mesmo animal, tratamento e período de incubação, foram transformados em uma amostra composta para posterior moagem a um milímetro e armazenamento em recipientes plásticos vedados.

Nos resíduos de incubação ruminal e no material incubado foram executadas análises de matéria seca em estufa a 105°C, proteína bruta (Official...,1995), e componentes da parede celular pelo método seqüencial (Van Soest, 1991; Goering e Van Soest, 1970). Visando classificar a estabilidade da função ruminal, determinouse no último dia do experimento *in situ* o valor de pH e o teor de nitrogênio amoniacal (Official...,1995) no líquido ruminal dos carneiros.

As equações de degradabilidade potencial (D_p) foram determinadas a partir do modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979), modificado por Dhanoa (1988); $D_p = a + b * (1 - e^{-c(t-LAG)})$, $t \geq LAG$; sendo que a é a fração rapidamente degradável, b é a fração lentamente degradável, c é a taxa de degradação da fração lentamente degradável, LAG é o tempo de colonização e hidratação das partículas do substrato e t é o tempo de incubação. Utilizou-se o PROC NLIN do software SAS 6.12 (SAS..., 1993) para a obtenção dos parâmetros deste modelo. A partir dos resultados obtidos no modelo anterior, estimou-se a degradabilidade efetiva (Ørskov e McDonald, 1979), sendo consideradas para este experimento as taxas de passagem - k de 0,02/hora, 0,03/hora e 0,04/hora, correspondentes, respectivamente, aos tempos de permanência no rúmen de 50, 33 e 25 horas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação carneiros (blocos), idades de corte

(parcelas) e tempo de incubação (subparcelas). Para a comparação das médias de tratamentos dentro de cada período de incubação, e entre as médias dos diferentes tempos de incubação em cada tratamento, foi utilizado o teste SNK ($P < 0,05$) utilizando-se o PROC GLM do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). O estudo de regressão e os coeficientes de correlação foram obtidos com auxílio do software PROC CORR e PROC REG do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 29.

TABELA 29 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.

Fontes de variação	de gl. MS e PB	gl. FDN e FDA
Total	15	15
Idades de Corte (parcelas)	3	3
Carneiros (blocos)	3	3
<i>Erro (A)</i>	9	9
Total de subparcelas	79	47
Parcelas	15	15
Horário (subparcelas)	4	2
Idades x tempos	12	6
<i>Erro (B)</i>	48	24

MS - matéria seca, PB - proteína bruta, FDN – fibra em detergente neutro e FDA – fibra em detergente ácido.

Para a análise dos dados empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_z + D_i + G_j + D * G_{ij} + e_{ijk}$$

em que, Y_{ijk} = observação "k" na curva de nível "z" da idade ao corte "i" submetido ao

tempo de incubação "j"; μ = média geral; T_z = efeito da curva em nível "z", ($j = 1, 2, 3, 4$); D_i = efeito do tempo de incubação "j", ($j = 6, 12, 24, 48$ e 96) G_j = efeito da idade ao corte "i", ($j = 42, 63, 84$ e 107); $D * G_{ij}$ = efeito da interação do tempo de incubação "i" com a idade ao corte "j"; e_{ij} = erro experimental.

A avaliação da produção *in vitro* de gases das silagens de capim Tanzânia foi determinada nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte. Foram utilizados três frascos (réplicas) por inóculo (bloco) por tempo de produção de gás (subparcela) por silagem (parcela). Foi utilizado líquido ruminal obtido de três bovinos fistulados no rúmen, alimentados de volumoso *ad libitum* e aproximadamente 1,5 kg de ração concentrada com 20% de proteína bruta. Foi adicionado 1 g de amostra por frasco de fermentação de 160 ml, juntamente com 90 ml de meio de cultura (Maurício et al., 1999) e 10 ml de inóculo ruminal. Após a inoculação, os frascos foram mantidos em estufa a 39°C, sendo medida a pressão de gases nos tempos de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 horas de incubação, através de um transdutor de pressão. A relação pressão e volume foi dada pela equação matemática desenvolvida por Maurício et al. (2003) para este laboratório. A degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DegMS) foi determinada pela filtragem do conteúdo dos frascos em cadinhos de borosilicato com porosidade 1 nos tempos de 6, 12, 24, 48, 96 horas. Os cadinhos foram então mantidos por 48 horas em estufa de 105°C, sendo posteriormente pesados, e o peso utilizado para o cálculo da DegMS.

Para a descrição da cinética de fermentação, determinaram-se os parâmetros do modelo proposto por France et al. (1993); $PG = A * (1 - \exp^{(-b(t-LAG)-c(\sqrt{t-LAG}))})$ e $\mu = b + c / (2\sqrt{t})$,

onde A é potencial máximo de produção de gases, LAG é o tempo de colonização e hidratação das partículas do substrato e μ é a taxa fracional de produção de gases; b e c são as taxas fracionais constantes (horas⁻¹ e horas^{-0,5} respectivamente), é t o tempo de incubação em horas. Estes parâmetros foram determinados com o PROC NLIN do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). A partir desses parâmetros e dos valores de DIVMS para cada tratamento, foi calculada a degradabilidade efetiva da matéria seca ($DIEMS$), considerando-se as taxas de passagem (k) de 0,02/h; 0,03/h e 0,04/h, correspondentes, respectivamente, aos tempos de permanência no rúmen de 50, 33 e 25 horas (Dhanao et al., 2000; France et al., 2000), sendo $DIEMS = S_0 * exp^{-k*LAG} (1 - kI) / (S_0 + U_0)$, onde S_0 é a fração inicialmente fermentável, U_0 é a fração não fermentável, e I é um parâmetro matemático.

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística da produção acumulada de gases foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação: líquidos ruminais (blocos), idades de corte (parcelas) e tempos de incubação (subparcelas). Para a comparação das médias de tratamentos foi utilizado o teste SNK ($P < 0,05$) com o auxílio do PROC GLM do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 30.

Para a análise dos dados empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_z + D_i + G_j + D * G_{ij} + e_{ijk}$$

em que, Y_{ijk} = observação "k" na curva de nível "z" da idade ao corte "i" submetido ao tempo de incubação "j"; μ = média geral; T_z = efeito da curva em nível "z", ($j = 1, 2, 3, 4$); D_i = efeito do tempo de incubação "j", ($j = 6, 12, 24, 48$ e 96); G_j = efeito da idade ao corte "i", ($j = 42, 63, 84$ e 107); $D * G_{ij}$ = efeito da interação do tempo de incubação "i" com a idade ao corte "j"; e_{ij} = erro experimental.

TABELA 30 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.

Fontes de variação	gl.
Total	15
Idades de Corte (parcelas)	3
Líquido ruminal (blocos)	3
<i>Erro (A)</i>	12
Total de subparcelas	79
Parcelas	15
Tempo (subparcelas)	4
Cortes X Tempo	12
<i>Erro (B)</i>	48

5.4 Resultados e discussão

In situ

Os carneiros consumiram em média 1332,9 g de MS/dia da dieta feno e concentrado, o que correspondeu a 2,49% do peso vivo ou 67,43 g MS/ kg de g/kg^{0,75}, de uma dieta com relação volumoso:concentrado de 79:21. Segundo o Agricultural... (1993), o consumo de MS é dependente da metabolizibilidade da dieta e do tamanho de suas partículas. Este sistema de exigência nutricional de ruminantes sugere valores para dietas com pequeno tamanho de partículas (moídos) de 79,4 a 99,1 g/kg de g/kg^{0,75}, valores acima dos observados no presente experimento.

Na tabela 31 são apresentados os parâmetros mensurados do ambiente ruminal para o pH e N-NH₃. Os valores médios de pH para o líquido ruminal variaram entre 6,68 e 6,80. Os menores valores para o pH foram observados nos intervalos de 180 a 300 minutos após o fornecimento da dieta, elevando-se, gradativamente, nos tempos seguintes.

Estes se encontram em todos os tempos acima do valor de 6,2, ponto a partir do qual haveria diminuição da atividade das bactérias celulolíticas, prejudicando a digestibilidade do alimento volumoso avaliado (Owens e Goestch, 1988).

Para a concentração de N-NH₃ no líquido ruminal (tabela 31), os maiores valores foram observados no intervalo entre 60 a

180 minutos (23,06 a 26,76 mg/dl) após o fornecimento da refeição, sendo estes restabelecidos, chegando aos menores valores no intervalo de 540 minutos e 30 minutos antes do fornecimento da dieta. Segundo Faichney (1968), o pico de amônia no rúmen ocorre no período de três horas após a alimentação.

TABELA 31 - Valores médios de pH e N-NH₃ no líquido ruminal de carneiros em relação ao tempo de fornecimento da dieta.

Tempo (minutos)	pH	N-NH ₃ (mg /dl)
-30	6,80 ± 0,19	12,90 ± 1,65
60	6,77 ± 0,05	25,03 ± 0,86
120	6,72 ± 0,05	26,76 ± 3,36
180	6,68 ± 0,02	23,06 ± 3,97
300	6,69 ± 0,04	17,21 ± 1,46
420	6,75 ± 0,08	12,39 ± 1,80
540	6,77 ± 0,05	13,76 ± 4,05

N-NH₃ - nitrogênio amoniacal.

Com relação à concentração de amônia no líquido ruminal, Satter e Slater (1974) consideram que a concentração de amônia no rúmen, para que haja o máximo crescimento microbiano no rúmen, é de 5,0 mg/dl. Neste experimento, em todos os tempos de mensuração, não foi observada concentração inferior a 12,0 mg/dl de N-NH₃. No entanto, Mehrez et al. (1977) estimaram que a concentração de amônia para que haja a máxima taxa de fermentação no rúmen é de 23,5 mg/dl. Teores de amônia próximos aos sugeridos por estes autores foram observados no presente experimento apenas no período de 60 a 180 minutos após o fornecimento da dieta.

Na tabela 32, são apresentadas as composições bromatológicas e os parâmetros de qualidade da silagem de capim Tanzânia nas diferentes idades ao corte avaliadas. Devido à ausência de

repetições, não foi feita a comparação de médias entre os tratamentos. Baseando-se na classificação proposta por Paiva (1976) para a fermentação de silagens (Tabela 1), pode-se classificar a silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63 e 84 dias como de baixa qualidade, enquanto a silagem cortada aos 107 dias pode ser classificada como de qualidade mediana.

Os resultados apresentados na tabela 33 referem-se à composição bromatológica das silagens de capim Tanzânia nas diferentes idades ao corte. Para a MO, foram observadas concentrações muito próximas entre as idades de corte. Com relação aos teores de PB, houve diminuição destes com o aumento da idade de corte do capim Tanzânia ensilado. O maior teor de PB ocorreu no corte aos 42 dias, seguido, respectivamente, pela silagem das idades ao corte de 63, 84 e 107 dias.

TABELA 32 - Valores médios de matéria seca (MS,%), pH, nitrogênio amoniacal percentual do nitrogênio total (NNH3/N,%), ácido láctico (%), ácido acético (%), ácido butírico (%) das silagens de capim Tanzânia cortado às idades de 42, 63, 84 e 107 dias ensilado em tambores.

Idade ao corte	MS	pH	NNH3/N	Ácido Láctico	Ácido Acético	Ácido Butírico
42	21,07	4,65	3,30	1,66	3,47	1,26
63	20,71	4,84	4,10	0,90	1,87	2,21
84	21,07	4,70	3,81	2,14	2,44	2,71
107	24,94	4,50	2,75	1,15	0,32	2,67

TABELA 33 - Valores médios de matéria orgânica (MO,%), proteína bruta (PB,%), fibra em detergente neutro (FDN,%), fibra em detergente ácido (FDA,%), hemiceluloses (HCEL,%), nitrogênio insolúvel em detergente neutro na matéria seca (NIDN,%), nitrogênio insolúvel em detergente neutro percentual do nitrogênio total (NIDN/N,%), nitrogênio insolúvel em detergente ácido na matéria seca (NIDA,%), nitrogênio insolúvel em detergente ácido percentual do nitrogênio total (NIDA/N,%) e celulose (CEL,%) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias ensilado em tambores.

Idade ao corte	MO	PB	FDN	FDA	HCEL	NIDN/N	NIDA/N	CEL
42	87,7	8,4	62,72	35,09	27,09	23,08	3,90	26,13
63	86,4	6,4	68,50	37,73	30,47	21,18	5,04	29,50
84	86,0	5,0	69,92	40,56	29,07	27,13	5,77	30,02
107	86,7	4,3	69,55	39,63	30,11	25,91	5,57	30,31

Foram observados aumentos nos valores de FDN e FDA com o avançar da idade de corte até os 84 dias nas silagens, sendo observado ligeiro decréscimo na idade de 107 dias quando comparado à idade de 84 dias. Para hemiceluloses, não foi observado comportamento em função da idade ao corte da forrageira utilizada para silagem. O menor valor de hemiceluloses foi observado com o corte da silagem aos 42 dias, sendo que, para os demais cortes, os valores foram muito próximos. Os valores de NIDN/N e NIDA/N aumentaram com o avançar da idade de corte até os 84 dias do capim Tanzânia usado para a confecção da silagem, sendo observado decréscimo na idade de 107 dias. Para a celulose, observou-se o maior valor com a silagem da

forrageira cortada aos 63 dias e o menor valor com o corte da silagem aos 42 dias. Valores intermediários foram observados para o corte aos 84 e aos 107 dias, sendo estes próximos entre si. Todas as observações obtidas para a composição bromatológicas das silagens de capim Tanzânia podem ser atribuídas a variações da idade de corte, o que foi resultado das diferentes proporções de folha e hastes, como observado no capítulo 2. Os teores de FDN, NIDN, NIDN/N e NIDA/N das silagens de capim Tanzânia foram numericamente menores aos observados na forragem fresca no capítulo 2.

Na tabela 34 são apresentados os resultados obtidos para o desaparecimento ruminal da matéria seca das silagens de capim

Tanzânia. Observou-se um padrão semelhante entre os tratamentos em relação ao tempo em que atingem o desaparecimento máximo da matéria seca. O tempo de 96 horas de incubação correspondeu ao maior desaparecimento da MS para a silagem cortada em todas as idades ($P < 0,05$). Nos tempos de 6 e 12 horas não foi observada diferença estatística entre o desaparecimento da matéria seca das silagens de capim Tanzânia ($p > 0,05$). No tempo de 24 horas de incubação, a silagem de capim Tanzânia cortado aos 42 dias apresentou maior desaparecimento da MS

que a silagem de capim Tanzânia cortada aos 84 ($P < 0,05$), semelhante, no entanto, à silagem cortada aos 63 dias ($p > 0,05$). O menor valor foi observado para a silagem cortada aos 107 dias ($P < 0,05$). Nos tempos de 48 e 96 horas, a silagem de capim Tanzânia cortada aos 107 dias apresentou menor desaparecimento ruminal da matéria seca ($P < 0,05$). O maior valor foi observado para a silagem da forrageira cortada aos 42 dias, seguido do corte aos 63 dias ($P < 0,05$). A silagem de capim Tanzânia cortada aos 84 dias apresentou valores intermediários aos cortes aos 63 e 107 dias ($p > 0,05$).

TABELA 34 - Valores médios de desaparecimento ruminal (%) da matéria seca da silagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	6	12	24	48	96
42	10,35 Ae	19,57 Ad	29,84 Ac	47,51 Ab	54,72 Aa
63	8,59 Ae	14,67 Ad	27,73ABc	41,59 Bb	49,73 Ba
84	5,90 Ae	16,49 Ad	23,82 BCc	37,65 BCb	46,71 BCa
107	6,08 Ae	14,44 Ad	22,69 Cc	33,90 Cb	43,34 Ca

Letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 2,2% . Coeficiente de Variação Erro B = 10,3%.

Valores de desaparecimento ruminal da matéria seca de 40,7 a 84,3% são relatados para o capim *Panicum maximum* com 96 horas de incubação, sendo que foi observado decréscimo do desaparecimento ruminal com o aumento da idade ao corte das forrageiras (Kabunga e Darko, 1993; Devasena et al., 1994; Barbi et al., 1995).

São citados valores na literatura para o desaparecimento ruminal da matéria seca da silagem de sorgo de 67,93% a 74,5%, variando em função do cultivar (Campos et al., 2003). A presença de grãos como componentes da planta de sorgo favorece o maior desaparecimento ruminal da matéria seca destas forrageiras. As variações entre os valores de desaparecimento observados na literatura e aqueles obtidos no presente experimento podem ser atribuídas à fermentação dos compostos solúveis durante a fermentação, como observado no

experimento 2, e ao aumento da idade ao corte da forrageira utilizada para a confecção da silagem (Van Soest, 1994).

Na tabela 35 são apresentados os parâmetros da degradação ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca para as silagens do capim Tanzânia. Para a fração *a*, o maior valor foi observado no capim Tanzânia ensilado aos 42 dias, seguido pelo corte à idade de 63 dias, vindo, a seguir, a idade de 107 dias, e com o menor valor para a silagem da forrageira cortada aos 84 dias.

São relatados valores de fração *a* da matéria seca de 14,3% a 20,5% para cultivares de *Panicum maximum* (Devasena et al., 1994; Singh e Gupta, 1996). Como sugerido anteriormente, as diferenças entre a silagem estudada e os dados de forragem fresca, observados na literatura, diferiram em

relação à fração solúvel. Os valores obtidos para a fração *a* da matéria seca das silagens de capim Tanzânia são menores do que os relatados para esta fração na silagem de sorgo, 12,19% a 29,2% (Resende et al., 2003, Campos et al., 2006) e para a silagem de milho, 26,63% a 32,5% (Campos et al.,

2006; Di Marco et al., 2005). No entanto, na silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) são observados valores da fração *a* próximos (3,54%) aos obtidos neste experimento para a silagem de capim Tanzânia (Campos et al., 2006).

