

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DOS CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO**

**VALOR NUTRITIVO DAS SILAGENS DA *Brachiaria
decumbens* COLHIDAS EM TRÊS IDADES**

FELIPE ANTUNES MAGALHÃES

**Belo Horizonte – Minas Gerais
Escola de Veterinária – UFMG
2013**

FELIPE ANTUNES MAGALHÃES

**VALOR NUTRITIVO DAS SILAGENS DA *Brachiaria*
decumbens COLHIDAS EM TRÊS IDADES**

Tese apresentada ao Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal

Orientador: Prof. Lúcio Carlos Gonçalves

Belo Horizonte – Minas Gerais
Escola de Veterinária – UFMG
2013

Ficha catalográfica

Tese defendida e aprovada em 21 de março de 2013 pela Comissão Examinadora constituída por:

Prof. Lúcio Carlos Gonçalves
(Orientador)

Prof. Diogo Gonzaga Jayme

Dr. Thierry Ribeiro Tomich

Prof. Cristiano Gonzaga Jayme

Prof^a. Eloísa de Oliveira Simões Saliba

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A minha família pelo amor, carinho e educação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento do projeto de pesquisa e concessão de bolsa.

Ao grande amigo Professor Lúcio Carlos Gonçalves pela excelente orientação e prontidão, pelos ensinamentos desde a graduação até os dias de hoje.

Ao Professor Diogo Gonzaga Jayme pela grande amizade e exemplo de trabalho.

Aos companheiros membros do grupo de forragicultura pela amizade, oportunidade de convívio e ensinamentos.

Ao Professor Cristiano Gonzaga Jayme e ao Dr. Thierry Ribeiro Tomich pelas valiosas contribuições na Tese.

Ao Professor Norberto Mário Rodríguez e a Professora Eloísa de Oliveira Simões Saliba pelos ensinamentos e grande ajuda na realização dos experimentos.

Aos colegas de pós-graduação pela amizade e companheirismo.

Aos amigos do Xerox pela amizade e presteza.

Ao Professor Iran Borges e a Professora Ana Luiza da Costa Cruz Borges pelas colaborações e sugestões como coorientadores.

Aos Professores do Departamento de Zootecnia, especialmente à Professora Sandra Gesteira Coelho, ao Professor Helton Mattana Saturnino, ao Professor Décio Souza Graça e ao Professor Matheus Anchieta Ramirez, pelos ensinamentos e oportunidades de convívio.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG por toda a ajuda nas análises.

Aos membros do colegiado de Pós-Graduação do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais pela simpatia e presteza.

A aquele que, de alguma forma, me ajudou e torceu por mim.

SUMÁRIO

RESUMO	14
---------------------	----

ABSTRACT	15
-----------------------	----

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL	16
-------------------------------	----

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Características da <i>Brachiaria decumbens</i>	18
2.2 Produtividade e valor nutritivo.....	19
2.3 Considerações sobre silagem.....	20
2.3.1 Silagem de gramíneas tropicais.....	23
2.3.1.1 Teores de matéria seca.....	23
2.3.1.2 Carboidratos solúveis, poder tampão e pH.....	25
2.3.1.3 Microbiologia da silagem.....	26
2.3.1.4 Tamanho de partícula e compactação.....	29
2.3.1.5 Ácidos orgânicos.....	30
2.4 Consumo e digestibilidade.....	31
2.5 Técnica de degradação <i>in situ</i>	33
2.6 Técnica <i>in vitro</i> semiautomática de produção de gases.....	35
2.7 Energia dos alimentos.....	38
2.8 Calorimetria indireta.....	42
2.9 Metanogênese no trato gastrointestinal de ruminantes.....	44
2.10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

CAPÍTULO III

CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DAS SILAGENS DO CAPIM <i>Brachiaria decumbens</i> EM TRÊS IDADES DE CORTE	57
3.1 RESUMO	57
3.2 INTRODUÇÃO	58
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	58
3.3.1 Considerações gerais.....	58
3.3.2 Procedimento experimental.....	59
3.3.3 Processamento das amostras e análises laboratoriais.....	60
3.3.4 Avaliação do consumo.....	60
3.3.5 Digestibilidade	61
3.3.6 Balanço de nitrogênio.....	61
3.3.7 Procedimento estatístico.....	61
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
3.4.1 Composição química das silagens.....	62

3.4.2 Consumo voluntário e digestibilidade aparente.....	64
3.5 CONCLUSÕES.....	73
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

CAPÍTULO IV

PARTIÇÃO DA ENERGIA E PRODUÇÃO DE METANO EM OVINOS ALIMENTADOS COM SILAGENS DO CAPIM *Brachiaria decumbens* EM TRÊS IDADES DE CORTE.....

4.1 RESUMO.....	77
4.2 INTRODUÇÃO.....	78
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	78
4.3.1 Considerações gerais.....	78
4.3.2 Procedimento experimental.....	79
4.3.3 Ensaio de respirometria.....	79
4.3.4 Funcionamento da câmara respirométrica.....	79
4.3.5 Processamento das amostras e análises laboratoriais.....	80
4.3.6 Consumo de energia.....	80
4.3.7 Respirometria.....	81
4.3.8 Partição de energia.....	81
4.3.9 Eficiência de utilização da energia.....	82
4.3.10 Procedimento estatístico.....	83
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
4.4.1 Consumo de energia.....	83
4.4.2 Perdas de energia.....	86
4.4.3 Teores de energia.....	89
4.4.4 Eficiência de utilização da energia.....	90
4.4.5 Respirometria.....	92
4.4.6 Produção de metano.....	95
4.5 CONCLUSÕES.....	96
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

CAPÍTULO V

CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DAS SILAGENS DO CAPIM *Brachiaria decumbens* EM TRÊS DIFERENTES IDADES DE CORTE PELA TÉCNICA *IN VITRO* DE PRODUÇÃO DE GASES.....

5.1 RESUMO.....	100
5.2 INTRODUÇÃO.....	100
5.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	101
5.3.1 Considerações gerais.....	101
5.3.2 Procedimento experimental.....	101
5.3.3 Preparo do meio de cultura.....	101
5.3.4 Frascos de fermentação.....	102
5.3.5 Inóculo e inoculação.....	102
5.3.6 Produção de gases.....	103

5.3.7 Procedimento estatístico.....	104
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	105
5.4.1 Produção de gases.....	105
5.4.2 Degradabilidade.....	106
5.5 CONCLUSÕES.....	109
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

CAPÍTULO VI

DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i> DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS DAS SILAGENS DO CAPIM <i>Brachiaria decumbens</i> EM DIFERENTES IDADES DE CORTE.....	112
6.1 RESUMO.....	112
6.2 INTRODUÇÃO.....	112
6.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	114
6.3.1 Considerações gerais.....	114
6.3.2 Procedimento experimental.....	114
6.3.3 Procedimento estatístico.....	115
6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	117
6.4.1 Desaparecimento ruminal da matéria seca.....	117
6.4.2 Desaparecimento ruminal da matéria orgânica.....	120
6.4.3 Desaparecimento ruminal da proteína bruta.....	123
6.4.4 Desaparecimento ruminal da fibra em detergente neutro.....	126
6.4.5 Desaparecimento ruminal da fibra em detergente ácido.....	129
6.5 CONCLUSÕES.....	132
6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133

CAPÍTULO VII

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	135
----------------------------------	------------

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

- Tabela 1 – Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.....62
- Tabela 2 – Composição química e energia bruta das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....63
- Tabela 3 – Valores médios de consumo voluntário de matéria seca em gramas por unidade de tamanho metabólico (CMS/UTM) por dia, digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em porcentagem, consumo de matéria seca digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CMSD/UTM) por dia, consumo de matéria orgânica em gramas por unidade de tamanho metabólico (CMO/UTM) por dia, digestibilidade aparente da matéria orgânica (DAMO) em porcentagem e consumo de matéria orgânica digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CMOD/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....65
- Tabela 4 – Valores médios de consumo voluntário de proteína em gramas por unidade de tamanho metabólico (CPB/UTM) por dia, digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB) em porcentagem e consumo de proteína bruta digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CPBD/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....66
- Tabela 5 – Valores médios de nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário, N retido em gramas por dia, balanço de nitrogênio (BN) em porcentagem e eficiência de retenção do nitrogênio (ERN) em porcentagem das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....68
- Tabela 6 – Valores médios de consumo voluntário de fibra em detergente neutro em gramas por unidade de tamanho metabólico (CFDN/UTM) por dia, digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) em porcentagem e consumo de fibra em detergente neutro digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CFDND/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....69
- Tabela 7 – Valores médios de consumo voluntário de fibra em detergente ácido em gramas por unidade de tamanho metabólico (CFDA/UTM) por dia, digestibilidade da fibra em detergente ácido (DFDA) em porcentagem e consumo de fibra em detergente ácido digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CFDAD/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....70
- Tabela 8 – Valores médios de consumo voluntário de hemiceluloses em gramas por unidade de tamanho metabólico (CHCEL/UTM) por dia, digestibilidade das hemiceluloses (DHCEL) em porcentagem, consumo de hemiceluloses digestíveis em gramas por unidade de tamanho metabólico (CHCELD/UTM) por dia, consumo voluntário de celulose em gramas por unidade de tamanho metabólico (CCEL/UTM) por dia,

digestibilidade da celulose (DCEL) em porcentagem, consumo de celulose digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CCELD/UTM) por dia e consumo de lignina em gramas por unidade de tamanho metabólico (CLIG/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....72

CAPÍTULO IV

- Tabela 1 – Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.....83
- Tabela 2 – Composição química e energia bruta das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....84
- Tabela 3 – Valores médios diários de consumo voluntário de energia bruta (CEB), de energia digestível (CED), de energia metabolizável (CEM) e de energia líquida (CEL) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM), expressos na base da matéria seca das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....85
- Tabela 4 – Valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, no metano e na forma de incremento calórico em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM) e como porcentagem da energia bruta ingerida (%EB) das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....87
- Tabela 5 – Valores médios de energia bruta (EB), de energia digestível (ED), de energia metabolizável (EM) e de energia líquida (EL) em Mcal por kg de matéria seca consumida (Mcal/kg de MS) das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....89
- Tabela 6 – Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) em porcentagem, metabolizabilidade da energia bruta (qm), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (K_m) e razão entre a energia líquida e a energia bruta (EL/EB) em porcentagem das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....91
- Tabela 7 – Consumo diário de oxigênio (O_2), produção diária de dióxido de carbono (CO_2) e de metano (CH_4), em litros por kg de unidade de tamanho metabólico (L/UTM), produção diária de calor (PC) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM) e quociente respiratório (QR) das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....93
- Tabela 8 – Valores médios de produção de metano em litros por dia (L/dia), em gramas por dia (g/dia) e em gramas por kg de matéria seca ingerida (g/kg de MS) por ovinos alimentados com silagem do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....95

CAPÍTULO V

- Tabela 1 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.....105

Tabela 2 – Produção acumulada de gases em mL/g de matéria seca após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação da silagem do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	105
Tabela 3 – Degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca e da matéria orgânica em porcentagem, após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação da silagem do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	106
Tabela 4 – Parâmetros da equação de France et al. (1993) e a degradabilidade efetiva da matéria seca da silagem do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	107
Tabela 5 – Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France et al. (1993) dos dados de produção acumulada de gases da matéria seca das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	109

CAPÍTULO VI

Tabela 1 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.....	117
Tabela 2 – Desaparecimento ruminal médio (%) da matéria seca das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....	117
Tabela 3 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	119
Tabela 4 – Equações de descrição da cinética de degradação ruminal da matéria seca das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	120
Tabela 5 – Desaparecimento ruminal médio (%) da matéria orgânica das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....	121
Tabela 6 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da matéria orgânica das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	122
Tabela 7 – Equações de descrição da cinética de degradação ruminal da matéria orgânica das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	123
Tabela 8 – Desaparecimento ruminal médio (%) da proteína bruta das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....	124
Tabela 9 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da proteína bruta das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	125
Tabela 10 – Equações de descrição da cinética de degradação ruminal da proteína bruta das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	126

Tabela 11 – Desaparecimento ruminal médio (%) da fibra em detergente neutro das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....	127
Tabela 12 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	128
Tabela 13 – Equações de descrição da cinética de degradação ruminal da fibra em detergente neutro das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	129
Tabela 14 – Desaparecimento ruminal médio (%) da fibra em detergente ácido das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca.....	130
Tabela 15 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	131
Tabela 16 – Equações de descrição da cinética de degradação ruminal da fibra em detergente ácido das silagens do capim <i>Brachiaria decumbens</i> colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.....	132

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1 – Partição da energia no animal.....	40
---	----

RESUMO

Objetivou-se avaliar o valor nutritivo da silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e as médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de significância. Primeiramente avaliou-se, Capítulo 3, o consumo e a digestibilidade aparente, em ovinos, dos nutrientes das silagens do capim *Brachiaria decumbens* em três idades de corte. Observou-se não haver diferença quanto ao consumo de matéria seca ($P>0,05$) em ovinos. Verificou-se que a dieta contendo silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentou ($P<0,05$) maior digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) e da matéria orgânica (DAMO) quando comparado aos tratamentos contendo silagem cortada aos 84 e 112 dias de rebrota. Observou-se maior ($P<0,05$) consumo e digestibilidade aparente da proteína bruta, assim como maior ($P<0,05$) digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) para o tratamento contendo a silagem confeccionada aos 56 dias. No Capítulo 4, avaliou-se a partição da energia e a produção de metano em ovinos alimentados com silagens do capim *Brachiaria decumbens* em três idades de corte. Os consumos de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) foram menores ($P<0,05$) para os animais que receberam o material mais velho. Os valores de ED da silagem do capim *Brachiaria decumbens* variaram de 1,72 a 2,27 Mcal/kg de matéria seca (MS), sendo que o tratamento ensilado aos 56 dias apresentou o maior ($P<0,05$) valor e o material confeccionado aos 112 dias resultou no menor ($P>0,05$) valor. Resultado semelhante foi encontrado entre os tratamentos ao avaliar os valores de EM e de EL, onde a silagem contendo a forrageira colhida mais jovem apresentou os maiores ($P<0,05$) valores. Os valores de EM e EL oscilaram de 1,43 a 1,90 Mcal/kg de matéria seca e 0,62 a 0,97 Mcal/kg de matéria seca, respectivamente. A produção de metano pela fermentação do material ensilado não variou ($P>0,05$) entre os três tratamentos avaliados. No Capítulo 5, pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases, observou-se que a produção acumulada de gases na silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias foi superior aos demais tratamentos nos tempos de 24, 48 e 96 horas de fermentação ($P<0,05$), e o mesmo tratamento apresentou maior ($P<0,05$) degradabilidade da MS e da matéria orgânica (MO), em todos os tempos de fermentação avaliados. Já no experimento da degradabilidade *in situ* dos componentes nutricionais, observou-se que o desaparecimento ruminal médio da MS, MO, proteína bruta, FDN e FDA, após 96 horas de incubação ruminal, foram maiores ($P<0,05$) para a silagem feita com a planta aos 56 dias de rebrote. Conclui-se que a melhor idade de corte do capim *Brachiaria decumbens* para ensilar é aos 56 dias de crescimento.

Palavras-chave: forrageira tropical, digestibilidade, metano, partição de energia, produção de gases

ABSTRACT

It was aimed to evaluate the nutritional value of the *Brachiaria decumbens* grass silage harvested at 56, 84 and 112 days of growth. The experimental design was completely randomized and means were compared by Student-Newman-Keuls at 5% level of significance. At first was evaluated, Chapter 3, the intake and apparent digestibility in sheep, of the nutrients from the *Brachiaria decumbens* grass silage in three ages of cut. Were not observed difference in dry matter intake ($P>0.05$) by the sheep. It was found that the diet of *Brachiaria decumbens* grass silage harvested at 56 days presented ($P<0.05$) the highest apparent digestibility of dry matter (ADDM) and organic matter (ADOM) when were compared to the treatments containing silage harvested at 84 and 112 days of regrowth. It was observed higher ($P<0.05$) intake and apparent digestibility of the crude protein, and higher ($P<0.05$) apparent digestibility of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) for the treatment containing the silage made at 56 days. In the Chapter 4, was evaluated the energy partition and the methane production in sheeps fed with *Brachiaria decumbens* grass silage in three different ages of cut. The intakes of digestible energy (DE), metabolizable energy (ME) and net energy (NE) were lower ($P<0.05$) for the animals receiving the oldest material. The values of the DE of the *Brachiaria decumbens* grass silage ranged from 1.72 to 2.27 Mcal/kg of dry matter (DM), as that the treatment ensiled at 56 days had the highest ($P<0.05$) value and the material made at 112 days resulted in lower ($P>0.05$) value. Similar result was founded between the treatments when was evaluated the values of the ME and the NE, where the silage containing the youngest forage harvested presented the highest ($P<0.05$) values. The ME and NE values ranged from 1.43 to 1.90 Mcal/kg of dry matter and from 0.62 to 0.97 Mcal/kg of dry matter, respectively. The methane production by the fermentation of the ensiled material did not differ ($P>0.05$) between the three treatments measured. In Chapter 5, with the semi-automatic *in vitro* technic of gases production, was observed that the accumulated gases production by the *Brachiaria decumbens* grass silage harvested at 56 days was higher than the others treatments at 24, 48 and 96 hours of incubation ($P<0.05$), and the same treatment had higher ($P<0.05$) degradability for the DM and the organic matter (OM) in all of the fermentation times evaluated. Already in the experiment of *in situ* degradability of nutritional components, was observed that the average ruminal disappearance of DM, OM, crude protein, NDF and ADF, after 96 hours of ruminal incubation, were higher ($P<0.05$) for the silage made with the plant harvested at 56 days of regrowth. It was conclude that the best age to cut the *Brachiaria decumbens* grass for silage is at 56 days of growth.

Keywords: digestibility, methane, energy partition, gases production, tropical forage

VALOR NUTRITIVO DAS SILAGENS DA *Brachiaria decumbens* COLHIDAS EM TRÊS IDADES

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil apresenta importante papel no cenário mundial de produção carne e leite, possuindo o segundo maior rebanho de bovinos no mundo e primeiro de animais comerciais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), o efetivo de bovinos no Brasil foi de 209,5 milhões de cabeças, o que faz da pecuária uma atividade de grande importância econômica para o país.

No país, predomina o sistema extensivo de criação de bovinos, onde as pastagens constituem o principal alimento ofertado aos animais. Isso torna o sistema mais prático e de menor custo de produção. Aproximadamente 80% da matéria seca das forragens produzida nas pastagens, durante o ano, está disponível na estação chuvosa e quente. Esta estacionalidade na produção forrageira é apontada como um dos fatores que mais prejudica a produtividade dos rebanhos brasileiros. As características climáticas são as responsáveis por essa grande variação na produtividade das gramíneas ao longo do ano. A baixa qualidade das pastagens, especialmente no período seco do ano, e a ausência de planos nutricionais têm conduzido os rebanhos bovinos para uma menor produtividade. Este fato constitui um problema cíclico e crônico da pecuária tradicional, fazendo com que esses sistemas de produção apresentem menor produtividade e ciclo de produção mais longo. A baixa produção animal na época seca do ano é atribuída, principalmente, ao baixo consumo de matéria seca potencialmente digestível, ou seja, ao baixo consumo de energia e proteína digestíveis, e minerais nos pastos; nesta época, as pastagens apresentam frequentemente baixa disponibilidade e proporção de folhas verdes e alta de caule e material morto, e são pouco consumidas, mesmo que o suprimento de forragem total seja abundante.

Com isso, faz-se necessário uma suplementação nutricional, principalmente no período de escassez. Uma alternativa é o armazenamento de forragens de alto valor nutricional para alimentar os animais nesta época do ano. Nesse sentido, procura-se por forragens que apresentem altas produções de matéria seca e alto valor nutritivo. A adoção da técnica de ensilagem representa uma importante alternativa para ofertar volumoso de boa qualidade aos animais durante o período seco do ano.

Sabendo-se que as pastagens brasileiras ocupam aproximadamente 180 milhões de hectares, sendo que quase a metade dessa área corresponde a monoculturas de gramíneas melhoradas, principalmente espécies do gênero *Brachiaria*, (Macedo, 2005), a ensilagem do excedente da produção do capim *Brachiaria decumbens* pode ser uma alternativa viável para melhorar o plano nutricional nas épocas de escassez de alimento. No entanto, a ensilagem de gramíneas

tropicais, como a *Brachiaria decumbens*, apresenta algumas desvantagens, sendo uma das principais o elevado teor de umidade, o baixo nível de carboidratos solúveis e o alto poder tampão.

Para obter uma silagem com bom valor nutritivo é necessário que o material original seja de boa qualidade. Assim, a determinação do momento certo de corte da forragem é fundamental, onde alia-se boa produtividade, bom valor nutritivo e boas características para uma adequada fermentação. Os dados na literatura são muito escassos em definir a idade ideal de corte do capim *Brachiaria decumbens* para produção de silagem.

Objetivou-se com este estudo avaliar a silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado em três idades diferentes nos seguintes aspectos: o valor nutritivo, o consumo voluntário, a digestibilidade aparente e a energia líquida em ovinos; estudar a cinética de degradação e o perfil de produção de gases utilizando a técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases; avaliar a degradabilidade e a cinética de fermentação pela técnica *in situ*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. 2011. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/default.shtm>>. Acesso em 02 ago. 2012.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrado: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBZ/UFG, 2005. p.56-84.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características da *Brachiaria decumbens*

A *Brachiaria decumbens* pertencente à família Poaceae, apresenta cerca de 10.000 espécies, agrupadas em aproximadamente 790 gêneros diferentes e quarenta tribos (Watson & Dallwitz, 1994). Para o Brasil, são citados 197 gêneros, subdivididos em 25 tribos e cerca de 1370 espécies distribuídas por quase todos os ecossistemas (Clayton & Renvoize, 1986). O gênero *Brachiaria* é atualmente conhecido taxonomicamente como gênero *Urochloa* (Silva, 2000). Devido a tal mudança, a espécie *B. decumbens* é agora denominada *Urochloa decumbens*. Entretanto, a nomenclatura *Brachiaria decumbens* foi utilizada neste trabalho por ser a mais difundida e continuar sendo usada pelos pesquisadores da área. O gênero *Brachiaria* spp. é composto por cerca de cem espécies, de origem principalmente tropical e subtropical africana (Keller-grein et al., 1996).

Estas gramíneas possuem metabolismo C₄ e elevado potencial de produção de forragem. No Brasil, até hoje foram encontradas 16 espécies deste gênero, das quais cinco são nativas, três foram provavelmente introduzidas há várias décadas, sendo, portanto consideradas como naturalizadas, e sete foram introduzidas recentemente, sendo cultivadas como forrageiras (Sendulsky, 1977). Dessas, as três que tem tido maior difusão na pecuária nacional, são *B. decumbens*, *B. brizantha* e *B. humidicola*. De acordo com Assis et al. (2003), somente cinco acessos pertencentes a essas três espécies deram origem aos 20 cultivares liberados em diversos países da América tropical, entre eles o Brasil. Como consequência desse fato, a base genética dos materiais cultivados de braquiária é extremamente estreita, e os conhecimentos adquiridos sobre o gênero estão baseados em poucos genótipos (Assis et al., 2003).

A *Brachiaria decumbens* é uma gramínea originária da região dos Grandes Lagos, em Uganda na África. É uma espécie perene que ocorre de forma nativa no leste tropical da África, em altitudes de 500 a 2.300 m, sob um clima moderadamente úmido, pastagens abertas ou em áreas com arbustos esporádicos e em solos férteis (Seiffert, 1980). Foi coletada das pradarias do planalto de “Great Lakes”, em Uganda. Em 1930 foi introduzida na Austrália e sofreu seleção para aumentar a produtividade em testes em “South Johnstone” entre 1956 e 1966, recebendo o nome de cv. Basilisk (Mackay, 1982).

A *Brachiaria decumbens* foi introduzida oficialmente no Brasil em 1952, no instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN), Belém, PA (Serrão & Simão neto, 1971). Em 1965, ocorreram novas introduções dessa gramínea, que ficou conhecida com cv. IPEAN. Essa cultivar se espalhou para outros estados brasileiros por estolões, uma vez que a produção de sementes na Região Norte era reduzida (Pizarro et al., 1996). Entre 1968 e 1972 houve intensa importação de sementes da cv. Basilisk vindas da Austrália, estimulada por programas

governamentais de incentivo à formação de pastagens como o Programa de Recuperação de Pastagens (PROPASTO).

A cultivar Basilisk, utilizada no presente trabalho, foi a mais plantada na região dos Cerrados, devido à abundância de sementes e por ser uma das poucas alternativas em termos de forrageira perene para os solos pobres desta região (Macedo, 2005). Além disso, devido a sua tolerância aos estresses abióticos como seca e fogo, ou níveis potencialmente tóxicos de alumínio no solo (Wenzl et al., 2001), alcançou uma ampla difusão, sendo atualmente utilizada na formação de pastagens para bovinos em todo o Brasil (Brito et al., 2004). Segundo Castro et al. (1999), esta espécie também apresenta tolerância ao sombreamento moderado, sendo utilizada em sistemas silvipastoris.

2.2 Produtividade e valor nutritivo

A produtividade de matéria seca por hectare é tida como uma importante variável a ser considerada na escolha de uma boa forrageira para ser ensilada. Quanto maior a produção de material, menores serão os custos por quilo de material ensilado. A *Brachiaria decumbens* é uma gramínea C₄, caracterizada pelo alto potencial fotossintético e alta produtividade de matéria seca quando comparada às forrageiras de clima temperado. Os fatores ambientais como temperatura, umidade, luminosidade e disponibilidade de nutrientes no solo são importantes para que a planta possa expressar todo seu potencial. O tipo de manejo adotado também interfere diretamente na produtividade da forrageira.

É por esse motivo que existe na literatura uma grande variação de produtividade de uma mesma gramínea. Castro et al. (1999), avaliando a influência de três diferentes níveis de sombreamento artificial sobre a produção média de matéria seca total da *Brachiaria decumbens* submetida a três cortes, obtiveram 10,59; 7,31 e 5,74 t de matéria seca por hectare nos níveis de sombreamento de 0, 30 e 60%, respectivamente. No entanto, Paciullo et al. (2008) verificaram efeito positivo do sombreamento sobre a produção de matéria seca da *Brachiaria decumbens*, sendo argumentado que a gramínea apresenta alta plasticidade fenotípica. Segundo Goedert et al. (1988), a *Brachiaria decumbens* pode alcançar uma produtividade entre 5 a 12 t por hectare de matéria seca em um ano.

Em estudo desenvolvido em Marília (SP) avaliando as produções acumuladas de matéria seca da parte aérea do capim *Brachiaria decumbens* com e sem adubação, Soares Filho et al. (1992) encontraram valores de 13,08 e 8,31 t de matéria seca por hectare por ano, respectivamente. Chagas & Botelho (2005) também encontraram aumento da produtividade de matéria seca do capim *Brachiaria decumbens* após o uso de adubação nitrogenada. Gerardo & Oliva (1979) avaliaram o capim *Brachiaria decumbens*, sob irrigação e adubação, encontraram produção de 19,5 t de matéria seca por hectare por ano.

Outro importante fator a ser considerado na escolha de uma forrageira é o seu valor nutritivo. O aumento da idade da planta está diretamente relacionado com a diminuição de sua digestibilidade. Essa diminuição da qualidade da planta é influenciada por uma série de

fatores. Segundo Pedreira (1995), a composição química e a digestibilidade da forragem são influenciadas marcadamente pela idade da planta e o aumento da fibra em detergente neutro está associado com o decréscimo nos valores de proteína bruta e na digestibilidade.

Rosa et al. (1997) constataram redução de 9,2% para 6,2% nos valores de proteína bruta da *Brachiaria decumbens* dos 60 aos 120 dias de crescimento, respectivamente. De acordo com Van Soest (1994), com a maturidade as plantas têm seu valor nutritivo diminuído, face ao aumento na lignificação e diminuição na proporção folha/haste, além do aumento na proporção de parede celular. Além disso, há aumento no conteúdo de lignina (Van Soest, 1994), que forma ligações diretas do tipo éster com a porção fibrosa, restringindo o ataque das enzimas digestivas e, conseqüentemente, diminuindo a digestibilidade da fibra (Norton, 1982). Santos et al. (2009) avaliando o valor nutritivo de pastagens do capim *Brachiaria decumbens* diferidas com 73 e 112 dias, encontraram valores de proteína bruta de 6,0 e 2,9 e teor de fibra em detergente neutro de 71,0 a 80,8%, respectivamente.

De acordo com Campos et al. (2002), o avanço da maturidade também contribui para a diminuição da digestibilidade da matéria seca da forrageira, o que reduz o aproveitamento pelos ruminantes. Segundo os autores, a relação ácido cumárico/ferúlico que é negativamente relacionada aos valores de digestibilidade, é maior nas hastes do que nas folhas. Esses ácidos estão diretamente envolvidos na interação da lignina com as hemiceluloses da fibra vegetal (Deschamps & Ramos, 2002), e a ligação dos polissacarídeos ocorre de forma mais estável com o ácido cumárico do que com o ácido ferúlico (Fritz, et al., 1990). Com isso, quanto maior a relação haste/folha, maior será a relação ácido cumárico/ferúlico e menor será a digestibilidade da planta. Portanto, o momento de utilização da forrageira será aquele onde, exista boa produção de matéria seca e com boa digestibilidade.

2.3 Considerações sobre silagem

A ensilagem é uma técnica bastante utilizada nas mais diversas partes do mundo como forma de garantia de alimento volumoso para os animais durante os períodos de estiagem. Ela baseia-se na conservação de forragens úmidas, recém-colhidas, com elevado valor nutritivo, produzido durante o período chuvoso do ano que é armazenado em silos onde sofre fermentação até a obtenção do produto final. Silagem de forragem é definida como sendo o produto resultante da fermentação da planta forrageira finamente picada e acondicionada rapidamente em uma estrutura na ausência de ar. Essa técnica de conservação de alimentos, como o próprio nome diz não eleva o valor nutricional do material original, apenas o conserva, porém existem perdas, as quais devem ser minimizadas. Em princípio, qualquer espécie forrageira, anual ou perene, pode ser ensilada.

Nas diferentes regiões do Brasil, onde a irregularidade das chuvas é um fator limitante para a manutenção de uma dieta adequada para manter a produtividade dos rebanhos, a técnica da ensilagem se apresenta como uma importante alternativa. Segundo Nussio et al. (2002), em algumas partes do mundo a utilização de silagens durante o período da seca do ano é uma prática que contribui com 10 a 25% de todos os alimentos destinados para ruminantes.

Segundo Barnett (1954), o objetivo da ensilagem é conseguir inibir a proliferação de microrganismos indesejáveis, onde o abaixamento do pH é o principal recurso utilizado. Esta acidez deve-se à produção de ácidos orgânicos pelos microrganismos presentes na cultura cortada, sendo o ácido láctico o de maior importância, os quais vão permitir a conservação do material até que ele possa ser fornecido aos animais.

O processo de ensilagem pode ser dividido em quatro fases distintas (McDonald et al., 1991):

1 - Fase aeróbica: Ocorre durante o enchimento e se prolonga até poucas horas depois do fechamento do silo. A elevada concentração de oxigênio entre as partículas da planta e valores de pH entre 6,0 e 6,5 garantem a continuidade do processo de respiração do material ensilado e a ação de proteases, microrganismos aeróbicos e aeróbicos facultativos, como fungos e algumas bactérias. A atuação desses microrganismos, juntamente com o processo respiratório da planta, reduzirá o nível de oxigênio no silo, promovendo então o início da segunda fase.

2 - Fase de fermentação: Inicia quando o meio fica na condição de anaerobiose. Nesta fase há uma queda do pH para valores de 3,8 a 5,0, isto devido à formação de ácidos orgânicos, especialmente o ácido láctico, a partir de açúcares. Primeiramente, há pequena produção de ácidos graxos voláteis, principalmente o ácido acético pelas enterobactérias e bactérias heterofermentativas. Em seguida, há uma grande produção de ácido láctico, principalmente pelas bactérias homofermentativas, o que irá conservar a silagem. A fermentação será interrompida quando o suprimento de carboidratos solúveis acabar ou quando os microrganismos tiverem seu crescimento inibido devido à presença de ácidos que eles mesmos produziram. Existe perda inevitável de energia devido à transformação dos carboidratos em ácido láctico. Esta perda é da ordem de 3% e o objetivo da ensilagem é não permitir que ela ultrapasse 5%. Outras mudanças que ocorrem durante a fermentação incluem a perda de caroteno por oxidação, a redução de nitratos e a degradação das proteínas em aminoácidos, amônia e outros produtos nitrogenados não protéicos.

3 - Fase de estabilidade: O pH ácido da silagem e a condição de anaerobiose conservam a mesma até o momento da abertura do silo. Nessa fase, somente as bactérias ácidas lácticas se encontram em atividade, mas muito reduzida. Porém, se ar ou água penetrar no silo, haverá produção de ácido butírico, com apodrecimento e perda de nutrientes.

4 - Fase de degradação aeróbica: Inicia-se quando a silagem é aberta para o uso, onde ocorre a exposição de elevadas concentrações de oxigênio, propiciando assim, ambiente para o desenvolvimento de microrganismos aeróbicos (fungos, bacilos e bactérias ácido acéticas) que causam deterioração do material. O pH aumenta, associando-se ao aumento da temperatura. A propriedade de inibição da proliferação desses microrganismos indesejáveis após a exposição ao oxigênio, é chamada de estabilidade aeróbica, onde quanto maior a estabilidade melhor será a conservação do material.

Durante a fermentação ocorrem transformações bioquímicas, com alguma perda de nutrientes. Essas perdas podem ser divididas em duas categorias; as perdas evitáveis, que são os mofos e podridões decorrentes de práticas incorretas de ensilagem; as perdas não evitáveis, que incluem mudanças bioquímicas, respiração das plantas e fermentação.

Para que haja um mínimo de perdas durante a confecção da silagem, alguns fatores devem ser considerados. As características das forrageiras que favorecem uma boa fermentação são: o teor de matéria seca, a microflora epífita e a quantidade de carboidratos solúveis. É importante também o rápido fechamento, boa compactação e expulsão do ar.

O teor de matéria seca das forrageiras a serem ensiladas tem grande influência nas reações químicas que ocorrerão durante a fermentação, afetando, conseqüentemente, o valor nutritivo da silagem (Barnett, 1954). A eliminação do ar é importante porque a respiração da planta consome os carboidratos solúveis disponíveis para a fermentação natural de ácido láctico. Uma grande quantidade de ar deixada dentro do silo, ou nele penetrando naturalmente, prolongarão a respiração e, em consequência, o conteúdo de carboidratos solúveis será reduzido, aumentando as perdas de nutrientes e diminuindo a quantidade de ácido láctico no produto final, levando a lenta queda do valor de pH (McDonald et al., 1991).

O teor de matéria seca está envolvido na expulsão do ar entre as partículas do material a ser ensilado. Isso porque quando o material estiver com teor de matéria seca acima do recomendado que é de 35%, a sua compactação e conseqüente eliminação do ar, será prejudicada. O mesmo ocorre quando o teor de matéria seca estiver abaixo do ideal, menos que 25% de matéria seca, onde propicia o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, produtoras de ácido butírico, além das perdas de nutrientes solúveis pela formação de efluente. De acordo com Vuyst & Vanbelle (1969) e Edwards et al. (1968), em material ensilado com teor de matéria seca por volta de 30%, a ação das bactérias produtoras de ácido butírico será limitada, isso porque o teor de umidade (água) é determinante para o controle destas bactérias indesejáveis, visto que são extremamente dependentes de água. Neste sentido, Weeks & Yegian (1965), mencionaram perdas de 1,8 e 30% para o material ensilado com 30 e 18% de matéria seca, respectivamente.

Outros parâmetros importantes são a presença de bactérias produtoras de ácido láctico (microflora epifítica) e a quantidade de seus substratos (carboidratos solúveis) para fermentação e conseqüente produção de ácidos necessários para reduzir o valor de pH.

A velocidade para o fechamento do silo é um importante item, sendo que quanto menor for o tempo de enchimento, menores serão as perdas devido à respiração e a ação de enzimas da própria planta. Segundo Yoder et al. (1960) as taxas de enchimento lentas do silo produzem silagem com qualidade inferior de fermentação, com maiores perdas de matéria seca, quando comparados com taxas rápidas.

2.3.1 Silagem de gramíneas tropicais

Os primeiros estudos sobre a utilização de gramíneas tropicais para confecção de silagens no país foram desenvolvidos nas décadas de 60 e 70. Atualmente, com a crescente ocupação de plantas do gênero *Panicum* e *Brachiaria* nas pastagens de todo o território nacional, vem surgindo conveniências logísticas da utilização destas para confecção de silagens. O interesse na produção de silagem com espécies desses gêneros se deve, em parte, ao avanço nas técnicas de ensilagem, bem como ao surgimento de colhedoras de forragem específicas para forrageiras de porte baixo ou médio.

A ensilagem de gramíneas tropicais permite racionalizar o manejo intensivo das pastagens durante o período chuvoso, onde normalmente existem sobras de pastagem em função da dificuldade de ajuste da carga animal. Destaca-se que as gramíneas do gênero *Brachiaria* ocupam aproximadamente 85% das pastagens cultivadas no Brasil (Macedo, 2004). Segundo Nussio et al. (2002), as gramíneas do gênero *Brachiaria* vêm sendo, alternativamente, utilizadas para a produção de silagens, com produção semelhante às plantas do gênero *Panicum* e valor nutritivo ligeiramente superior.

Segundo Corrêa et al. (2001), os capins apresentam vantagens que os tornam estrategicamente interessantes como elevada produção (mais do que três vezes a produção de matéria seca do milho), perenidade, baixo risco de perdas e maior flexibilidade na colheita. Contudo, a utilização desse potencial de produção de massa, contrasta com baixos teores de matéria seca e de carboidratos solúveis associados a elevado poder tampão e baixa população autóctone de bactérias produtoras de ácido láctico (Lavezzo, 1993). Isso predispõe à formação de silagem de baixa qualidade, por isso sua utilização para animais de alta produção é limitada, mas para categorias menos exigentes, como animais de recria ou em regiões onde o custo do concentrado é baixo, ela representa boa opção de fonte volumosa na época de escassez (Silva, 2001).

2.3.1.1 Teor de matéria seca

Independente da cultura a ser ensilada, o momento ideal de colheita é aquele em que acumula máxima produção de matéria seca, máximo potencial de consumo e de digestibilidade e um teor de matéria seca que propicie boa fermentação com o mínimo de perdas, maximizando, assim, a qualidade da silagem produzida. Entretanto, os capins tropicais, em geral, apresentam baixo teor de matéria seca no momento onde é elevado o seu valor nutritivo.

Isso representa um dos principais problemas que prejudica o desenvolvimento de uma boa fermentação. Por isso, é importante o conhecimento do teor de umidade do capim a ser ensilado. De acordo com Noller & Thomas (1985), forrageiras com teor de matéria seca abaixo de 25% apresentaram má qualidade fermentativa. Jayme et al. (2009), avaliando momento de colheita da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortada aos 28, 56, 84 e 112 dias de crescimento, encontraram menor teor de matéria seca para as silagens contendo capim cortado aos 28 dias (17,16%), enquanto o maior valor de matéria seca de 22,62% foi

observado para a silagem com capim colhido aos 112 dias de crescimento. Este fato mostra que, quanto mais novo for o capim, maior será seu teor de umidade.

Para contornar esse problema existem algumas alternativas, como a adoção da técnica de emurchecimento a campo, a qual possibilita aumentar o teor de matéria seca dos capins antes da ensilagem. Loures et al. (2005), avaliando a silagem do capim-tanzânia, observaram que o emurchecimento do capim por cinco horas, foi suficiente para elevar o teor de matéria seca de 16,7 para 25,7%. Evangelista et al. (2004), avaliando o efeito do emurchecimento do capim *Brachiaria brizantha* vc. Marandu sobre a qualidade da silagem, verificaram que o tempo de 3 horas foi suficiente para elevar em 45% o teor de matéria seca em relação ao material original. Na ocasião do emurchecimento, a temperatura variou entre 18 a 31°C e a umidade relativa do ar foi em média 74%. O tempo de secagem do material no campo é dependente das condições climáticas da região, principalmente a intensidade de radiação solar, a velocidade do vento, a umidade relativa do ar e a temperatura. O emurchecimento do capim aumenta o tempo entre o corte e a vedação do silo, o que pode resultar em maiores perdas devido ao processo respiratório e à atividade proteolítica das enzimas da própria planta, que resultam na redução de substratos fermentescíveis e no aumento do nitrogênio não protéico (McDonald et al., 1991).

Segundo Jonsson & Pahlow (1984), o número de fungos e leveduras aumenta drasticamente durante o período de emurchecimento, de maneira que esta técnica, além de seus benefícios, pode resultar em crescimento de microrganismos indesejáveis, bem como redução da estabilidade aeróbica de silagens.

Outra alternativa para elevar o teor de matéria seca da gramínea a ser ensilada é a inclusão de alguns aditivos absorventes, que são em geral de elevado teor de matéria seca. O ingrediente usado como aditivo nas silagens de capim deve apresentar alto teor de matéria seca, alta capacidade de retenção de água, boa palatabilidade, além de fornecer carboidratos para fermentação. Devem ser de fácil manipulação, baixo custo e fácil aquisição.

O poder de retenção de umidade do aditivo absorvente varia com o tipo de material utilizado, sendo os materiais mais fibrosos, como espigas de milho ou palhadas mais absorventes que outros materiais, como grãos de cereais (Jones & Jones, 1996). Outra característica importante é seu grau de moagem, pois materiais finamente moídos retêm consideravelmente mais umidade do que outros não moídos ou moídos mais grosseiramente.

Bergamaschine et al. (1998), estudando os efeitos da adição de resíduo de milho sobre a silagem de capim Tanzânia, observaram aumentos nos teores de matéria seca, proteína bruta e na digestibilidade da matéria seca, além da redução no pH e conteúdo de amônia.

Apesar da maior eficiência na retenção de umidade, a inclusão de materiais fibrosos altamente lignificados causa decréscimo na qualidade da silagem. Os cereais são absorventes menos eficientes, mas sua inclusão, em geral, aumenta o valor nutritivo. No Brasil, os aditivos mais

usados na produção de silagens de capim são os coprodutos da agroindústria, como a polpa cítrica peletizada, raspa de mandioca, casca de café, dentre outros.

Gonçalves et al. (2004), avaliaram o efeito da adição de subprodutos do processamento da goiaba e da acerola em silagem de capim Elefante. A adição do subproduto da acerola proporcionou elevação da ordem de 11,35 unidades percentuais nos teores de matéria seca das silagens quando os níveis de adição variaram de 0 a 20%. Os aumentos nos teores de matéria seca foram de 0,55 unidades percentuais para cada 1% de adição de subproduto da acerola. Além de elevar o teor de matéria seca, estes subprodutos proporcionaram aumento no teor de proteína bruta, quando comparados com a silagem sem aditivos. Bernardes et al. (2003), estudando inclusão de 10% de polpa cítrica no capim *Brachiaria brizantha* vc. Marandu durante a ensilagem, encontraram redução de 85% na produção de efluente, quando comparado ao grupo controle.

2.3.1.2 Carboidratos solúveis, poder tampão e pH

Os carboidratos solúveis na forrageira a ser ensilada contribuem como substrato para a rápida fermentação com produção de ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico (Murdoch et al., 1975) tendo assim a redução do pH. O teor inicial mínimo de carboidratos capaz de garantir boa fermentação láctica, de acordo com McDonald et al. (1991), está em torno de 5% da matéria seca. As gramíneas tropicais em geral, apresentam baixos teores de carboidratos solúveis quando novas onde têm bom valor nutritivo. Para corrigir o problema é necessário fazer o emurchecimento ou a adição de produtos ricos em carboidratos altamente fermentáveis. Ribeiro Junior (2009), observou um incremento dos teores de carboidratos solúveis da forragem fresca de capim *Andropogon* com o avanço da maturidade da mesma. Os valores variaram de 0,91% para a idade de 84 dias a 3,51% para a idade de 114 dias.

Lobato (2010), encontrou teores de carboidratos solúveis no capim *Brachiaria decumbens* colhido com 56, 84, 112 e 140 dias de 1,71; 1,68; 2,10 e 2,55% na base da matéria seca, respectivamente. Do acordo com a autora nenhuma das idades apresentaram o nível mínimo de carboidratos solúveis para uma boa fermentação, porém esse parâmetro deve ser avaliado com cautela, uma vez que outros fatores como a estrutura física da forragem, a compactação, a capacidade tamponante e a população de bactérias ácido-láticas podem afetar o processo fermentativo.

McDonald et al. (1973), ao ensilarem forrageiras com baixo teor de matéria seca, média de 17%, e alto conteúdo de carboidratos solúveis na matéria seca, média de 19,6%, verificaram que as silagens obtidas eram de boa qualidade, contendo em média 18,8% de ácido láctico e pH = 4,05. Isto mostra a importância dos carboidratos solúveis, na ensilagem. Segundo Faria (1971), existe uma correlação alta e positiva entre o teor de ácido láctico das silagens e o teor de carboidratos solúveis das forrageiras ($r = 0,81$), indicando que a fermentação láctica é dependente da disponibilidade destes substratos.

Quanto mais rápida for a queda do pH no material ensilado, melhor será sua conservação, sendo que, para que isso ocorra é necessário um bom teor de carboidratos solúveis, uma boa população de bactérias produtoras de ácido lático e um baixo poder tampão da forragem (Muck, 1988). O nível de substrato requerido é diretamente relacionado ao poder tampão e ao teor de matéria seca. A capacidade tampão é definida como sendo a capacidade da forrageira em resistir à variação do pH. Em uma faixa de pH de 4 a 6 aproximadamente 70% dessa capacidade é a proveniente da presença de ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos da forrageira (McDonald, 1993).

Quando se deseja ensilar um material com alto teor de umidade e elevado poder tampão, os níveis de carboidratos solúveis devem ser elevados para permitir uma rápida queda do pH, caso contrário a fermentação será prejudicada. No entanto, a queda do pH não é necessária quando a forrageira apresenta alto teor de matéria seca, acima de 50%, onde a inibição do crescimento de microrganismos indesejáveis vai ser realizada pela elevação da pressão osmótica e ausência de água (Muck, 1988).

A capacidade tamponante da massa ensilada também pode ser alterada com o teor de umidade da forragem a ser ensilada. McDonald et al. (1965) verificaram redução na capacidade tamponante da massa após submeterem a forragem ao emurchecimento.

O pH ideal para a conservação de uma silagem é dependente da umidade do material e também da temperatura, sendo que em silagens com teor de matéria seca superior a 20%, é aceitável pH entre 3,6 a 4,2 para obter conservação satisfatória (McDonald et al., 1991). Lobato (2010) avaliando o perfil de fermentação e qualidade da silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortada em quatro idades diferentes encontrou valor médio para o pH de 5,09, valor este acima do ideal, o que caracteriza um processo fermentativo de baixa qualidade. Ribeiro Júnior (2009) avaliando as silagens do capim *Andropogon gayanus* em quatro idades de corte, encontrou valor de pH variando de 4,15 a 5,07.

2.3.1.3 Microbiologia da silagem

Os microrganismos existentes naturalmente nas forragens, microflora epífita, são responsáveis pela fermentação das silagens, essa fermentação sofre influência de acordo com o tipo e o número de bactérias existentes na planta (McDonald et al., 1991). A microbiota pode ser dividida em dois grupos distintos: microrganismos desejáveis e indesejáveis. Os microrganismos desejáveis são as bactérias ácido-láticas. Os indesejáveis são aqueles que são ineficientes na conservação da forragem por sua baixa capacidade, ou a incapacidade, de acidificar o meio, apresentando alto consumo de nutrientes (exemplo: leveduras, clostrídios e enterobactérias) ou deterioração aeróbica (exemplo: leveduras, fungos, bacilos e *Listeria*). Muitos desses microrganismos além de reduzir o valor nutritivo da silagem, podem prejudicar a saúde animal (Seglar, 2003; Thuault et al., 1991).

Durante a ensilagem, os microrganismos capazes de crescer em meio anaeróbico (bactérias ácido-láticas, clostrídios, enterobactérias, alguns *Bacillus* spp. e leveduras) se desenvolvem e

competem pelos nutrientes disponíveis na silagem. Assim, as mudanças ocorridas nos primeiros dias após a ensilagem são de suma importância para o sucesso da fermentação subsequente.

As bactérias ácido-láticas (Gram positivas) pertencem à microflora epífita das plantas, vivendo na sua superfície sem lhe causar danos, porém em número reduzido. As características da planta como teor de matéria seca, níveis e natureza química dos açúcares, combinadas às propriedades das bactérias ácido-láticas como tolerância em meio ácido e tipo de substrato a ser utilizado são importantes para a competitividade das bactérias ácido-láticas durante a fermentação no silo.

As bactérias ácido-láticas frequentemente encontradas nas silagens, são as bactérias dos gêneros *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Lactococcus* e *Leuconostoc*. Todas as bactérias ácido-láticas são aeróbicas facultativas, mas algumas têm preferência por meio anaeróbico. Essas bactérias irão predominar no silo quando as condições de anaerobiose forem estabelecidas (Ohmomo et al., 2002).

Baseando-se na fermentação de açúcares, as bactérias ácido-láticas podem ser classificadas como homofermentativas obrigatórias (produzem quase exclusivamente ácido lático na fermentação de hexoses e não fermentam pentoses), heterofermentativas facultativas (semelhantes às anteriores, mas também capazes de fermentar pentoses em ácido lático e acético) e heterofermentativas obrigatórias (fermentam hexoses em ácido lático, ácido acético, manitol, etanol e gás carbônico) (Henderson, 1993).

Se o meio não for rapidamente acidificado pelas bactérias ácido-láticas e se manter em valores de pH acima de 4,2; os microrganismos competidores indesejáveis serão capazes de crescer e competir por nutrientes (McDonald et al., 1991), resultando em maiores perdas de carboidratos não fibrosos e, conseqüentemente, reduzindo o valor nutritivo do alimento. Quando o processo fermentativo estabiliza, a atividade das bactérias ácido-láticas cessa, enquanto as leveduras continuam a influenciar as perdas de matéria seca, isso porque são capazes de crescer em ambiente de baixo pH.