TABELA 35 - Parâmetros da degradação potencial ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca da silagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	LAG	<i>r</i> ²	DEMS		
						0,02	0,03	0,04
42	5,94	51,73	0,0332	3,33	0,98	36,14	35,15	26,48
63	1,08	51,28	0,0326	1,65	0,97	31,83	31,32	22,63
84	0,00	49,26	0,0306	0,90	0,98	29,26	29,00	20,60
107	0,06	45,89	0,0290	0,42	0,99	27,00	26,89	19,03

a – fração rapidamente degradável, *b* – fração lentamente degradável, *c* – taxa de degradação da fração lentamente degradável, LAG – tempo de colonização e hidratação do substrato, *r*² – coeficiente de determinação, DEMS – degradabilidade efetiva da matéria seca.

Para a fração *b*, a forragem ensilada aos 42 dias apresentou valor superior ao corte com 63 dias, sendo este seguido pelos cortes aos 84 e 107 dias, respectivamente. Os valores da fração *b* da matéria seca de cultivares de *Panicum maximum* variam de 31,0% a 61,8%, em função da idade ao corte da forrageira (Devasena et al., 1994; Singh e Gupta, 1996), o que demonstra que a relação entre ligninas e polissacarídeos presentes na parede celular é o fator com maior influência na fração potencialmente degradável da matéria seca da silagem como na forragem fresca (capítulo 2).

Os valores obtidos para a fração *b* da matéria seca das silagens de capim Tanzânia estão entre os valores relatados para esta fração na silagem de sorgo, 33,3% a 52,94% (Campos et al., 2003; Molina et al., 2002; Resende et al., 2003, Campos et al., 2006), para a silagem de milho, 40,9% a 51,4% (Di Marco et al., 2005; Campos et al., 2006) e de 55,06% para a silagem de capim elefante - *Pennisetum purpureum* (Campos et al., 2006).

No que se refere à taxa *c*, observou-se o maior valor com a forragem cortada aos 42 dias, seguida pelo corte aos 63 dias e com as menores taxas na forrageira ensilada às idade de corte de 84 e 107, respectivamente.

Para cultivares de *Panicum maximum* na forma de forragem fresca, são relatadas taxas *c* variando de 0,0294/h a 0,0649/h em função da idade ao corte da forrageira (Devasena et al., 1994; Singh e Gupta, 1996; Barbi et al., 1995). No entanto, quando comparados a outras silagens, os valores de *c* da matéria seca das silagens do capim Tanzânia ficaram bem próximos aos observados na literatura, exceto para a silagem de milho. São relatados valores de taxa *c* para a matéria seca na silagem de sorgo de 0,0160/h a 0,0391/h (Campos et al., 2003; Molina et al., 2002; Resende et al., 2003, Campos et al., 2006) e, na silagem de milho, de 0,0369/h a 0,0606/h (Di Marco et al., 2005; Campos et al., 2006).

O *LAG* diminui com o aumento da idade ao corte. Tal fato é de difícil explicação biológica, já que as alterações observadas com o aumento da idade ao corte na célula vegetal tendem a aumentar o tempo de colonização microbiana (Chesson e Forsberg, 1997).

A degradabilidade efetiva da matéria seca obtida para os diferentes tratamentos foi maior quanto menor fosse a idade de corte em todas as taxas de passagem utilizadas. A maior degradabilidade efetiva da matéria seca foi observada para o capim Tanzânia cortado aos 42 dias, seguido pelos cortes aos 63, 84 e 107 dias, respectivamente. O aumento da idade ao corte da forrageira diminui a fração lentamente degradável devido às alterações que ocorrem na parede celular vegetal. O aumento dos teores de horas de incubação ($P < 0,05$), já a silagem aos 63 dias atingiu valores máximos às 24 horas ($P < 0,05$), enquanto as silagens aos 84 e 107 dias atingiram a partir das 96 horas de incubação ($P < 0,05$). No tempo de 6 horas não houve diferença entre os valores de desaparecimento da proteína bruta entre os tratamentos ($p > 0,05$). No tempo de 12 horas, a silagem aos 42 dias apresentou o maior desaparecimento da proteína bruta ($P < 0,05$), enquanto a silagem aos 107 dias apresentou o menor valor de desaparecimento ($P < 0,05$), sendo observados valores intermediários para as

FDA, principalmente referente às ligninas presentes nesta fração, afeta a extensão de degradação ruminal. O aumento da cristalinidade da celulose, com o aumento da idade ao corte da forragem, afeta a taxa de degradação do alimento devido à dificuldade de acesso da microbiota pela maior hidrofobicidade das fibrilas de celulose (Van Soest, 1994; Chesson e Forsberg, 1997). Estas alterações devem-se ao aumento do percentual de hastes e à diminuição dos percentuais de folha como observado no experimento 1.

Na tabela 36 são apresentados os valores de desaparecimento ruminal da proteína bruta para as silagens do capim Tanzânia. A silagem do capim Tanzânia aos 42 dias atingiu valor máximo de desaparecimento ruminal da proteína bruta a partir das 48 silagens aos 63 e aos 84 dias ($p > 0,05$). No tempo de 24 e 48 horas de incubação, os cortes aos 42 e 63 dias não diferiram ($p > 0,05$). Contudo, foram maiores que os cortes aos 84 e 107 dias ($P < 0,05$). No tempo de 96 horas de incubação, o corte aos 42 dias foi maior que os cortes aos 84 e 107 dias ($P < 0,05$), embora tenham sido equivalentes à silagem aos 63 dias ($p > 0,05$). A silagem do capim Tanzânia aos 84 dias apresentou maior desaparecimento ruminal da PB que a silagem aos 107 dias com 96 horas de incubação ($P < 0,05$).

TABELA 36- Valores médios de desaparecimento ruminal (%) da proteína bruta da silagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	6	12	24	48	96
42	50,53 Ac	58,27 Abc	63,90 Ab	75,06 Aa	76,60 Aa
63	43,63 Ab	52,16 ABb	61,21 Aa	66,21 Aa	70,78 ABa
84	46,82 Ab	47,38 ABb	48,40 Bb	55,01 Bb	64,61 Ba
107	40,32 Ab	41,47 Bb	43,85 Bb	49,46 Bab	54,99 Ca

Letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 3,3% . Coeficiente de Variação Erro B = 8,1%.

Kabungu e Darko (1993) relatam valores de desaparecimento ruminal da proteína bruta

com 72 horas de incubação de 66,7% a 45,2% para o capim *Panicum maximum*

cortado, respectivamente, dos 42 dias aos 112 dias. Os valores observados para o desaparecimento ruminal da PB da silagem encontram-se próximos aos valores observados para a forragem fresca. No entanto, a natureza da PB muda com o processo de ensilagem (McDonald et al., 1991). Esta intensa modificação torna a PB mais solúvel e mais rapidamente disponível para a microbiota ruminal. As diferenças entre os tratamentos, com o avançar dos tempos de incubação, podem ser atribuídas aos valores de NIDN e NIDA. A fração NIDN consiste dos compostos nitrogenados associados à parede celular vegetal, apresentando, dessa maneira, degradabilidade lenta no rúmen. A fração NIDA consiste dos compostos nitrogenados associados à lignina, taninos e a produtos da reação de Maillard, sendo estes altamente resistentes à ação das enzimas microbianas e intestinais (Sniffen et al., 1992). Com o aumento dos teores de NIDN/N e NIDA/N, com o avançar da idade ao corte do capim Tanzânia utilizado para ensilagem, espera-se que haja maior

comprometimento dos compostos nitrogenados devido à sua ligação com a parede celular, além do decréscimo observado nos teores de PB, resultando em menor desaparecimento ruminal da proteína bruta.

Na tabela 37 são apresentados os parâmetros da degradação ruminal e degradabilidade efetiva da proteína bruta para as silagens do capim Tanzânia. Para a fração *a*, o maior valor foi observado no capim Tanzânia ensilado aos 42 dias, seguido pelo corte à idade de 84 dias, vindo a seguir a idade de 107 dias, e com o menor valor a forragem cortada aos 63 dias. Para a fração *b*, a forragem ensilada aos 63 dias apresentou valor superior ao corte com 42 dias, sendo este seguido pelos cortes aos 84 e aos 107 dias, respectivamente. No que se refere à taxa *c*, observou-se o maior valor com a forragem cortada aos 63 dias, seguida pelo corte aos 42 dias e com as menores taxas as idade de corte de 84 e 107 dias, respectivamente.

TABELA 37 - Parâmetros da degradação potencial ruminal e degradabilidade efetiva da proteína bruta da silagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	LAG	<i>r</i> ²	DEPB		
						0,02	0,03	0,04
42	42,66	35,03	0,0445	0:01	0,86	66,81	66,81	61,09
63	33,55	36,47	0,0574	0:05	0,91	60,55	60,52	54,97
84	40,00	30,31	0,0163	0:00	0,72	53,61	53,61	48,77
107	38,36	24,92	0,0116	0:04	0,54	47,49	47,48	43,94

a – fração rapidamente degradável, *b* – fração lentamente degradável, *c* – taxa de degradação da fração lentamente degradável, LAG – tempo de colonização e hidratação do substrato, *r*² – coeficiente de determinação, DEPB – degradabilidade efetiva da proteína bruta.

Para a silagem de sorgo, são relatados valores da fração *a* de 55,1% a 63,3%, fração *b* de 24,1% a 44,08%, e taxa *c* de 0,010/h a 0,047/h para a proteína bruta (Molina et al., 2002; Campos et al., 2003).

Para o LAG, a forrageira ensilada aos 63 dias apresentou valor superior ao corte com 107 dias, sendo este seguido pelo corte aos 42 dias, respectivamente. O capim Tanzânia ensilado aos 84 dias apresentou o menor valor de LAG. A degradabilidade efetiva da proteína bruta obtida para os diferentes

tratamentos foi maior quanto menor fosse a idade de corte em todas as taxas de passagem utilizadas. A maior degradabilidade efetiva da proteína bruta foi observada para a ensilagem do capim Tanzânia cortado aos 42 dias, seguido pelos cortes aos 63, 84 e 107 dias, respectivamente. Ficou demonstrado, com os parâmetros do modelo de Ørskov e McDonald (1979), que com o avançar da idade ao corte houve diminuição da fração solúvel da PB, fato este associado à diminuição do conteúdo celular da célula vegetal (Van Soest, 1994), conforme sugerido anteriormente. De maneira similar, houve decréscimo na fração lentamente degradável e na taxa de degradação desta fração devido ao seqüestro dos compostos nitrogenados na parede celular oriundo do aumento da idade ao corte da forrageira utilizada para a ensilagem (Chesson e Forsberg, 1997). Conseqüentemente, observou-se a diminuição do potencial de degradação, resultando em decréscimo nos teores de DEPB em todas as taxas de passagem.

Os resultados obtidos para o desaparecimento ruminal da fibra em detergente neutro das silagens de capim Tanzânia são apresentados na tabela 38. Observou-se um padrão semelhante entre os tratamentos com relação ao tempo em que atingem o desaparecimento máximo da fibra em detergente neutro. O tempo de 96 horas de incubação correspondeu ao tempo com maior ($P < 0,05$) desaparecimento da fibra em detergente neutro para a silagem da forrageira cortada em todas as idades. No tempo de 24 horas, a silagem aos 63 dias apresentou o maior desaparecimento da fibra em detergente neutro entre os tratamentos ($P < 0,05$). No entanto, pela distância observada entre os outros tratamentos, sugere-se que este valor possa ter sido obtido por excesso de perda de partículas pelas porosidades dos sacos de náilon (Huntington e Givens, 1995). Nos tempos de 48 e 96 horas de incubação, os cortes aos 42 e 63 dias não diferiram ($p > 0,05$), mas foram maiores que o corte aos 107 dias ($P < 0,05$). Nestes tempos, o corte aos 84 dias apresentou valores intermediários para o desaparecimento da fibra em detergente neutro.

TABELA 38 - Valores médios de desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente neutro da silagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	24	48	96
42	5,22 Bc	28,20 Ab	40,29 Aa
63	11,48 Ac	27,94 Ab	38,15 Aa
84	4,03 Bc	22,45 ABb	34,66 ABa
107	3,68 Bc	17,35 Bb	30,48 Ba

Letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 6,2% . Coeficiente de Variação Erro B = 11,5%.

Na tabela 39 são apresentados os parâmetros da degradação ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro para as silagens do capim Tanzânia. Para a fração *a*, o maior valor foi observado no capim Tanzânia ensilado aos 84 dias, seguido pelo corte à idade de 107

dias, vindo a seguir as idades de 42 e 63 dias. Apesar da obtenção de valores para a fração solúvel nas silagens cortadas aos 42 e 63 dias, a existência desta fração relativa ao componente FDN é discutível, já que, a degradação da parede celular vegetal, demanda a colonização bacteriana.

TABELA 39 - Parâmetros da degradação potencial ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro da silagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>LAG</i>	<i>r</i> ²	<i>DEFDN</i>		
						0,02	0,03	0,04
42	0,00	53,94	0,0221	17:33	0,95	19,93	16,72	9,51
63	0,00	41,76	0,0307	13:17	0,95	19,39	16,97	10,66
84	0,24	38,23	0,0311	20:32	0,94	15,67	12,80	7,59
107	0,15	37,73	0,0213	19:17	0,97	13,39	11,07	6,22

a – fração rapidamente degradável, *b* – fração lentamente degradável, *c* – taxa de degradação da fração lentamente degradável, *LAG* – tempo de colonização e hidratação do substrato, *r*² – coeficiente de determinação, *DEFDN* – degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro.

Para a fração *b*, houve decréscimo com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia. A forrageira ensilada aos 42 dias apresentou valor superior ao corte com 63 dias, sendo este seguido pelos cortes aos 84 e aos 107 dias, respectivamente. No que se refere à taxa *c*, esta aumentou para as silagens de capim Tanzânia cortado até a idade de 84 dias, diminuindo a seguir na silagem da forrageira cortada aos 107 dias.

Campos et al. (2006) relatam valores da fração *b* da FDN de 63,36%, para a silagem de milho, 61,68%, para a silagem de capim Elefante e 51,43%, para a silagem de sorgo. Estes autores citam valores de taxa *c* de 0,0308/h para a FDN da silagem de milho, 0,0310/h para a FDN da silagem de capim elefante e 0,0253/h para a FDN da silagem de sorgo.

Para o *LAG*, a forragem ensilada aos 63 dias apresentou valor inferior ao corte com 42 dias, sendo este seguido pelo corte aos 107 dias, respectivamente. O capim Tanzânia ensilado aos 63 dias apresentou o menor valor de *LAG*. A degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro, obtida para os diferentes tratamentos, foi maior quanto menor fosse a idade de corte em todas as taxas de passagem utilizadas. A maior degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro foi observada para o

capim Tanzânia cortado aos 42 dias, seguido pelos cortes aos 63, 84 e 107 dias, respectivamente.

Com o aumento da idade da forrageira, observam-se para a HCEL alterações em sua composição química, aumentando-se a deposição de xilose. Junto à isso, a ligação entre ligninas e hemiceluloses aumenta, diminuindo a disponibilidade das HCEL e, conseqüentemente, a extensão de degradação da FDN. No entanto, espera-se que, com o aumento da idade ao corte da forrageira, ocorra decréscimo na taxa de degradação da parede celular, devido ao aumento da cristalinidade da CEL, em virtude da substituição das moléculas de água por açúcares entre as fibrilas deste composto, o que aumenta a hidrofobicidade e dificulta o acesso da microbiota ruminal (Chesson e Forsberg, 1997). Apesar dos resultados encontrados para a taxa de degradação, observou-se a diminuição da *DEFDN* com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia utilizado para ensilagem. A taxa de degradação só terá influência na *DEFDN* em situações em que a fração potencialmente degradável seja semelhante (Ørskov e McDonald, 1979). Com isso, a variação na fração *b* entre as idades ao corte do capim Tanzânia utilizado para ensilagem anulou a variação observada na taxa *c*, demonstrando que, para FDN, a

extensão da degradação ruminal tem maior peso na DEFDN do que a taxa de degradação ruminal.

Os resultados obtidos para o desaparecimento ruminal da fibra em detergente ácido das silagens de capim Tanzânia são apresentados na tabela 40. Observou-se um padrão semelhante entre as silagens cortadas aos 42, 63 e 107 dias. Para estas silagens, o tempo de 96 horas de incubação correspondeu ao tempo com maior ($P<0,05$) desaparecimento da FDA. Para a forragem cortada aos 84 dias, o tempo de incubação de 48 horas apresentou o maior ($P<0,05$) desaparecimento da FDA. Não houve diferença entre os tratamentos

para o tempo de incubação de 24 horas. A partir das 48 horas, as silagens cortadas aos 42 e 63 dias apresentaram o menor desaparecimento da fibra em detergente ácido ($P<0,05$), enquanto a silagem com 107 dias apresentou o menor valor ($P<0,05$), sendo observados valores intermediários para a silagem aos 84 dias ($p>0,05$). Com 96 horas, a silagem cortada aos 42 dias apresentou o maior desaparecimento da fibra em detergente ácido ($P<0,05$), enquanto as silagens com 84 e 107 dias apresentaram os menores valores ($P<0,05$) e valores intermediários para a silagem aos 63 dias ($p>0,05$).

TABELA 40 - Valores médios de desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente ácido da silagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia cortado ao 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	24	48	96
42	2,62 Ac	28,78 Ab	42,46 Aa
63	3,53 Ac	27,19 Ab	37,21 Aba
84	3,42 Ab	22,33 Aba	30,81 Ba
107	1,22 Ac	14,35 Bb	29,17 Ba

Letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($P<0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 12,7% . Coeficiente de Variação Erro B = 21,5%.

Na tabela 41, são apresentados os parâmetros da degradação ruminal e da degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido para as silagens do capim Tanzânia. Não se observam valores de fração *a* para a FDN nos cortes às idades de 42, 63 e 84 dias, enquanto que, para a silagem aos 107 dias, os valores foram muito baixos. A mesma observação feita para a fração *a* da FDN das silagens pode ser feita para a fração *a* da FDA, já que ambas são degradadas somente pela ação microbiana.

Para a fração *b*, houve decréscimo com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia. A forragem ensilada aos 42 dias

apresentou valor superior ao corte com 63 dias, sendo este seguido pelos cortes aos 84 e aos 107 dias, respectivamente. No que se refere à taxa *c*, observou-se o maior valor com a ensilagem da forrageira cortada aos 42 dias, seguida pelo corte aos 84 dias e, com as menores taxas, as idades de corte de 63 e 107 dias, respectivamente. Para o *LAG*, a forragem ensilada aos 63 dias apresentou valor inferior ao corte com 84 dias, sendo este seguido pelo corte aos 42 dias, respectivamente. O capim Tanzânia ensilado aos 107 dias apresentou o maior valor de *LAG*.