As enterobactérias são bactérias Gram negativas pertencentes à família das Enterobacteriaceae. Elas estão presentes no solo, na água, nas plantas e no intestino do homem e dos animais. Elas crescem ativamente durante os primeiros dias de ensilagem, competindo pelos carboidratos (McDonald et al., 1991). O grande interesse no estudo das enterobactérias é devido ao número de patógenos que atacam o homem, os animais e as plantas, como *Escherichia*, *Shigella*, *Salmonella*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Proteus*, *Yersinia*, entre outros. As enterobactérias são anaeróbicas facultativas. A maior parte das enterobactérias encontradas nas silagens são consideradas não patogênicas, mas seu desenvolvimento não é desejável porque competem com as bactérias ácido-láticas pelos açúcares disponíveis, além de degradarem proteínas produzindo aminas biogênicas e amônia (Elferink et al., 1999). As enterobactérias não se desenvolvem no meio cujo pH está baixo e assim, manejos de silagem que favoreçam a rápida queda de pH atuam no controle de

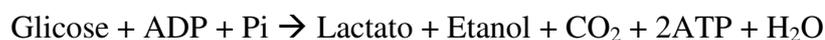
desenvolvimento enterobacteriano (McDonald et al., 1991). Segundo Reis & Rosa (2001), um valor de pH igual a 5,0 é capaz de reduzir rapidamente a população de enterobactérias.

As bactérias do gênero *Clostridium* são Gram positivas, anaeróbias estritas e que fermentam tanto carboidratos como proteínas, causando queda no valor nutricional da forragem e produzindo aminas biogênicas que são compostos envolvidos diretamente em processos de neurotransmissão e, conseqüentemente, relacionados com doenças neurológicas (Thuault et al., 1991). Essas bactérias possuem a forma de resistência de esporos, os quais estão presentes na forragem em número muito reduzido. Por isso, a presença de clostrídios nas silagens parece estar relacionada à contaminação dessas com o solo (McDonald et al., 1991).

A silagem que sofre fermentação por clostrídio apresenta alta concentração de ácido butírico, alto pH (acima de 5) e alta concentração de amônia que quando em alta concentração reduzem a palatabilidade do material (McDonald et al., 1991). Uma rápida queda do pH auxilia na prevenção do desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, pois estas são susceptíveis ao pH baixo. Outra forma de controle destes microrganismos é o aumento do teor de matéria seca do material, visto que são sensíveis à baixa umidade (McDonald et al., 1991). Segundo Leibensperger & Pitt (1987), o desenvolvimento dos clostrídios é estimulado pela baixa relação açúcares/capacidade tampoadora, baixo conteúdo de matéria seca, pequena população de bactérias ácido-láticas, alta temperatura e alto pH inicial. Bactérias deste gênero também podem degradar ácido láctico em ácido butírico, hidrogênio e gás carbônico.

Os bacilos são bactérias semelhantes aos clostrídios, porém são facilmente distinguidos destes, visto que são aeróbicos facultativos. Os bacilos fermentam uma ampla variedade de carboidratos em ácidos orgânicos (acetato, lactato e butirato), etanol, 2,3-butanediol e glicerol. Apesar da produção destes ácidos poder contribuir para o controle da deterioração aeróbica, a sua proliferação nas silagens é indesejada, pois além de serem menos eficientes na produção de lactato e acetato que as bactérias ácido-láticas, podem também contribuir para a deterioração aeróbica nos estágios mais avançados do processo de ensilagem, onde existam problemas na vedação do silo. Para controlar o desenvolvimento de bacilos na silagem, a entrada de ar nos silos deve ser minimizada e a contaminação do material fresco deve ser controlada, evitando o contato com solo e dejetos (McDonald et al., 1991).

As leveduras são microrganismos aeróbicos facultativos, que sob condições aeróbicas, fermentam ácido láctico a gás carbônico e água. Isso ocasiona uma elevação do pH da silagem, favorecendo o crescimento de outros microrganismos indesejáveis. Em condições anaeróbicas, as leveduras são as principais responsáveis pela fermentação alcoólica e, conseqüentemente, pela produção de etanol na silagem. Na formação do etanol pelas leveduras, uma molécula de glicose é fermentada em duas moléculas de etanol e duas de dióxido de carbono (McDonald et al., 1991). A reação mencionada pode ser resumida como segue:



Apesar de Woolford (1984) ter demonstrado que as leveduras são capazes de produzir lactato e acetato através da fermentação dos carboidratos solúveis, sua presença na silagem é tida como indesejável, visto que contribuem com menor estabilidade aeróbica e por competir com as bactérias produtoras de ácido láctico pelo substrato, contribuindo muito pouco para a qualidade da silagem (McDonald et al., 1991). As leveduras permanecem ativas nas silagens, já que o pH ótimo para seu crescimento encontra-se numa ampla faixa compreendida entre 3,5 a 6,5. Algumas espécies ainda sobrevivem em pH igual ou inferior a 2,0. Apesar disso, uma boa vedação do silo e exposições menos prolongadas ao oxigênio durante o descarregamento do material, é suficiente para um bom controle das leveduras.

Normalmente, a infestação de fungos nas silagens é facilmente detectada dada a grande quantidade de estruturas filamentosas e esporos coloridos produzidos por inúmeras espécies. Os fungos se desenvolvem em locais do silo que existe oxigênio. Durante a fase de estocagem, os fungos são encontrados principalmente na superfície do silo. Já na fase de abertura, toda a silagem pode ser contaminada por fungos, que podem não somente causar a redução do valor nutritivo e da palatabilidade da forragem, como também ter efeito negativo na saúde animal, por produzirem micotoxinas como alcalóides de ergot, aflatoxinas, tricotecenos, zearalenona, ocratoxinas e fumonisinas (Seglar, 2003).

2.3.1.4 Tamanho da partícula e compactação

A redução do tamanho da partícula, por meio da moagem e esmagamento, pode melhorar o processo de conservação da silagem permitindo melhorar a acomodação do material dentro do silo e diminuir a fase aeróbica. O tamanho da partícula e a compactação do material no silo influenciam diretamente a qualidade da fermentação, pois um material com tamanho ideal de partículas e bem compactado resulta em ambiente anaeróbico, fundamental para o desenvolvimento de bactérias ácido lácticas. Entretanto, vale salientar que em silagens sem emurhecimento, a redução do tamanho da partícula pode promover maiores perdas por efluentes, devido ao rompimento da parede celular e consequente perda do conteúdo celular.

Segundo McDonald et al. (1991), o tamanho de partícula inferior a 20-30 mm pode favorecer a disponibilidade de carboidratos solúveis e, conseqüentemente, estimular o crescimento das bactérias lácticas. O menor tamanho da partícula facilita o processo de ensilagem, uma vez que permite maior densidade de transporte do material colhido até o local de armazenamento, como também aumenta a eficiência do processo de compactação resultando em melhor fermentação anaeróbica. Segundo Loures et al. (2005), a redução no tamanho da partícula de silagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum*) não influenciou as perdas totais, embora o menor tamanho tenha contribuído para garantir maior estabilidade aeróbica da silagem.

Uma compactação efetiva é de suma importância para a expulsão do ar presente entre as partículas do material ensilado, isso leva a uma fermentação desejável onde a anaerobiose é estabelecida rapidamente. A facilidade de compactação do material é dependente do teor de matéria seca na forragem, bem como do tamanho da partícula, no momento da ensilagem. Amaral et al. (2007), estudando silagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu produzidas

com quatro pressões de compactação durante a ensilagem, observaram que as silagens produzidas com menores pressões de compactação, apresentaram maior intensidade de produção de gases, maiores perdas de matéria seca, maior valor de pH em comparação aos silos que tiveram maior pressão de compactação.

2.3.1.5 Ácidos orgânicos

Durante o processo de fermentação no silo os carboidratos solúveis são transformados em ácidos orgânicos. Os mais comumente determinados são os ácidos láctico, acético, butírico, propiônico, isobutírico, valérico, isovalérico, succínico e fórmico, sendo os três primeiros de determinação mais importante. Todos os ácidos orgânicos que aparecem na silagem obviamente contribuem para redução do pH da massa ensilada. Entretanto, o ácido láctico, por apresentar maior constante de dissociação, e por isto, é o mais forte e o maior responsável pelo abaixamento do pH (Silveira, 1975). Os níveis de ácido acético e butírico estão relacionados a menores taxas de decaimento e maiores valores de pH (Moisio & Heikonen, 1994).

O ácido láctico é produzido por bactérias lácticas homo e heterofermentativas. A quantidade de ácido láctico necessária para reduzir rapidamente o pH, inibindo a atividade proteolítica e evitando a fermentação indesejável, altera-se com a capacidade de tamponamento da forrageira e com o conteúdo de umidade da forragem original. Apesar de o ácido láctico ser o principal ácido da fermentação presente em silagens de boa qualidade, pequenas quantidades de ácido acético podem aparecer, resultando, principalmente, da ação de bactérias lácticas heterofermentativas, enterobactérias e em menor quantidade por clostrídios sobre os açúcares, podendo, algumas vezes, ser formado pela degradação do citrato, malato e aminoácidos. O ácido acético sempre deve estar em menor proporção em relação ao ácido láctico, muito embora possa conservar bem o material quando em percentagem acima de 0,8% da matéria seca, ele é indicativo de alterações indesejáveis ocorridas durante o processo fermentativo (Andriquetto et al., 1985).

Baixos valores de ácido butírico são esperados nas silagens de boa qualidade, isso porque sua presença significa que durante o processo fermentativo ocorreu desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, significando uma má fermentação, onde as perdas de matéria seca e energia foram elevadas, além do valor de pH ter sido alto. Essas bactérias através do uso de aminoácidos e açúcar produzem ácido butírico que quando em alta concentração reduz a palatabilidade do material pelo odor desagradável e penetrante (McDonald et al., 1991).

De acordo com McDonald et al. (1991), os ácidos acético e butírico, têm ação sobre o metabolismo de leveduras e fungos filamentosos, e quando o valor do pH estiver inferior ao seu pKa (constante de dissociação) eles estarão na forma não dissociada, uma vez que a membrana dos microrganismos é permeável a eles, a entrada do ácido é realizada via transporte passivo. No interior das células, os ácidos são dissociados, visto que o pH interno do microrganismo é de aproximadamente 7,0 (superior ao pKa), liberando íons H^+ , ocorrendo assim rápida redução do pH intracelular. Com isso o microrganismo eleva o pH através da

expulsão dos íons H^+ , o que implica em gasto de energia por se tratar de um processo de transporte ativo, retardando assim seu crescimento, chegando ao ponto de levá-lo à morte. Com isso a presença de ácido acético nas silagens é muito importante para a estabilidade aeróbica.

O propionato é um dos ácidos de cadeia curta de maior efeito antimicrobiano, pois reduz o crescimento de leveduras mesmo em pequenas concentrações. Essa característica pode ser atribuída à ação no citoplasma, pela redução do pH celular, impedindo o transporte de aminoácidos entre a membrana celular (Freese et al., 1973). Portanto, uma boa produção de ácido propiônico nas silagens resulta em melhor estabilidade aeróbica. Lobato (2010) avaliando o perfil de fermentação e qualidade da silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 84 idades, encontrou valores médios para os ácidos acético, propiônico, butírico e láctico de 0,24; 0,11; 0,32 e 6,85% da matéria seca, respectivamente. Já Castro (2008), estudando silagens do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia cortados aos 42 e 107 dias de idades de rebrota, observaram teores de ácido propiônico oscilando de 0,58 a 0,14% da matéria seca.

2.4 Consumo e digestibilidade

O valor nutritivo de uma forragem é determinado por sua composição, estando associado diretamente à sua maturidade, e a qualidade dos alimentos é geralmente medida através de seu valor alimentar, o qual se divide em digestibilidade, consumo de matéria seca e eficiência de utilização da energia.

Um dos critérios na avaliação do valor nutritivo de uma forrageira é determinar se ela é capaz de apresentar o consumo de nutrientes necessário para atender as exigências de manutença e produção dos animais. Além disso, a avaliação na digestibilidade desses nutrientes pode fazer com que se saiba se estes estão sendo bem absorvidos pelo animal, além do valor energético da forrageira.

De acordo com Van Soest (1994), a eficiência energética e o consumo apresentam maior variação entre animais e que o estabelecimento de valores alimentares para esses componentes é mais difícil que para digestibilidade. Dessa forma, a digestibilidade é comumente medida e utilizada como parâmetro de qualidade.

O consumo voluntário de matéria seca é uma variável importante que influencia o desempenho animal. Através dele, pode-se determinar a quantidade de nutrientes ingeridos e se obter estimativas da quantidade de produto animal elaborado (Van Soest, 1994). O consumo é controlado por estímulos de fome e saciedade, que operam por intermédio de vários mecanismos neuro-humorais. Os mecanismos homeostáticos que regem o consumo buscam assegurar a manutenção do peso vivo e as reservas teciduais durante a vida adulta. Os mecanismos homeorréticos ajustam o consumo para atender as exigências específicas de vários estágios fisiológicos, como crescimento, prenhez e lactação. O apetite ou impulso de

alimentação é uma função dos requerimentos energéticos, determinados pelo potencial genético ou pela condição fisiológica do animal (Mertens, 1994).

Em condições de alimentação *ad libitum*, a determinação do consumo constitui em um importante critério para as seguintes atividades: a formulação de dietas para bovinos leiteiros e gado de corte; o cálculo da área necessária de pastagens em sistemas extensivos e semi-intensivos; o estabelecimento de culturas de milho e sorgo para a ensilagem, bem como o controle de estoques de alimentos. Isto significa que o grau de exatidão de suas estimativas possui grande importância.

Existem três mecanismos de regulação do consumo voluntário: o fisiológico, onde a regulação é dada pelo balanço nutricional; o físico, relacionado com a capacidade de distensão do rúmen do animal; e o psicogênico, que envolve o comportamento do animal diante de fatores inibidores ou estimuladores relacionados ao alimento ou ao ambiente (Mertens, 1994). Porém a compreensão de como o consumo voluntário de alimentos é controlada ainda não é clara, uma vez que o controle da ingestão não pode ser explicado por um único fator isoladamente (Forbes, 1995).

Em dietas de baixo valor nutritivo e densidade energética, o fator que desempenha o papel mais importante na regulação da ingestão de matéria seca é o enchimento do rúmen, ao contrário de dietas de alta densidade nutricional que se correlacionam mais aos fatores fisiológicos (Van Soest, 1991). Segundo Fonseca & Dias da Silva (2001), os fatores físicos estão associados à qualidade do alimento oferecido e à capacidade deste em distender a parede ruminal, independente do atendimento das necessidades energéticas do animal. Oliveira (1996) observou que em forragens com até 66,7% de digestibilidade da matéria seca, os fatores físicos, enchimento do rúmen, predominavam no controle do consumo voluntário de matéria seca, e que as dietas com digestibilidade maior do que esta, os fatores metabólicos exerciam papel importante.

O consumo e a digestibilidade das diferentes frações da forragem estão ligados à idade da planta, pois, com o avanço no estágio de desenvolvimento, as forrageiras apresentam maiores teores de matéria seca, baixos teores de proteína e de energia disponíveis e, conseqüentemente, altos teores de fibra pouco digestível (Van Soest, 1994). As forrageiras possuem várias substâncias que causam resistência à degradação pelos microrganismos ruminais. Dentre estas substâncias podem ser citados os fenilpropanóides que incluem as ligninas, flavonas, cumarinas, taninos e isoflavonas (Jung & Allen, 1995). A lignina é a principal fração da parede celular reconhecida por reduzir o aproveitamento nutricional do alimento. Segundo Jung & Deetz (1993), a lignificação da parede celular limita a fermentação microbiana, reduzindo a degradação das forragens por três mecanismos: efeito tóxico dos componentes da lignina aos microrganismos; hidratação superficial causada pelas ligações da lignina aos polissacarídeos, o que limita o acesso das enzimas fibrolíticas aos carboidratos; e através da criação de um ambiente hidrofóbico pelo polímero da lignina, o que impede a ação de enzimas hidrofílicas com função em meio aquoso. Os compostos fenólicos, destacando-se os taninos, provocam redução na digestão e utilização metabólica da proteína e das

hemiceluloses (Saliba, 1998). Por isso é importante realizar cortes precoces das plantas forrageiras, com o objetivo de preservar a digestibilidade, o conteúdo de nutrientes, a ingestão de matéria seca e o desempenho animal. Segundo Mir (1991), a maior correlação encontrada entre as características do alimento e o consumo de matéria seca foi para o teor de fibra em detergente neutro, seguindo pela fibra em detergente ácido, lignina, peso do animal, e também nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

O baixo conteúdo de proteína bruta no alimento pode ser limitante tanto para o consumo quanto para a digestibilidade do mesmo, devido à falta de substrato nitrogenado adequado para os microrganismos ruminais. O consumo está também diretamente relacionado à velocidade de esvaziamento do rúmen e à digestibilidade do alimento. Em dietas com forrageiras para ruminantes, a digestibilidade da proteína bruta é influenciada pelo teor de proteína bruta e de energia digestível.

Oba & Allen (1999), afirmaram que a digestibilidade da fibra em detergente neutro é um importante parâmetro para avaliar a qualidade de uma forrageira, porque sua degradabilidade varia extensamente no rúmen, podendo influenciar o desempenho do animal. A fibra em detergente neutro é um fator dietético bastante representativo do volume ocupado pelo alimento, sendo, portanto, inversamente relacionado à densidade energética (Van Soest, 1994). A fibra em detergente neutro em dietas com elevada proporção de fração fibrosa preenche os espaços do rúmen-retículo, levando maior tempo do que os conteúdos celulares para deixar este compartimento utilizando-se de mecanismos de digestão, ruminação e passagem.

Velasco (2009) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, encontrou consumo médio diário de matéria seca, por unidade de tamanho metabólico em ovinos, de 77,71 g/dia. O mesmo autor relatou valores de digestibilidade aparente da matéria seca variando de 56,71 a 66,32%. Já Jayme et al. (2011), avaliando silagem sem aditivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortada aos 56 dias de crescimento, encontraram consumo médio diário de matéria seca, por unidade de tamanho metabólico de 47,70 g/dia e digestibilidade aparente da matéria seca de 57,11%.

Em suma, quanto maior for o consumo de matéria seca pelo animal, menor será a digestibilidade do alimento, o qual terá uma taxa de passagem ruminal elevada, propiciando ao animal boa produtividade, visto que terá suas exigências de manutenção mais a de produção atendidas de forma adequada.

2.5 Técnica de degradação *in situ*

A qualidade da forragem ingerida e sua digestão pelos microrganismos ruminais está diretamente relacionada com o desempenho animal. Por meio da degradabilidade ruminal pode-se avaliar qual o nível de aproveitamento das forrageiras. A avaliação da digestibilidade de uma forrageira, tem como objetivo satisfazer dois interesses básicos: a necessidade de se comparar diferentes forrageiras considerando-se que as mais digestíveis tendem a apresentar

melhor retorno financeiro e produtivo pelos animais que as consumiram; e quando da formulação de modelos mecanísticos que expressem progressiva e verdadeiramente o fenômeno dinâmico da digestão, considerando os fatores circunstanciais inerentes ao alimento oferecido.

Os ensaios de digestibilidade pelo método *in vivo* têm sido utilizados para a determinação da digestibilidade aparente dos alimentos. No entanto, essa metodologia é trabalhosa e de alto custo financeiro, além de exigir grande quantidade do alimento, o que pode não ser possível quando se trata de um programa de avaliação de recursos alimentares para ruminantes. Esta técnica não descreve a diferenciação entre a degradação ruminal e a digestão dos alimentos após o rúmen (Huntington & Givens, 1995).

A técnica *in situ* foi usada inicialmente por Quinn et al. (1939) que utilizaram sacos de seda incubados no rúmen através de uma fístula. Nas últimas décadas, o método *in situ* acrescentou um grande avanço no conhecimento da cinética da degradação de alimentos no rúmen. A técnica da degradabilidade *in situ* consiste da incubação de alimentos em sacos de náilon no rúmen de um animal fistulado em diferentes períodos, aplicando-se um modelo não linear nos dados de desaparecimento obtidos. É uma técnica frequentemente utilizada para estimativa do potencial de degradabilidade, da taxa e extensão de desaparecimento das várias frações constituintes do alimento.

Diversos fatores devem ser observados no momento da adoção da metodologia para que os erros possam ser minimizados. Um aspecto de grande importância é o material em que o alimento será incubado, onde os sacos de tecidos monofilamentosos apresentam estrutura constante e porosidade uniforme (Marinucci et al., 1992). A partir de uma revisão da literatura, Gonçalves et al. (2012) recomendam uma padronização dos procedimentos experimentais da técnica *in situ* visando o alcance de resultados mais realísticos. Para tanto, recomendam o uso de sacolas de incubação confeccionadas em náilon com malha apresentando poros de tamanho variando de 40 a 60 μm . Nocek (1985) observou a diminuição dos valores de desaparecimento da matéria seca de 3 para 8% respectivamente, para as relações de peso da amostra/área do saco de 9,2 para 20,3 mg/cm^2 . Segundo este autor a relação de 12,6 mg/cm^2 resultou em valores de desaparecimento ruminal da matéria seca mais próximos de estudos *in vivo*. A relação de quantidade da amostra e área de tecido deve ser observada. Vazant et al. (1998) recomendam relações entre 10 e 20 mg/cm^2 para diversos tipos de volumosos e concentrados. O tamanho da partícula a ser incubada representa um importante fator de influencia no resultado final. Vazant et al. (1998) recomendam a moagem de 1,5 a 3,0 mm para alimentos concentrados, e de 1,5 a 5,0 mm para forragens, enquanto Ørskov et al. (1988) recomendam uma moagem em peneira com malhas de 5,0 mm quando se trabalha com forragens verdes, úmidas e ensiladas.

Segundo Huntington & Givens, (1995) a incubação dos sacos nas regiões mais aquosas do rúmen, como no saco ventral seria a mais eficiente, pois neste local as bactérias estariam na fase aquosa facilitando a colonização do substrato. Em revisão publicada por Huntington &

Givens (1997), a maioria dos trabalhos citados pelos autores utilizavam cordas com comprimento entre 41 a 51 centímetros em bovinos e 25 centímetros para ovinos.

A lavagem dos sacos após a incubação ruminal objetiva interromper a atividade microbiana e remover toda a digesta ruminal e resíduos de matéria microbiana. O resíduo de microrganismos ruminais na amostra incubada influencia o valor de degradabilidade do nitrogênio, principalmente da fração lentamente degradável. Diferentes metodologias de lavagem têm sido sugeridas: lavagem manual em água corrente até esta sair límpida, lavagem mecânica em máquina com tempos oscilando entre 2 a 15 minutos (Doreau & Ould-Bah, 1992). Cherney et al. (1990) compararam os métodos de lavagem (manual e mecânica) e os tempos de lavagem. Os autores relataram que não houve diferença entre os métodos, porém o desaparecimento da matéria seca foi maior nos maiores tempos de lavagem em comparação com os menores tempos.

A popularidade desta técnica está ligada a sua rápida e fácil execução, requer pequena quantidade da amostra do alimento e possibilita sua exposição ao contato íntimo com o ambiente ruminal, apesar de não estar sujeita à mastigação e ruminação ou fluxo para o trato digestivo posterior. No entanto, deve-se considerar a necessidade de animais canulados no rúmen. As cânulas são implantadas por meio de procedimentos cirúrgicos, para que se possa ter acesso ao conteúdo do rúmen, possibilitando a coleta de amostras ou a introdução de material. O AFRC (1992) adotou esta técnica como metodologia padrão para caracterização da degradabilidade ruminal do nitrogênio já que existem correlações significativas entre o método *in situ* e *in vivo*.

Tomich (2003) avaliando o desaparecimento ruminal da matéria seca através da técnica de sacos de náilon em dois híbridos de sorgo com capim Sudão, cana-de-açúcar e capim elefante relatou valores de desaparecimento da matéria seca de 76,4; 76,6; 66,3 e 75,5%, respectivamente, após 96 horas de incubação ruminal. Moreira et al., (2009) apresentou valores de desaparecimento ruminal da matéria seca do capim *Brachiaria brizantha* de 74,1% após 96 horas de incubação ruminal. Rodrigues et al. (2004) trabalharam com três acessos de *Brachiaria brizantha* cortada aos 42 e 63 dias e observaram valores de degradabilidade ruminal da matéria seca nas faixas de 66,1 a 94,4% para a degradabilidade potencial.

2.6 Técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases

A estimativa da digestibilidade pelo método convencional, ou seja, *in vivo*, é a medida que apresenta o maior grau de confiança. Porém, é um processo demorado e oneroso, não permitindo a avaliação simultânea de um grande número de alimentos. Além do mais, exige um número mínimo de animais por alimento avaliado e grande quantidade de alimento.

O conhecimento da cinética de degradação dos alimentos no rúmen é de extrema importância para o estabelecimento de estratégias eficientes de manejo alimentar para os ruminantes. Existe uma íntima associação entre a fermentação no rúmen com a produção de gases durante a fermentação, sendo que desde a década de 40 várias técnicas vêm sendo desenvolvidas para

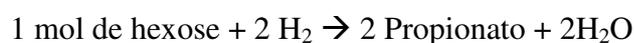
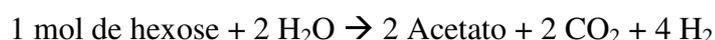
quantificar os gases produzidos com a finalidade de avaliação do valor nutritivo dos alimentos (Quinn, 1943). A técnica de produção de gases foi introduzida como método de rotina na avaliação de alimentos apenas após o trabalho de Menke et al. (1979). Segundo Maurício et al. (2003), a técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases apresenta grande potencial por se tratar de um sistema fechado diminuindo as perdas de partículas quando comparadas com a técnica *in situ*.