TABELA 41 - Parâmetros da degradação potencial ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido da silagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	LAG	<i>r</i> ²	DEFDA		
						0,02	0,03	0,04
42	0,00	56,41	0,0204	19:47	0,93	19,17	15,73	8,63
63	0,00	54,07	0,0166	16:36	0,82	17,62	14,92	8,18
84	0,00	41,80	0,0191	16:59	0,82	14,55	12,28	6,86
107	0,15	41,35	0,0164	22:25	0,96	12,07	9,67	5,07

a – fração rapidamente degradável, *b* – fração lentamente degradável, *c* – taxa de degradação da fração lentamente degradável, LAG – tempo de colonização e hidratação do substrato, *r*² – coeficiente de determinação, DEFDA – degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido.

A degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido obtida para os diferentes tratamentos foi maior, quanto menor a idade de corte em todas as taxas de passagem utilizadas. A maior degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido foi observada para o capim Tanzânia cortado aos 42 dias, seguido pelos cortes aos 63, 84 e 107 dias, respectivamente.

A redução no potencial de degradação da FDA, com o avançar da idade ao corte do capim Tanzânia utilizado para a ensilagem, pode estar relacionado a alterações observadas nos componentes da parede celular vegetal. As ligninas são tidas como o principal composto a diminuir a degradação da parede celular com o aumento da idade ao corte de uma forrageira (Hatfield, 1989). No entanto, os valores de LIG obtidos não podem ser associados à fração *b* obtidas. Porém, além do conteúdo de LIG, as composições destes compostos também devem ser consideradas quando da avaliação da interferência destes na extensão de degradação ruminal de um volumoso. A taxa de degradação observada segue a tendência encontrada para a CEL. Com o aumento da idade ao corte, ocorre o aumento da cristalinidade da CEL, fato esse que irá interferir na taxa de degradação da parede celular vegetal (Chesson e Forsberg,

Jung, 1989; Van Soest, 1994; Jung e Allen, 1995). De maneira semelhante ao observado para a DEFDA, obteve-se a redução da DEFDA com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia utilizado para ensilagem, pela maior influência da extensão da degradação ruminal da FDA do que pela taxa de degradação ruminal.

Técnica in vitro de produção de gases

Na figura 4 são apresentadas as curvas das taxas de produção de gases das silagens do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias em função dos tempos de incubação. Em todas as silagens os picos de produção de gases concentraram-se entre os tempos de 24 e 48 horas. Pode ser atribuído a isto o fato de que, durante a ensilagem, ocorre o consumo de carboidratos solúveis pelas bactérias lácticas (McDonald et al., 1991), os quais são fermentados mais rapidamente no rúmen (Jung, 1989). Com isso, observam-se picos de produção de gases mais tardios quando comparados aos observados na forragem fresca (Figura 1). Pode-se observar que a silagem de capim Tanzânia cortado aos 42 dias apresentou maior taxa de produção de gases do que os demais tratamentos. Com a maturidade, a interferência das ligninas na fermentação ruminal da parede celular vegetal é devida ao aumento da sua concentração, bem como

da alteração dos ácidos que a compõem (Jung, 1989;). Junto a isto, os teores de CEL aumentam com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia. O aumento do teor de CEL é acompanhado do aumento da cristalinidade da microfibrila de celulose

devido à incorporação de moléculas de xilose e arabinose, o que diminui a hidrofobicidade da microfibrila, diminuindo a taxa de fermentação destes compostos pela ação microbiana (Chesson e Forsberg, 1997).

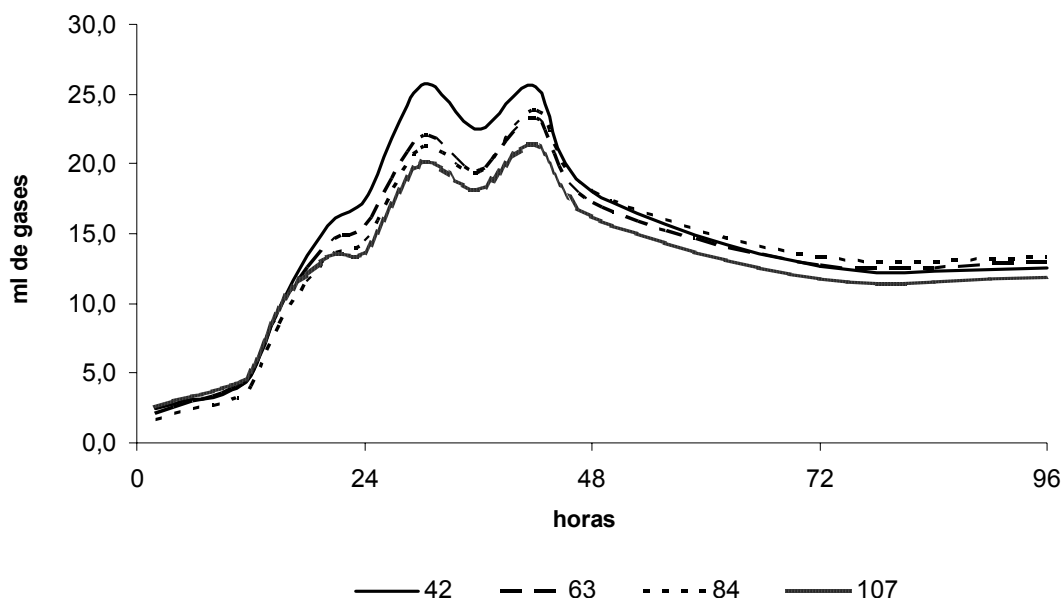


FIGURA 4 – Taxa de produção total de gases (ml/g de matéria seca/hora⁻¹) das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Os resultados obtidos para a produção acumulativa de gases das silagens de capim Tanzânia são apresentados na tabela 42, representado também na figura 5. Observou-se um padrão semelhante entre as silagens, sendo que a máxima produção acumulada de gases foi observada a partir das 96 horas de incubação para todos os tratamentos ($P < 0,05$). Diferença entre as silagens foi observada somente a partir das 48 horas de incubação, quando a produção de gases da silagem cortada aos 42 dias foi maior que os demais tratamentos ($P < 0,05$), os quais não se diferiram entre si. Este fato demonstra a suposição feita anteriormente de que a disponibilidade de substratos

fermentáveis foi maior na silagem feita com o capim Tanzânia cortado aos 42 dias. Os gases são oriundos da fermentação dos carboidratos no rúmen. No entanto, quando o produto final da fermentação é acetato, há maior produção de gases do que quando ocorre a produção de propionato. Com isso, maior percentual de parede celular promove maior produção de gases desde que estas estejam disponíveis para microbiota ruminal. Com o aumento da idade ao corte do capim Tanzânia utilizado para a confecção de silagem, ocorre menor produção de gases pela fermentação ruminal da parede celular devido à menor

TABELA 42 - Valores médios de produção acumulada de gases da silagem do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Idade ao corte	6	12	24	48	96
42	8,30 Ae	20,20 Ad	76,90 Ac	150,51 Ab	193,72 Aa
63	7,63 Ae	19,62 Ad	71,97 Ac	136,73 Bb	179,74 Ba
84	6,19 Ae	16,08 Ad	64,28 Ac	128,61 Bb	173,36 Ba
107	8,95 Ae	21,81 Ad	70,71 Ac	130,30 Bb	170,13 Ba

Letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). Coeficiente de Variação Erro A = 1,6% . Coeficiente de Variação Erro B = 3,1%.

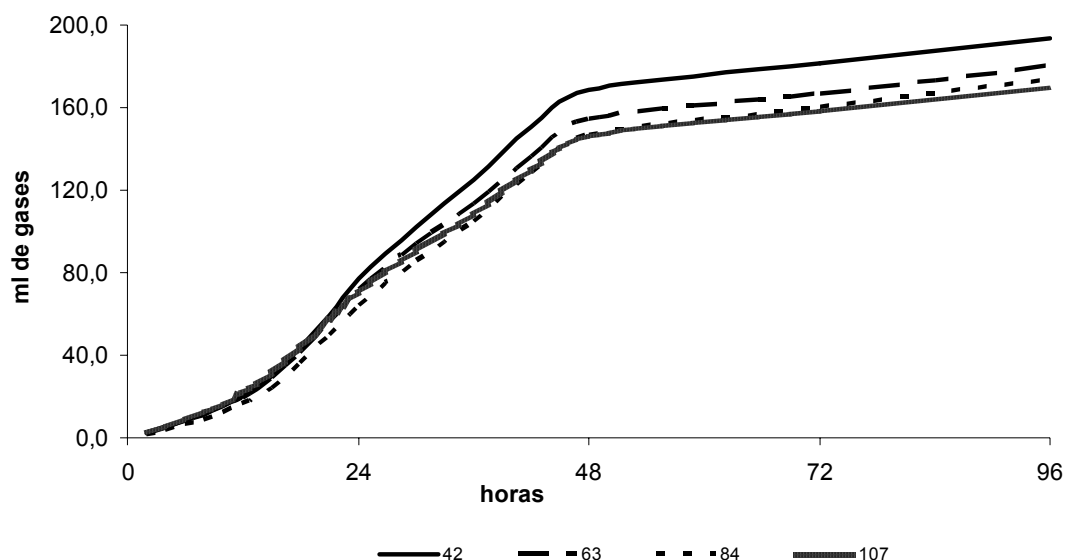


FIGURA 5 – Produção acumulada de gases (ml/g de matéria seca) das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

disponibilidade desta fração para ação microbiana.

Na tabela 43 são apresentados os parâmetros da curva de produção acumulada de gases e degradabilidade efetiva da matéria seca, segundo France (1993), para a silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias. A produção máxima de gases diminuiu com o aumento da idade ao corte da forrageira.

Para as taxas de produção de gases - μ , observou-se o maior valor no capim Tanzânia ensilado aos 42 dias, seguido pela silagem aos 63 e 107 dias, vindo, a seguir, as silagem aos 84 dias, respectivamente. Para a *LAG*, esta foi maior aos 42 dias, seguida pela ensilagem aos 84 dias, vindo, a seguir, a silagem aos 63 e aos 107 dias, respectivamente. Com o aumento da maturidade das plantas, ocorre diminuição na taxa μ e na *PG*, com aumento da *T/2*;

sendo esses resultados função da diminuição da fermentabilidade da forragem com o aumento da idade (Cone et al., 1999). De maneira geral, parece ter ocorrido tal fato no presente experimento para os valores de A e μ , apesar da diferença obtida entre o capim Tanzânia

cortado aos 63, 84 e 107 dias para os valores de μ . Esta menor fermentabilidade está diretamente relacionada ao decréscimo na disponibilidade da parede celular com o aumento da idade da forrageira ensilada (Jung e Allen, 1995; Hatfield, 1989).

TABELA 43 - Parâmetros da curva de produção acumulada de gases e degradabilidade efetiva da matéria seca segundo France (1993) para a silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84, 107 e 126 dias.

Idade ao corte	A	μ	LAG	DIEMS		
				0,02	0,03	0,04
42	199,05	0,03738	4:35	32,80	26,14	21,57
63	185,22	0,03558	4:12	30,50	24,52	20,48
84	179,85	0,03425	4:32	27,75	21,92	18,00
107	174,75	0,03558	3:50	29,35	23,92	20,28

A - potencial máximo de produção de gases, μ - taxa fracional de produção de gases, LAG - tempo de colonização e hidratação das partículas do substrato, DIEMS – degradabilidade efetiva da matéria seca.

A degradabilidade efetiva da matéria seca foi maior na silagem aos 42 dias, vindo a seguir a silagem aos 63 dias. No entanto, a silagem aos 107 dias foi maior que a silagem aos 84 dias, sendo estas menores que os tratamentos aos 42 e 63 dias. O aumento da degradabilidade efetiva confirma a observação feita anteriormente de que a disponibilidade de substratos para a fermentação ruminal determinou a maior fermentação das silagens. A produção de gases retrata a fermentação dos carboidratos, já que a fermentação da proteína produz baixa quantidade de gases, e na fermentação das gorduras os gases podem ser desconsiderados (Getachew et al., 1998; Menke et al., 1979). Como ocorre o consumo de carboidratos solúveis durante a ensilagem (McDonald et al., 1991), a produção de gases pode ser atribuída à fermentação da parede celular vegetal. A cristalinidade da microfibrila de celulose, o conteúdo e a composição das ligninas são tidos como as frações químicas das forragens que estão diretamente

relacionados à disponibilidade da parede celular para a fermentação ruminal (Jung, 1989; Jung e Allen, 1995; Wilson e Hatfield, 1997; Van Soest, 1994; Chesson e Forsberg, 1997).

Quando comparados os resultados de desaparecimento da matéria seca pela metodologia *in situ* (DIS) e da produção acumulada de gases (Y), obteve-se o coeficiente de correlação de 0,96. Estas metodologias descreveram uma relação linear entre seus resultados, sendo representado pela equação $DIS (\%) = 9,38 + 0,22*PG(ml)$; $R^2=0,93$, $P<0,001$.

Cone et al. (1999) concluíram que a técnica *in vitro* de produção de gases pode ser uma alternativa a técnicas gravimétricas de degradabilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ*, já que todas estas técnicas convergiram para os resultados obtidos *in vivo*. Blummel e Orskov (1993) observaram que a produção acumulativa de gases correspondeu aos valores de desaparecimento da matéria seca obtidos

pela técnica *in situ*. Kabunga e Darko (1993) observaram, de maneira geral, valores superiores de degradabilidade da matéria seca pela técnica *in vitro* do que os obtidos pela técnica *in situ* para quatro forrageiras tropicais (*Cenchrus ciliaris*, *Eragrostis superba*, *Panicum maximum* e *Setaria anceps*). Cone et al. (2002a) concluíram que os valores de degradação da matéria orgânica obtida pela técnica *in situ* apresenta de baixa a moderada correlação com os resultados obtidos pela técnica *in vitro* de produção de gases. Gasmi-boubaker et al. (2005) encontraram alta correlação entre a produção acumulativa de gases às 24 horas de incubação com o desaparecimento da matéria seca obtido pela técnica *in situ*.

Segundo López et al. (1998), a avaliação de forragens pela metodologia *in situ* e *in vitro* de produção de gases resultou na mesma classificação das forrageiras quanto à taxa de degradação da matéria seca; no entanto, os valores absolutos foram diferentes aos estimados. Blummel e Orskov (1993) não observaram correlação significativa entre as taxas *in vitro* de produção de gases e a taxa de degradação da matéria seca obtida pela técnica *in situ*. Sileshi et al. (1996) e López et al. (1998) concluíram que a composição da forrageira é determinante na possibilidade de predição dos parâmetros da cinética de degradação obtida pela técnica *in situ* através da técnica *in vitro* de produção de gases. Este fato pode estar correlacionado com a alteração da taxa de fermentação da fração fibrosa no sistema *in vitro*, a perda de matéria não degradável e de material degradável mas não fermentado na metodologia *in situ* (López et al., 1998).

Dessa forma, a alta correlação e a alta significância da equação de regressão entre as metodologias utilizadas neste experimento podem ser atribuídas às baixas frações *a* da matéria seca. Isto resultou em menores perdas de partículas e, conseqüentemente, a degradação correspondeu à fermentação das silagens.

5.5 Conclusão

A silagem do capim Tanzânia apresenta maior degradação e fermentação ruminal quando confeccionada no intervalo de 42 a 63 dias ao corte.

CAPITULO 6 - CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE E VALORES DE ENERGIA LÍQUIDA DA SILAGEM DE *PANICUM MAXIMUM* CV TANZÂNIA.

6.1 Resumo

Avaliou-se o consumo voluntário e a digestibilidade aparente dos componentes nutricionais das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias. Foram utilizados 20 carneiros castrados, alojados em gaiola metabólica, alimentados *ad libitum*. Os valores de energia líquida foram determinados apenas nas silagens de capim Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias através de calorimetria indireta. Para comparação de médias, utilizou-se delineamento inteiramente casualizado. Não se observou diferença no consumo voluntário de matéria seca, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido das silagens de capim Tanzânia em ovinos. O consumo voluntário de proteína bruta diminuiu com o avançar da idade ao corte da forrageira ensilada até a idade de 84 dias. A digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro diminuíram com o avançar da idade ao corte para a ensilagem do capim Tanzânia. A silagem do capim Tanzânia aos 42 dias apresentou maior digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido do que as demais. Observou-se aumento do déficit de nitrogênio nos ovinos com o avançar da idade ao corte da forrageira ensilada. As concentrações de nutrientes digestíveis totais e energia digestível diminuíram com o aumento da idade de corte do capim Tanzânia ensilado. As concentrações de energia metabolizável foram semelhantes na silagem cortada aos 63 e 84 dias, sendo estas maiores que os da silagem cortada aos 107 dias. As concentrações de energia líquida foram semelhantes entre as silagens cortadas aos 84 e 107 dias, sendo estas maiores que a silagem aos 63 dias. No entanto, não foi observada diferença

significativa para a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção entre as diferentes silagens. Recomenda-se a confecção da silagem de capim Tanzânia até 63 dias de crescimento.

6.2 Introdução

O consumo voluntário e a digestibilidade da forragem determinam o seu valor nutritivo. Para Van Soest (1994) o consumo é mais importante do que a digestibilidade para a produção animal. A concentração de FDN é negativamente correlacionada com o consumo voluntário (Van Soest, 1994). A deficiência de nutrientes específicos poderá limitar o consumo. O conteúdo de proteína bruta inferior a 6% causa decréscimo no consumo voluntário (Minson e Milford, 1967).

A determinação da digestibilidade *in vivo* é mais realística que aquela obtida por métodos laboratoriais. Segundo Minson (1990) o coeficiente de digestibilidade é um dos principais parâmetros para se avaliar um volumoso, pois fornece a previsão do aproveitamento das diversas frações do alimento. Sanches (1985) citou que fatores como a qualidade da dieta, nível de consumo, tempo de retenção da digesta, ciclo de ruminação e taxa de fermentação ruminal interferem na digestibilidade, estando todos estes fatores associados.