Estudos têm demonstrado que a produção de gases possui alta correlação com a digestibilidade do alimento (Menke et al., 1979) e que a fermentação do substrato com a consequente produção de gases apresenta valores com correlação de 0,99 com a degradação da matéria seca. De forma geral, a técnica *in vitro* de produção de gases é similar às demais metodologias de digestibilidade *in vitro*, que usam alimentos moídos, meio anaeróbio e inóculo preparado a partir de uma mistura de microrganismos ruminais (Williams, 2000). Por simular exclusivamente o ambiente ruminal, a produção de gases *in vitro* está mais relacionada à fermentação que ocorre no rúmen que à digestibilidade que ocorre em todo o trato digestivo, o que inclui processo de digestão enzimática, absorção e fermentação cecal.

O processo fermentativo ruminal envolve uma série de reações, onde os microrganismos hidrolisam os polissacarídeos das plantas como a celulose, as hemiceluloses, as pectinas, as frutanas e o amido a monômeros ou dímeros de açúcar, os quais são então fermentados. O desdobramento da energia dos carboidratos, oriundos dos microrganismos ruminais (bactérias, fungos e protozoários), é a produção de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o ácido acético, propiônico e butírico, além dos gases metano e dióxido de carbono (Hobson & Stewart, 1997). Pela técnica *in vitro* de produção de gases, estes ácidos graxos voláteis podem ser mensurados.

Na maioria das situações alimentares o ácido acético é predominante, e com o ácido butírico refletem dietas ricas em forragens, na qual, bactérias celulolíticas predominam. Em contraste, bactérias amilolíticas dominam em dietas enriquecidas com amido, onde o incremento dos teores do ácido propiônico são normalmente observados (Beever & Mould, 2000). A produção de gases oriunda da fermentação ruminal de proteína é relativamente menor que a oriunda de carboidratos, e irrisória quando advém da fermentação de gordura (Getachew et al., 1998).

Hungate (1966) descreveu a estequiometria das reações da fermentação das hexoses no rúmen:



A formação de ácido propiônico é a única reação que precisa de hidrogênio e não gera dióxido de carbono (Van Soest, 1994). O excesso de hidrogênio no rúmen é convertido a metano pelas *Archaea* metanogênicas, de acordo com o balanço estequiométrico a produção de acetato e de butirato promovem maior produção de metano (Tedeschi et al., 2003). O caminho completo da produção de ácidos graxos de cadeia curta para o equivalente-hexose de dietas ricas em forragens é resumida por Beever (1993):

1 mol de hexose \rightarrow 1,34 mol de acetato + 0,45 mol de propionato + 0,11 mol de butirato + 0,61 mol de metano + 1 CO₂ + 4,62 mol de adenosina trifosfato (ATP) + 0,4 H₂O

Um importante aspecto dos sistemas anaeróbicos é que as leis estequiométricas do balanço fermentativo podem ser aplicadas, desde que os produtos da fermentação sejam derivados do substrato incubado. De acordo com Getachew et al. (1998), existe uma elevada correlação entre a produção de gases calculada pela estequiometria e os valores calculados. O balanço estequiométrico permite o cálculo teórico da quantidade equilibrada dos produtos, ácidos graxos de cadeia curta e gases. Se a proporção molar e a quantidade de ácidos graxos de cadeia curta são conhecidas, a quantidade teórica de metano e dióxido de carbono oriundas da fermentação no rúmen pode ser estimada.

As taxas de produção de ácidos graxos variam com o tempo após a ingestão, e com o tipo de alimento. Quando o alimento é a base de concentrado, a curva é mais aguda e o pico de produção ocorre em torno de 2 a 3 horas após a ingestão. De outro modo, quando a dieta consiste de forragem, a curva de produção é menos aguda e o pico ocorre em torno de 4 a 5 hora após a ingestão (Kozloski, 2002).

Vários fatores podem comprometer a fermentação *in vitro* tais como: a fonte e preparo do inóculo, composição e preparo do meio, preparo do substrato, afetando assim, a produção de gases.

O princípio de determinar a degradabilidade ruminal potencial ou fermentabilidade de um alimento por medição dos gases produzidos em uma cultura foi primeiramente desenvolvido por McBee (1953) e Hungate (1966). Trei et al. (1970) adaptaram as primeiras técnicas ao deslocamento da água a um manômetro de cada recipiente para medir os gases produzidos. Embora o método manométrico permita avaliar quantitativamente os ácidos e gases produzidos durante a fermentação, tem a desvantagem de não permitir o manejo de um grande número de amostras, sendo, portanto, de pouca aplicabilidade na rotina para avaliação de alimentos. Similarmente, Jouany & Thivend (1986) usaram medições invertidas em cilindros para determinar o volume de água deslocado, e Beuvink et al. (1992) automatizaram a técnica de deslocamento da água. Deslocamento direto do êmbolo por fermentação de um alimento dentro de uma seringa de vidro foi desenvolvido por Czerkawski & Breckenridge (1975) e foi a base do *Hohenheim Gas Test*, logo desenvolvido por Menke et al. (1979). Blümmel & Ørskov (1993) modificaram a técnica por incubar as seringas em um banho maria e não em um incubador rotatório. A técnica da seringa foi originalmente desenvolvida para determinar o ponto final de fermentação de alimentos, em 24 horas, embora medições do deslocamento

do embolo a intervalos mais frequentes, podem determinar os perfis da cinética da fermentação.

Wilkins (1974) descreveu uma aproximação diferente de medição das cinéticas de fermentação *in vitro*, onde a fermentação foi realizada em garrafas seladas e os gases produzidos foram determinados usando um transdutor ou sensor de pressão para medir o acúmulo de pressão no *head space* da garrafa, este princípio tem sido amplamente adotado por ser simples e sensitivo. A técnica de medição de pressão manual foi descrita por Theodorou et al. (1994), esta metodologia utiliza um transdutor de pressão para avaliação dos gases produzidos durante a fermentação de alimentos, com o auxílio de agulhas hipodérmicas acopladas ao transdutor de pressão com leitor digital, as quais são inseridas manualmente no frasco. O uso da seringa restringe o número de amostras analisadas por experimento, diminui o número de leituras e, conseqüentemente, compromete a descrição da curva de fermentação principalmente durante o período inicial de fermentação (*lag-time*) e muitas vezes compromete a acurácia das leituras devido a possíveis erros cometidos pelo operador.

Maurício et al. (1999) modificaram a técnica de Theodorou et al. (1994) e desenvolveram a *Reading Pressure Technique* (RTP). Usando o mesmo tipo de transdutor, Maurício et al. (1999) eliminaram as leituras através de seringas e passaram a estimar o volume de gases através dos dados de pressão, pela função quadrática da derivada de leituras simultâneas de pressão e volume de gases produzidos.

A técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases (Maurício et al., 1999) apresenta comprovado potencial em descrever a cinética da fermentação no rúmen, fornecer a taxa e a extensão da degradação das forrageiras. Essa técnica permite avaliar grande número de substratos por experimento, apresentando alta acurácia nas medições, simplicidade no manuseio de equipamentos e baixo custo na implantação e por amostra analisada, podendo dessa forma, ser utilizada como metodologia para estudos de triagem e de seleção de forrageiras.

2.7 Energia dos alimentos

Os animais utilizam a energia oriunda dos alimentos através de processos digestivos e metabólicos, os quais são considerados energeticamente ineficientes, devido a perdas energéticas que ocorrem em cada um dos diferentes estágios de assimilação dos nutrientes.

A energia não é considerada um nutriente ou uma porção física do alimento da qual pode-se fazer uma análise de laboratório para determinar a quantidade disponível no alimento, mas sim um parâmetro químico que pode ser mensurado. No entanto, o conhecimento do valor energético de um alimento é importante para o bom desempenho dos ruminantes, e merece atenção especial dos nutricionistas no que diz respeito às exigências do animal e à disponibilidade nos alimentos. Os carboidratos, proteínas e lipídeos dos alimentos agem como combustível para os processos vitais dos seres vivos, e cada um desses nutrientes apresenta diferente potencial de gerar energia na combustão (Resende et al., 2006). Segundo Lawrence

& Fowler (2002), a combustão completa da glicose é capaz de gerar 3,7 Mcal/kg, a celulose gera 4,2 Mcal/kg, o óleo vegetal 9,3 Mcal/kg e as proteínas 5,6 Mcal/kg.

A energia só pode ser mensurada durante sua transformação de uma forma para outra. A energia contida nos diferentes alimentos não pode ser medida diretamente, mas pode ser estimada a partir da oxidação completa dos alimentos em bomba calorimétrica, onde uma amostra do alimento é colocada sobre uma resistência elétrica, em um recipiente imerso em água, regulados de acordo que, tanto água, quanto amostras estejam na mesma temperatura. Quando se passa uma corrente elétrica na resistência, a amostra é oxidada (combustão completa), desprendendo calor e aquecendo a água. A diferença de temperatura antes e depois da oxidação permite calcular quanto de energia desprendeu-se do alimento.

Historicamente, a unidade de calor usada para descrever o valor de energia gerado pelo alimento sobre uma combustão completa foi o teor calórico (Lawrence & Fowler, 1997). A definição das calorias é a quantidade de calor gerado quando a massa de um grama de água eleva-se 1°C (14,5°C para 15,5°C). Embora a unidade de caloria seja mais tradicional, essa não é considerada como padrão pelo Sistema Métrico Internacional que utiliza o Joule (1 cal equivale a 4,184 J). As razões para adoção do Joule é a sua capacidade de conversão em outras unidades de energia utilizadas pelos demais ramos da ciência. Por exemplo; um joule é o trabalho necessário para exercer a força de um newton pela distância de um metro, ou o trabalho feito para produzir energia de um watt por um segundo. Muitos sistemas europeus já adotam o joule como unidade padrão, entretanto nos Estados Unidos e América Latina, a unidade de caloria é a mais utilizada. As diversas unidades de energia refletem o fato de que a energia pode ser medida tanto em termos de trabalho ou calor.

A energia é liberada do alimento após complexos processos metabólicos, sendo que os constituintes orgânicos das dietas são sensíveis à oxidação. Algumas moléculas não são oxidadas, mas são imediatamente reconstituídas em novas estruturas moleculares incorporadas aos tecidos dos animais (Lawrence & Fowler, 1997).

A produção de energia durante a oxidação fisiológica é aproveitada pelo animal para manutenção, por exemplo, estimulando o movimento de vários músculos para o bombeamento do sangue para o coração, o diafragma e os músculos intercostais colaborando na respiração, na homeotermia, e na manutenção da temperatura corporal (Lawrence & Fowler, 1997).

Em toda atividade que o animal realiza é transferida energia para o meio ambiente como forma de calor o que é coerente com a primeira lei da termodinâmica, a qual consiste no fato de que a energia não pode ser criada ou destruída, e sim ser trocada entre organismo e meio ambiente (Marchini et al., 2005).

Ao longo do processo de digestão e metabolização, parte significativa da energia é perdida nas fezes, na urina, ou na forma de gases decorrentes do processo de fermentação (metano). Da energia restante, parte é utilizada pelo animal para manutenção da sua homeostase ou gasta nos processos de digestão e absorção, e parte é recuperada sob a forma de produto

animal. A quantificação de todas as perdas energéticas pelos ruminantes só foi possível após a descoberta do metano nos gases espirados e a compreensão dos fatores que influenciam a perda de calor (Van Soest, 1994).

Como o fluxo de energia pelo organismo animal obedece à lei de conservação da energia, a quantidade de energia contida no alimento é equivalente ao somatório da perda energética fecal, urinária e gasosa, da produção de calor e da energia recuperada.

A energia química liberada da combustão completa dos alimentos (bomba calorimétrica) a dióxido de carbono e água é denominada energia bruta, pois não existe nenhuma indicação se o animal pode aproveitá-la, e quanto pode ser aproveitada devido às perdas variáveis no processo de digestão e metabolização (NRC, 2000). Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com diferentes idades, encontrou teor médio de energia bruta de 4,08 Mcal/kg de matéria seca.

A energia é representada a partir das seguintes formas: energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) (Figura 1).

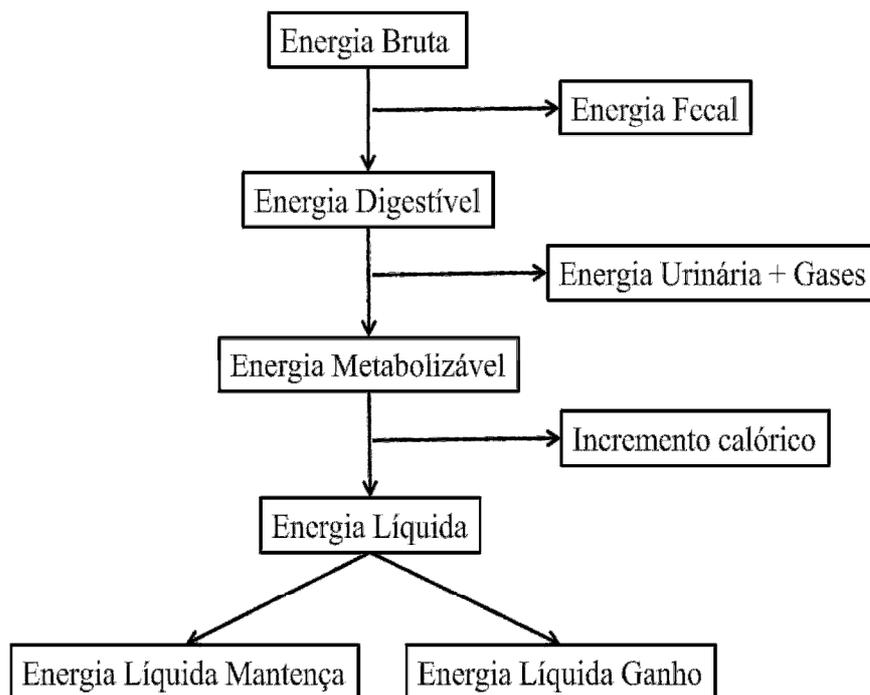


Figura 1. Partição da energia no animal (Adaptado de Ferrel, 1988).

A primeira perda de energia que ocorre equivale à fração não digerida que se perde nas fezes. Com isso a energia digestível é a diferença entre a EB consumida e a excretada nas fezes, sendo rotineiramente determinada em ensaios de digestibilidade (NRC, 2000). Tal perda varia de acordo com a digestibilidade dos alimentos, sendo que dietas ricas em concentrados apresentam maior energia digestível do que se comparado a dietas volumosas. Um ponto importante quanto os carboidratos fibrosos, é que a estrutura organizacional da parede celular

vegetal e as interações estabelecidas entre hemiceluloses, celulose e lignina são determinantes na sua digestibilidade.

A avaliação da ED reflete a digestibilidade da dieta e pode ser medida com relativa facilidade, mas a ED medida é a ED aparente, pois não considera a fração endógena, ou seja, as perdas por secreções, descamações do sistema digestivo e as bactérias.

A energia metabolizável é calculada descontando-se da ED as perdas energéticas na forma de urina e gases, representando a fração energética que será utilizada pelo animal ou perdida como calor. As perdas energéticas pela urina são provenientes da energia de compostos absorvidos e não utilizados, produtos finais dos processos metabólicos e os de origem endógena. Já a perda de energia por gases deve-se à produção de metano pelas bactérias presentes no rúmen, as quais utilizam carboidratos fibrosos como substrato. A proporção de energia perdida na forma urinária e na forma de gases em dietas balanceadas é pouco variável.

A energia líquida (EM menos o incremento calórico) é definida como a quantidade de energia disponível para os processos de manutenção e para os fins produtivos, sendo subdividida, em função de diferenças na eficiência energética, em energia líquida de manutenção e energia líquida de produção. O incremento calórico consiste na produção de calor associada à ingestão de alimento e metabolização dos nutrientes. Com isso, quanto maior for o incremento calórico de um nutriente, menor será a eficiência de utilização da energia pelo animal. Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* na forma verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, encontrou consumo médio de energia líquida para ovinos de 124,36 kcal/kg de unidade de tamanho metabólico. Já Machado (2010) trabalhando com silagens de sorgo encontrou valores médios de consumo de energia líquida de 71,09 kcal/kg de unidade de tamanho metabólico.

A medida que o consumo de nutrientes pelo animal aumenta, o incremento calórico tende a elevar isso porque é necessário maior gasto energético para os processos de digestão e transporte. Outro fator é a composição da dieta, onde segundo o AFRC (1993) e o CSIRO (2007), a eficiência de utilização da energia está diretamente relacionada à concentração de EM da dieta, uma vez que dietas mais concentradas produzem menor incremento calórico, quanto comparadas a dietas baseadas em alimentos volumosos e de menor concentração energética. De acordo com Chwalibog (2004) o incremento calórico em dietas ricas em forragem pode representar cerca de 35 a 60% da energia metabolizável.

A energia líquida de manutenção é aquela gasta para a produção de calor pelo metabolismo basal e pelo gasto energético decorrente da atividade voluntária e da termorregulação, devendo ser medida com o animal em repouso e em estado pós-absortivo (jejum) (Diener, 1997). A primeira forma de utilização da energia metabolizável disponível é para manter o animal vivo, a partir daí é que o restante de energia metabolizável, descontado o incremento calórico, estará disponível para atender as exigências de produção (leite, carne, lã, gestação e tecidos).

A metabolizabilidade (q) é expressa como a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta da dieta. Ela é subdividida em duas partes; q_m (quando o animal está consumindo no nível de manutenção) e q_L (quando o animal está consumindo acima das exigências de manutenção) sendo L o nível de ingestão dado em múltiplos da manutenção. Níveis altos de ingestão de matéria seca e aumento da taxa de passagem, podem levar a queda da digestibilidade e aumento das perdas fecais, resultando assim na redução no valor da metabolizabilidade (Geay, 1984).

A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (K_m) é obtida pela divisão da energia líquida para manutenção (produção de calor em jejum) pela energia metabolizável para manutenção (não há retenção de energia). Enquanto que a eficiência de utilização da energia nos tecidos ou produtos pode ser expressa como K_g , a qual deriva da divisão da energia líquida para ganho pela subtração da energia metabolizável pela energia metabolizável para manutenção, $K_g = EL_g / (EM - EM_m)$.

As exigências de energia para manutenção podem ser influenciadas por fatores como raça, sexo, idade, ambiente e estágio fisiológico (NRC, 1996), uma vez que estes podem alterar a composição corporal dos animais. A atividade metabólica da proteína corporal é muito mais intensa que a do tecido adiposo, o que tende a elevar as exigências de manutenção, por unidade de tamanho metabólico, em animais com maiores proporções de músculos ou de menor maturidade fisiológica (Garrett, 1980). Além disso, o tamanho de órgãos internos com elevada taxa metabólica, como é o caso do fígado, do coração e do trato gastrointestinal, afeta a quantidade de energia requerida para manutenção (Ferrel, 1988). Segundo o NRC (1981), toda produção de calor pelo animal é composta pela produção de calor decorrente do metabolismo basal, da atividade voluntária, da termorregulação, da digestão e absorção, da fermentação no aparelho digestório, da formação e excreção de resíduos, e da formação de produtos.

2.8 Calorimetria indireta

A ideia principal da calorimetria é a mensuração do calor produzido pelo organismo, o qual pode ser definido de duas formas. A primeira delas é através da calorimetria direta, onde se determina de forma direta o calor produzido por meio da alteração de temperatura. A segunda possibilidade é pela forma indireta, onde a quantificação de calor é determinada por meio de subprodutos do metabolismo animal (trocas gasosas), recebendo o nome de calorimetria indireta (Diener, 1997).

A calorimetria indireta é baseada no princípio de que a produção de calor metabólico é resultado da oxidação de compostos orgânicos. Dessa forma, se fossem oxidados completamente todos os compostos, a produção de calor poderia ser calculada pela quantidade de oxigênio consumida e a quantidade de gás carbônico produzida. Entretanto, outras duas formas de perda de calor devem ser consideradas: a oxidação incompleta da proteína, a qual determina a formação de compostos nitrogenados combustíveis que são excretados com a urina, sendo a ureia o principal composto; e a fermentação anaeróbica, que produz gases

combustíveis, principalmente o metano, devendo dessa maneira ser também computada no cálculo (Resende et al., 2006).

Por causa da complexidade dos calorímetros diretos, especialmente para uso com grandes ruminantes, a maioria dos métodos calorimétricos utilizados a partir da segunda metade do século XX tem sido a calorimetria indireta. Existem diversas técnicas para medir as trocas gasosas na respiração e todas elas levam em consideração o consumo de oxigênio e a produção de gás carbônico por unidade de tempo, sendo que as câmaras podem ser de circuito fechado ou aberto (Resende et al., 2006).

A câmara respirométrica de circuito fechado consiste em alojar o animal em uma câmara fechada onde se tem o controle da temperatura e da umidade. Uma bomba de ar realiza a circulação deste em recipientes contendo substâncias desumificadoras e em seguida para outro recipiente que contém outra substância capaz de absorver o gás carbônico; em seguida o ar retorna para o interior da câmara. Em outra parte do equipamento, um cilindro contendo oxigênio é utilizado para manter a concentração deste gás no interior da câmara. Para manter a pressão no sistema é utilizado um sensor que realiza o controle desta, permitindo a passagem de ar para outro recipiente. Neste sistema, a determinação pela quantidade de gás carbônico eliminado pelo organismo é realizada por meio da pesagem do recipiente com o absorvente de gás carbônico antes e após cada ciclo de mensuração. De forma semelhante, a determinação da quantidade de oxigênio consumido é feita por meio da pesagem do cilindro que contém o gás, antes e após cada período de mensuração. Para maior precisão do sistema, alíquotas de ar presentes no interior da câmara, antes e após cada ciclo de mensurações, são coletadas e analisadas por cromatografia. Dessa forma, conhecendo-se o volume interno da câmara, pode-se determinar a quantidade de cada gás presente no seu interior, antes e após cada ciclo de mensuração, sendo estes valores utilizados para o cálculo da quantidade total de gás carbônico produzido e de oxigênio consumido pelo animal (Kleiber, 1975).

Sistemas de circuito fechado foram usados extensivamente para humanos e pequenos animais (Resende et al., 2006). No entanto, uma grande limitação desse sistema é o alto custo dos produtos químicos utilizados para absorver o gás carbônico (Blaxter et al., 1972) e o acúmulo de metano no interior do sistema, quando utilizado para ruminantes, fazendo com que seja inadequado para estes animais. Outro entrave é a impossibilidade de avaliar a evolução dos valores de produção e o consumo de cada gás ao longo do tempo, visto que não possui um sistema de análise simultânea e coleta de dados.

Nas câmaras de circuito aberto, os animais são alojados em uma câmara que não permite trocas gasosas, exceto pelo próprio sistema de circulação de ar. Através de uma bomba, o ar externo passa pela câmara em fluxo constante, sendo o ar amostrado na entrada e na saída para determinação da composição de oxigênio, gás carbônico e metano. Conhecendo-se a quantidade de ar que passa através da câmara e a composição dos gases, pode-se calcular as quantidades de gás carbônico e de metano produzidas e a quantidade de oxigênio consumida (Resende et al., 2006).

Na calorimetria indireta a produção de calor é medida pelas relações entre a produção de CO₂ e o consumo de O₂ (CO₂/O₂). Esta relação é conhecida como quociente respiratório. Segundo Resende et al. (2006) os quocientes respiratórios de carboidratos, proteínas e gordura são 1,0; 0,8 e 0,7 respectivamente. Essa metodologia está baseada no princípio que a produção de calor metabólico é resultado da oxidação de compostos orgânicos. No entanto, outras formas de perda de calor devem ser consideradas. A produção de metano no trato gastrointestinal e a excreção de compostos nitrogenados como a ureia através da urina. Assim, a equação sugerida para o cálculo da produção de calor (H) pelos ruminantes é (Brouwer, 1965):

$$H \text{ (kj)} = 16,18 * O_2 \text{ (L)} + 5,02 * CO_2 \text{ (L)} - 5,99 * N_u \text{ (g)} - 2,17 * CH_4 \text{ (L)}$$

Por meio da câmara respirométrica, método não invasivo, é possível determinar o valor de energia líquida necessária para manutenção do animal, o incremento calórico da dieta e consequentemente o valor de energia líquida da dieta quando têm-se o teor de energia metabolizável da mesma.

Velasco (2011) estudando a produção de calor em ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde encontrou produção de 105,70 kcal/UTM, e Teixeira et al. (2011) avaliando o capim elefante, relatou uma produção de calor de 108,20 kcal/UTM. Em ambos os experimentos foi utilizada a técnica de calorimetria indireta.

2.9 Metanogênese no trato gastrointestinal de ruminantes

A metanogênese é parte do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes e ocorre principalmente no pré-estômago (rúmen). O metano traduz-se em um coproduto da fermentação entérica dos ruminantes, pois a sua formação é utilizada como uma rota dissipadora do acúmulo de hidrogênio (H₂). A fermentação ruminal dos alimentos é um processo anaeróbico que converte os componentes dietéticos em AGVs, proteína microbiana, vitaminas, CO₂ e H₂. Os carboidratos (estruturais e não estruturais) são convertidos a piruvato que, posteriormente, seguem as rotas metabólicas para formação de AGVs como o ácido acético, propiônico e butírico, principalmente. As *Archaea* metanogênicas removem H₂ e reduzem CO₂ para formar CH₄. A produção de CH₄ mantém a concentração baixa de hidrogênio no rúmen, o que permite às *Archaea* metanogênicas promoverem o crescimento de outras espécies bacterianas e prover uma fermentação mais eficiente (Van Soest, 1994).

As reações envolvidas na formação de acetato e butirato são inter-relacionadas e interconectivas, se dando a partir da acetil CoA. A formação do propionato possui duas vias de reação, na primeira existe a formação de oxaloacetato e succinato, e a segunda envolve a formação de acrilato. Segundo Van Soest (1994) para a síntese de acetato, propionato e butirato têm-se as seguintes reações:

Acetato:



Propionato:

Piruvato + CO₂ → fumarato + 2H → C₃H₆O₂ + CO₂ (via succinato)

Piruvato → lactato + H₂O → acrilato + 2H → C₃H₆O₂ (via acrilato)

Butirato:

Piruvato → C₄H₈O₂ + CO₂ + 2H

Analisando-se estas reações observou-se que como resultado da produção dos AGVs (exceto o propionato) ocorre produção de hidrogênio em excesso, que precisa ser removido do rúmen para o processo de fermentação e crescimento microbiano continuar de forma eficiente (Immig, 1996). McSweeney & McCrabb (2001) relataram que os efeitos adversos do acúmulo de H₂ no rúmen incluem a inibição da reoxidação de cofatores reduzidos (NADH, NAPH e FADH) e o acúmulo de lactato ou etanol, o que proporciona queda de pH, tendo como consequência a redução da eficiência do crescimento de microrganismos que degradam a fibra da dieta. Portanto, o CH₄ é um subproduto da fermentação ruminal, e sua produção serve como redução de hidrogênio (Johnson & Johnson, 1995).

O processo de digestão microbiana ruminal é complexo e delicado, necessitando de equilíbrio dos ecossistemas, no qual as *Archaea* metanogênicas preenchem um nicho importante por reduzir o dióxido de carbono e hidrogênio a metano e água (Beauchemin et al., 2008).

$$\text{CO}_2 + 8\text{H} \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

Para Joblin (1999), a gestão do H₂ no rúmen é a chave para controlar as emissões de CH₄ pelos ruminantes. As *Archaea* metanogênicas, responsáveis pela produção de CH₄, formam um grupo distinto de microrganismos, possuindo cofatores (coenzima M, F420, F430) e lipídeos (ésteres de isopranyl glicerol) únicos (McAllister et al., 1996). A parede celular destes microrganismos é composta por pseudomureina, proteína, glicoproteína ou heteropolissacarídeos e a sequência de nucleotídeos indica uma evolução inicial distinta das bactérias (Ishino et al., 1998).

Apesar de várias espécies metanogênicas terem sido isoladas em diversos habitats anaeróbios, somente duas, *Methanobrevibacter ruminantium* e *Methanosarcina sp.* foram encontradas em populações maiores que 1 x 10⁶/mL no rúmen (McAllister et al., 1996). No rúmen, as *Archaea* são encontradas associadas a protozoários ciliados e justapostas com bactérias, não sendo essa, uma localização obrigatória (Finlay et al., 1994). Para Ushida & Jouany (1996), as metanogênicas podem ser encontradas tanto aderidas na superfície celular dos protozoários, como na fase intracelular dos mesmos. Considerando-se que os protozoários ciliados têm um grande potencial de produção de hidrogênio no rúmen (Ushida & Jouany, 1996), a soma da associação das metanogênicas com estes ciliados indica uma relação simbiótica, em que as metanogênicas, por utilizarem o hidrogênio produzido pelos ciliados, favorecem a manutenção de um ambiente ruminal adequado ao desenvolvimento destes microrganismos (Van Soest, 1994).

As espécies metanogênicas têm grande afinidade em sintetizar CH₄ a partir de H₂ e CO₂ para gerar suas necessidades energéticas para o crescimento. Elas também têm a capacidade de sintetizar CH₄ a partir do formato e, em menor grau, a partir do metanol, mono, di e tri-metilamina e acetato, mas é a redução do CO₂ a via preferencial. A conversão anaeróbia da matéria orgânica em CH₄ no rúmen envolve um consórcio de microrganismos ruminais, com a etapa final realizada pelas metanogênicas (McAllister et al., 1996).

O metano resultante da metanogênese representa uma perda de energia da dieta para o animal, que estequiometricamente pode representar até 18% da energia bruta. Para Valadares Filho & Pina (2006) essa perda pode variar de 6 a 8% da energia bruta da dieta. Berndt (2010) compilou uma série de dados resultantes de experimentos nacionais, e observou perdas de energia variando de 3,5 a 11,8%, constatando uma produção média de 51,5 kg de CH₄/animal/ano. Segundo Gibbs et al. (1989) a produção e emissão de gás metano em ruminantes acarretam em significativas perdas que variam entre 4 e 12% do total de energia bruta ingerida.

A proporção da dieta digerida no intestino grosso ocorre principalmente no ceco e cólon proximal, sendo o tempo de permanência da digesta muito inferior ao do rúmen. O intestino grosso é responsável por cerca de 12 a 17% da produção de AGVs e de 6 a 14% da produção de CH₄ do animal por dia (Immig, 1996). Deste total, aproximadamente 89% é absorvido pelo sangue e expirado através dos pulmões, indicando que apesar de haver produção de CH₄ no trato digestório posterior a maior parte (98%) do total de CH₄ produzido é expirado pela boca e orifícios nasais.

Segundo McAllister et al. (1996), dentre as principais variáveis que influenciam a produção de metano em ruminantes, pode-se citar os fatores nutricionais (quantidade e tipo de carboidratos, nível de ingestão, presença de lipídeos, entre outros), os metabólicos (taxa de passagem da digesta), fatores ambientais (temperatura), manejo dos animais, além de estado fisiológico, tamanho corporal e principalmente a população de microrganismos ruminais (protozoários e bactérias).

2.10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. *Energy and requirements of ruminants*. Wallingford, CAB International. 1993. 159p.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical committee on responses to nutrients: Nutritive requirements of ruminant animal protein. *Nutrition Abstract Reviews*, v.68, p.65-71, 1992.
- AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. et al. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.3, p.532-539, 2007.

- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. *Nutrição Animal*, Curitiba, Nobel, 1985. Vol. 1.
- ASSIS, G.M.L.; EUCLYDES, R.F.; CRUZ, C.D. et al. Discriminação de espécies de *Brachiaria* baseada em diferentes grupos de caracteres morfológicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.576-584, 2003.
- BARNETT, A.J.G. Silage fermentation. London Butterworths *Sci. Publ.* 1954.
- BEAUCHEMIN, K.A.; KREUZER, M.; O'MARA, F. et al. Nutritional management for enteric methane abatement: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. v.48, p.21-27, 2008.
- BEEVER, D.E. Rumen function. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Ed). *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Wallingford: CAB International Publishing, 1993. p. 187-215.
- BEEVER, D.E.; MOULD, F.L. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E et al. (Ed). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford: CAB International Publishing, 2000, p.15-42.
- BERGAMASCHINE, A.F.; ALVES, J.B.; ANDRADE, P. et al. Efeito da lotação sobre o desenvolvimento de novilhos Guzerá recebendo suplemento múltiplo, durante a época da seca. In: XXXV Reunião Anual da Soc.Bras.Zoot., v.1, p.230. *Anais...*, Botucatu, 1998.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; AMARAL, R.C. et al. Produção e composição do efluente das silagens de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) submetidas à adição de polpa cítrica peletizada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. (CD-ROM)
- BERNDT, A. Estratégias nutricionais para redução de metano. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL 4., 2010, São Pedro, SP. *Anais...* São Pedro: CLANA: CBNA: AMENA, 2010. p.295-306.
- BEUVINK, J.M.W. SPOELSTRA, S.F. HOGENDORP, R.J. An automated method for measuring time-course of gas production of feedstuff incubated with buffered rumen fluid. *Neth Journal Agriculture Science*, v.40, p.401-407, 1992.
- BLAXTER, K.L.; BROCKWAY, J.M.; BOYNE, A.W. A new method for estimating the heat production of animals. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, v.57, p.60-72, 1972.
- BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology*, v.40, p.109-119, 1993.
- BRITO, C.J. F.A.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C. Anatomia quantitativa da folha e do colmo de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.3, p.519-528, 2004.
- BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. Proc 3rd Symp. *On Energy Metabolism*, EAAP Publ. N° 11. p.441-443, 1965.
- CAMPOS, F.P.; LANNA, D.P.D.; BOSE, M.L.V. Degradabilidade do capim-elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método *in vitro*/gás. *Scientia Agrícola*, v.59, n.2, p.217-225, 2002.

- CASTRO G.H.F. *Silagens de capim Tanzânia (Panicum maximum cv. Tanzânia) em diferentes idades*. 2008. 125p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.5, p.919-927, 1999.
- CHAGAS, L.A.C.; BOTELHO, S.M.S. Teor de proteína bruta e produção de massa seca do capim-braquiária sob doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, v.21, n.1, p.35-40, 2005.
- CHERNEY, D.J.R.; MERTENS, D.R.; MOORE, J.E. Intake and digestibility by wethers as influenced by forage morphology at three levels of forage offering. *Journal of Animal Science*, v.68, p.4387-4399, 1990
- CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production – The fire of life. *Research School of Nutrition and Physiology*, 2004.
- CLAYTON, W.D.; RENVOISE, S.A. Genera graminium: grasses of the world. *Royal Botanic Gardens, Kew*. 1986. p. 389.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. Nutrient requirements of domesticated ruminants. Collingwood: CSIRO Publishing, 2007. 296p.
- CORRÊA, L.A.; POTT, E.B.; CORDEIRO, C.A. Integração de pastejo e uso de silagem de capim na produção de bovinos de corte. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 2, 2001, Viçosa. *Anais...*, Viçosa: UFV, DZO, 2001. p.159-185.
- CZERKAWSKI, J.W.; BRECKENRIDGE, G. New inhibitors of methane production by rumen micro-organisms. Development and testing of inhibitors *in vitro*. *British Journal Nutrition*. Cambridge, v.34, n.3, p.429-444, 1975.
- DESCHAMPS, F.C.; RAMOS L.P. Método para a determinação de ácidos fenólicos na parede celular das forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1634-1639, 2002.
- DIENER, J.R.C. Calorimetria indireta. *Revista da Associação Médica do Brasil*. 1997. 43(3): 245-53
- DOREAU, M.; B.; OULD-BAH, M.Y. In vitro and in sacco methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. *Animal Feed Science and Technology*, v.40, p.57-86, 1992.
- EDWARDS, R.A.; DONALDSON, E. MCGREGOR, A.W. Ensilage of Whole-crop barley. I. Effect of variety and stage of growth. *Journal Science Food and Agriculture*, London, 19: 656-60, 1968.
- ELFERINK, S.J.W.H.O.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C. et al. Silage Fermentation Processes and Their Manipulation. IN: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE-SILAGE MAKING IN THE TROPICS, WITH PARTICULAR ENPHASIS ON SMALLHOLDERS, 1999, Roma. *Proceedings...* Roma: FAO, 1999. p.17-30.
- EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; PEREIRA, R.C. Perdas na conservação de forragens. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2004. p.75-112.

- FARIA, V.P. de. *Efeito da maturidade da planta e diferentes tratamentos sobre a ensilagem de capim elefante (Pennisetum purpureum Schum.) Variedade Napier*. Tese (doutorado) 1971. 78p. Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FERREL, C.L. Energy Metabolism. In: CHURCH, D.C. (Ed). *The ruminant animal. Digestive Physiology and Nutrition*. Englewood Cliffs: Waveland Press Inc., 1988, p. 250-268.
- FINLAY, B.J.; ESTEBAN, G.; CLARKE, K.J. et al. Some rumen ciliates have endosymbiotic methanogens. *FEMS Microbiology Letters*, Delft, v. 117, p. 157-161, 1994.
- 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.
- FORBES, J.M. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Wallingford: CAB International, 1995. 532p.
- FREESE, E.; SHEW, C.; GALLIERS, E. Function of lipophilic acids as antimicrobial food additives. *Nature*, v.24, p.321-325, 1973.
- FRITZ, J.O.; MOORE, K.J.; JASTER, E.H. Digestion kinetics and cell wall composition of Brown midrib sorghum x sudan Grass morphological componets. *Crop Science*, v.30, p.213-219, 1990.
- GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. *Journal of Animal Science*, Savoy, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.
- GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science* 58:766, 1984.
- GERARDO J.; OLIVA, O. *Revista de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”*, Matanzas, Cuba 2:47. 1979.
- GETACHEW, G.; BLUMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S. et al. *In vitro* gás measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.72, n.3-4, p.261-281. 1998.
- GIBBS, M.J.; LEWIS, L.;HOFFMAN, J. Reducing methane emissions from livestock: opportunities and issues. In “*Proceedings of a Workshop Held at Palm Springs, California*”. EPA400/1-89/002, 1989.
- GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; WAGNER, E.E. Potencial agrícola da região de cerrados brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, n.15, p.1-17, 1988.
- GONÇALVES, J.S. NEIVA, J.N.M. VIEIRA. N.F. et al. Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de diferentes níveis dos subprodutos do processamento da acerola (*Malpighia glabra*) e goiaba (*Psidium guajava*). *Revista Ciência Agronômica*, v.35, n.1, p.131-137, 2004.
- GONÇALVES, L.C.; TOMICH, T.R.; JAYME, D.G.; et al. Avanços e desafios tecnológicos na avaliação de forrageiras tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 2012, Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2012]. (CD-ROM)
- HENDERSON, N. Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*, v.45, n.1, p.35-56, 1993.
- HOBSON, P.N. Introduction. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London: Blackie Academic and Professional, p.1-9, 1997.

- HUNGATE, R. E. *The rumen and its microbes*. New York: Academic Press, 1966. 533p.
- HUNTINGTON, G.B.; GIVENS, D.I. Studies on *in situ* degradation of feeds in the rumen: Effect of species, bag mobility and incubation sequence on dry matter disappearance. *Animal Feed Science and Technology*, v.64, p.227-241, 1997.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews (Serie B)*, v.65, p.63-93, 1995.
- IMMIG, I. The rumen and hindgut as source of ruminant methanogenesis. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 42, p. 57–72, 1996.
- ISHINO, Y.; KOMORI, K.; CANN, I.K.O. et al. A novel DNA polymerase family found in *Archaea*. *Journal of Bacteriology*, Washington, v.180, p.2232-2236, 1998.
- JAYME, C.G.; GONÇALVES, L.C.; MOLINA, L.R. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de *Brachiaria brizantha* cv marandu adicionada de aditivos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.63, n.3, p.704-711, 2011.
- JAYME, C.G.; MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Determinação do momento de colheita da *Brachiaria brizantha* (hochest.) stapf. cv. Marandu para produção de silagem. *Ciência & Agrotecnologia*, Lavras, v.33, p.586-591, 2009.
- JOBLIN, K.N. Ruminal acetogens and their potential to lower ruminant methane emissions. *Australian Journal Agricultural Research*, v.50, n.8, p.1321-1327, 1999.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane Emissions from Cattle. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2483- 2492, 1995.
- JONES, R.; JONES, D.I.H. The effect of in-silo effluent absorbents on effluent production and silage quality. *Journal of agricultural engineering research*, 64, p.173-183, 1996.
- JONSSON, A.; PAHLOW, G. Systematic classification and biochemical characterization of yeast growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* culture. *Animal Research and Development*. v.20, p.7-22, 1984.
- JOUANY, J. P.; THIVEND, P. *In vitro* effect of avoparcin on protein degradability and rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.15, n.3, p.215–229, 1986.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2774-2790, 1995.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: Jung, H.G.; Buxton, D.R.; Hatfield, R.D (Eds.). Forage cell wall structure and digestibility. Madison: American Society of Agronomy, 1993. p. 315-346.
- KELLER-GREIN, G.; MAASS, B.L.; HANSON, J. Natural variation in *Brachiaria* and existing germoplasma collections. In: Miles, J.W.; Maass, B.L.; Valle C.B., Ed. *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Cali: CIAT/Brasília: EMBRAPA-CNPGC, 1996. p.16-42
- KLEIBER, M. *The Fire of Life: an introduction to animal energetics*. Ver. Ed. New York: Robert E. Krieger Publishing CO, 1975. 453p.
- KOZLOSKI, G.V. *Bioquímica dos ruminantes*. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 140 p.

- LAVEZZO, W. Ensilagem do capim elefante In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. 12, 1993. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993. p.169-245.
- LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. *Growth of Farm Animals*. 2nd Edn., CABI Publishing, Oxon, UK., p.347, 2002.
- LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. *Growth of Farm Animals*. CAB International 1997, 321p.
- LEIBENSPERGER, R.Y.; PITT, R.E. A model of clostridial dominance in silage. *Grass and Forage Science*, 42(3):279-317, 1987.
- LOBATO, F. C. L. *Avaliação agronômica, perfil de fermentação e qualidade da silagem da Brachiaria decumbens*. 2010.53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Composição bromatológica e produção de efluente de silagens de capim-tanzânia sob efeitos do emurchecimento, do tamanho de partícula e do uso de aditivos biológicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.726-735, 2005.
- MACEDO, M.C.M. Análise comparativa de recomendações de adubação em pastagens. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 21, 2004, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, FEALQ, 2004. p.317-356.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrado: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBZ/UFG, 2005. p.56-84.
- MACHADO, F.S. *Digestibilidade, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagens de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação*. 2010. 109 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- MACKAY, J.H.E. Register of Australian herbage plant cultivars. *Common wealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO)*, Canberra, A.C.T., Australia. 1982, 122p.
- MARCHINI, J.S.; FETT, C.A.; FETT, W.C.R. et al. Calorimetria - aplicações práticas e considerações críticas. *Fitness & Performance Journal*, v.4, n.2, p.90-96, 2005.
- MARINUCCI, M.T.; DEHORITY, B.A.; LOERCH, S.C. *In vitro* and *in vivo* studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. *Journal of Animal Science*, 70(1):296-307, 1992.
- MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, v.79, p.321-330, 1999.
- MAURÍCIO, R.M.; TOMICH, T.R.; ANDRADE FILHO, R. et al. Comparison between *in vitro* gas production and *in situ* method for evaluating rumen dry matter degradation of maize grain and tropical grasses. IN: WILD AND DOMESTIC HERBIVORE DIET CHARACTERIZATION, 2003, Yucatán. *Proceedings...*Yucatán: UADY / CSIRO / ID-IDLO, 2003.

- McALLISTER, T.A.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W. et al. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, v.76, p.231-243, 1996.
- McBEE, R. H. Manometric method for the evaluation of microbial activity in the rumen with application to utilization of cellulose and hemicelluloses. *Applied Microbiology*, Washington, v.1, n.1, p.106–110, 1953.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J.F.D. *Nutricion animal*. 4.ed. Zaragoza: Acribia, 1993. 571p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Aberystwyth: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- McDONALD, P.; STIRLING, A.C.; HENDERSON, A.R. et al. Fermentation studies on red clover. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.16, n.5, p.549-557, 1965.
- McDONALD, P.; WHITTENBURY, R. The ensilage process. *Chemistry and Biochemistry of Herbage*, New York, 3(28): 33-60, 1973.
- McSWEENEY, C.S.; McCRABB, G.J. Inhibition of rumen methanogenesis and its effects on feed intake, digestion, and animal production. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE – GGAA, 1., 2001, Hokkaido. *Proceedings...* Hokkaido: Greenhouse Gases and Animal Agriculture, 2001. p.96-104.
- MENKE, K.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STEINGASS, H. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal Agricultural Science*, Cambridge, v.93, n.2, p.217–222, 1979.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G.C. (Ed.) *Forrage quality, evaluation and utilization*. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- MIR, P.S. Relationships among rate of passage of feed, dry matter intake and chemical components of several diets. *Canadian journal of animal science*, v.71, p.1159-1166, 1991.
- MOISIO, T.; HEIKOMEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. *Animal Feed Science and Thecnology*, 47(1):107-124, 1994.
- MOREIRA, G.R.; SALIBA, E.O.S.; MAURÍCIO, R.M. et al. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistemas silvipastoris. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.3, p.706-713, 2009.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.
- MURDOCH, J.C.; BALCH, D.A.; HOLDSWORTH, M.C. et al. The effect of chopping, lacerating and wilting of herbage on the chemical composition of silage. *Journal of the British Grassland Society*, 10(2): 181-186. 1975.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 248p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutritional energetics of domestic animals and glossary of energy terms*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1981. 54p.
- 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.
- NOLLER, C.H.; THOMAS, J.W. Hay-crop silage. In: *Forages*, 4 ed., 1985. p. 517-526.
- NORTON, B.W. Differences in plant species in forrage quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUTRITIONAL LIMITS TO ANIMAL PRODUCTION FROM PASTURE, St. Lucia, 1982. *Proceedings...* Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p.89-110.
- NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. 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. *Journal of Dairy Science*. v.82, n.3, p.589-596, 1999.
- OHMOMO, S.; TANAKA, O.; KITAMOTO, H.K. et al. Silage and microbial performance, old story but new problems: review. *JARQ*, v.96, n.2, p.59-71, 2002.
- OLIVEIRA, F.R. Alternativas de alimentação para a pecuária no semi-árido nordestino. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 1996, Natal. *Anais...* Natal: SNPA, 1996, p.127-147.
- ØRSKOV, E.R.; REID, G.W.; KAY, M. Predicting of intake by cattle from degradation characteristics of roughage. *Animal Production*, v.46, n.1, p.29-34, 1988.
- PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M. et al. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.917-923, 2008.
- PEDREIRA, C.G.S. *Plant and animal responses on grazed pastures of 'Florakirk' and 'Tifton 85' bermudagrasses*. Gainesville, 1995. 153p. Thesis (Ph.D.) - University of Florida.
- PIZARRO, E.A.; VALLE, C.B. do; KELLER-GREIN, G. et al. Regional Experiences with Brachiaria: Tropical America – Savannas. In: Miles, J.W.; Maass, B.L.; Valle C.B., (Ed.). *Brachiaria: Biology, Agronomy and Improvement*. Cali: CIAT/Brasília: EMBRAPA-CNPQC, 1996. p. 225-246. 1996.
- QUINN, J.I. Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. 7. Fermentation in the forestomachs of sheep. *Onderspoor Journal of Veterinary Science and Animal Industry*, v.2, p.91-117, 1943.
- QUINN, J.L.; VANDER WATH, J.G.; MYBURGH, S. Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. IV. Description of experiment technique. *Onderspoor Journal of Veterinary Science and Animal Industry*, v.11, n.2, p.341-360, 1939.
- 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.
- RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; FERNANDES, M.H.R. Metabolismo de energia. In Berchielli, T. T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEO. p.111-140. 2006.

- RIBEIRO JÚNIOR, G.O. *Características agronômicas e qualidade das silagens do capim Andropogon gayanus em quatro idades de corte e perfil de fermentação da silagem aos 56 dias de crescimento*. 2009, 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade de Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- RODRIGUES, A.L.P.; SAMPAIO, I.B.M.; CARNEIRO, J.C. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.56, p.658-664, 2004.
- ROSA, B.; ROCHA, G.P.; RESENDE, K.T. et al. Composição química das gramíneas *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk e *Brachiaria riziensis* Germain & Everard em diferentes idades de corte. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.27, n.1, p.29-40, 1997.
- SALIBA, E.O.S. *Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas a degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais*. 1998, 126f. Tese (doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade de Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; BALBINO, E.M. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.4, p.650-656, 2009.
- SEGLAR B. Mycotoxin effects on dairy cattle. *Proceedings... of the Minnesota Dairy Health Conference*, p.119-136, 2003.
- SEIFFERT, N.F. *Gramíneas forrageiras do gênero Brachiaria*. Circular Técnica. Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte, EMBRAPA, 1980. 83p.
- SENDULSKY, T. Chave para identificação de *Brachiaria*. *Jornal Agroceres*, v.5, n.56, p.4-5, 1977.
- SERRÃO, E.A.D.; SIMÃO NETO, M. *Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero Brachiaria na Amazônia: B. decumbens Stapf e B. ruziensis Germain et Evrard*. Belém, Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte, 1971. 31p. (IPEAN. Série: Estudos sobre forrageiras na Amazônia, v.2., n.1).
- SILVA, J.M. *Silagem de forrageiras tropicais*. Campo Grande: EMBRAPA-CPCG, 2001. (Informe técnico, 51).
- SILVA. R.R. *Poaceae (Gramineae) da ARIE – Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo*. 2000. 187 p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de Brasília, Brasília: DF.
- SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagens In: Simpósio sobre Manejo de Pastagens, *Anais... 2º Piracicaba*, ESALQ, p.156-180, 1975.
- SOARES FILHO, C.V.; MONTEIRO, F.A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilizantes e manejo. *Pastures Tropicales*, v.14, n.2, p.1-6, 1992.
- TEDESCHI, L.O.; FOX D.G.; TYLUTKI, T.P. Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. *Journal Environmental Quality*, Madison, v.32, n.7, p.1591-1602, 2003.
- TEIXEIRA, A. M.; GONÇALVES, L. C.; JAYME, D. G.; ET AL. Consumo de energia e respirometria de ovinos alimentados com capim elefante verde em três idades de corte.