A degradação dos carboidratos no rúmen ocorre por ação microbiana, em que a celulose é transformada principalmente em celobiose, maltose e glicose, que serão utilizadas como substrato energético para o desenvolvimento da microbiota ruminal, resultando na formação de ácidos graxos voláteis. No entanto, as hemiceluloses podem apresentar redução em sua digestibilidade pela formação de ligações diretas ou do tipo éster com as ligninas (Van Soest, 1994). Esta interação entre os componentes da parede celular vegetal é influenciada pelo estágio vegetativo da

planta, o que afeta de maneira determinante a digestibilidade em ruminantes.

A energia líquida do alimento é determinada pelos valores de energia bruta consumida pelo animal, subtraída dos valores de energia das fezes, urina, gases da digestão e incremento calórico. O incremento calórico é definido como sendo o calor produzido pelos processos digestivos e pelo metabolismo animal. A determinação dos valores de energia líquida é importante por quantificar a energia utilizada do alimento para os processos metabólicos envolvidos na manutenção, gestação e produção animal (Nunes, 1995).

O presente estudo tem como objetivo determinar o valor nutritivo das silagens de *Panicum maximum* cv Tanzânia oriunda de cinco idades de corte diferentes através dos valores de consumo voluntário e digestibilidade aparente de seus componentes nutricionais, bem como mensurar o valor energético destas silagens.

6.3 Material e métodos

Consumo e digestibilidade aparente

As amostras avaliadas neste experimento foram obtidas a partir do capítulo 5. Dessa forma, foi avaliada a silagem do capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias de idade.

O experimento com animais foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal - LAMCA. Foram utilizados neste estudo vinte carneiros adultos, sadios, com peso médio de 34 kg. Os animais foram pesados no início e no final do período experimental, sendo estes manejados em gaiolas metabólicas, individuais, confeccionadas em cantoneira de ferro, com piso ripado, dispondo de bebedouro e comedouro em aço inoxidável e saleiro de plástico.

Os animais passaram por um período inicial de adaptação às gaiolas e à alimentação de 21 dias, seguido de um período de coleta de amostras de cinco dias. As silagens foram oferecidas em quantidade suficiente para que fossem obtidos aproximadamente 10% de sobras no cocho, caracterizando-se, dessa forma, a ingestão voluntária pelos animais. A água e a mistura mineral comercial foram fornecidas *ad libitum*. Durante o período de coleta, houve, diariamente, a mensuração da quantidade de silagem (oferecida e sobras) e da produção de fezes e urinas de cada animal.

Das silagens oferecidas foi coletado aproximadamente 300g por tratamento por dia. As sobras foram recolhidas diariamente e armazenadas por animal, por dia; quanto às fezes, estas foram pesadas e foi recolhido cerca de 20% do peso total diário; e para a urina houve a mensuração do volume diário produzido por cada animal, sendo amostrado cerca de 10% do volume total. Nos baldes coletores de urina foram adicionados, diariamente, 100 ml de HCl 2N, para que não houvesse perda de nitrogênio urinário por volatilização e/ou decomposição.

As diversas amostras do dia (oferecido, sobras, fezes e urina), após devidamente etiquetadas, foram armazenadas à temperatura de -17 °C. Ao fim do período experimental, foram feitas amostras compostas de sobras, fezes e urina, que permaneceram estocadas a -17 °C até a devida manipulação para análise laboratorial.

Cada amostra composta foi descongelada sob temperatura ambiente, procedendo-se, então, o processo de pré-secagem a 55 °C por 48 horas e, posteriormente, moídas, em moinho estacionário, com peneira de 1,0 mm. Foram executadas as análises de matéria seca em estufa a 105°C – MS, proteína bruta - PB, extrato etéreo - EE (OFFICIAL... 1995), fibra em detergente neutro – FDN, fibra em detergente ácido –

FDA, nitrogênio insolúvel em detergente neutro - NIDN (Van Soest, 1991; Goering e Van Soest, 1970) e energia bruta – EB, por combustão em bomba calorimétrica adiabática (OFFICIAL... 1995). Os teores de carboidratos não fibrosos na matéria seca (CNF) foram obtidos por diferença (CNF=100-FDN-CINZAS-PB). As amostras de urina foram analisadas para determinação dos teores de energia bruta, nitrogênio total seguindo as metodologias já mencionadas.

A avaliação do consumo voluntário das silagens de capim Tanzânia foi determinada pela diferença entre a quantidade de alimento fornecido e quantidade de sobras nos cochos de cada componente nutricional. Os valores de digestibilidade aparente foram determinados pelo percentual de desaparecimento, considerando a quantidade consumida e a recuperação nas fezes dos componentes nutricionais.

Com os valores de consumo e digestibilidade de cada componente nutricional, foram calculados os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) de cada silagem avaliada através da equação:

$$\text{NDT (\%)} = \text{CNFd} + \text{PBd} - (\text{NIDNd} \times 6,25) + (\text{EEd} \times 2,25) + \text{FDNd}$$

sendo carboidratos não fibrosos digestíveis (CNFd), proteína bruta digestível (PBd), nitrogênio insolúvel em detergente neutro digestível (NIDNd), extrato etéreo digestível (EE) e fibra em detergente neutro digestível (FDNd).

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística das variáveis citadas acima foi inteiramente casualizado. Para a comparação das médias de tratamentos foi utilizado o teste SNK ($P < 0,05$) utilizando o PROC ANOVA do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). O estudo de regressão e os coeficientes de correlação foram obtidos com auxílio do software PROC COR do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). A

decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 44.

Para a análise dos dados empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{jk} = \mu + G_j + e_{jk}$$

Onde, Y_{jk} = observação "k" na idade de corte "j"; μ = média geral; G_j = efeito da idade ao corte "j", ($j = 1, 2, 3, 4,$); e_{ij} = erro experimental.

TABELA 44 – Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.

Fontes de variação	gl.
Total	19
Idades de Corte (tratamentos)	3
Erro	16

Calorimetria indireta

A determinação do conteúdo de energia líquida e energia metabolizável por calorimetria indireta das silagens de capim Tanzânia foi realizada nas dependências do Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal - LAMCA da Escola de Veterinária da UFMG. Devido à falta de material para fornecimento aos carneiros, os valores de energia líquida foram determinados apenas nas silagens de capim Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias.

Para o procedimento de calorimetria indireta, foi utilizada a metodologia descrita por Rodriguez et al. (2007), sendo o cálculo da produção de calor realizado de acordo com a equação de Brouwer (1965): $H \text{ (kJ)} = 16,18 \times O_2 \text{ (l)} + 5,02 \times CO_2 \text{ (l)} - 5,88 \times N_u \text{ (g)} - 2,17 \times CH_4 \text{ (l)}$, onde H é a produção de calor, N_u é o nitrogênio urinário. Para a transformação dos dados em calorias, utilizou-se como referência o valor de 1 joule correspondente a 0,239 calorias.

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística das variáveis citadas

acima foi inteiramente casualizado. Para a comparação das médias de tratamentos, foi utilizado o teste SNK ($P < 0,05$) utilizando o PROC ANOVA do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). O estudo de regressão e os coeficientes de correlação foram obtidos com auxílio do software PROC COR e PROC REG do software SAS 6.12 (SAS..., 1993). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na tabela 45.

TABELA 45 – Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.

Fontes de variação	gl.
Total	14
Idades de Corte (tratamentos)	2
Erro	12

Para a análise dos dados empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{jk} = \mu + G_j + e_{jk}$$

Onde, Y_{jk} = observação "k" na idade de corte "j"; μ = média geral; G_j = efeito da idade ao corte "j", ($j = 1, 2, 3, 4$); e_{ij} = erro experimental.

TABELA 46 - Valores médios de consumo de matéria verde (g/dia;CMV), consumo de matéria seca total (g/dia;CMST), consumo de matéria seca por quilograma de peso metabólico (g/kg^{0,75}; CMSPM) e digestibilidade aparente da matéria seca (%; DAMS) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.

Idade ao corte	CMV	CMST	CMSPM	DAMS
42	4652,6 A	959,1	55,1	58,4 A
63	4475,7 A	908,7	64,5	48,6 AB
84	4114,3 AB	854,5	54,6	49,9AB
107	3523,2 B	864,8	58,1	45,4 B
CV	11,89	12,03	9,88	9,84

Letras maiúsculas nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). CV = Coeficiente de variação.

6.4 Resultados e discussão

Consumo e digestibilidade aparente

As composições bromatológicas das silagens de capim Tanzânia oferecidas neste experimento são apresentadas na tabela 32 e 33 do capítulo 5, no qual foram feitas as devidas considerações.

Na tabela 46 são apresentados os valores encontrados para consumo de matéria verde (CMV), consumo de matéria seca total (CMST), consumo de matéria seca por quilograma de peso metabólico (CMSPM) e digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias, em ovinos. Para o CMV, as silagens do capim Tanzânia aos 42 e 63 dias de corte apresentaram maiores valores ($P < 0,05$), sendo o menor valor de CMV observado na silagem de capim Tanzânia cortado aos 107 dias ($P < 0,05$). Valores intermediários foram observados na silagem de capim Tanzânia cortada aos 84 dias. Para CMST e CMSPM não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as silagens. Todos os tratamentos apresentaram valores superiores a 46 g/kg^{0,75} sugerido pelo Agricultural...(1993) para o CMSPM de silagens por ovinos. A DAMS diminuiu 42 dias e o menor aos 107 dias ($P < 0,05$),

com o aumento da idade do capim Tanzânia. O maior valor de DAMS foi observado no capim Tanzânia ensilado aos com valores intermediários nas silagens aos 63 e 84 dias ($p>0,05$).

Minson (1971) relatou valores médios de CMSPM para cultivares de capim *Panicum maximum* de 53,9 g/kg^{0,75}. São relatados na literatura valores de CMSPM de silagem de sorgo de 54,92 g/kg^{0,75} a 68,55 g/kg^{0,75} (Martins et al., 2003a), de silagem de girassol de 50,18 g/kg^{0,75} a 75,53 g/kg^{0,75} (Ko et al., 2005) e de silagem de milho de 54,86 g/kg^{0,75} a 67,00 g/kg^{0,75} (Freitas et al., 2003), sendo que o consumo de matéria seca em todos os autores citados foi mensurado em ovinos.

Narciso Sobrinho et al. (1998c) relataram valores de CMSPM em ovinos de 32,02 g/kg^{0,75} a 36,17 g/kg^{0,75} para a silagem de capim Elefante emurchecido e cortada nas respectivas idades de 84 dias e 56 dias. Sarwatt et al. (1989) observaram valores de CMSPM em ovinos de 53,5 g/kg^{0,75} a 71,5 g/kg^{0,75} para silagem de capim *Panicum maximum*.

São relatados valores de DAMS em ovinos para cultivares de capim *Panicum maximum* de 52,8% (Minson, 1971), para a silagem de sorgo de 49,83% a 61,75% (Martins et al., 2003a), para a silagem de girassol de 46,91% a 53,60% (Ko et al., 2005), para a silagem de milho de 61,50% a 63,93% (Freitas et al., 2003). Sarwatt et al. (1989) relataram valores de DAMS em ovinos de 51,8% a 56,5% para silagem de capim *Panicum maximum*.

O consumo de matéria seca de alimentos volumosos é controlado pelo fluxo da digesta pelo trato gastrointestinal devido à limitação imposta pela distensão ruminal (Allen, 1996). Observou-se, no presente experimento, correlação positiva entre o CMST e a DAMS ($r=0,71$). Segundo Allen (1996), o consumo voluntário de forrageiras está correlacionado com a digestibilidade do alimento. Dentre as características da

forrageira, o teor de FDN é aquele que mais se correlaciona com a ingestão de MS (Van Soest, 1994). Observou-se aumento dos teores de FDN nas silagens com o avançar da idade ao corte do capim Tanzânia utilizado para silagem. No entanto, em silagens, o valor de pH e os teores de nitrogênio amoniacal, ácido acético e ácido butírico também podem afetar o consumo voluntário (Minson, 1990; Van Soest, 1994; McDonald et al., 1991; Elferink et al., 2000). Pelos resultados observados no presente experimento, não se observou correlação entre o consumo voluntário e os produtos da fermentação da silagem.

Com o aumento da idade ao corte, observa-se maior participação de hastes e, conseqüentemente, maior teor de FDN e FDA, devido ao fato de as células vegetais das hastes apresentarem parede celular mais espessa e mais lignificada (Van Soest, 1994; Buxton, 1996). O aumento dos teores de FDN, FDA e lignificação da parede celular resultam em redução da digestibilidade da FDN e FDA com conseqüente redução no consumo de matéria seca (Harrison et al., 1994).

A maior ingestão de matéria seca está relacionada ao menor tempo de retenção da digesta no rúmen (Fitzgerald, 1996). Como observado anteriormente no capítulo 5, as taxas de degradação da fração lentamente degradável (c) e a taxa fracional de produção de gases (μ) diminuíram com o avançar da idade ao corte da forrageira ensilada. Junto a isso, o potencial de degradação ($a+b$) e potencial máximo de produção de gases (A) também diminuíram com o avançar da idade ao corte do capim Tanzânia ensilado. Com isso, pode-se atribuir a diminuição do consumo de matéria seca e da digestibilidade da matéria seca ao aumento da idade ao corte do capim Tanzânia utilizado para a silagem. Tal fato resultou em maior tempo de permanência do volumoso no rúmen pelo decréscimo da taxa e do potencial de degradação microbiano das silagens.

Outra observação importante é que os teores de PB diminuíram com o avançar da idade da forrageira ensilada, chegando a níveis inferiores a 6% após a idade de 42 dias, os quais são tidos como limitantes para a fermentação microbiana (Minson, 1990). Dessa forma, pode-se atribuir a diminuição da DAMS com o avançar da idade do capim Tanzânia à associação entre o aumento dos teores de parede celular e ao decréscimo nos teores de PB.

Na tabela 47 são apresentados os valores encontrados para consumo de proteína bruta (CPBT), consumo de proteína bruta por quilograma de peso metabólico (CPBPM) e digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB) das silagens de capim Tanzânia, cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias, em

ovinos. Para o CPBT, a silagem aos 42 dias de idade apresentou o maior valor, seguido da silagem aos 63 dias ($P < 0,05$). As silagens do capim Tanzânia cortado aos 84 e 107 dias apresentaram os menores valores de CPBT ($P < 0,05$). Para o CPBPM, não se observou diferença entre o capim Tanzânia ensilado aos 42 e aos 63 dias ($p > 0,05$), sendo estes maiores que a silagem aos 84 e 107 dias ($P < 0,05$), os quais foram iguais entre si ($p > 0,05$). A maior DAPB foi observada no capim Tanzânia ensilado aos 42 dias, seguido pela silagem aos 84 dias ($P < 0,05$), com valores intermediários nas silagens aos 63 dias ($p > 0,05$). O menor valor de DAPB foi observado na silagem de capim Tanzânia cortado aos 107 dias ($P < 0,05$).

TABELA 47 - Valores médios de consumo de proteína bruta (g/dia, CPBT), consumo de proteína bruta por quilograma de peso metabólico ($\text{g/kg}^{0,75}$, CPBPM) e digestibilidade aparente da proteína bruta (%), DAPB) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.

Idade ao corte	CPBT	CPBPM	DAPB
42	80,96 A	4,65 A	51,95 A
63	58,96 B	4,19 A	43,20 AB
84	43,38 C	2,77 B	38,92 B
107	37,38 C	2,51 B	22,16 C
CV	10,79	10,37	18,22

Letras maiúsculas nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). CV = Coeficiente de variação.

São relatados valores de CPBPM em ovinos para a silagem de sorgo de $3,95 \text{ g/kg}^{0,75}$ a $5,53 \text{ g/kg}^{0,75}$ (Martins et al., 2003a) e para a silagem de milho de $4,24 \text{ g/kg}^{0,75}$ a $5,19 \text{ g/kg}^{0,75}$ (Freitas et al., 2003). Estes mesmos autores citaram valores de DAPB em ovinos de 23,74% a 44,20% para a silagem de sorgo e 55,46% a 59,37% para a silagem de milho. Aganga e Tshwenyane (2004) relataram valores médios de DAPB em ovinos de 34,9% para a silagem de capim *Panicum maximum* cv Green-panic. Sarwatt et al. (1989) relataram valores médios de

DAPB de 13,6% para silagem de capim *Panicum maximum*.

O decréscimo do CPBT condiz com os resultados obtidos para o CMST e com a diminuição nos teores de PB observado nas silagens de capim Tanzânia com o avançar da idade ao corte. O decréscimo da DAPB pode ser atribuído ao maior percentual de compostos nitrogenados indisponíveis à fermentação ruminal, pela ligação destes à parede celular vegetal, indicados pelos valores de NIDA/N (tabela 33). A fração NIDA consiste dos compostos nitrogenados associados à lignina, taninos, produtos da

reação de Maillard, sendo estes altamente resistentes à ação das enzimas microbianas e intestinais (Sniffen et al., 1992). Com isso, a inibição na fermentação ruminal, induzida por baixos teores de PB, é potencializada. Recalculando-se os valores de PB disponíveis, ou seja, os teores de PB menos os teores de NIDA, são obtidos os valores de 8,1%, 6,1%, 4,7% e 4,1% de PB, respectivamente, na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias. Com isso, observa-se que a partir da idade ao corte de 63 dias já poderá ocorrer déficit de nitrogênio para a fermentação ruminal, sendo que parte dele está indisponível.

Na tabela 48 são apresentados os valores encontrados em ovinos para nitrogênio urinário (NU), nitrogênio nas fezes (NF), nitrogênio consumido (NC) e balanço de

nitrogênio das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias. O capim Tanzânia ensilado aos 42 dias apresentou maior valor de NU que os demais tratamentos ($P < 0,05$), sendo os demais iguais entre si ($p > 0,05$). Para o NF e o NC, o maior valor foi observado com o capim Tanzânia ensilado aos 42 dias, seguido da ensilagem do capim Tanzânia aos 63 dias ($P > 0,05$). Para a NF, o menor valor foi observado no capim Tanzânia ensilado aos 84 dias ($P < 0,05$) com valores intermediários na silagem aos 107 dias. Para NC, não houve diferença entre os valores encontrados para a forragem ensilada com 84 e 107 dias ($p > 0,05$). Não foi observada diferença para o BN entre as silagens de capim Tanzânia ($p > 0,05$).