- In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Maceió: ZOOTEC, 23 -27, mai. 2011. *Anais XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia*.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetic of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.48, n.2, p.185-197, 1994.
- THUAULT, D.; BELIARD, E.; LE GUERN, J. et al. Inhibition of *Clostridium tyrobutyricum* by bacteriocin-like substances produced by lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, v.74, p.1145-1150, 1991.
- TOMICH, T.R. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados em regime de corte*. 2003, 88p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- TREI, J.; HALE, W.; THEURER, B. Effect of grain processing on *in vitro* gas production. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.30, n.6, p.825-831. 1970.
- USHIDA, K.; JOUANY, J.P. Methane production associated with rumen-ciliated protozoa and its effect on protozoan activity. *Letters Applied Microbiology*, Oxford, v.23, p.129-132, 1996.
- VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação ruminal. "In": BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; PIRES, A.V. *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583, cap.6, p.151-179.
- VAN SOEST, P.J. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAZANT, E.S.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*, v.76, p.2717-2729, 1998.
- VELASCO, F.O. *Consumo e digestibilidade aparente da Brachiaria decumbens verde em três idades de corte*. 2009. 24f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- VELASCO, F.O. *Valor nutricional da Brachiaria decumbens em três idades*. 2011. 106f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- VUYST, A.; VANBELLE, M. Los principios basicos de la conservacion de los alimentos por el ensilado. *Zootecnia*, 18: 414, 1969.
- WATSON, L.; DALLWITZ, M.J. *The grass for the world*. 2.ed Cambridge: CAB International, 1994. 1081p.
- WEEKS, M.E.; YEGIAN, H.M. The place of silage in a forage utilization program: Researches on production, problems and utilization. In; CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., 1965, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, 1965, p.589-594.
- WENZL, P.; PATIÑO, G. M.; CHAVES, A. L. et al. The high level of aluminium resistance in signalgrass is not associated with known mechanisms of external aluminium detoxification in root apices. *Plant Physiology*, v.125, p.1473-1484, 2001.

- WILKINS, J.R. Pressure transducer method for measuring gas production by microorganisms. *Journal of Applied Microbiology*, v.27, p.135-140, 1974.
- WILLIAMS, B.A. Cumulative gas production techniques for forage evaluation. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E. et al. (Ed). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford: CAB International Publishing, 2000, p.189-214.
- WILSON, J. R.; BROWN, R. H.; WINDHAM, W. R. Influence of leaf anatomy on dry matter digestibility of C3, C4, and C3/C4 intermediate types of Panicum species. *Crop Science*, Madison, v.23, n.1, p.141-146, 1983.
- WOOLFORD, M. K. *The silage fermentation*. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.
- YODER, J.M.; HILL, D.L.; LANDQUIST, N.S. The effect of varying time between chopping and scaling on the ensiling of unwilted forage in plastic laboratory silos. *Journal of Animal Science*, 19: 1315, 1960.

CAPÍTULO III

CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DAS SILAGENS DO CAPIM *Brachiaria decumbens* EM TRÊS IDADES DE CORTE

3.1 RESUMO

Foram determinados os consumos e as digestibilidades aparentes em ovinos alimentados com as silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. Foram utilizados 18 carneiros adultos com peso vivo médio de 37 kg, mantidos em gaiolas metabólicas individuais. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e seis repetições. As médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de significância. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os diferentes tratamentos quanto ao consumo voluntário diário de matéria seca em gramas por unidade de tamanho metabólico (CMS/UTM), os quais variaram de 47,99 a 53,35 g/UTM/dia. Verificou-se que a dieta contendo silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentou maior digestibilidade ($P<0,05$) aparente da matéria seca (DAMS) e da matéria orgânica (DAMO) quando comparado aos tratamentos de silagens de 84 e 112 dias de rebrota. Maiores valores ($P<0,05$) de consumo de matéria seca digestível por unidade de tamanho metabólico (CMSD/UTM) e consumo de matéria orgânica digestível por unidade de tamanho metabólico (CMOD/UTM) foram encontrados pelos animais que receberam a silagem contendo o capim cortado aos 56 dias de rebrote quando comparado aos tratamentos contendo silagem cortada aos 84 e 112 dias de rebrota, os quais não diferiram ($P>0,05$) entre si. Observou-se que a gramínea ensilada mais precocemente, 56 dias de rebrote, apresentou os maiores ($P<0,05$) valores de consumo diário de proteína bruta em gramas (CPB), em gramas por unidade de tamanho metabólico (CPB/UTM), digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB) e consumo de proteína bruta digestível (CPBD) em relação às ensiladas mais tardiamente, as quais não diferiram ($P>0,05$) entre si nestes parâmetros avaliados. Os valores médios de nitrogênio (N) ingerido, N urinário, digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) e da fibra em detergente ácido (DFDA) foram maiores ($P<0,05$) no tratamento contendo a silagem cortada aos 56 dias de crescimento quando comparada às silagens de 84 e 112 dias de rebrote, as quais não diferiram ($P>0,05$) estatisticamente. A silagem do capim cortado com 56 dias de crescimento apresentou maior ($P<0,05$) consumo de hemiceluloses e celulose digestível por unidade de tamanho metabólico que os outros dois tratamentos. Estes resultados indicam que o valor nutritivo da silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias é superior em relação às demais idades estudadas.

Palavras-chave: fermentação, forragem, ovinos, senescência, valor nutritivo

3.2 INTRODUÇÃO

O clima brasileiro apresenta sazonalidade, tendo basicamente duas épocas bem definidas, uma de elevada e outra de baixa precipitação pluviométrica. Como a produção agropecuária do Brasil consiste, basicamente, do uso de pastagens, torna-se necessário a conservação de alimento para o período de escassez.

A utilização de forrageiras conservadas, principalmente na forma de silagem, é uma alternativa viável para que se possa garantir o fornecimento de forragem de boa qualidade durante o período seco do ano. Nos últimos anos, vários estudos comprovaram o potencial de ensilagem de forrageiras não convencionais, como aqueles do gênero *Brachiaria* (Lobato, 2010). Entretanto, os estudos concentraram em silos experimentais e poucos utilizaram animais nas avaliações das silagens dessas gramíneas.

Os ensaios *in vivo* envolvendo produção animal e digestibilidade são os métodos mais precisos para determinar o valor nutricional dos alimentos. O consumo voluntário, relacionado diretamente ao aporte de nutrientes e, conseqüentemente, ao atendimento das exigências nutricionais dos animais, e a digestibilidade estão correlacionados entre si, dependendo da qualidade e do balanceamento da dieta.

O consumo voluntário de forragem pode ser influenciado por vários fatores. A medida que a planta completa o seu ciclo e avança em estágio de maturação, ocorre um aumento da quantidade de carboidratos estruturais e lignina levando a redução dos nutrientes potencialmente digestíveis presentes na forrageira. Com isso, o alimento precisa ficar mais tempo dentro do rúmen para ser fermentado, o que, muitas vezes, gera limitação no consumo de matéria seca por enchimento, isso porque a câmara fermentativa está cheia o que impossibilita o animal de ingerir mais alimento mesmo que este necessite.

Portanto, no presente estudo objetivou-se determinar o consumo voluntário e a digestibilidade aparente das silagens do capim *Brachiaria decumbens* em três diferentes idades de corte.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Considerações gerais

Parte do experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa, da Escola de Veterinária da UFMG, localizada no município de Igarapé – MG, situada a 20°04'31 de latitude sul e 44°18'06 de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 786 metros. Foi utilizada uma área já estabelecida de *Brachiaria decumbens* que foi submetida à análise química de solo na qual se observaram as seguintes características: pH = 7,6; Al⁺³ = 0,01 cmol.carga/dm³; P = 0,5 mg/dm³; K = 97 mg/dm³ e índice de saturação de bases de 87,27%.

Após a uniformização da área, procedeu-se à adubação, realizada de acordo com os resultados da análise de solo e as exigências da cultura.

3.3.2 Procedimento experimental

A *Brachiaria decumbens* foi cortada rente ao solo, através de roçadeira costal, após 56, 84 e 112 dias da uniformização da área experimental. Os cortes iniciaram em março de 2007.

Após o corte, o material foi ensilado em tambores de 200 litros revestidos internamente por uma lâmina de polietileno. O material foi compactada com os pés de modo que a densidade atingisse aproximadamente 550 kg de matéria verde por m³, como forma de garantir condições semelhantes de porosidade às silagens. Após o enchimento, os silos foram fechados com as tampas, lacrados e vedados com auxílio de fita adesiva. Em seguida os tambores foram transportados para as dependências do Departamento de Zootecnia da Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, onde foram mantidos ao abrigo do sol até o momento de abertura.

O experimento com os animais foi conduzido no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal – LAMCA, Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram utilizados neste estudo dezoito carneiros adultos, sadios, com peso médio de 37 kg. Os animais foram pesados no início e no final do período experimental. Para determinar a digestibilidade, os animais foram previamente vermifugados, vacinados e alojados em gaiolas metabólicas, individuais, confeccionadas em cantoneira de ferro, e piso ripado de madeira, dispostas de bebedouro e comedouro de aço inoxidável e saleiro de polietileno. Com altura do solo de 0,6 metros, nas dimensões 1,50 x 0,80 m, revestidas lateralmente com tela de malha fina para evitar a perda de fezes pelas laterais das gaiolas, apropriadas para coleta de urina e fezes simultaneamente. Diariamente, a sala e as gaiolas foram higienizadas.

Os animais foram sorteados aleatoriamente, no número de 6 animais para cada tratamento. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia (6:00 e 16:00 horas), a água e a mistura mineral comercial própria para ovinos foram fornecidas *ad libitum*. O ensaio de consumo e digestibilidade aparente foi de 5 dias após 21 dias de adaptação às dietas. Os carneiros permaneceram no mesmo tratamento em todo o período experimental.

Foram realizadas amostragens das silagens oferecidas, das sobras no cocho, das fezes e das urinas durante cinco dias consecutivos. Dos tratamentos de cada corte de foragem, foi coletado aproximadamente 1000 g por dia do material oferecido aos carneiros. As sobras foram recolhidas pela manhã, pesadas diariamente e armazenadas por animal, por dia. Quanto às fezes, estas foram pesadas e foram recolhidos 20% do peso total diário. Já para a urina houve a mensuração do volume diário produzido por cada animal, sendo amostrados 10% do volume total. Para coleta de urina foram utilizados funis acoplados às gaiolas e baldes cobertos com telas metálicas e, para a coleta de fezes, caixas plásticas dispostas abaixo dos funis. Nos baldes coletores de urina foi adicionado, diariamente, 100 mL de HCl 2N, para que não haver perda de nitrogênio urinário por volatilização ou decomposição.

As diversas amostras do dia (oferecido, sobras, fezes e urina), após devidamente etiquetadas, foram armazenadas em câmara fria à -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.

3.3.3 Processamento das amostras e análises laboratoriais

Cada amostra composta foi descongelada sob temperatura ambiente, procedendo-se então a pré-secagem a 55°C por 72 horas. Após a moagem das amostras diárias em moinho estacionário a 5,0 mm, procedeu-se a homogeneização das mesmas para confecção das amostras compostas, que foram moídas utilizando peneira de 1,0 mm, e estocadas à temperatura ambiente em frascos de polietileno com tampa. As amostras compostas de alimento oferecido, sobras e fezes foram analisadas em triplicatas.

Foram determinados os valores de matéria seca (MS) em estufa a 105°C (AOAC, 1980), proteína bruta (PB) a partir da determinação do conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (AOAC International, 1995) utilizando-se aparelho da marca Büchi para destilação e titulação, energia bruta (EB) por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (AOAC International, 1995), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina pelo método sequencial de Van Soest et al. (1991), com adição 2 mL de amilase termorresistente no aparelho Fiber Analyser ANKOM²²⁰, utilizando-se sacolas de filtragem F-57 ANKOM[®]. Os valores de celulose (CEL) foram obtidos pela subtração da lignina e das cinzas nos valores das frações de FDA. E os valores de hemiceluloses (HCEL) foram obtidos pela diferença entre FDN e FDA. As amostras de urina foram analisadas para determinação dos valores de nitrogênio total seguindo metodologias já mencionadas.

3.3.4 Avaliação do consumo

O peso diário das dietas oferecidas e das sobras, durante o período experimental e as análises laboratoriais foram utilizados para cálculo de consumo de matéria seca (CMS) e dos nutrientes.

O consumo de matéria seca (CMS) foi determinado segundo a equação:

$$\text{CMS} = \text{kgOF} - \text{kgSO}$$

Em que:

kgOF = quantidade de dieta oferecida, em kg de MS;

kgSO = quantidade de sobras retiradas, em kg de MS.

Os consumos de proteína bruta (CPB), de fibra em detergente neutro (CFDN), de fibra em detergente ácido (CFDA), de celulose (CCEL), de hemiceluloses (CHCEL) e de lignina (LIG) forma determinados segundo a equação:

$$\text{Consumo} = [(\text{kgOF} * \% \text{OF})/100] - [(\text{kgSO} * \% \text{SO})/100]$$

Em que:

kgOF = quantidade de dieta oferecida, em kg de MS;

%OF = concentração do nutriente na dieta oferecida, em % da MS;

kgSO = quantidade de sobras retiradas, em kg de MS;

%SO = concentração do nutriente nas sobras, em % da MS.

3.3.5 Digestibilidade

Para avaliação dos coeficientes de digestibilidade aparente (DA) das silagens do capim *Brachiaria decumbens* foram utilizados os dados de consumo e produção fecal. As digestibilidades aparentes da matéria seca (DAMS) e da proteína bruta (DAPB), e as digestibilidade (D) da fibra em detergente neutro (DFDN), da fibra em detergente ácido (DFDA), das hemiceluloses (DHCEL) e da celulose (DCEL) foram obtidos conforme metodologia utilizada por Maynard et al. (1984), segundo a equação:

$$\text{DA} = \frac{(\text{NC} - \text{NF}) * 100}{\text{NC}}$$

Em que:

NC = nutriente consumido, em kg de MS;

NF = nutriente nas fezes, em kg de MS.

3.3.6 Balanço de nitrogênio

Para o cálculo do balanço de nitrogênio (BN), ou nitrogênio retido, em g por dia foi utilizado o seguinte cálculo:

$$\text{BN} = \text{NI} - (\text{NF} + \text{NU})$$

Em que:

NI = nitrogênio ingerido, em g por dia;

NF = nitrogênio fecal, em g por dia;

NU = nitrogênio urinário, em g por dia.

3.3.7 Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística das variáveis citadas acima foi inteiramente casualizado, sendo três tratamentos e seis repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG (Euclides, 2005) e as médias comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total	17
Idades de Corte (tratamentos)	2
Erro	15

As médias geradas pelo experimento foram analisadas segundo o modelo estatístico abaixo:

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + H_i + e_{ij}$$

Em que:

\hat{Y}_{ij} = variável dependente;

μ = média geral;

H_i = efeito do tratamento i ($i = 1, 2, 3$);

e_{ij} = erro padrão da média.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Composição química das silagens

Os valores de MS após abertura das silagens do capim *Brachiaria decumbens* foram de 21,89; 29,20 e 26,68% para as plantas colhidas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, respectivamente (Tabela 2). Silva et al (2005) encontram valor médio de 21,91% de MS na silagem de *Brachiaria decumbens* cortada aos 106 dias. Santos et al. (2011) avaliando silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortados aos 50 e 70 dias após a rebrota, encontraram níveis de MS de 22,71 e 25,64%, respectivamente. Estes valores estão próximos aos encontrados no presente trabalho.

De acordo com Van Soest (1994), o teor de MS de materiais fermentados pode ser subestimado, visto que existe a volatilização de várias substâncias durante o processo de secagem do material. A medida que a gramínea madurece existe a tendência de elevação do teor de MS, já que o conteúdo celular reduz e a parede celular torna-se mais espessa. Associado a isso, têm-se o alongamento do colmo e diminuição na proporção de folhas.

McDonald et al. (1991) preconizam o teor mínimo de MS de 25% para que haja condição fermentativa adequada, sendo as perdas por efluentes no silo minimizadas resultando em menores perdas de nutrientes solúveis. No entanto, quando se trata de silagem de forrageiras tropicais o adequado teor de MS será encontrado apenas quando a mesma possuir baixo valor nutritivo, ou seja maior grau de senescência. Valor acima de 25% de MS foi encontrado nas gramíneas colhidas aos 84 e 112 dias de crescimento. Portanto, esta é uma limitação na utilização das forrageiras tropicais para produção de silagem, onde para obter um material de boa qualidade, subentende-se que haverá baixo teor de matéria seca.

Tabela 2 – Composição química e energia bruta das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
Matéria seca, %	21,89	29,20	26,68
Matéria orgânica ¹	91,60	92,71	93,27
Proteína bruta ¹	5,58	4,56	4,49
N-NH ₃ /NT, %	7,80	5,92	6,00
FDN ¹	70,35	73,70	73,68
FDA ¹	38,56	40,08	40,75
Hemiceluloses ¹	31,79	33,62	32,03
Celulose ¹	33,61	35,00	34,53
Lignina ¹	4,95	5,08	6,22
Extrato etéreo ¹	2,65	2,64	2,70
Energia bruta, Mcal/kg	4,308	4,136	4,128

N-NH₃/NT - nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido.

¹ - % na matéria seca.

Foi encontrado valor médio de 92,53% para os níveis de MO nas três silagens de *Brachiaria decumbens*, sendo que o corte aos 56 dias apresentou o menor valor. Existe na literatura trabalhos mostrando uma tendência de forrageiras cortadas mais precocemente, terem menores níveis de MO (Castro, 1997; Haag, 1984).

Os valores médios de PB encontrados nas silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortados aos 56, 84 e 112 dias foram de 5,58; 4,56 e 4,49%, respectivamente. Os resultados encontrados condizem com os dados da literatura, onde a medida que a forrageira entra em processo de senescência, os valores de PB decrescem. Jayme (2004) avaliando silagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu ensilada com 28 e 112 dias de crescimento encontrou valores médios de PB variando de 8,43 a 4,02%, respectivamente.

As silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, apresentaram valores médios de N-NH₃/NT de 7,80; 5,92 e 6,00%, respectivamente. Esses valores podem ser considerados satisfatórios já que ficaram abaixo de 12%, teor que segundo McDonald et al. (1991) é o nível limite abaixo do qual se classificam as silagens como sendo de boa qualidade.

Os níveis médios de FDN e FDA encontrados nas silagens de *Brachiaria decumbens* cortadas nos diferentes dias foram de 72,58 e 39,80%, respectivamente. Os valores de FDN variaram de 70,35% para as silagens cortadas aos 56 de idade, até 73,70% para as plantas ensiladas com 84 dias. Avaliando silagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortada aos 56 dias de idade, Ribeiro et al. (2009), encontraram valores médios de FDN e FDA de 61,1 e 33,4%, respectivamente.

Com o avanço da idade de corte, os níveis médios de FDA foram elevando-se passando de 38,56 para 40,75% nas silagens de 56 e 114 dias, respectivamente. Essa elevação deve-se ao processo de senescência que é inerente para todas as forrageiras. Segundo Van Soest (1994), como o avanço da maturidade da planta ocorre aumento da lignificação e queda da relação folha/haste, além de aumentar a proporção de constituintes da parede celular.

Analisando os valores de HCEL nas silagens de *Brachiaria decumbens* encontrou-se média entre os diferentes dias de corte de 32,48% na MS. Já para os níveis de CEL encontrou-se média de 34,38% na MS entre as silagens. Os menores níveis de HCEL e CEL foram encontrados nas silagens cortadas aos 56 dias de idade. Coan et al. (2001), avaliando silagens de capins do gênero *Panicum*, encontraram 31,7% de hemiceluloses quando a forragem foi colhida aos 45 dias de crescimento, valor este semelhante ao encontrado no presente trabalho. O maior valor de CEL encontrado neste experimento foi para a silagem de *Brachiaria decumbens* cortada aos 84 dias com 35% na MS.

Com o avançar da idade de colheita para a ensilagem do capim *Brachiaria decumbens*, observou-se, elevação do teor de LIG. Quanto maior o teor de lignina na forrageira, menor será sua digestibilidade no sistema digestivo do ruminante, isto porque a mesma associa-se à fibra do material, tornando-a de menor acessibilidade à ação microbiana (Van Soest, 1994).

Os valores de EE foram próximos entre os diferentes tratamentos, sendo a média de 2,66%. Velasco (2009) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, encontrou valor médio de EE de 2,79%. Obteve-se média de 4,191 Mcal/kg de EB para os três tratamentos avaliados neste trabalho.

3.4.2 Consumo voluntário e digestibilidade aparente

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os diferentes tratamentos quanto ao CMS/UTM e CMO/UTM, os quais variaram de 47,99 a 53,35 e 47,99 a 48,87 g/UTM/dia, respectivamente, (Tabela 3). Velasco (2009), avaliando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado nas mesmas idades deste experimento, também não encontrou diferenças significativas entre os tratamentos quando avaliou as variáveis CMS/UTM e CMO/UTM. Sarwatt et al. (1989) observaram valores de CMS/UTM em ovinos de 53,5 a 71,5 g/UTM/dia para silagem de capim *Panicum maximum*, valores estes maiores aos observados neste trabalho, o que é reflexo da melhor qualidade química apresentada por esta silagem em relação à silagem de *Brachiaria decumbens*.

Jayme et al. (2011), avaliando silagem sem aditivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortada aos 56 dias de crescimento, encontraram CMS/UTM médio de 47,70 g/UTM/dia. No presente trabalho encontrou-se média de CMS/UTM de 49,90 g/UTM/dia, sendo esta próxima ao relatado por Jayme et al. (2011). O AFRC (1993) recomenda um CMS de 46 g/UTM/dia para ovinos adultos em manutenção, alimentados exclusivamente com silagem. Observou-se que as silagens avaliadas atingiram essa exigência.

Tabela 3 – Valores médios de consumo voluntário de matéria seca em gramas por unidade de tamanho metabólico (CMS/UTM) por dia, digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em porcentagem, consumo de matéria seca digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CMSD/UTM) por dia, consumo de matéria orgânica em gramas por unidade de tamanho metabólico (CMO/UTM) por dia, digestibilidade aparente da matéria orgânica (DAMO) em porcentagem e consumo de matéria orgânica digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CMOD/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
CMS/UTM	53,35	47,99	48,37	13,48
DAMS	52,88 ^A	44,76 ^B	44,86 ^B	5,74
CMSD/UTM	28,13 ^A	21,70 ^B	21,55 ^B	14,77
CMO/UTM	48,87	47,99	48,37	13,31
DAMO	56,18 ^A	45,34 ^B	48,36 ^B	6,17
CMOD/UTM	27,32 ^A	22,08 ^B	21,82 ^B	13,16

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Trujillo et al. (1986) na Colômbia estudaram o valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* verde, cortada nas idades de 30, 45, 60 e 75 dias e observaram valores de CMS/UTM variando entre 76,3 g/UTM/dia para gramínea cortada na idade de 30 dias até 54,1 g/UTM/dia para o corte realizado aos 75 dias de rebrote. Socorro (1984) avaliou o CMS/UTM do feno de *Brachiaria decumbens* cortado em duas diferentes idades de rebrote, aos 90 e 134 dias e relatou valores de 44,97 e 49,01 g/UTM/dia, para os tratamentos com 90 e 134 dias, respectivamente. Estes valores de CMS/UTM estão próximos à média encontrada neste experimento de 49,90 g/UTM/dia.

Verificou-se que a dieta contendo silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentou ($P < 0,05$) maior DAMS e DAMO quando comparado aos tratamentos contendo silagem cortada aos 84 e 112 dias de rebrota. A superioridade encontrada para a digestibilidade aparente no material ensilado mais novo, 56 dias de crescimento, deve-se ao fato de plantas jovens apresentarem maior relação folha/haste e menores valores de lignina quando comparado com plantas mais maduras. Obteve-se média para DAMS e DAMO de 52,88 e 56,18%, respectivamente, para as silagens do capim *Brachiaria decumbens* com idade de corte de 56 dias de crescimento. Já para as silagens de *Brachiaria decumbens* com idades de corte de 84 e 112 dias, não houve diferença ($P > 0,05$) para a DAMS e DAMO sendo as médias de 44,81 e 48,36%, respectivamente. Percebe-se que houve uma redução na DAMS e DAMO de 15,26 e 13,92%, respectivamente, como o avanço da idade de 56 dias para os cortes mais velhos. Velasco (2009), trabalhando com *Brachiaria decumbens* na forma verde, observou maior DAMS e DAMO para o capim cortado aos 56 dias quando comparado aos de

84 e 112 dias de rebrota, onde as médias foram maiores que as encontrada neste estudo, visto que o material avaliado era forragem fresca.

Moreira et al. (2001) avaliando o feno do capim coastcross, encontraram média de DAMS e DAMO de 48,92 e 51,02%, respectivamente. Valores estes próximos às médias de DAMS e DAMO encontradas neste trabalho de 47,50 e 49,96%, respectivamente. Trabalhando com feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, (De Paula et al., 2005), encontraram valor médio de DAMS de 42,08%. Castro et al. (2009) compilaram dados de quatro estudos onde pesquisou-se os índices de DAMS do capim *Brachiaria decumbens* aos 56, 84 e 112 dias de crescimento sendo as médias de 65,85; 60,43 e 56,66%, respectivamente.

Os valores médios de CMSD/UTM e CMOD/UTM foram maiores ($P < 0,05$) pelos animais que receberam a silagem contendo o capim cortado aos 56 dias de rebrote quando comparado aos tratamentos contendo silagem cortada aos 84 e 112 dias de rebrota, os quais não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Este resultado mostra a superioridade nutricional da forrageira ensilada mais nova.

A média de CPB/UTM pelos animais alimentados com silagem cortada aos 56 dias foi de 3,09 g/UTM/dia (Tabela 4). Avaliando o CPB/UTM, observou-se que a *Brachiaria decumbens* ensilada aos 56 dias de crescimento apresentou superioridade ($P < 0,05$) em relação às demais silagens com 84 e 112 dias de rebrota.