TABELA 48 - Valores médios de nitrogênio urinário (g, NU), nitrogênio nas fezes (g, NF), nitrogênio consumido (g, NC), balanço de nitrogênio (g, BN) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.

Idade ao corte	NU	NF	NC	BN
42	7,44 A	6,22 A	12,95 A	-0,708
63	4,72 B	5,33 B	9,44 B	-0,612
84	4,12 B	4,14 C	6,94 C	-1,322
107	2,87 B	4,67 BC	5,98 C	-1,552
CV	25,18	11,22	10,79	-101,53

Letras maiúsculas nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). CV = Coeficiente de variação.

Sarwatt et al. (1989) relataram valores negativos de BN para ovinos consumindo a silagem de capim *Panicum maximum*. Estes autores relatam valores que variaram de -1,1 a -4,5, em função do estágio de florescimento da forrageira ensilada.

Com os valores de BN negativos, pode-se afirmar que, para todos os tratamentos, ocorreram perdas de proteína pelos animais, e estas se agravaram com o avançar da idade ao corte do capim Tanzânia ensilado. A excessiva excreção urinária de proteína

pode ser creditada à assincronia ruminal entre proteína e energia, limitando a síntese de proteína microbiana. Durante a conservação de alimentos na forma de silagem, ocorre a alteração da proteína da forrageira pela ação de enzimas vegetais e ação bacteriana, transformando esta em compostos nitrogenados de mais rápida degradação ruminal (McDonald et al., 1991; Buxton, 1996).

Na tabela 49 são apresentados os valores encontrados para consumo de extrato etéreo

total (CEET), consumo de extrato etéreo por quilograma de peso metabólico (CEEPM) e digestibilidade aparente do extrato etéreo (DAEE) das silagens de capim Tanzânia. Para o CEET, a silagem aos 42 dias de idade apresentou o maior valor significativo ($P<0,05$), seguido pela forragem aos 63 dias. Valores intermediários ocorreram para a forragem

ensilada aos 84 dias. Para CEEPM, não foi observada diferença estatística significativa aos 42, 63 e 84 dias ($p>0,05$). O capim Tanzânia ensilado aos 107 dias apresentou os menores valores para CEET e CEEPM ($P<0,05$). Não foi observada diferença entre os valores de DAEE para o capim Tanzânia ensilado nas diferentes idades ($p>0,05$).

TABELA 49 - Valores médios de consumo de extrato etéreo total (g/dia;CEET), consumo de extrato etéreo por quilograma de peso metabólico (g/kg0,75; CEEPM) e digestibilidade aparente do extrato etéreo (%DAEE) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.

Idade ao corte	CEET	CEEPM	DAEE
42	31,70 A	1,81 A	85,41
63	24,65 B	1,75 A	70,92
84	28,72 AB	1,85 A	84,96
107	8,04 C	0,54 B	47,62
CV	15,01	12,20	34,92

Letras maiúsculas nas colunas representam diferença estatística significativa ($P<0,05$; SNK). CV = Coeficiente de variação.

Valores de DAEE em ovinos para silagem de capim *Panicum maximum* variam de 40,7% a 68,7% (Sarwatt et al., 1989; Aganga e Tshwenyane, 2004). Narciso Sobrinho et al. (1998c) não observaram diferença para os valores de DAEE em ovinos da silagem de capim Elefante confeccionado com a forrageira cortada aos 56 dias e aos 84 dias.

A fração extrato etéreo das plantas forrageiras tropicais consiste de ceras e compostos lipídicos constituintes da membrana celular e dos cloroplastos, estando presentes principalmente nas folhas (Van Soest, 1994). Com isto, com o aumento da idade ao corte, observou-se a diminuição do percentual de folhas no capim Tanzânia, o que, conseqüentemente, reduz o teor de EE com o avançar da idade da forrageira. Como tais lipídeos não são utilizados durante o processo de fermentação da silagem, espera-se que a composição presente na forragem fresca

seja mantida nas silagens. Compostos lipídicos são altamente digestíveis no intestino delgado de ruminantes. No entanto, o valor de DAEE observado para a silagem de capim Tanzânia cortado aos 107 dias sugere ter ocorrido interferência de frações endógenas recuperadas nas fezes, o que resultou no decréscimo da DAEE deste tratamento.

Na tabela 50 são apresentados os valores encontrados para consumo de fibra em detergente neutro total (CFDNT), consumo de fibra em detergente neutro por quilograma de peso metabólico (CFDNPM) e digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (DAFDN) das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos. Com relação ao CFDNT, não foi observada diferença entre as silagens de capim Tanzânia ($p>0,05$). Para o CFDNPM, a silagem cortada aos 63 dias apresentou o maior valor ($P<0,05$), enquanto a silagem do capim aos 42 dias

TABELA 50 - Valores médios de consumo de fibra em detergente neutro total (g/dia;CFDNT), consumo de fibra em detergente neutro por quilograma de peso metabólico (g/kg^{0,75}; CFDNPM) e digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (%; DAFDN) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.

Idade ao corte	CFDNT	CFDNPM	DAFDN
42	599,22	34,39 B	61,38 A
63	621,45	44,14 A	54,04 BC
84	593,47	37,89 AB	56,83 AB
107	595,95	40,02 AB	49,77 C
CV	12,51	10,03	6,14

Letras maiúsculas nas colunas representam diferença estatística significativa (P<0,05; SNK). CV = Coeficiente de variação.

apresentou o menor CFDNPM (P<0,05). Valores intermediários foram observados para as silagens do capim Tanzânia aos 84 e aos 107 dias (p>0,05). Para DAFDN a silagem cortada aos 42 dias apresentou maior digestibilidade (P<0,05), enquanto a ensilagem do capim aos 107 dias apresentou menor DAFDN (P<0,05).

São relatados valores de CFDNPM em ovinos para a silagem de girassol de 24,28 g/kg^{0,75} a 33,65 g/kg^{0,75} (Ko et al., 2005) e para a silagem de sorgo de 31,41 g/kg^{0,75} a 40,59 g/kg^{0,75} (Martins et al., 2003b). Os mesmos autores citam valores de DAFDN em ovinos de 29,48% a 35,62% para a silagem de girassol e 32,83% a 54,94% para a silagem de sorgo. Narciso Sobrinho et al. (1998c) relataram valores de DAFDN em ovinos de 53,69% a 63,26% para a silagem de capim elefante.

A FDN é mencionada como sendo o principal limitante físico do consumo voluntário (Van Soest, 1994). Tal fato pode ser confirmado, já que o CFDNT não diferiu entre os tratamentos. No entanto a diferença observada para o CFDNPM pode ser devida à maior taxa de degradação ruminal da FDN (tabela 39) observada para a silagem da forrageira cortada aos 63 dias. O esvaziamento ruminal demanda que haja redução das partículas para que ocorra a passagem pelo orifício reticulo-omasal. A

atividade mastigatória e a ação microbiana são os mecanismos de redução do tamanho da partícula da forragem que possibilitam o esvaziamento ruminal (Buxton, 1996). Observou-se o decréscimo no potencial de degradação ruminal da FDN com o avançar da idade da forrageira utilizada para ensilagem, com diminuição na taxa de degradação (tabela 39). Com isso, como as frações fibrosas são digeridas apenas no rúmen, já se esperava diminuição na DAFDN com o aumento da idade do capim Tanzânia ensilada, sendo esta função da limitação física com o aumento do teor e alteração das características da FDN com o avançar da idade do capim Tanzânia (Van Soest, 1994; Buxton, 1996).

Na tabela 51 são apresentados os valores encontrados para consumo de fibra em detergente ácido total (CFDAT), consumo de fibra em detergente ácido por quilograma de peso metabólico (CFDAPM) e digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido (DAFDA) das silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias, em ovinos. Para o CFDAT e CFDAPM, não foram observadas diferenças entre as silagens de capim Tanzânia (p>0,05). Para DFDA, a silagem cortada aos 42 dias apresentou maior digestibilidade (P<0,05) que os demais tratamentos.

TABELA 51 - Valores médios de consumo de fibra em detergente ácido total (g/dia;CFDAT), consumo de fibra em detergente ácido por quilograma de peso metabólico (g/kg^{0,75}; CFDAPM) e digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido (%; DAFDA) das silagens de capim Tanzânia cortado às idades de 42, 63, 84 e 107 dias, em ovinos.

Idade ao corte	CFDAT	CFDAPM	DAFDA
42	388,08	22,28	66,96 A
63	367,34	26,08	57,19 B
84	343,80	21,95	57,46 B
107	351,16	23,59	50,67 B
CV	12,28	10,24	8,24

Letras maiúsculas nas colunas representam diferença estatística significativa (P<0,05; SNK). CV = Coeficiente de variação.

São relatados valores variando de 17,53 g/kg^{0,75} a 24,17 g/kg^{0,75} para a silagem de girassol (Ko et al., 2005), e 24,18 g/kg^{0,75} a 35,15 g/kg^{0,75} para a silagem de sorgo (Martins et al., 2003b) para o CFDAPM em ovinos. Já para a DAFDA, são observados valores de 25,67% a 32,20% para a silagem de girassol (Ko et al., 2005) e 39,65% a 53,55% para a silagem de sorgo (Martins et al., 2003b).

A diferença não significativa entre os tratamentos para CFDAT e CFDAPM pode ser atribuída à diminuição do CMST e ao aumento dos teores de FDA nas silagens com o aumento da idade ao corte. O decréscimo na DFDA pode estar relacionado ao aumento do comprometimento desta fração fibrosa devido ao aumento nos teores de lignina e a cristalinidade da celulose com o avançar da idade ao corte da forrageira utilizada para ensilagem. Tal fato pode ser comprovado pelo decréscimo dos valores de potencial e taxa de degradação desta fração observados no capítulo 5 com o avançar da idade da forrageira ensilada.

Na tabela 52 são apresentados os valores encontrados para consumo de energia bruta total (CEBT), consumo de energia bruta por quilograma de peso metabólico (CEBPM), digestibilidade aparente da energia bruta (DAE) e consumo de energia digestível por

quilograma de peso metabólico (CEDPM) das silagens de capim Tanzânia cortado às idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos. Não foi observada diferença entre os tratamentos para o CEBT e CEBPM (p<0,05). Para a DAE, o maior valor foi observado na silagem de capim Tanzânia cortado aos 42 dias (P<0,05), sendo este superior às DAE observadas na silagem de capim Tanzânia cortada aos 63 e 84 dias, as quais foram semelhantes entre si (p>0,05), e o menor valor na silagem desta forrageira cortada aos 107 dias (P<0,05). A silagem de capim Tanzânia cortado aos 42 dias apresentou o maior valor para o CEDPM (P>0,05) que os demais tratamentos, sendo estes iguais entre si (p<0,05).

São relatados valores de CEBPM de 225,61 Kcal/kg^{0,75} a 280,49 Kcal/kg^{0,75}, CEDPM de 161,66 Kcal/kg^{0,75} a 215,71 Kcal/kg^{0,75} para a silagem de sorgo em ovinos (Martins et al., 2003b). Para a silagem de girassol em ovinos, Ko et al. (2005) relatam valores de CEBPM de 271,57 Kcal/kg^{0,75} a 331,04 Kcal/kg^{0,75}, CEDPM de 119,48 Kcal/kg^{0,75} a 182,01 Kcal/kg^{0,75} para a silagem de girassol (Ko et al., 2005). Valores de CEBPM de 246,57 Kcal/kg^{0,75} a 299,03 Kcal/kg^{0,75}, CEDPM de 149,30 Kcal/kg^{0,75} a 190,33 Kcal/kg^{0,75} em ovinos são citados para a silagem de milho (Freitas et al., 2003). As diferenças observadas entre os

TABELA 52 - Valores médios de consumo de energia bruta diária (CEBT, Kcal/dia), consumo de energia bruta por quilograma de peso metabólico (CEBPM, Kcal/ kg^{0,75}), digestibilidade aparente da energia bruta (DAE, %) consumo de energia digestível por quilograma de peso metabólico (CEDPM, Kcal/kg^{0,75}) das silagens de capim Tanzânia cortado as idades de 42, 63, 84 e 107 dias em ovinos.

Idade ao corte	CEBT	CEBPM	DAE	CEDPM
42	4048,9	315,86	59,7A	188,62A
63	3677,7	286,90	50,76B	146,54B
84	3359,0	261,81	51,68B	137,37B
107	3387,5	264,26	44,5C	117,41B
CV	11,95	11,55	7,82	16,97

Letras maiúsculas nas colunas representam diferença estatística significativa (P<0,05; SNK). CV = Coeficiente de variação.

resultados obtidos neste experimento, e aqueles citados na literatura, podem ser atribuídas à presença de grãos nas silagens de sorgo e milho e ao teor de extrato etéreo da silagem de girassol, fatos estes que aumentam a densidade energética do alimento.

Valores de correlação positiva foram obtidos para CMSPM e CEBPM (0,97), CMSPM e CEDPM (0,59). Isto se deve ao fato de que o consumo de um alimento está altamente correlacionado com a densidade calórica e ao consumo de energia (Crampton, 1957). No entanto, por se tratar de silagens, o teor das frações fibrosas é mais importante na regulação do consumo voluntário do que o teor energético do alimento (Van Soest, 1994). Este fato pode ser comprovado pelas correlações positivas obtidas entre CMST e CFDNT (0,93), e de CMST e CFDAT (0,99); e CMSPM e CFDNPM (0,95) e CMSPM e CFDAPM (0,99). Com isso, a limitação do consumo de energia foi ocasionada pelo efeito de distensão ruminal causado pelo consumo das frações fibrosas, as quais permaneceram por maior tempo no rúmen devido ao potencial e taxa de degradação ruminal das frações fibrosas das silagens estudadas (capítulo 5). Dessa forma, ratifica-se a afirmação que, com o aumento da idade ao

corte do capim Tanzânia ensilado, ocorre maior limitação devido ao aumento do percentual de parede celular e à menor disponibilidade dos componentes desta para a fermentação ruminal.

Calorimetria indireta

Na tabela 53 são apresentados os valores encontrados para produção de metano (CH₄), gás carbônico (CO₂), consumo de oxigênio (O₂), produção de calor (PC) e coeficiente respiratório (CR) de ovinos consumindo silagens de capim Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias. Como não houve repetições, não foi feita comparação de médias, sendo feita apenas a análise descritiva, e os mesmos utilizados para o cálculo dos valores energéticos apresentados na tabela 54 e 55, em conjunto com os resultados do experimento de consumo e digestibilidade aparente.

Para a produção de metano, observou-se decréscimo com o avançar da idade ao corte das silagens de capim Tanzânia. Para cada litro de metano produzido, considera-se a perda energética de 0,519 Kcal/litro. De maneira geral, observa-se que as perdas energéticas, devido à produção de metano, foram maiores na silagem de capim Tanzânia cortado aos 84 dias (4,33 Kcal/dia e 0,30 Kcal/kg^{0,75}), enquanto as silagens aos

TABELA 53 - Produção de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e consumo de oxigênio (O₂) e coeficiente respiratório (CR) de ovinos alimentados com silagens de capim Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias.

	63		84		107	
	Dia	Kg ^{0,75}	Dia	Kg ^{0,75}	Dia	Kg ^{0,75}
CH ₄ (L)	10,96	0,79	8,34	0,58	10,89	0,72
CO ₂ (L)	211,46	15,30	235,22	16,29	255,06	16,57
O ₂ (L)	186,14	13,48	230,29	15,83	246,75	15,92
PC (Kcal/dia)	960,33	69,52	1161,17	79,97	1249,69	80,75
CR	1,14		1,03		1,04	

63 e 107 dias apresentaram valores muito próximos para a perda energética devido à produção de metano (5,69 Kcal/dia e 0,41 Kcal/kg^{0,75}, e 5,65 Kcal/dia e 0,38 Kcal/kg^{0,75} respectivamente).

Carboidratos fibrosos resultam em maior proporção de acetato durante a fermentação que carboidratos não fibrosos (Moe e Tyrrell, 1979; Moss, 1994; Wilkerson et al., 1995), fato este que está diretamente relacionado à produção de metano. No capítulo 3, observou-se que, com o aumento da idade ao corte da forrageiras, os teores de FDN aumentam, fato que pode ter sido refletido na silagem. No entanto, a menor produção observada na silagem aos 84 dias é de difícil explicação.

No capítulo 5, observou-se que com o avançar da idade ao corte, ocorreu a diminuição do potencial e da taxa de degradação ruminal da FDN. Jonhson e Jonhson (1995); McAllister et al. (1996) citaram que qualquer propriedade das forrageiras que levem à diminuição da taxa de digestão ou ao aumento do tempo de permanência no rúmen irá levar ao aumento da produção de metano por unidade de forragem digerida. Foram observados, no presente experimento, valores de 27,99 L CH₄/kg MS digerida, 23,37 L CH₄/kg MS digerida e 29,13 L CH₄/kg MS digerida, respectivamente, para as silagens de capim

Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias, não sendo observada diferença significativa entre eles (p>0,05; CV=14,95%). Estes resultados refletem que, mais que a taxa de degradação, o tempo de permanência no rúmen é determinante na produção de metano pelas bactérias ruminais.

Observou-se o aumento na produção de dióxido de carbono e consumo de oxigênio em ovinos com o avançar da idade ao corte da forrageira ensilada (tabela 53). O coeficiente respiratório foi maior nos ovinos alimentados com capim Tanzânia ensilado aos 42 dias, seguido pela ensilagem aos 107 dias e a ensilagem aos 84 dias. Para a obtenção de energia durante os processos metabólicos ocorre o consumo de oxigênio com a produção de dióxido de carbono. Tal relação é expressa pelo coeficiente respiratório. Estes valores demonstram o substrato metabólico utilizado, sendo que valores de CR próximo a 1,0 seriam para carboidratos, 0,8 para proteína e 0,7 para gorduras (Brody, 1945; Brouwer, 1957; Gessaman e Nagy, 1988 citados por Walsberg e Wolf, 1995). Os resultados obtidos para o CR, apesar de maiores do que 1,0, caracterizam animais consumindo volumoso *ad libitum* (Kleiber, 1975 citado por Rodriguez et al., 2007), tendo como principal substrato energético carboidratos.