Tabela 4 – Valores médios de consumo voluntário de proteína em gramas por unidade de tamanho metabólico (CPB/UTM) por dia, digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB) em porcentagem e consumo de proteína bruta digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CPBD/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
CPB/UTM	3,09 ^A	2,33 ^B	2,25 ^B	13,94
DAPB	38,87 ^A	32,52 ^B	28,74 ^B	14,09
CPBD/UTM	1,20 ^A	0,76 ^B	0,66 ^B	16,41

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos de 84 e 112 dias quanto aos CPB/UTM, sendo a média de 2,29 g/UTM/dia. Jayme et al. (2011), avaliando a silagem sem aditivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortada aos 56 dias de crescimento, encontraram média de CPB/UTM de 3,53 g/UTM/dia, valor próximo ao deste trabalho para as silagens de *Brachiaria decumbens* cortadas aos 56 dias de crescimento. Reis et al. (2000) obtiveram CPB/UTM médio de 3,88 g/UTM/dia, quando avaliaram silagens de capim elefante. De Paula et al. (2005) trabalhando com feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu encontraram

CPB/UTM de 1,31 g/UTM/dia, valor este, inferior ao encontrado no presente trabalho de 2,56 g/UTM/dia.

A silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias de idade apresentou valores de DAPB superiores ($P < 0,05$) aos das silagens com 84 e 112 dias de rebrote, que por sua vez não diferiram ($P > 0,05$) entre si. A DAPB variou de 28,74 a 38,87% para as silagens de *Brachiaria decumbens* cortadas com 112 e 56 dias de crescimento, respectivamente. Sendo assim, o avanço da idade de corte de 56 dias para as idades mais velhas (84 e 112 dias) resultou em queda no CPB/UTM e na DAPB de 26,65 e 21,20%, respectivamente, o que reflete diretamente e de forma negativa na produção animal, visto que é um nutriente de grande importância nutricional. As mesmas observações foram feitas para o CPBD/UTM, onde novamente a silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado com 56 dias de idade foi superior ($P < 0,05$) às demais, que foram semelhantes ($P > 0,05$). Os valores de CPBD/UTM variaram de 0,66 a 1,20 g/UTM/dia para os tratamentos cortados com 112 e 56 dias de idade, respectivamente.

Trabalhando com o feno do capim coastcross, Moreira et al. (2001), encontraram valores médios de DAPB de 58,70%, sendo este valor superior ao encontrado neste trabalho (33,38%), o que era de se esperar pois são alimentos com grande diferença de valor nutritivo. Trabalhando com feno de *Brachiaria decumbens* e de *Brachiaria ruziziensis*, Rosa et al. (1983) encontraram valores de CPB/UTM variando de 2,4 a 1,24 g/UTM/dia para a *Brachiaria decumbens* e 2,51 a 0,65 g/UTM/dia para o capim *Brachiaria ruziziensis* ambos cortados com 60 e 120 dias de idade, respectivamente. Esses mesmos autores citaram valores de DAPB variando de 52,62 a 42,84% para 60 e 120 dias, respectivamente.

Nenhuma das silagens avaliadas no presente trabalho foi capaz de suprir a exigência de proteína digestível recomendada pelo AFRC (1993) para ovinos em manutenção, que é de 2,46 g/UTM/dia. De qualquer forma, a digestibilidade aparente da proteína é um parâmetro de valor relativo; frequentemente subestima-se a digestibilidade verdadeira devido à presença do nitrogênio fecal metabólico, particularmente elevado quando o animal consome dietas fibrosas que aumentam a descamação das células da mucosa intestinal (Van Soest, 1994).

Observou-se que a gramínea ensilada mais precocemente, 56 dias de rebrote, apresentou os maiores valores de CPB/UTM, DAPB e CPBD/UTM em relação às ensiladas mais tardiamente. De acordo com Van Soest (1994), o aumento da idade da planta leva a um acréscimo dos teores de compostos nitrogenados indisponíveis à fermentação ruminal, devido à ligação destes à parede celular vegetal, além do aumento de conteúdo fibroso e redução de conteúdo celular, o que gera redução na concentração final de PB do material.

Os valores médios de N ingerido e N urinário foram maiores ($P < 0,05$) no tratamento contendo a silagem cortada aos 56 dias de crescimento quando comparada às silagens de 84 e 112 dias de rebrote, as quais não diferiram ($P > 0,05$) (Tabela 5). O teor de N ingerido variou de 7,48 a 5,43 g/dia e o de N urinário de 1,52 a 0,69 g/dia para as silagens de 56 e 112 dias de idade, respectivamente. O N ingerido apresentou correlação positiva com o N urinário ($r = 0,703$;

$P < 0,0006$). Esse resultado deve-se ao maior consumo de PB digestível ($r_{N \text{ ingerido} \times \text{CPBD}} = 0,908$; $P < 0,0001$) das silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias de crescimento, quando comparada as outras idades de corte (Tabela 4).

Silveira (2001), trabalhando com feno de *Brachiaria decumbens*, encontrou valor de N ingerido de 5,76 g/dia, valor este, próximo ao encontrado no presente trabalho cuja média foi de 6,15 g/dia. Avaliando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, (Velasco, 2009), encontrou entre os tratamentos valores médios de N ingerido e urinário de 10,38 e 1,59 g/dia, respectivamente. De acordo com o autor, o capim cortado aos 56 dias de crescimento foi o que apresentou maiores valores de N ingerido e urinário, resultados estes semelhantes ao encontrado neste trabalho. O mesmo autor relatou ausência de diferença estatística entre os três tratamentos para os níveis de N fecal e ERN.

Tabela 5 – Valores médios de nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário, N retido em gramas por dia, balanço de nitrogênio (BN) em porcentagem e eficiência de retenção do nitrogênio (ERN) em porcentagem das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
N ingerido	7,48 ^A	5,54 ^B	5,43 ^B	21,44
N fecal	4,58	3,74	3,86	21,96
N urinário	1,52 ^A	1,05 ^B	0,69 ^B	29,32
N retido	1,38	0,75	0,88	45,80
BN	18,04	13,50	16,31	31,30
ERN	45,78	41,61	58,64	26,88

BN - balanço de nitrogênio (N retido/N ingerido); ERN - eficiência de retenção do nitrogênio [$\text{N retido}/(\text{N ingerido} - \text{N fecal})$]; CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Para as variáveis N fecal, N retido, BN e ERN não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos, onde as médias foram de 4,06 e 1,00 g/dia e 15,95 e 48,68%, respectivamente. Os níveis de N fecal e N retido variaram de 4,58 a 3,74 g/dia e 1,38 a 0,75 g/dia para as silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortados aos 56 e 84 dias de crescimento, respectivamente. Já o valor máximo e mínimo para o BN e ERN oscilaram entre 18,05 a 13,50% e 58,64 a 41,61%, respectivamente.

Jayme et al. (2011) relataram valores médios de N ingerido, N fecal, N urinário e N retido das silagens do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortada aos 56 dias de idade e ensilada sem inoculantes de 9,16; 4,31; 0,186 e 4,66 g/dia, respectivamente. De acordo com os autores também foi encontrado um BN de 50,97%, valor este acima aos 18,05% encontrado neste trabalho para a silagem de 56 dias de rebrote.

O balanço de nitrogênio é um importante parâmetro, pois indica se o animal apresenta ou não perdas de proteína ou compostos nitrogenados em relação à quantidade de proteína ingerida. O balanço de nitrogênio pode ser indicativo do metabolismo protéico animal, sendo mais eficiente que a digestibilidade e o consumo de proteína para evidenciar se há perda ou não de proteínas pelo organismo.

De acordo com Van Soest (1994), é necessário uma concentração mínima de N-NH₃ no líquido ruminal para que ocorra adequado desenvolvimento microbiano. Por isso tornou-se clássica a recomendação de que as dietas para ruminantes devem apresentar um teor mínimo de 7% de PB. Porém, estudos recentes mostram que ovinos recebendo dietas com níveis protéicos abaixo do recomendado, apresentam balanço de nitrogênio positivo, o que sugere que esses animais apresentam maior eficiência na reciclagem de nitrogênio quando alimentados com dietas pobres em proteína. Observou-se que todas as silagens neste experimento apresentaram para o BN um valor positivo, mesmo sendo a dieta com valor médio de 4,88% de PB, portanto abaixo dos 7% de PB preconizado como valor mínimo. Mizubuti et al. (2002), encontraram BN positivo para ovinos recebendo silagem de sorgo com valor de proteína de 5,14%. Teixeira (2009) também relatou BN positivo (2,38%) para o capim-elefante verde cortado aos 112 dias de idade (5,05% de PB).

Observou-se ausência de diferença ($P>0,05$) para as variáveis de CFDN/UTM (Tabela 6). Os valores variaram de 37,19 a 35,06 g/UTM/dia para as silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortadas aos 56 e 84 dias de crescimento, respectivamente.

Tabela 6 – Valores médios de consumo voluntário de fibra em detergente neutro em gramas por unidade de tamanho metabólico (CFDN/UTM) por dia, digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) em porcentagem e consumo de fibra em detergente neutro digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CFDND/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
CFDN/UTM	37,19	35,06	35,36	13,25
DFDN	63,97 ^A	58,02 ^B	55,14 ^B	4,82
CFDND/UTM	23,66	20,39	19,53	13,47

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Avaliando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, (Velasco, 2009), encontrou entre os tratamentos valores médios para o CFDN/UTM de 54,69 g/UTM/dia. Essas médias foram maiores do que as apresentadas neste experimento, as quais foram de 35,87 g/UTM/dia para o CFDN/UTM. A diferença provavelmente deve-se ao fato de um capim ter sido utilizado na forma verde e o outro na forma de silagem. Teixeira (2001) em estudo avaliando o uso de feno de *Brachiaria decumbens* sob vários níveis de inclusão de

caroço de algodão, observou valores de CFDN/UTM médios de 39,92 g/UTM/dia, valor próximo à média dos tratamentos encontrada neste trabalho de 35,87 g/UTM/dia.

Observou-se que as diferenças obtidas para a DFDN influenciaram diretamente as diferenças encontradas para a DAMS e DAMO, ou seja, a maior DAMS e DAMO das silagens com as plantas aos 56 dias foi uma consequência direta da maior digestibilidade da FDN ($r_{DAMS \times DFDN} = 0,874$; $P < 0,0001$) e ($r_{DAMO \times DFDN} = 0,774$; $P < 0,0001$). Sabendo que o valor de FDN foi acima de 70% da composição da matéria seca (Tabela 2), pode-se dizer que as silagens de forrageiras tropicais são alimentos ricos em fibras e que a digestibilidade destas fibras exercem a maior influência na resposta produtiva animal. Por isso, pode-se dizer que o parâmetro de DFDN é muito importante na avaliação da qualidade nutricional das forrageiras tropicais.

Jayme (2008), avaliando a silagem sem aditivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortada aos 56 dias de crescimento, encontrou CFDN/UTM e DFDN médio de 32,58 g/UTM/dia e 48,50%, respectivamente. Estes valores foram inferiores aos relatados neste trabalho onde a silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortadas aos 56 dias, resultou em CFDN/UTM e DFDN de 37,19 g/UTM/dia e 63,97%, respectivamente.

Apesar da significância apresentada pela DFDN na silagem com 56 dias de rebrote, o CFDN/UTM não foi diferente ($P > 0,05$) entre os três tratamentos avaliados. Isso pode ser justificado pela semelhança dos CFDN/UTM apresentada pelas dietas com as silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias.

As variáveis médias para os CFDA/UTM não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre os três tratamentos avaliados neste trabalho (Tabela 7). Os CFDA/UTM variaram de 20,30 a 18,14 g/UTM/dia para as silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortados com 56 e 84 dias de idade.

Tabela 7 – Valores médios de consumo voluntário de fibra em detergente ácido em gramas por unidade de tamanho metabólico (CFDA/UTM) por dia, digestibilidade da fibra em detergente ácido (DFDA) em porcentagem e consumo de fibra em detergente ácido digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CFDAD/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
CFDA/UTM	20,30	18,14	18,36	13,14
DFDA	63,58 ^A	54,60 ^B	52,43 ^B	5,79
CFDAD/UTM	12,86 ^A	9,93 ^B	9,68 ^B	15,18

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, (Velasco, 2009), encontrou entre os tratamentos valores médios de CFDA/UTM de 29,25 g/UTM/dia. Estes valores foram acima dos encontrados neste experimento de 18,93 g/UTM/dia para o CFDA/UTM, que pode ser explicado pela diferença de um ter utilizado material verde enquanto o outro forragem ensilada, na qual existe perdas durante o processo de fermentação.

A DFDA da silagem de *Brachiaria decumbens* cortada com 56 dias (63,58%) apresentou maior ($P < 0,05$) valor, que os tratamentos ensilados com 84 e 112 dias de crescimento, os quais não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) em que a média foi de 53,52%. Jayme (2008) relatou valores médios de CFDA/UTM e DFDA das silagens do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortadas aos 56 dias de idade e ensilada sem inoculantes de 17,74 g/dia e 57,67%, respectivamente. Valores estes abaixo dos encontrados no presente experimento.

Velasco (2009), estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, encontrou média de DFDA entre os tratamentos de 63,59%. Bergamaschine et al. (2006) encontrou valor médio de DFDA de 63,07% para silagens de *Brachiaria brizantha* colhida aos 60 dias de crescimento sem inoculante bacteriano. Da mesma forma, Paziani (2004), avaliando silagem do capim Tanzânia cortado aos 60 dias de rebrota, encontrou valor médio de DFDA de 63,0%. Estes valores foram muito próximos aos encontrados neste estudo para a silagem de *Brachiaria decumbens* cortada com 56 dias de rebrote que foi de 63,58% para a DFDA. Ramirez (2010), estudando feno de *Brachiaria decumbens* cortado em diferentes idades de crescimento e nas mesmas condições do presente estudo, encontrou valores médios de CFDA/UTM e DFDA de 31,02 g/UTM/dia e 53,97%, respectivamente.

Avaliando os CFDAD/UTM observou-se que o tratamento contendo a silagem confeccionada com o capim mais novo, resultou em maior ($P < 0,05$) valor, 12,86 g/UTM/dia, quando comparado aos demais tratamentos de 84 e 112 dias, os quais não diferiram ($P > 0,05$) obtendo média de 9,81 g/UTM/dia. Estes resultados mostram o maior potencial de aproveitamento da FDA pelos animais que receberam na dieta a silagem contendo o capim mais novo. Martins et al. (2003) observaram CFDAD/UTM de 13,87 g/UTM/dia para silagem de sorgo, valor acima do encontrado nesse trabalho (10,82 g/UTM/dia), o que é justificado pelo maior potencial nutritivo da silagem de sorgo frente à silagem de *Brachiaria decumbens*.

Avaliando os consumos voluntários de hemiceluloses, celulose e lignina em g/UTM/dia entre os três tratamentos, não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) (Tabela 8). As médias variaram de 16,90 a 14,69 g/UTM/dia para CHCEL/UTM, 17,35 a 15,34 g/UTM/dia para CCEL/UTM e 2,95 a 2,80 g/UTM/dia para CLIG/UTM. Estes resultados devem-se às semelhanças nos valores de hemiceluloses e celulose entre as silagens com diferentes idades de corte (Tabela 2) associados aos consumos de matéria seca que não diferiram ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 3) ($r_{CMS/UTM \times CHCEL/UTM} = 0,998$; $P < 0,0001$) e ($r_{CMO/UTM \times CCEL/UTM} = 0,973$; $P < 0,0001$). Da mesma forma, Velasco (2009) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, não encontrou diferenças ($P > 0,05$) para as mesmas variáveis mencionadas acima.

Tabela 8 – Valores médios de consumo voluntário de hemiceluloses em gramas por unidade de tamanho metabólico (CHCEL/UTM) por dia, digestibilidade das hemiceluloses (DHCEL) em porcentagem, consumo de hemiceluloses digestíveis em gramas por unidade de tamanho metabólico (CHCELD/UTM) por dia, consumo voluntário de celulose em gramas por unidade de tamanho metabólico (CCEL/UTM) por dia, digestibilidade da celulose (DCEL) em porcentagem, consumo de celulose digestível em gramas por unidade de tamanho metabólico (CCELD/UTM) por dia e consumo de lignina em gramas por unidade de tamanho metabólico (CLIG/UTM) por dia das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
CHCEL/UTM	16,90	14,69	14,75	13,98
DHCEL	64,44 ^A	55,82 ^B	51,63 ^B	7,96
CHCELD/UTM	10,80 ^A	8,24 ^B	7,59 ^B	14,02
CCEL/UTM	17,35	15,34	15,44	13,74
DCEL	62,22 ^A	52,65 ^{AB}	49,20 ^B	14,84
CCELD/UTM	10,76 ^A	8,16 ^B	7,66 ^B	21,45
CLIG/UTM	2,95	2,80	2,92	20,74

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Estudando os fenos de *Brachiaria decumbens* cortados em diferentes idades de crescimento, Ramirez (2010) encontrou valores médios de CHCEL/UTM, CCEL/UTM e CLIG/UTM de 23,31 g/UTM/dia, 17,81 g/UTM/dia e 4,78 g/UTM/dia, respectivamente. Estes valores foram acima aos encontrados neste experimento sendo de 15,45; 16,04 e 2,89 g/UTM/dia para CHCEL/UTM, CCEL/UTM e CLIG/UTM, respectivamente. Esta superioridade no consumo destes componentes para os animais alimentados com feno em comparação com a silagem, pode ser explicada devido as menores perdas de nutrientes que ocorrem durante o processo de fenação quando comparado à ensilagem. Por isso, geralmente a silagem apresenta menor conservação do valor original do alimento quando comparado ao feno. O consumo também é um importante fator, uma vez que, um processo fermentativo de baixa qualidade gera ácidos graxos voláteis, como o ácido butírico, que deprimem o consumo devido à baixa palatabilidade. Jayme (2008) avaliando silagem sem aditivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortada aos 56 dias de crescimento, encontrou CHCEL/UTM CCEL/UTM e CLIG/UTM médio de 14,84; 14,88 e 2,85 g/UTM/dia, respectivamente.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para as DHCEL, CHCELD/UTM e CCELD/UTM onde o tratamento ensilado aos 56 dias de idade apresentou maior valor para as três variáveis (64,44%, 10,80 e 10,76 g/UTM/dia) quando comparado às silagens de *Brachiaria decumbens* cortada com 84 e 112 dias de rebrote, as quais não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) e apresentaram valores de 53,73%, 7,92 e 7,91 g/UTM/dia, respectivamente. Isto evidencia a

superioridade nutricional da silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado mais jovem (56 dias) frente aos mais tardios.

Ramirez (2010) trabalhando com feno de *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias de idades, encontrou valores médios para DHCEL de 62,27%, valor este superior às médias dos tratamentos deste experimento que foi de 57,30%. No entanto, Jayme (2008) estudando silagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cortada aos 56 dias de idade, encontrou DHCEL de 37,53%, CHCELD/UTM de 5,59 g/UTM/dia e CCELD/UTM de 9,11 g/UTM/dia. Já Velasco (2009) trabalhando com *Brachiaria decumbens* verde, encontrou valor médio de 58,39% para DHCEL. Sabe-se que geralmente o material original, no caso verde, irá apresentar uma melhor qualidade nutricional em relação às suas formas de conservação como a fenação e a silagem. E entre as formas de conservação, existem diferenças nas eficiências de manutenção do valor original, informação esta já comentada anteriormente.

A silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado com 56 dias de crescimento apresentou ($P < 0,05$) maior DCEL que os outros dois tratamentos. Da mesma forma, a silagem de 84 dias apresentou superioridade ($P < 0,05$) para a variável DCEL frente à silagem confeccionada aos 112 dias de idade. As médias de DCEL para os tratamentos com 56, 84 e 112 dias foram de 62,22; 52,65 e 49,20%, respectivamente. Socorro (1984) avaliando o feno de *Brachiaria decumbens* cortado em duas diferentes idades de rebrote, relatou valores de 54,48 e 56,5% de DCEL, para os tratamentos com 90 e 134 dias, respectivamente. Velasco (2009) encontrou valor médio de 72,97; 66,93 e 65,27% para a DCEL do capim *Brachiaria decumbens* na forma verde colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, respectivamente. De acordo com o mesmo autor, considerando a DCEL, o tratamento com 56 dias foi superior ($P < 0,05$) aos demais tratamentos (84 e 112 dias), os quais não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$). Estes resultados demonstram a superioridade, no parâmetro de digestibilidade, de forrageiras colhidas mais jovens.

3.5 CONCLUSÕES

A silagem confeccionada com o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias de idade apresenta maior digestibilidade quando comparado aos materiais ensilados com maior grau de senescência.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 13ed. Washington - D.C.: AOAC, 1980, p.1015.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.
- BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W.V. et al. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capimmarandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurhecida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.
- CASTRO, F.G.F. *Efeito da idade de corte sobre a produção, composição químico-bromatológica, digestibilidade in vitro da matéria seca e da matéria orgânica e conteúdo de ácido cianídrico de Cynodon nlemfuensis Vanderyst var. Nlemfuensis cv. Florico. Piracicaba*, 1997. 128p. Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CASTRO, G.H.F.; RODRÍGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C. et al. Produção de metano em ovinos consumindo volumosos tropicais. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 46. 2009, Maringá. *Anais...* Maringá: SBZ, 2009.
- COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N. et al. Efeitos do inoculante enzimático-bacteriano sobre a composição química, digestibilidade e qualidade das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. In: Piracicaba, 2001. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2001. P.124-126.
- DE PAULA, O.J.; GRAÇA, D.S.; VASQUEZ, E.A. et al. Efeito do níquel e da concentração protéica sobre o consumo e digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, energia e balanço de nitrogênio do feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em ovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.57, supl. 2, p.212-219, 2005.
- EUCLYDES, R.F. *Sistema para análises estatísticas (SAEG 9.0)*. Viçosa: Funarbe, 2005.
- HAAG, H.P. *Nutrição mineral de forrageiras no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 152p.
- JAYME, C.G. *Produção de matéria seca e avaliação das silagens de Brachiaria brizantha cv. Marandu colhida em diferentes estádios de maturação*. 2004. 35f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- JAYME, C.G. *Silagens de Brachiaria brizantha sem aditivos, adicionada de cana-de-açúcar e aditivos microbianos*. 2008. 77f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- JAYME, C.G.; GONÇALVES, L.C.; MOLINA, L.R. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de *Brachiaria brizantha* cv marandu adicionada de aditivos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.63, n.3, p.704-711, 2011.
- LOBATO, F.C.L. *Avaliação agrônômica, perfil de fermentação e qualidade da silagem da Brachiaria decumbens*. 2010. 53f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- MARTINS, R.G.R; GONÇALVES, L.C; RODRIGUES, J.A.S; et al. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas de silagens de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.55, n.3, p.346-349, 2003.

- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, B.S.; HINTZ, H.F. et al. *Nutrição animal*. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Aberystwyth: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; ROCHA, M.A. et al. Consumo e digestibilidade aparente das silagens de milho, sorgo e girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.1, p.267-272, 2002.
- MOREIRA, A.L.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. et al. Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes da silagem de milho e dos fenos de alfafa e de capim-coastcross, em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, p.1099-1105, (Suplemento 1) 2001.
- PAZIANI, S.F. *Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim Tanzânia*. 2004. 122f. Tese (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- RAMIREZ, M.A. *Consumo e digestibilidade aparente de fenos de Brachiaria decumbens, stpaf cultivar basiliski cortados em três diferentes idades*. 2010. 36f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.2, p.230-239, 2009.
- ROSA, B.; ROCHA, G.P.; LOUREDO DA SILVA, H. Consumo voluntário e digestibilidade aparente do feno de *Brachiaria decumbens* stpaf e *Brachiaria ruziziensis* germain & everard em diferentes idades de corte. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.13, n.1, p.5-27, 1983.
- SANTOS, E.M.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. et al. Microbial populations, fermentative profile and chemical composition of signalgrass silages at different regrowth ages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.4, p.747-755, 2011.
- SARWATT, S.V.; MUSSA, M.A.; KATEGILE, J.A. The nutritive value of ensiled forages cut at three stages of growth. *Animal Feed Science and Technology*, 22 (3): p.237-245, 1989.
- SILVA, B.C.; PEREIRA, O.G.; PEREIRA, D.H. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes e ganho de peso de bovinos de corte alimentados com silagem de *Brachiaria brizantha* e concentrado em diferentes proporções. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p.1060-1069, 2005.
- SILVEIRA, U.S. *Avaliação do consumo e da digestibilidade de uma dieta de feno de Capim Braquiária (Brachiaria decumbens Stpaf) contendo concentração de sementes de Girassol (Helianthus annus L.) em ovinos*. 2001. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SOCORRO E.P. *Digestibilidade aparente e partição da digestão de fenos de Brachiaria decumbens STAPF*. 1984. 77f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

- TEIXEIRA, A.M. *Consumo voluntário e digestibilidade aparente do capim-elefante verde em diferentes idades de corte em ovinos*. 2009. 29f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- TEIXEIRA, D.A.B. *Avaliação de dietas para ovinos contendo feno de braquiária (*Brachiaria decumbens*) e níveis de caroço de algodão*. 2001, Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- TRUJILLO, G.M.; POSADA, J.G.; SIERRA, O. Efecto de La edad de rebrote en La calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas Tropicales*, v.8, n.2, p.7-9, 1986.
- VAN SOEST, P.J. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VELASCO, F.O. *Consumo e digestibilidade aparente da *Brachiaria decumbens* verde em três idades de corte*. 2009. 24f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CAPÍTULO IV

PARTIÇÃO DA ENERGIA E PRODUÇÃO DE METANO EM OVINOS ALIMENTADOS COM SILAGENS DO CAPIM *Brachiaria decumbens* EM TRÊS IDADES DE CORTE

4.1 RESUMO

Foi realizado estudo para descrever a partição da energia e produção de metano em ovinos alimentados com as silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. Utilizou-se a metodologia da calorimetria indireta para mensuração das perdas de energia e para a determinação da energia digestível (ED), metabolizável (EM) e líquida (EL). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo três tratamentos e seis repetições. As médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de significância. As silagens, cujos materiais foram cortados aos 56 e 84 dias, resultaram em maior ($P < 0,05$) consumo de ED em relação ao material com 112 dias de rebrote. Os consumos de EM e de EL reduziram ($P < 0,05$) a medida que o material envelheceu. As perdas diárias de energia através da urina, do metano e do incremento calórico não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos. A silagem contendo material cortado aos 112 dias apresentou valor de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) de 41,33%, sendo este valor inferior ($P < 0,05$) aos demais tratamentos que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Os valores de metabolizabilidade da energia (q_m) apresentaram variação significativa ($P < 0,05$) entre os três tratamentos, sendo que os materiais ensilados com idade de 56 e 84 dias apresentaram maior valor, seguidos da silagem confeccionada aos 112 dias. Com relação aos dados de eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (K_m) não houve variação ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Os valores de ED da silagem do capim *Brachiaria decumbens* variaram de 1,72 a 2,27 Mcal/kg de MS, sendo que o tratamento ensilado aos 56 dias apresentou o maior ($P < 0,05$) valor e o material confeccionado aos 112 dias resultou no menor ($P > 0,05$) valor. O mesmo resultado foi encontrado entre os tratamentos ao avaliar os valores de EM e de EL, onde a silagem contendo a forrageira colhida mais jovem apresentou os maiores ($P < 0,05$) valores. Os valores de EM e EL oscilaram de 1,43 a 1,90 Mcal/kg de matéria seca e 0,62 a 0,97 Mcal/kg de matéria seca, respectivamente. A produção de metano não variou ($P > 0,05$) entre os tratamentos estudados. Portanto, a silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias é superior nutricionalmente em relação às demais idades estudadas por apresentar maior teor de energia digestível, metabolizável e líquida.