Considera-se que a produção de calor do animal em jejum é igual à energia produzida pelo catabolismo tecidual, sendo esta a exigência de manutenção (Chwalibog, 1991). A produção média de calor em jejum (PC_0) pelos animais experimentais foi de $65,74 \text{ kcal/kg}^{0,75}$, sendo o CR de 0,7. São relatados valores de PC_0 em ovinos, variando de 54,62 a $67,33 \text{ kcal/kg}^{0,75}$ (Blaxter e Wainman, 1964; Blaxter e Wainman, 1961 citado por Blaxter e Wainman, 1964).

Avaliando os resultados obtidos para a PC na tabela 53, podemos inferir que a silagem de capim Tanzânia disponibiliza energia de maneira mais eficiente para o metabolismo animal com o avançar da idade ao corte, já que a variação entre a PC_0 e PCPM aumenta, demonstrando maior incremento calórico com o consumo das silagens da forrageira em idades mais avançadas. Diferenças no incremento calórico devido à atividade de mastigação, transporte no trato digestivo, digestão e absorção de nutrientes são devidas à diferença na composição dos alimentos, afetando a eficiência energética do alimento (Chwalibog, 1991; Chwalibog, 2004; Agnew e Yan, 2000).

Na tabela 54 são apresentados os valores médios encontrados para perda de energia diária pela urina (EU), perda de energia pela urina por quilograma de peso metabólico (EUPM), custo energético para a excreção de nitrogênio pela urina (EUN), consumo de energia metabolizável por quilograma de peso metabólico (CEMPM), consumo de energia líquida por quilograma de peso metabólico (CELPM) e balanço energético diário (BE) em ovinos consumindo silagem de capim Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias. Para a EU, as silagens cortadas aos 63 e 107 dias não apresentaram diferença ($p < 0,05$), sendo observado menor valor na silagem aos 84 dias ($P > 0,05$). Com relação à EUPM, observou-se maior valor nos ovinos consumindo a silagem de capim Tanzânia cortado aos 63 dias do que as silagens aos

84 e 107 ($P > 0,05$), sendo que estas foram iguais entre si ($p < 0,05$). Para a EmetPM, observou-se maior valor nos ovinos consumindo a silagem de capim Tanzânia cortado aos 63 dias do que as silagens aos 84 ($P > 0,05$), tendo esta maior valor de EmetPM do que a silagem do capim Tanzânia aos 107 dias ($P > 0,05$). De maneira geral, neste experimento, as perdas energéticas pela urina e pela produção de metano durante a fermentação ruminal representaram, respectivamente, 3,6% e 0,1 % do consumo de energia pelos ovinos. Segundo Blaxter e Wainman (1964), as perdas de energia pela urina nunca devem superar 5% do valor energético da dieta do animal. Segundo Johnson e Johnson (1995), a perda energética devida à produção de metano varia de 2 a 12% da energia consumida pelo animal, valores estes muito superiores aos encontrados no presente experimento.

Observou-se o maior custo energético para a excreção de nitrogênio (Tabela 54) nos animais que consumiram a silagem da forrageira cortada aos 107 dias, seguido pela silagem aos 63 dias ($P > 0,05$). O menor valor de EUN foi observado na silagem de capim Tanzânia cortado aos 84 dias ($P > 0,05$). Segundo Chowdhury e Ørskov (1997), baixas concentrações de proteína na dieta diminuem o consumo de energia pelos animais. Tal fato pode levar ao aumento do custo energético do nitrogênio excretado.

Não se observou diferença entre o CEMPM em ovinos (tabela 54) para as silagens de capim Tanzânia ($p > 0,05$). Isto se deve a fato de que, em alimentos volumosos, o mecanismo físico desempenhado pela FDN tem papel predominante na regulação do consumo voluntário, superando a influência do teor energético (Forbes, 1995).

Para CELPM e BE (Tabela 54), observou-se que o menor valor foi observado nos animais que receberam a silagem de capim Tanzânia cortado aos 63 dias ($P > 0,05$), sendo que não houve diferença entre os

demais tratamentos ($p < 0,05$). O menor CEMPM e BE pode ser atribuído a maior produção de metano pelos animais que

consumiram a silagem de capim Tanzânia cortada aos 63 dias.

TABELA 54 – Valores médios para a perda de energia diária pela urina (EU, Kcal/dia), perda de energia pela urina por quilograma de peso metabólico (EUPM, Kcal/kg^{0,75}), perda de energia pela produção de metano por quilograma de peso metabólico (EmetPM, Kcal/kg^{0,75}), custo energético para a excreção de nitrogênio pela urina (EUN, Kcal/g N), consumo de energia metabolizável por quilograma de peso metabólico (CEMPM, Kcal/kg^{0,75}), consumo de energia líquida por quilograma de peso metabólico (CELPM, Kcal/kg^{0,75}) e balanço energético diário (BE, Kcal/dia) em ovinos consumindo silagem de capim Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	EU	EUPM	EmetPM	EUN	CEMPM	CELPM	BE
63	180,89A	12,68A	0,41A	39,06B	131,97	77,92B	54,25B
84	119,13B	7,47B	0,30C	29,17C	127,71	98,09A	223,67A
107	138,84 A	9,19B	0,38B	48,38A	106,13	95,40A	227,27A
CV	16,84	17,22	10,26	15,54	21,26	10,05	9,91

Letras maiúsculas nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). CV = Coeficiente de variação.

A partir dos dados apresentados nas tabelas anteriores, foram calculados os valores de energia digestível (ED), nutrientes digestíveis totais (NDT) para as silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias; e os valores de energia metabolizável (EM), energia líquida (EL), metabolizabilidade da energia bruta (q_m) e a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) para as silagens de capim Tanzânia cortado aos 63, 84 e 107 dias, os quais são apresentados na tabela 55. Os teores de ED e NDT diminuíram com o avançar da idade ao

corte da forrageira ensilada ($P > 0,05$). O teor de EM foi semelhante na silagem do capim Tanzânia aos 63 e 84 dias ($p < 0,05$), sendo maior que o teor na silagem aos 107 dias ($P > 0,05$). Para a EL, a silagem de capim Tanzânia cortado aos 63 dias apresentou menor concentração ($P > 0,05$) do que a silagem aos 84 e 107 dias, as quais foram equivalentes entre si ($p < 0,05$). A q_m foi maior na silagem de capim Tanzânia cortado aos 84 dias do que a silagem aos 107 dias ($P > 0,05$), sendo observados valores intermediários na silagem desta

TABELA 55 – Valores médios de energia digestível (ED, Mcal/kg), nutrientes digestíveis totais (NDT,%), energia metabolizável (EM, Mcal/kg), energia líquida (EL, Mcal/kg), metabolizabilidade da energia bruta (q_m) e eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) para as silagens de capim Tanzânia cortado aos 42, 63, 84 e 107 dias.

Idade ao corte	ED	NDT	EM	EL	q_m	k_m
42	2,52A	54,59A
63	2,05B	46,82B	1,85A	1,10B	0,46AB	0,57
84	2,03B	49,67AB	1,88A	1,50A	0,48A	0,67
107	1,74C	40,32C	1,58B	1,42A	0,40B	0,74
CV	7,88	7,96	9,47	9,94	9,46	17,77

Letras maiúsculas nas colunas representam diferença estatística significativa ($P < 0,05$; SNK). CV = Coeficiente de variação.

forrageira aos 63 dias ($p < 0,05$). Não foi observada diferença nos valores de k_m entre as silagens de capim Tanzânia ($p < 0,05$).

O aumento da eficiência com que o animal utiliza a energia do alimento depende da proporção de ácidos graxos resultantes da fermentação do alimento no rúmen (Blaxter e Wainman, 1964; Agricultural..., 1987). O aumento das concentrações de ácido acético resulta em decréscimo da eficiência de utilização da energia pelo animal (Armstrong e Blaxter, 1957, citado por Blaxter e Wainman, 1964; Agricultural..., 1987). As variações na silagem de capim Tanzânia, com o avançar da idade ao corte, podem ter levado à maior produção de acetato no rúmen, ocasionando as variações observadas para a eficiência de utilização da energia pelos ovinos e, conseqüentemente, nos valores de energia do volumoso.

O National... (2001) propõe as seguintes relações entre os valores de energia expressas pelas equações abaixo:

1- $ED \text{ (Mcal/kg)} = 0,04409 * NDT(\%)$;

2- $EM \text{ (Mcal/kg)} = 1,01 * ED \text{ (Mcal/kg)} - 0,45$;

3- $EL \text{ (Mcal/kg)} = 0,0245 * NDT(\%) - 0,1$;

Na tentativa de verificar as relações propostas por este sistema, para os valores energéticos, foram determinadas as regressões entre ED em função do NDT, EM em função da ED e EL em função do NDT, a partir dos dados obtidos neste experimento. As equações são descritas abaixo:

4- $ED \text{ (Mcal/kg)} = 0,27 + 0,04 * NDT (\%)$,
 $R^2 = 0,90$, $P < 0,001$;

5- $EM \text{ (Mcal/kg)} = 0,97 * ED \text{ (Mcal/kg)} - 0,12$,
 $R^2 = 0,98$, $P < 0,001$;

6- $EL \text{ (Mcal/kg)} = 1,77 - 0,01 * NDT (\%)$,
 $R^2 = 0,06$, $P < 0,391$;

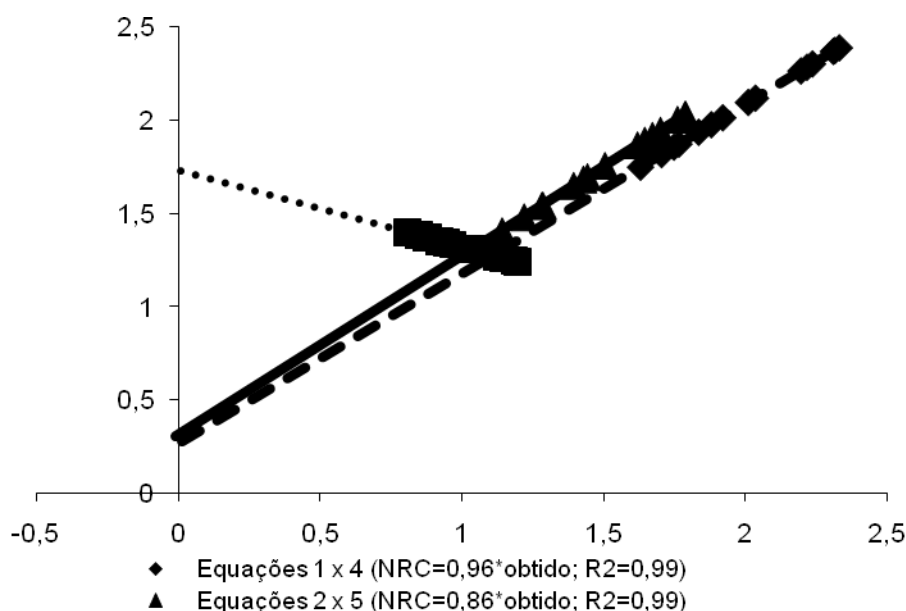


FIGURA 6 – Relação entre os valores de energia obtidos a partir das equações propostas pelo National ... (2001) no eixo y e as obtidas neste experimento para a silagem de capim Tanzânia no eixo x.

Na figura 6 são confrontados os dados obtidos pelas equações do National... (2001) e a dos resultados obtidos para a silagem de

capim Tanzânia. Observa-se que houve discrepâncias entre os valores estimados e obtidos de 4% para ED, menos 14% para

EM e 23% para EL, conforme o valor obtido para o coeficiente do eixo x. Tal variação pode ser devida à base de dados que originou a relação proposta pelo National...(2001), sugerindo a maior segurança quando da utilização dos dados referentes ao NDT provenientes de tabelas internacionais de composição de alimentos. A energia líquida de um alimento não deve ser considerada constante, já que ela depende do status nutricional e da dieta avaliada (Blaxter e Wainman, 1964; Agricultural..., 1987).

Weiss (1993) concluiu que a conversão dos valores energéticos dos alimentos pode ser feita através de equações com certa precisão, mas a eficiência deste processo é variável em função do alimento. Tal observação pode ser confirmada pelos resultados obtidos no presente experimento

6.5 Conclusão

Os valores de consumo voluntário, os coeficientes de digestibilidade aparente e os teores de energia líquida das silagens de capim Tanzânia observados determinam que a silagem deve ser confeccionada até a idade de 63 dias de crescimento. Podendo ser estendido o corte desta forrageira até a idade de 84 dias para categoria animal de menor exigência nutricional.

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A silagem de capim Tanzânia apresenta baixa qualidade fermentativa, atribuída ao baixo teor de carboidratos solúveis presentes na forragem fresca, independente da idade ao corte.

Para a produção de silagem, o capim Tanzânia deve ser cortado até a idade de 63 dias de crescimento, pelo maior potencial de degradação e fermentação ruminal. No entanto, para categorias animais menos exigentes, pode-se prolongar a idade de corte até 84 dias.

A silagem de capim Tanzânia deve ser recomendada em sistemas de produção nos quais ocorram escassez de volumoso durante o período seco, desde que haja suplementação concentrada, ou em situações de produção extensiva.

CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC technical committee on responses to nutrients. Report n.1. Characterization of feedstuffs: energy. *Nut. Abst. and Reviews*, Ser. B, v.57, n.9, p.507-523, 1987.

AFRC technical committee on responses to nutrients. Report n.2. Characterization of feedstuffs: nitrogen. *Nut. Abst. and Reviews*, Ser. B, v.57, n.12, p.713-736, 1987.

AGANGA, A.A.; TSHWENYANE, S. Potentials of guinea Grass (*Panicum maximum*) as forage crop in livestock production. *Pakistan Journal of nutrition*. v.3, n.1, p.1-4, 2004.

AGRICULTURAL and Food Research Council: Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

ALCÂNTARA, V.B.G.; ABRAMIDES, P.L.G.; ALCÂNTARA, P.B. et al. Aceitabilidade de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. *Boletim da Industria Animal*. v.37, n.1, p.149-157, 1980.

ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal Animal Science*. v.74, p.3063-3075, 1996.

ALMEIDA, M. F. *Composição química, digestibilidade e consumo voluntário das silagens de sorgo (Sorghum vulgare, Pers.) em dois momentos de corte, girassol (Helianthus annuus, L.) e milho (Zea mays, L.) para ruminantes*. 1992. 100p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AMINAH, A.; ABU BAKAR, C.; IZHAM, A. SiLAGes from tropical forages: nutritional quality and Milk production. IN: *FAO – Dairyng in Southwest Pacific. Eletronic Conference On Tropical SiLAGE*, 1999.

ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARD, I. et al. *Nutrição animal: Bases*

e os fundamentos da nutrição animal, v.1, Rio de Janeiro: Nobel, 1990. 389p.

ARONOVICH, S.O. O capim colômbio e outros cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.): Introdução e evolução do uso no Brasil. IN: Simpósio sobre manejo de pastagem, 12, 1995, Piracicaba. *Anais...Piracicaba: FEALQ*, 1995. p.1-20.

AZEVEDO, G.P.C.; CAMARÃO, A.P.; GONÇALVES, C.A. Produção forrageira e valor nutritivo dos capins: Quicuío-da-Amazônia, Marandu, Tobiatã, Andropogon, e Tanzânia-1 em quatro idades de corte. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1992. 31p. (Boletim de pesquisa / EMBRAPA-CPATU, 126).

BAILEY, R.W. Quantitative studies of ruminant digestion. II. Loss of ingested plant carbohydrates from the reticulo rumen. *New Zeland Journal of Agricultural Research*. v.10, n.1, p.15-32, 1967.

BARBI, J.H.T.; SAMPAIO, I.B.M.; MAURICIO, R.M. Avaliação de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte pela técnica *in situ*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v.47, n.1, p.73-86, 1995.

BARBOSA, G.S.S.C.; SAMPAIO, I.B.M. ; GONÇALVES, L.C. Fatores que afetam os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais:I. Dieta basal. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.50, n.6, p. 731-735, 1998.

BARBOSA, G.S.S.C.; SAMPAIO, I.B.M. ; GONÇALVES, L.C. Fatores que afetam os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais:III. Tamanho de partícula da amostra. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.50, n.6, p. 741-744, 1998.

BENEDETTI, E.; COLMANETTI, A.L.; DEMETRIO, R.A. Produção e composição bromatológica do capim *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia irrigado em solo de

- cerrado. *Veterinária Notícias*. v.7, n.2, p.123-128, 2001.
- BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.*, v. 19, n.4, p.511-522, 1965.
- BLAXTER, K.L.; WAINMAN, F.W. The utilization of the energy of different rations by sheep and cattle for maintenance and for fattening. *J. Agric. Sci.*, v. 63, p.113-128, 1964.
- BLÜMMEL, M.; CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H. et al. Prediction of forage intake using *in vitro* gas production methods: comparison of multiphase fermentation kinetics measured in an automated gas test, and combined gas volume and substrate degradability measurements in a manual syringe system. *Animal Feed Science Technology*. v.123-124, p.517-526, 2005a.
- BLÜMMEL, M.; GIVENS, D.I.; MOSS, A.R. Comparison of methane produced by straw fed sheep in open-circuit respiration with methane predicted by fermentation characteristics measured by an *in vitro* gas procedure. *Animal Feed Science Technology*. v.123-124, p.379-390, 2005b.
- BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. *Animal Feed Science Technology*. v.40, p109-119, 1993.
- BORGES, A.L.C.C. *Qualidade da silagem de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação*. 1995. 104p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; MOZZER, O.L. Avaliação agrônômica de gramíneas forrageiras sob pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.22, n.9/10, p.1019-1025, 1987.
- BRODY, S. Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals. New York: Reinhold Publishing Corp. 1945
- BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. *Proc. 3rd Symp. On Energy Metabolism*, EAAP Publ. N° 11. p. 441-443, 1965.
- BROUWER, E. In simple formulae for calculating the heat expenditure and the quantities of carbohydrate and fat oxidized in metabolism of men and animals, from gaseous exchange (oxygen intake and carbonic acid output) and urine-N. *Acta Physiol. Pharmac. Neerl.* V.6, p. 795-802, 1957.
- BROWN, V.E.; RYMER, C.; AGNEW, R.E. et al. Relationship between *in vitro* gas production profiles and *in vivo* rumen fermentation patterns in beef steers fed those forages. *Animal Feed Science Technology*. v.98, p. 13-24, 2002.
- BUREENOK, S.; NAMIHIRA, T.; KAWAMOTO, Y. et al. Additive effects of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentative quality of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) silage. *Grassland Science*. v.51, p.243-248, 2005.
- BUXTON, D.R. Quality related-characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science Technology*. v.59, p.37-49, 1996.
- CAMPLING, R. C.; BALCH, C. C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 2. The relationships between the voluntary intake of roughages, the amount of digesta in the reticulo-rumen and the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract. *Br. J. Nutr.*, v.15, n.1-2, p.531-540, 1961.

- CAMPOS, W.E.; SATURNINO, H.M.; SOUSA, B.M. et AL. Degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino. II - Fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, hemicelulose e celulose. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v.55, n.4, 2003. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352003000400010&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
- CAMPOS, P.R.S.S.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R. et al. Estudo comparativo da cinética de degradação ruminal de forragens tropicais em bovinos e ovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v.58, n.6, p.1181-1191, 2006.
- CECATO, U.; MACHADO, A.O.; Martins, E.N. et al. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq sob duas alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.29, n.3, p.660-668, 2000.
- CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N. e STEWART, C.S. *The rumen microbial ecosystem*. Londres: Brackie Academic & Professional, 1997. Cap. 8, p.329-381.
- CHOWDHURY, S.A.; ØRSKOV, E.R. Protein energy relationships with particular references to energy undernutrition: a review. *Small Ruminant Research*, v.26, p.1-7, 1997.
- CHWALIBOG, A. Energetics of animal production. *Acta Agricultura Scandinava*, v.41, p.147-160, 1991.
- CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production: the fire of life. *Research School of Animal Nutrition and Physiology*, September, 2004.
- COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N. et al. Inoculante enzimático-bacteriano, composição química e parâmetros fermentativos das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.2, p. 416-424, 2005.
- CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Animal Feed Science Technology*. v.76, p. 251-264, 1999.
- CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H. et al. Influence of inoculum source on gas production profiles. *Animal Feed Science Technology*. v.99, p. 221-231, 2002a.
- CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H. et al. Comparison of organic matter degradation in several feedstuffs in the rumen as determined with the nylon bag and gas production techniques. *Animal Feed Science Technology*. v.96, p. 55-67, 2002b.
- CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H. et al. Different techniques to study rumen fermentation characteristics of maturing grass and grass silage. *Journal Dairy Science*, v.62, p. 957-966, 1999.
- CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H. et al. Description of gas production profiles with a three-phasic model. *Animal Feed Science Technology*. v.66, p. 31-45, 1997.
- CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H. et al. Prediction of nylon bag degradation characteristics of grass samples with the gas production technique. *Journal Science Food Agricultural*. v.77, p. 421-426, 1998.
- CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H. et al. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus. *Animal Feed Science Technology*. v.61, p. 113-128, 1996.
- CONRAD, H. R.; PRATT, A. D. et al. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physiological

- factors with increasing in digestibility. *J. Dairy Sci.*, v.48, n.1, p.47-54, 1964.
- CORRÊA, L.A.; POTT, E.B. Silagem de Capim. IN: Simpósio de forragicultura e pastagens- Temas em evidência, 2, 2007, Lavras. *Anais...Lavras: UFLA, 2007. Cap.9.*
- CORSI, M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Panicum*. IN: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. *Plantas forrageiras de pastagens*. Piracicaba: FEALQ, 1988. p.69-100. (Serie Atualização em Zootecnia, 13).
- CORSI, M; SANTOS, P.M. Potencial de produção do *Panicum maximum*. IN: Simpósio sobre manejo de pastagem, 12, 1995, Piracicaba. *Anais...Piracicaba: FEALQ, 1995. p.275-304.*
- COSTA, C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Estudo da variação na estrutura da vegetação de duas cultivares de *Panicum maximum* Jacq. (Colônia e Tobiatã) submetidas a diferentes tipos de manejo. 1. Produção e densidade de perfilhos e de matéria seca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.27, n.1, p.131-142, 1992.
- COSTA, N.L.; OLIVEIRA, J.R.C. Evaluación agronômica de accesiones de *Panicum maximum* em Rondônia, Brasil. *Pasturas Tropicales*. v.16, n.2, p.44-47, 1994.
- COSTA, N.L.; PAULINO, V.T. Avaliação agronômica de genótipos de *Brachiaria brizantha* em diferentes idades de corte. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35., 1998, Botucatu. *Anais...Botucatu: SBZ, 1998. (CD-ROM).*
- CRAMPTON, E. W. Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake and the overall feeding value of forages. *J. Anim. Sci.*, v.16, n.3, p.546-552, 1957.
- CZERKAWSKI, J.W. Problems in evaluation of feed components and food constituents, with special reference to methane production.. In: SCHURCH, A; WENK; C. Energy metabolism of farm animals. Zurich. p.21-24. 1970
- DESCHAMPS, F.C. Perfil fenológico de três ecotipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34., 1997, Juiz de Fora. *Anais...Juiz de Fora: SBZ, 1997, p.62-64.*
- DEVASENA, B.; KRISHNA, N.; PRASAD, J.R. et al. Effect of stage of growth on chemical composition and *in sacco* dry matter degradability of colonial grass. *Indian Journal of Animal Sciences*. v.64, n. 10, p.1108-1110, 1994.
- DHANOVA, M.S. On the analysis of dacron bag data for low degradability feeds. *Grass and Forage Science*.v.43, p.441-444, 1988.
- DHANOVA, M.S.; LOPEZ, S.; DIJKSTRA, J. et al. Estimating the extent degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed *in vitro*: comparison of models. *British Journal of Nutrition*, v.83, p.131-142, 2000.
- DiMARCO, O.N.; AELLO, M.S.; ARIAS, SI. Digestibility and ruminal digestion kinetics of corn silage. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, v.57, n.2, p.223-228, 2005.
- DULPHY, J.P.; VAN OS, M. Control of voluntary intake of precision-chopped silages by ruminants. *Reproduction Nutrition Development*, v.36, p.113-135, 1996.
- ELFERINK, S.J.W.H.O.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C. et al. Silage fermentation processes and their manipulation. IN: *FAO – Dairyng in Southwest Pacific. Eletronic Conference On Tropical SiLAGE*, 1999.
- EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. IN: Simpósio sobre manejo de pastagem,

- 12, 1995, Piracicaba. *Anais...Piracicaba: FEALQ*, 1995. p.245-274.
- EUCLIDES, V.P.B.; THIAGO, L.R.L.S.; MACEDO, M.C.M. et al. Consumo voluntario de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.28, n.6, p.1177-1185, 1999.
- EZEQUIEL, J.M.B.; FAVORETTO, V. Efeito do manejo sobre a produção e composição química de perfilhos do capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.). *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.29, n.6, p.1596-1607, 2000.
- FAICHNEY, G.J. Volatile fatty acids in caecum of the sheep. *Australian Journal Biologic Science*, v.21, n.1, p.177-180, 1968.
- FAIRBAIRN, R.; ALLI, I., PHILLIP, L.P. Proteolysis and aminoacid degradation during ensilage of untreated or formic acid-treated lucerne and maize. *Grass and Forage Science*. v.47, n.4, p.382-390, 1992.
- FARIA, V.P. Técnicas de produção de silagens. IN: PEIXOTO, A.M. *Pastagens: fundamentos da exploração racional*. 2 ed. Piracicaba, São Paulo: FEALQ, 1994. p.695-720.
- FISHER, D.S.; BURNS, J.C. Analysis of summer-annual forages.II. Effects of forage carbohydrate constituents on silage fermentation. *Agronomy Journal*. v.79, n.2, p.242-248, 1987.
- FITZGERALD, J.J. Grass silage as basic feed for store lambs. 1.Effect of wilting, chop length and stage of maturity of grass silage on intake and performance of store lambs. *Grass and Forage Science*. v.51, p.363-377, 1996.
- FONDEVILLA, M; BARRIOS, A. The gas production and its application to the study of the nutritive value of forages *Cuban Journal of Agricultural Science*. v.35, n.3, p.187-199, 2001.
- FONSECA, A.J.M.; DIAS-DA-SILVA, A.A. Regulation of voluntary intake in ruminants – a review. *Revista Portuguesa de Zootecnia*. v.8, n.23, p.63-106, 2001.
- FONTES, C.A.A.; OLIVEIRA, R.C.; ERBESDOBLER, E.A. QUEIROZ, D. S.; LOMBARDI, C. T. Conteúdo de energia líquida para manutenção e ganho do capim Elefante e mudanças na composição corporal de novilhos em pastejo, durante a estação chuvosa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.5, p.1711-1720, 2005.
- FORBES, J.M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International, 1995. 532p.
- FRANCE, J; DIJKSTRA, J.; DHANOA, M.S. et al. Estimating the extent degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed *in vitro*: derivation of models and other mathematical considerations. *British Journal of Nutrition*, v.83, p.143-150, 2000.
- FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *Journal of Theoretical Biology*, v.163, p.99-111, 1993.
- FREITAS, G.A.R.; COELHO, S.G.; GONÇALVES, L.C. et al. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia bruta, e balanço de nitrogênio das silagens de cinco genótipos de milho . *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, v.55, n.4, 2003. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352003000400009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
- GERDES,L.; WERNER,J.C.; COLOZZA,M.T. et al. Características morfológicas, agrônômicas e de valor nutritivo no período de estabelecimento das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia. *Boletim da Industria Animal*. v.59, n.2, p.147-155, 2002.

- GERDES,L.; WERNER,J.C.; COLOZZA, M.T. et al. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.29, n.4, p.955-963, 2000a.
- GERDES,L.; WERNER,J.C.; COLOZZA, M.T. et al. Avaliação de características agronômicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setaria e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.29, n.4, p.947-954, 2000b.
- GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S. et al. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*. v.72, p. 261-281, 1998.
- GETACHEW, G.; CROVETTO, G.M.; FONDEVILLA, M. Laboratory variation of 24h *in vitro* gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*. v.102, p. 169-180, 2002.
- GETACHEW, G.; ROBINSON, P.H.; DePETERS, E.J. et al. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. v.111, p.57-71, 2004.
- GHISI, O.M.A.; ALMEIDA, A.R.P.; ALCÂNTARA, V.B.G. Avaliação agronômica de seis cultivares de *Panicum maximum* Jacq. Sob três níveis de adubação. *Boletim da Industria Animal*. v.46, n.1, p.1-15, 1989.
- GIGER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. v.55, p.295-334, 1995.
- GIGER-REVERDIN, S.; PONTER-DUVAUX, C.; SAUVANT, D. et al. Intrinsic buffering capacity of feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*. v.96, p.83-102, 2002.
- GOERING, H.K.E, VAN, SOEST, P.J. Forages fiber analysis. Handbook, n.379, Agricultural Research Service, USDA, Washington, D.C. 20p. 1970.
- GOMIDE, J.A.; LEÃO, M.I.; OBEID, J.A. et al. Avaliação de pastagens de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq) e capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. v.13, n.1, p.1-9, 1984.
- GOMIDE, J.A.; OBEID, J.A.; TEIXEIRA NETO, J.F. Produtividade e valor nutritivo do capim-colonião (*Panicum maximum*). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. v.8, n.2, p.198-225, 1979.
- GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P. Crescimento e recuperação do capim-colonião após o corte. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. v.9, n.2, p.293-305, 1980.
- GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; RIBEIRO, A.C. et al. Calagem, fontes e níveis de adubação no estabelecimento e produção de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq) no cerrado. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. v.15, n.3, p.241-246, 1986.
- GOURLEY, L.M.; LUSK, J.W. Genetics parameters related to sorghum silage quality. *Journal Science Food Agriculture*. v.61, n.12, p.1821-1827, 1978.
- GRASSLAND index. In: *Dayring in South West Pacific*. FAO, 1998. (CD-ROM)
- HAIGH, P.M. Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. *Grass and Forage Science*. v.45, p.263-271, 1990.
- HARRISON, J.H.; BLAUWIEKEL, R.; STOKES, M.R. Fermentation and utilization of grass silage. *Journal Dairy Science*. v.77, p. 3209-3235, 1994.

- HATFIELD, R.D. Structural polysaccharides in forages and their degradability. *Agronomy Journal*. v.81, n.39, p. 39-49, 1989.
- HENDERSON, N. Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*. v.45, n.1, p. 35-56, 1993.
- HILL, K.; WILSON, J.R.; SHELTON, H.M. Yield, persistence and dry matter digestibility of some C3, C4 and C3/C4 *Panicum* Species. *Tropical Grasslands*. v.23, n.4, p.240-249, 1989.
- HOVELL, F. D.; AYALA-BURGOS, A. J. Measurement of roughage or protein degradation with the polyester bag *in situ* technique: 2. Interpretation of the model commonly fitted to degradation data. In: ISNH6 SATELLITE WORKSHOP/SYMPOSIUM WILD AND DOMESTIC HERBIVORE DIET CHARACTERIZATION, 2003, Mexico. *Anais...Mexico: UADY, 2003*. p. 11-14.
- HUHTANEN, P.; KHALILI, H.; NOUSIAINEN, J.I. et al. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science*. v.73, p. 111-130, 2002.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: reviews of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)* v.65, n.2, p.63-93, 1995.
- HUTCHINSON, J.; Wilkins, R.J. The voluntary intake of silage by sheep. II. The effects of acetate on silage intake. *Journal Agricultural Science*. v.77, p.539-543, 1971.
- JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum* IN: Simpósio sobre manejo de pastagem, 12, 1995, Piracicaba. *Anais...Piracicaba: FEALQ, 1995*. p.21-58.
- JANK, L.; CALIXTO, S.; COSTA, J.C.G. et al. Catálogo de caracterização e avaliação de germoplasma de *Panicum maximum*: descrição morfológica e comportamento Agrônomo. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1997. 53p. (Documentos / EMBRAPA-CNPGC, 68).
- JANK, L.; SAVIDAN, Y.; SOUZA, M.T. et al. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. 1. Produção forrageira. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* v.23, n.3, p.433-440, 1994.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* v.36S, p.101-120, 2007.
- JONHSON, R.R. Techniques and procedures for *in vitro* and *in vivo* rumen studies. *Journal Animal Science*. v.25, p.855-875, 1966.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. *Journal Animal Science*. v.73, p.2483-2492. 1995.
- JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agronomy Journal*. v.81, p. 33-38, 1989.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal Animal Science*, v.73, p. 2774-2790, 1995.
- KABUGA, J.D.; DARKO, C.A. In sacco degradation of dry matter and nitrogen in oven dried and fresh tropical grasses and some relationships to *in vitro* dry matter digestibility. *Animal Feed Science Technology*. v.40, p.191-205, 1993.
- KHAZAAL, K.; ORSKOV, E.R. The *in vitro* gas production technique: and investigation on its potential use with insoluble polyvinylpyrrolidone for the assessment of phenolics-related antinutritive factors in browse species. *Animal Feed Science Technology*. v.47, p. 305-320, 1994.

- KLEIBER, M. Bioenergetica animal: el fuego de la vida. Zaragoza: Editorial Acribia, 428p. 1972.
- KO, H.J.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S et al. Consumo voluntário e digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, energia e parede celular das silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, v.57, n.5, p.616-622, 2005.
- LANGER, R.H.M. *How grasses grow*. London: Edward Arnold Publishers, 1972. 60p.
- LIMA, J.A.; ROCHA, G.P.; CEDEÑO, J.A.G. et al. Valor nutritivo de algumas gramíneas do gênero *Cynodon*. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39., 2002, Recife. *Anais...Recife: SBZ*, 2002. (CD-ROM).
- LUIS, L.; RAMIREZ, M. Evolucion de la flora microbiana en un ensilaje de king grass. *Pastos y Forages*. v.11, n.3, p.249-253, 1998.
- MACHADO, A.O.; CECATO, U; MIRA, R.T. Avaliação da composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. Sob duas alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.27, n.5, p.1057-1063, 1999.
- MANNETJE, L.. Introduction to the conference on silage making in the tropics. IN: *FAO – Dairyng in Southwest Pacific. Eletronic Conference On Tropical SiLAGE*, 1999.
- MARINUCCI, M.T.; DEHORITY, B.A.; LOERCH, S.C. *In vitro* and in situ studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. *Journal Animal Science*, v.70, p. 296-307, 1992.
- MARTINS, R.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta e da energia de silagens de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, v.55, n.3, 2003a. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352003000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
- MARTINS, R.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas de silagens de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, v.55, n.3, 2003b. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352003000300015&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
- MARTY; R.J.; DEMEYER, D.I. The effects of inhibitors of methane production on fermentation pattern and stoichiometry in vitro using rumen contents from sheep given molasses. *British Journal of Nutrition*, V.30, p.369-376. 1973.
- MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Animal Feed Science Technology*. v.79, p.321-330. 1999.
- MAURICIO, R.M.; OWEN, E.; MOULD, F.L. Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculums for an *in vitro* gas production technique for evaluating forages. *Animal Feed Science Technology*. v.89, p.33-48. 2001.
- MAURICIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Relação entre pressão e volume para a implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, v.55, n.2, p.216-219, 2003.

- McALLISTER, T.A. et al. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, V.76, p.231-243. 1996.
- McCOSKER, T.H.; TEITZEL, J.K. A review of guinea grass (*Panicum maximum*) for the wet tropics of Australia. *Tropical Grasslands*. v.9, n.3, p.177-190, 1975.
- McDONALD, I. M. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *Journal of Agricultural Science*. v.96, p.251-252, 1981.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2^a ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- McKERSIE, B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. *Agronomy Journal*. v.77, p.81-86, 1985.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *British Journal of Nutrition*, v.38, n.3, p.437-443, 1977.
- MELLO, S.Q.S.; ALVES, J.B.; BERGAMASCHINE, A.F. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. em três estádios de maturidade. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. (CD-ROM)
- MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science*. v.93, p.217-222, 1979.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Londres: CAB International, 1993. Cap. 2, p.14-51.
- MICROSOFT Office 2007. 2008 Microsoft Corporation.
- MINSON, D.J. The digestibility and voluntary intake of six varieties of Panicum. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. v.2, p.18-25, 1971.
- MINSON, D. J. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic Press, 1990. 483 p.
- MINSON, D.J.; MILFORD, R. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature pangola grass (*Digitaria decumbens*). *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. v.7, p.546-551, 1967.
- MOE; P.W; TYRRELL, H.F. Methane Production in Dairy Cows. *Journal Dairy Science*, V.62, p.1583-1586. 1979.
- MOISIO, T.; HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. *Animal Feed Science Technology*. v.47, p.107-124. 1994.
- MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. 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. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.31, n.1, p.148-156, 2002.
- MOORE, K.J.; HATFIELD, R.D. Carbohydrates and forage quality. In: FAHEY JR., G.C. *Forage quality, evaluation, and utilization*. Lincoln: University of Nebraska, 1994. Cap.6, p.229-280.
- MORRISON, I.M. Changes in cell wall components of laboratory silages and effect of various additives on these changes. *Journal Agricultural Science*. v.93, p.581-586, 1979.

- MOSS, A.R. Methane global warming and production by animals. Canterbury: Chalcombe Publications. 105p. 1993.
- MOSS, A.R. Methane production by ruminants – Literature review of I. Dietary manipulation to reduce methane production and II. Laboratory procedures for estimating methane potential of diets. *Nutrition abstracts and reviews (series B)*, V.64, p.785-806. 1994.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal Dairy Science*. v.71, p.2992-3002, 1988.
- MURRAY, R.M.; BRYANT, A.M.; LENG, R.A. Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. *British Journal of Nutrition*, V.36, p.1-14. 1976.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients requirements of dairy cattle*. Washington, DC: Natl. Acad. Sc., 7a rev. ed., 2001. 408 p.
- NIIMI, M.; KAWAMURA, O. Degradation of cell wall constituents of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) during ensiling. *Grassland Science*. v.43, p.413-417, 1998.
- NARCISO SOBRINHO, J.; MATTOS, H.B.; ANDRADE, J.B. et al. Silagem de capim-elefante, em três estádios de maturidade, submetido ao emurchecimento. I - produção e composição das forragens. *Boletim da Industria Animal*. v.55, n.2, p.99-111, 1998a.
- NARCISO SOBRINHO, J.; MATTOS, H.B.; ANDRADE, J.B. et al. Silagem de capim-elefante, em três estádios de maturidade, submetido ao emurchecimento. II – qualidade das silagens. *Boletim da Industria Animal*. v.55, n.2, p.113-125, 1998b.
- NARCISO SOBRINHO, J.; MATTOS, H.B.; ANDRADE, J.B. et al. Silagem de capim-elefante, em três estádios de maturidade, submetido ao emurchecimento. III – Valor nutritivo das silagens. *Boletim da Industria Animal*. v.55, n.2, p.113-125, 1998c.
- NOCEK, J.E. Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *Journal Animal Science*. v.60, n.5, p.1347-1358, 1985.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal Dairy Science*. v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- NOGUEIRA, Ú.T.; MAURICIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. Prediction of DMD from gas production for substrates with high and low soluble carbohydrate content. In: ISNH6 SATELLITE WORKSHOP/SYMPIOSIUM WILD AND DOMESTIC HERBIVORE DIET CHARACTERIZATION, 2003, Mexico. *Anais...Mexico: UADY*, 2003. p. 27-28.
- NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. Predição da degradação da matéria seca através do volume de gases produzidos utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção *in vitro* de gases. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. *Anais...Campo Grande: SBZ*, 2004. (CD-ROM).
- NUNES, I. J. *Nutrição animal básica*. Belo Horizonte: Copiadora Breder, 1995. 334 p.
- NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.BI. Ensilagem de capins tropicais. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39., 2002, Recife. *Anais... Recife: SBZ*, 2002. (CD-ROM)
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci*. v.82, n.3, p. 589-596.1999.
- OFFICIAL methods of analysis of AOAC international. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1995.

- OHSHIMA, V., McDONALD, P. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *Journal of Science Food and Agricultural*. v.29, n.6, p.497-505, 1978.
- OHSHIMA, V., McDONALD, P., ACAMOVIC, T. Changes during ensilage in the nitrogenous components of fresh and additive treated ryegrass and lucerne. *Journal of Science Food and Agricultural*. v.30, n.2, p.97-106, 1979.
- OJEDA, F.; LUIS, L.; RUZ, F. Evaluacion de três ensilajes para La produccion de leche. *Pastos y Forrages*, v.16, p.81-92, 1993.
- OLIVEIRA, P.R.P.; ALCÂNTARA, P.B. Capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq): caracterização e reprodução. *Zootecnia*. v.16, n.3, p.123-132, 1978.
- OLUBOBOKUN, J.A.; CRAIG, W.M.; POND, K.R. Effects of mastication and microbial contamination on ruminal in situ forage disappearance. *Journal Animal Science*. v.68, p.3371-3381, 1990.
- ØRSKOV, E.R. *Trails and trails in livestock research*. Abeerden: Garamond, 2002. 204p.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, v.92, p.499-503, 1979.
- OTERO, M.; ESPERANCE, M. Estudio de la ensilabilidad de la guinea likoni (*Panicum maximum* Jacq.) segun el indice azucar/capacidad tampon. *Pastos y Forrages*, v.17, p.277-281, 1994.
- OWENS, F.N.; GOESTCH, A.L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. New Jersey: Prentice Hall, 1988. Cap. 8, p.145-171.
- PACIULLO, D.S.C. Características anatómicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, v.32, n.2, p.357-364, 2002.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; SILVA, E.A.M. Degradação *in vitro* de tecidos da lamina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do estágio de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.900-907, 2002.
- PAIVA, J.A.J. Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG – Escola de Veterinária. 1976. 86p. (Dissertação de Mestrado).
- PANDITHARATNE, S.; ALLEN, V. G.; FONTENOT, J.P. et al. Ensiling characteristics of tropical grasses as influenced by stage of growth, additives and chopping length. *Journal Animal Science*, v.63, p.197-207, 1986.
- PEDREIRA, J.V. Crescimento estacional dos capins colonião (*Panicum maximum* Jacq.), gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv), jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf) e pangola de Taiwan A-24 (*Digitaria pentzii* Stent). Piracicaba: ESALQ. 1972. 61p. (Dissertação de Mestrado).
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. *Journal Dairy Science*. v.76, p.1063-1073, 1993.
- PEREIRA, O.G.P.; GOBBI, K.F.; PEREIRA, D.H. et al. Conservação de forragens como opção para o manejo de pastagens. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, p.609-646, 2006.
- PETTERSSON, K.L.; LINDGREN, S. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. *Grass and Forage Science*. v.45, p.223-233, 1990.
- QUIN, J.I.; VAN DER WATH, J.G.; MYBURGH, S. Studies on the alimentary canal of Merino sheep in South África.

4. Description of experimental technique. *Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry*. v.11, p.341-360, 1938.
- REIS, R.A.; ROSA, B. Suplementação volumosa: conservação do excedente das pastagens. IN: Simpósio sobre manejo de pastagem, 18, 2001, Piracicaba. *Anais...Piracicaba: FEALQ*, 2001. p.193-232.
- REIS, R.A.; SILVA, S.C. Consumo de forragens. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP. p.79-110. 2006.
- RESENDE, J.A.; PEREIRA, M.N.; PINHO, R.G.V. et al. Ruminant silage degradability and productivity of forage and grain-type sorghum cultivars. *Scientia Agricola*. v.60, n.3, p.457463, 2003.
- RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L. Avaliação da silagem de capim papua (*Brachiaria plantaginea*) por meio do desempenho de bezerros de corte confinados. *Ciência Rural*, v.33, n.4, p.749-756, 2003.
- RODRIGUES, P.H.M.; ANDRADE, S.J.T.; FERNANDES, T. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante cultivar Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum) inoculada com bactérias ácido-láticas. *Acta Scientiarum*, v.23, n. 4, p. 809-813, 2001.
- RODRIGUES, M.A.M.; FONSECA, A.J.M.; SEQUEIRA et al. Digestion kinetic parameters from an *in vitro* gas production method as predictors of voluntary intake of forage by mature ewes. *Animal Feed Science Technology*. v.95, p.133-142, 2002.
- RODRIGUEZ, H. In vivo digestibility the relative position within the rumen. *Revista Cubana de Ciência Agrícola*, v.2, p.285-287, 1968.
- RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; LACHICA, M.L. et al. A calorimetry system for metabolism trials. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n. 2, p. 495-500, 2007.
- RUGGIERI, A.C.; RODRIGUES, L.R.A.; PACOLA, L.J. et al. Avaliação dos capins colômbio, tanzânia-1 e marandu sob pastejo durante o período de estação de monta. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34., 1997, Juiz de Fora. *Anais...Juiz de Fora: SBZ*, p.237-239, 1997.
- RYMER, C.; HUNTINGTON, J.A.; WILLIAMS, B.A. et al. *In vitro* cumulative gas production techniques: history, methodological considerations and challenges. *Animal Feed Science Technology*. v.123-124, p.9-30, 2005.
- SAMPAIO, I.B.M. Experimental designs and modeling techniques in the study of roughages degradation in rumen and growth of ruminants. Reading: University of Reading, 1988, 228p. (PhD, thesis)
- SAMPAIO, I.B.M. Métodos estatísticos aplicados a determinação de digestibilidade *in situ*. IN: Simpósio Internacional de Digestibilidade de Ruminantes. 1997, Lavras. *Anais... Lavras: Julio César Teixeira*. p.165-178, 1997.
- SANCHES, L.N. Comparação da eficiência digestiva entre caprinos e ovinos. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 1985. 98p. (Dissertação de mestrado).
- SANTOS, P.M.; BALSALOBRE, M.A.; CORSI, M. Morphogenetic characteristics and management of Tanzânia grass. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.8, p.991-997, 2003.
- SANTOS, P.M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A. Efeito da frequência de pastejo e da época do ano sobre a produção e a qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.28, n.2, p.244-249, 1999.
- SARWATT, S.V.; MUSSA, M.A.; KATEGILE, J.A. The nutritive value of ensiled forages cut at three stages of

- growth. *Animal Feed Science Technology*. v.22, p.237-245, 1989.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT Software:Syntax, Version 6.12, Cary, NC:SAS Institute Inc., 1993. 151p.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *British Journal of Nutrition*, v.32, n.2, p.199-208, 1974.
- SAVIDAN, Y.H.; JANK, L.; COSTA, J.C.G. Registro de 25 acessos de *Panicum maximum*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC, 1990. 68p. (Documentos / EMBRAPA-CNPQC, 44).
- SILVA, S.C. Condições edafo-climáticas para a produção de *Panicum sp.* IN: Simpósio sobre manejo de pastagem, 12, 1995, Piracicaba. *Anais...Piracicaba: FEALQ*, 1995. p.129-146.
- SILVA, R.M.C.; FONTES, C.A.A.; RIBEIRO, E.G. et al. Influência da idade de corte sobre a degradabilidade da matéria seca e proteína bruta do Capim-Mombaça (*Panicum maximum*). In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38., 2001, Piracicaba. *Anais...Piracicaba: SBZ*, 2001. (CD-ROM).
- SILVA, J. F., LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Ceres, 1979. 379p.
- SILVA JUNIOR, F.V.S. Qualidade das silagens de capim Mombaça (*Panicum maximum*, cv. Mombaça) com aditivos em cinco épocas de corte. Belo Horizonte: UFMG – Escola de Veterinária. 2004. 61p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVEIRA, A.C.; TOSI, H.; FARIA, V.P. Efeito da maturidade sobre a composição química bromatológica do capim napier (*Pennisetum purpureum*). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. v.3, n.2, p.158-171, 1974.
- SINGH, M.; GUPTA, B.K. In sacco degradability of dry matter of berseem and guinea grass forage at different stages of growth. *Indian Journal of Dairy Science*. v.49, n. 2, p.1108-1110, 1996.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal Animal Science*. v.70, p.3562-3577, 1992.
- SOARES, M.S.; CASTRO, A.C.G.; GOMIDE, J.A. et al. Estudo comparativo das silagens de capim-colônia (*Panicum maximum* Jacq.) e de milho (*Zea mays* L.) com e sem adição de misturas de concentrados. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. v.9, n.3, p.396-404, 1980.
- SOARES FILHO, C.V.; RODRIGUES, L.R.A.; PERRI, S.H.V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região do noroeste do estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*. v.24, n.5, p.1377-1384, 2002.
- STERN, M.D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *Journal Animal Science*, v.75, p. 2256-2276, 1997.
- TAVARES, V.B. Efeito da compactação na qualidade e estabilidade aeróbia da silagem capim-tanzânia. Lavras: UFLA – Zootecnia. 2005. 76p. (Dissertação de Mestrado).
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*, v.18, n. 1, p. 104-11, 1963.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*. v.48, p. 185-197, 1994.
- TOMLIN, D.A.; ANDERSON, M.J.; HARRIS, L.G. Refinements in the *in vivo*

- bag technique. *Journal of Animal Science*. v.27, p.239, 1967
- TOSI, H.; RODRIGUES, L.R.A.; JOBIM, C.C. Ensilagem do capim-elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.24, n. 6, p. 909-917, 1995.
- TYRREL, H.F.; MOE, P.W. effect of level feed intake in digestive efficiency. *Journal Dairy Science*. v.58, n. 8, p.1151-1163, 1975.
- UDEN, P.; PARRA, R.; VAN SOEST, P.J. Factors influencing reliability of the nylon bag technique. *Journal of Animal Science*. v.37, p.358, 1974
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHAES, K.A.; ROCHA JR, V.R. et al. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 2 ed. Viçosa, UFV-DZO, 2006, 329p.
- VALLEJOS, A.; PIZARRO, E.A.; CHÁVES, C. et al. Evaluación agronômica de gramíneas em Guapiles, Costa Rica. 2. Ecotipos de *Panicum maximum*. *Pasturas Tropicales*. v.11, n.2, p.10-15, 1989.
- VAN KEUREN, R.; HEINEMANN. Study of a nylon bag technique for in vivo estimation of forage digestibility. *Journal of Animal Science*. v.21, p.340-345, 1968.
- VAN OS, M., JAILLER, M., DULPHY, B.A. The influence of ammonia, biogenic amines and γ -aminobutyric acid on grass silage intake in sheep. *British Journal of Nutrition*, v.76, p. 347-358, 1996.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B.A. Official for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* , v.74, p. 3583-3597, 1991.
- VAZANT, E.S.; COCHRAN, C.; TITGEMEYER, E.C. Standardization of in situ techniques for ruminants feedstuff evaluation. *Journal Animal Science*, v.76, p. 2717-2729, 1998.
- VIEIRA, J.D.; HAAG, H.P.; CORSI, M. et al. Produção, coeficiente de digestibilidade da matéria seca e concentração de nutrientes em *Panicum maximum* Jacq., em função dos cortes aos 30, 45, 60 e 75 dias de idade. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz* . v.37, p.419-441, 1980.
- VIEIRA, J.M.; KICHEL, N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Panicum maximum*. IN: Simpósio sobre manejo de pastagem, 12, 1995, Piracicaba. *Anais...Piracicaba: FEALQ*, 1995. p.147-196.
- VILELA, D. . Utilização do capim elefante na forma de forragem conservada. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Capim-elefante: Produção e Utilização. 1 ed. Brasília - DF: Embrapa: SPI, 1997, p. 113-160.
- WALSBERG, G.E.; WOLF, B.O. Variation in the respiratory quotient of birds and implications for indirect calorimetry using measurements of carbon dioxide production. *The Journal of Experimental Biology*. v.198, p.213-219, 1995.
- WEBER, O.L.S.; HAAG, H.P. Nutrição mineral do *Panicum maximum* cv Makueni – III- Digestibilidade da matéria seca. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz* . v.41, p.821-830, 1984.
- WEBSTER, J. Understanding dairy cows. BSP Professional Books. 1987.
- WEISS, W.P. Predicting energy values of feeds. *Journal Dairy Science*, V.76, p.1802-1811. 1993.
- WEISS, W.P.; CHAMBERLAIN, D.G; HUNT, C.W. Feeding silages. In: BUXTO, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H.

Silage Science and Technology. Madison, Wisconsin. p.469-504. 2003.

WHITELAW, F.G. et al. Methane formation in faunated and ciliate-free cattle and its relationship with rumen volatile fatty acid proportions. *British Journal of Nutrition*, V.52, p.261-275. 1984.

WILKERSON, V.A.; CASPER, D.P.; MERTENS, D.R. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. *Journal Dairy Science*, V.78, p.2402-2414. 1995.

WILKINS, R.J.; HUTCHINSON, J.; WILSON, R.F. et al. The voluntary intake of silage by sheep. I. Interrelationships between silage composition and intake. *Journal Agricultural Science*. v.77, p.531-537, 1971.

WILKINSON, J.M. Silages made from tropical and its temperate crops. I. The ensilage process and its influence on feed value. *World Animal Review* . v.45, n.46, p.36-42, 1983.

WILLIAMS, B.A. Cumulative gas production: how to measure it, and what it can(not) tell you. In: ISNH6 SATELLITE WORKSHOP/SYMPOSIUM WILD AND DOMESTIC HERBIVORE DIET CHARACTERIZATION, 2003, Mexico. *Anais...Mexico: UADY*, 2003. p. 1-3.

WILSON, J.R.; HATFIELD, R.D. Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: consequences for fibre degradation by rumen microflora. *Australian Journal Agricultural Research*, v.48, p. 165-180, 1997.

WOLIN, M.J.; MILLER, T.L.; STEWART, C.S. Microbe-microbe interactions. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. The rumen microbial ecosystem. London: Blackie Academic & Professional. p.467-491. 1997.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)