Palavras-chave: calorimetria indireta, energia líquida, forrageira tropical, gás de efeito estufa

4.2 INTRODUÇÃO

O uso de forrageiras tropicais no sistema produtivo brasileiro, representa um dos mais importantes fatores que tornam nossa produção pecuária tão competitiva quanto aos sistemas de produção de bovinos nas demais regiões do planeta. A alta produtividade de matéria seca por hectare destas forrageiras, compensa a menor digestibilidade das mesmas em relação às forrageiras temperadas. O estudo mais aprofundado das forrageiras tropicais, neste caso a *Brachiaria decumbens*, é de suma importância para tornar os diferentes sistemas produtivos mais eficientes. A avaliação do valor nutritivo (objetivo do estudo deste trabalho) é crucial para inserir este tipo de volumoso em sistemas de produção mais eficazes de alimentação. Entretanto, poucos são os estudos que avaliam o material utilizando animais, muito dos trabalhos que avaliaram essas gramíneas foram conduzidos em silos experimentais.

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. De acordo com Van Soest (1994), os alimentos não são iguais em sua capacidade de dar suporte às funções de manutenção, crescimento, reprodução e lactação. Segundo Russell et al. (1992), além das características peculiares das frações nutritivas constituintes, os alimentos consumidos pelos ruminantes são transformados pelos microrganismos ruminais, impedindo a predição do desempenho somente a partir dos componentes dietéticos. Por isso a determinação da energia líquida do alimento é tão importante. A determinação da energia líquida do alimento permite a obtenção de formulações de dietas mais precisas, que podem trazer como consequência maior eficiência do sistema de produção. Isso porque os valores preditos estarão mais próximos da exigência real do animal.

Em virtude de sua grande presença nos sistemas de produção, aliado ao desconhecimento de sua avaliação nutricional na forma de silagem, objetivou-se com este experimento avaliar os valores de energia bruta, energia digestível, energia metabolizável e energia líquida das silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento por meio da calorimetria indireta, assim como a determinação da produção de metano.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Considerações gerais

O cultivo e a preparação dos materiais foram realizados nas dependências da Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa, da Escola de Veterinária da UFMG, localizada no município de Igarapé – MG, e o ensaio de respirometria na Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte – MG.

4.3.2 Procedimento experimental

Foram utilizadas as mesmas amostras de silagem do capim *Brachiaria decumbens* do Capítulo 3, em três idades de corte (56, 84 e 112 dias) e os mesmos animais.

Após o ensaio de consumo e digestibilidade iniciou-se o ensaio de respirometria e os carneiros permaneceram em um mesmo tratamento durante todo o período experimental.

4.3.3 Ensaio de respirometria

A determinação da produção de metano pelos ovinos e do conteúdo de energia metabolizável e energia líquida das silagens do capim *Brachiaria decumbens*, foram realizadas por meio de calorimetria indireta nas dependências do laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal – LAMCA da Escola de Veterinária da UFMG. Utilizou-se uma câmara respirométrica de fluxo aberto, confeccionada com placas de acrílico transparente (6 mm de espessura), com dimensões externas de 1,2 m (largura) x 2,0 m (altura) x 2,1 m (comprimento).

O ensaio de respirometria foi realizado em duas fases. Na primeira fase cada animal permaneceu dentro da câmara respirométrica por um período de 24 horas para mensurar as trocas gasosas e cálculo da produção de calor (calorimetria indireta). Os pesos dos animais foram registrados nos momentos de entrada e saída da câmara. Para evitar excesso de amônia no interior da câmara, foi adicionado 100 mL de HCl 2N dentro do balde coletor de urina, situado abaixo da gaiola metabólica. Durante o período dentro da câmara respirométrica o animal recebeu a mesma dieta anteriormente fornecida no ensaio de digestibilidade, sendo que o consumo de alimento foi registrado. Além da silagem os animais receberam água e mistura mineral *ad libitum*. Do lado de fora da câmara também foi colocada uma gaiola metabólica alojando outro carneiro, para evitar o estresse dos animais por isolamento.

Na segunda fase foi calculada a produção de calor dos carneiros em jejum. Após um período de 48 horas em jejum, os animais permaneceram dentro da câmara respirométrica por um período de 24 horas onde receberam apenas água *ad libitum*. Após a abertura da câmara, o volume de urina excretado foi mensurado e armazenado.

4.3.4 Funcionamento da câmara respirométrica

Para o procedimento de calorimetria indireta, foram utilizados os equipamentos e a metodologia descritos por Rodriguez et al. (2007).

Utilizou-se o sistema de circuito aberto sendo a entrada de ar do sistema situada no ambiente externo ao laboratório. O ar atmosférico entrou na câmara em um fluxo constante de 1 litro de ar para cada kg de peso vivo do animal, e foi misturado ao ar expirado pelo animal. O ar contido no interior da câmara era aspirado com auxílio de uma bomba, passando por um tubo de PVC (3,6 cm de diâmetro) a um fluxo constante, controlado por um fluxômetro de massa,

que corrigiu automaticamente o volume de ar para condições de pressão, temperatura e umidade.

Na saída da câmara havia um filtro para reter as impurezas. Com o auxílio de um ventilador acoplado ao sistema, o ar era misturado, possibilitando uma amostragem mais precisa. As amostras de ar, tanto externo como do interior da câmara, foram coletadas a cada 5 minutos para determinação das concentrações de oxigênio (O₂), dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) de acordo com metodologia proposta por Chwalibog (2004). Antes de atingir os analisadores de gases, montados em série, o ar passava por um desumidificador (tubo com capacidade de 1 litro contendo sílica).

A concentração máxima permitida de CO₂ foi de 0,5%. O consumo de O₂ e a produção de CO₂ foram calculados baseados no volume e na composição do ar que entra em comparação com o ar que sai.

No interior da câmara a temperatura foi controlada com o uso de ar-condicionado e registrada em momentos pré-estabelecidos (durante a primeira e última leitura).

Diariamente, antes de iniciar o período de mensuração das trocas gasosas do animal, era realizada a calibração dos analisadores de O₂, CO₂ e CH₄, utilizando-se gases de concentrações conhecidas, contidos em cilindros, e o ar externo.

4.3.5 Processamento das amostras e análises laboratoriais

Cada amostra de alimento oferecido, sobras e fezes foram descongelada sob temperatura ambiente, procedendo-se então o processo de pré-secagem a 55°C por 72 horas. Após a moagem das amostras em moinho estacionário a 5,0 mm, procedeu-se a homogeneização das mesmas para confecção das amostras compostas, que foram moídas utilizando peneira de 1,0 mm, e estocadas à temperatura ambiente em frascos de polietileno com tampa. As amostras compostas de alimento oferecido, sobras e fezes foram analisadas em triplicatas.

Foram determinados os valores de matéria seca em estufa a 105°C (AOAC, 1980) e energia bruta (EB) por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (AOAC International, 1995). As amostras de urina dos animais alimentados foram analisadas para determinação de energia bruta e nitrogênio total. As amostras de urina dos animais em jejum foram analisadas para determinação do teor de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (AOAC International, 1995).

4.3.6 Consumo de energia

Os pesos diários das dietas oferecidas e das sobras, registrados durante o ensaio de digestibilidade aparente (Capítulo 3) e os resultados das análises laboratoriais foram utilizados para o cálculo de consumo de energia bruta, digestível, metabolizável e líquida, segundo a equação:

$$\text{Consumo} = [(\text{kgOF} * \% \text{OF})/100] - [(\text{kgSO} * \% \text{SO})/100]$$

Em que:

kgOF = quantidade de dieta oferecida, em kg de MS;

%OF = concentração do nutriente na dieta oferecida, em % da MS;

kgSO = quantidade de sobras retiradas, em kg de MS;

%SO = concentração do nutriente nas sobras, em % da MS.

4.3.7 Respirometria

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):

$$H \text{ (kj)} = 16,18 * O_2 \text{ (L)} + 5,02 * CO_2 \text{ (L)} - 5,99 * N_u \text{ (g)} - 2,17 * CH_4 \text{ (L)}$$

Em que:

H = produção de calor;

N_u = nitrogênio urinário.

Para a transformação dos dados em calorias, utilizou-se como referência o valor de 1 joule correspondente a 0,239 calorias.

O quociente respiratório (QR) foi calculado como a razão entre CO_2 produzido (L) e O_2 consumido (L):

$$QR = \frac{CO_2 \text{ (L) produzido}}{O_2 \text{ (L) consumido}}$$

4.3.8 Partição de energia

Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos a partir da diferença entre a EB dos alimentos, das sobras no cocho e das fezes.

Os valores de energia metabolizável (EM) foram determinados a partir da diferença entre energia digestível e perdas de energia sob a forma de metano e urina.

Para o cálculo da energia perdida na forma de metano, considerou-se o valor de 13,334 kcal/g e densidade de 0,7143 g/litro.

Dos valores de produção de calor e trocas gasosas, observadas para o animal alimentado, foram descontados os valores observados para o mesmo animal em jejum, para o cálculo do incremento calórico (IC):

$$IC = Hal - Hj$$

Em que:

IC = incremento calórico;

Hal = produção de calor pelo animal alimentado;

Hj = produção de calor pelo animal em jejum.

Os valores de energia líquida (EL) foram obtidos a partir da diferença entre energia metabolizável e perdas de energia como incremento calórico.

4.3.9 Eficiência de utilização da energia

Para a determinação da eficiência dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) foram utilizados os dados de consumo e produção fecal, conforme metodologia utilizando a por Maynard et al. (1984), segundo a equação:

$$DAEB = \frac{(OF - SO - FZ)}{OF - SO} * 100$$

Em que:

OF = (quantidade de alimento oferecido, em kg de MS) * (teor de EB na dieta oferecida, em % da MS);

SO = (quantidade de sobras retiradas, em kg de MS) * (teor de EB das sobras, em % da MS);

FZ = (quantidade de fezes retiradas, em kg de MS) * (teor de EB das fezes, em % da MS).

O valor de metabolizabilidade da energia bruta (q_m) foi obtido a partir da seguinte fórmula, de acordo com AFRC (1993):

$$q_m = \frac{CEM * 100}{CEB}$$

Em que:

CEM = Consumo de energia metabolizável (kcal/dia);

CEB = Consumo de energia bruta (kcal/dia).

O valor de eficiência de utilização de energia metabolizável (k_m) foi obtido a partir da seguinte fórmula, de acordo com AFRC (1993):

$$K_m = \frac{EL * 100}{EM}$$

Em que:

EL = Teor de energia líquida (kcal/kg de MS);

EM = Teor de energia metabolizável (kcal/kg de MS).

4.3.10 Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística das variáveis citadas acima foi inteiramente casualizado, sendo três tratamentos e seis repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG (Euclides, 2005) e as médias comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total	17
Idades de Corte (tratamentos)	2
Erro	15

As médias geradas pelo experimento foram analisadas segundo o modelo estatístico abaixo:

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + H_i + e_{ij}$$

Em que:

\hat{Y}_{ij} = variável dependente;

μ = média geral;

H_i = efeito do tratamento i ($i = 1, 2, 3$);

e_{ij} = erro padrão da média.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Consumo de energia

Os dados obtidos no ensaio de respirometria (trocas gasosas, produção de calor e incremento calórico) foram ajustados para o consumo observado no ensaio de digestibilidade aparente, já que, nos cálculos de partição de energia, os valores de energia bruta foram determinados nas amostras de sobras, fezes e urina coletadas no ensaio de digestibilidade aparente.

A composição bromatológica das silagens (Tabela 2) é a mesma apresentada no Capítulo 3.

Tabela 2 – Composição química e energia bruta das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
Matéria seca, %	21,89	29,20	26,68
Matéria orgânica ¹	91,60	92,71	93,27
Proteína bruta ¹	5,58	4,56	4,49
N-NH ₃ /NT, %	7,80	5,92	6,00
FDN ¹	70,35	73,70	73,68
FDA ¹	38,56	40,08	40,75
Hemiceluloses ¹	31,79	33,62	32,03
Celulose ¹	33,61	35,00	34,53
Lignina ¹	4,95	5,08	6,22
Extrato etéreo ¹	2,65	2,64	2,70
Energia bruta, Mcal/kg	4,308	4,136	4,128

N-NH₃/NT - nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido.

¹ - % na matéria seca.

Os valores dos consumos de energia bruta (CEB) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM) não apresentaram diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos, e os valores oscilaram de 279,08 a 294,59 kcal/UTM/dia (Tabela 3). Castro (2008) relatou valores de consumo de energia bruta por unidade de tamanho metabólico variando de 315,86 a 261,81 kcal//UTM/dia para silagem de capim Tanzânia em idades de corte entre 42 e 107 dias. Jayme (2008) observou CEB para silagens de girassol variando de 252 a 402 kcal/UTM/dia. Ramirez (2010) trabalhou com feno de *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, não encontrou diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos quanto ao CEB, onde o valor médio foi de 266,50 kcal/UTM/dia, valor este superior ao encontrado neste trabalho (288,62 kcal/UTM/dia). Estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, Velasco (2011), não encontrou diferença ($P>0,05$) nos consumos de energia bruta para os três tratamentos, sendo a média de 291,81 kcal/UTM/dia. O consumo de energia bruta é resultado do consumo de matéria seca e do teor de energia bruta presente no material, onde existe uma correlação positiva entre estes fatores.

As silagens cujo material foi cortado aos 56 e 84 dias, resultaram em maior ($P<0,05$) consumo de energia digestível (CED) em relação ao material com 112 dias de rebrote. Entre as silagens com 56 e 84 dias, não houve diferença ($P>0,05$) para os resultados de CED, sendo os valores de 151,53 e 140,18 kcal/UTM/dia, respectivamente. O valor médio de consumo de energia digestível observado para a silagem de capim Tanzânia foi 147,5 kcal/UTM/dia (Castro, 2008). Valor este superior à média de CED encontrada neste trabalho de 135,6 kcal/UTM/dia.

Ao comparar dos resultados de consumo de energia metabolizável encontrados no presente trabalho com os relatados na literatura, deve ser enfatizado que a maioria dos estudos utilizam a fórmula de Blaxter & Clapperton (1965) para o cálculo das perdas energéticas na forma de

metano, a partir dos valores de digestibilidade aparente da EB. Já neste experimento, a emissão de metano foi mensurada em câmara respirométrica de circuito aberto, como mencionado no item Material e Métodos.

Tabela 3 – Valores médios diários de consumo voluntário de energia bruta (CEB), de energia digestível (CED), de energia metabolizável (CEM) e de energia líquida (CEL) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM), expressos na base da matéria seca das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
CEB	292,19	294,59	279,08	12,76
CED	151,53 ^A	140,18 ^A	114,97 ^B	13,50
CEM	126,86 ^A	115,72 ^A	95,68 ^B	14,12
CEL	64,20 ^A	58,68 ^{AB}	41,37 ^B	27,36

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Avaliando os consumos de energia metabolizável (CEM) observou-se que o consumo foi maior ($P < 0,05$) para os tratamentos ensilados aos 56 e 84 dias, que obtiveram média de 126,86 e 115,72 kcal/UTM/dia, respectivamente, quando comparados ao material mais velho de 112 dias com média de 95,68 kcal/UTM/dia. O consumo de energia líquida (CEL) foi superior ($P < 0,05$) no tratamento em que os animais receberam a dieta contendo material ensilado aos 56 dias (64,20 kcal/UTM/dia). Da mesma forma, a silagem de 84 dias apresentou superioridade ($P < 0,05$) para a variável CEL frente à silagem confeccionada aos 112 dias de idade de 58,68 e 41,37 kcal/UTM/dia, respectivamente.

Teixeira et al. (2008) apresentaram valores para CEM para ovinos alimentados com capim *Panicum maximum* variando 119,4 a 121,77 kcal/UTM/dia. Gonçalves et al. (2011) encontraram valores para CEM variando de 91,45 a 108,33 kcal/UTM/dia, para ovinos alimentados com silagens de capim *Andropogon gayanus*. Castro (2008), avaliando as silagens de capim Tanzânia em diferentes idades de corte observou CEM entre 106,0 e 132,0 kcal/UTM/dia e CEL variando de 77,92 a 95,40 kcal/UTM/dia, valores estes superiores ao observados neste trabalho.

Segundo o NRC (2007) a exigência líquida de energia para manutenção de ovinos é de 62 kcal/UTM/dia, valor este de consumo de energia alcançado apenas pelos animais que receberam a dieta contendo silagem com capim colhido aos 56 dias (64,20 kcal/UTM/dia). Isso mostra que os animais que receberam a dieta com a silagem de 84 e 112 dias, não consumiram o valor de energia suficiente para atender sua manutenção. Porém, deve-se fazer uma ressalva quanto a raça utilizada neste trabalho (mestiços com a raça Santa Inês) já que existe uma diferença entre os ovinos utilizados pelo NRC (2007), os quais são caracterizados por serem animais de alto potencial de produção, indicando que podem apresentar maior

exigência de manutenção, assim como ocorre entre os bovinos (Taurino vs. Zebuino). Sendo assim, talvez a exigência líquida de energia de manutenção dos ovinos mestiços com a raça Santa Inês, seja inferior. Mesmo assim, os consumos de EL apresentados pelos animais do tratamento de 84 e 112 dias foram baixos, 58,68 e 41,37 kcal/UTM/dia, respectivamente, mostrando que podem não ter consumido o valor de energia suficiente para atender sua exigência mínima, o que resultou em perda de peso. Isso mostra que as silagens confeccionadas com o capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 84 e 112 dias de crescimento, são de muito baixa qualidade nutricional.

4.4.2 Perdas de energia

Os valores de perda diária de energia nas fezes em kcal/UTM não apresentaram diferenças entre os tratamentos ($P > 0,05$), sendo o valor médio de 112,44 kcal/UTM (Tabela 4). No entanto, quando as perdas energéticas fecais são observadas em porcentagem da energia bruta consumida, os tratamentos ensilados aos 56 e 84 dias de rebrote apresentaram juntos, valores menores ($P < 0,05$) de perdas nas fezes com 47,98 e 52,34%, respectivamente, se comparado ao tratamento ensilado aos 112 dias, com 58,67%. No entanto, não houve diferença ($P > 0,05$) entre os materiais de 56 e 84 dias quanto as perdas energéticas fecais em porcentagem da energia bruta consumida. Ramirez (2011) estudando o feno de *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias de crescimento observou que as perdas energéticas fecais, expressas em porcentagem da energia bruta consumida, para o tratamento contendo o feno obtido aos 112 dias apresentou maior valor ($P < 0,05$), 54,1%, diferentemente dos fenos obtidos com as plantas aos 56 e 84 dias, os quais foram semelhantes, 44,1 e 46,0%, respectivamente ($P > 0,05$).

Ribeiro Junior et al. (2011) relataram valores de perdas energéticas nas fezes médios de 50,6% em relação à energia bruta ingerida de ovinos alimentados com silagens de *Andropogon gayanus*, valor inferior ao deste estudo que foi de 53,00%. Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, encontrou menores ($P < 0,05$) perdas diárias de energia nas fezes na forrageira mais jovem (56 dias) em relação às demais, sendo o valor de 34,00% da energia bruta consumida. Este valor foi inferior ao obtido neste experimento, o qual foi de 47,98% da energia bruta consumida. A resposta a esta diferença provavelmente estará no fato de um material ter sido utilizado verde e o outro ensilado, sendo o último de valor nutritivo inferior ao primeiro. A maior perda de nutrientes pelas fezes com o avançar da maturação da forrageira se dá pela menor degradabilidade ruminal dos constituintes fibrosos, principalmente celulose e hemiceluloses associadas à lignina.

De acordo com Van Soest (1994), perdas fecais menores estão associadas com altas concentrações de carboidratos não fibrosos, como açúcares e amido, e maiores perdas fecais estão associadas com a presença de grandes quantidades de carboidratos fibrosos, como celulose e hemiceluloses, e fenóis como as ligninas. Foram observadas correlações entre as perdas de energia nas fezes, como kcal/UTM, e os consumos de FDN ($r_{\text{FEZES} \times \text{CFDN/UTM}} = 0,814$; $P < 0,0001$) e de FDA ($r_{\text{FEZES} \times \text{CFDA/UTM}} = 0,761$; $P < 0,0001$). Segundo Blaxter (1962),

devido a grande variação da perda de energia nas fezes, mínimo de 10% até o máximo de 70% da energia bruta do alimento ingerido, este fator deve ser considerado como o mais importante para a determinação do valor nutritivo dos diferentes alimentos como fontes de energia.

Tabela 4 – Valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, no metano e na forma de incremento calórico em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM) e como porcentagem da energia bruta ingerida (%EB) das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
Fezes (kcal/UTM)	111,30	105,74	120,27	15,40
Fezes (% EB)	47,98 ^B	52,34 ^B	58,67 ^A	7,27
Urina (kcal/UTM)	4,04	3,47	2,30	40,39
Urina (% EB)	1,75	1,72	1,13	36,57
Metano (kcal/UTM)	15,65	13,67	11,77	23,33
Metano (% EB)	6,70	6,65	5,79	15,12
Incremento calórico (kcal/UTM)	49,74	39,22	39,88	20,50
Incremento calórico (% EB)	21,38	19,43	19,63	16,43

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Avaliando as perdas diárias de energia pela urina e pelo incremento calórico em kcal/UTM e como porcentagem da energia bruta ingerida, observou-se que não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos estudados. Os valores médios das perdas diárias de energia foram de 3,27 kcal/UTM e 1,53% da EB através da urina, e de 42,95 kcal/UTM e 20,15% da EB através do incremento calórico, demonstrando que não houve influência do avanço do estágio de maturação sobre esses parâmetros. As perdas de energia pela urina nunca devem superar 5% do valor energético da dieta consumida pelos animais (Blaxter & Wainman, 1964). Observou-se que neste trabalho não houve a superação deste valor de 5%.

Avaliando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, (Velasco, 2011), não encontrou diferença ($P > 0,05$) nas perdas diárias de energia através do incremento calórico entre os tratamentos. Ribeiro Junior et al. (2011) avaliando a forragem fresca de capim *Andropogon gayanus* observaram valores médios da perda de energia na forma de incremento calórico de 19,41 kcal/UTM, o que corresponde a 8,06% da energia bruta ingerida, porém os resultados foram inferiores aos encontrados neste estudo.

Os aumentos do consumo e da digestibilidade do alimento podem elevar os valores de perdas de energia através do incremento calórico. O incremento calórico também depende da composição da dieta, onde para alimentos concentrados, o incremento calórico varia de 15 a 25% da energia metabolizável, enquanto que para forragens, a variação situa-se entre 35 a 60% da energia metabolizável (Johnson et al., 2003). A maior capacidade de degradação da

parede celular em plantas mais novas podem resultar no aumento da perda de energia na forma de incremento calórico em relação à energia bruta ingerida se comparada a plantas mais velhas, porém este resultado não foi encontrado neste trabalho.

Quanto às perdas energéticas na forma de metano, não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos quando foi comparada a perda de energia na forma de metano em Kcal/UTM e como porcentagem da energia bruta ingerida, sendo as médias de 13,70 Kcal/UTM e 6,38%, respectivamente. Numericamente os valores de perda de energia na forma de metano variaram de 15,65 a 11,77 Kcal/UTM e de 6,70 a 5,79% da energia bruta ingerida. Quanto maior a perda de energia na forma de metano menor a eficiência de aproveitamento da dieta. A produção de metano representa uma significativa perda de energia pelos ruminantes, sendo tipicamente encontrados valores de 5,5 a 6,5% da energia bruta ingerida (Johnson & Ward, 1996). Entretanto, mensurações realizadas em câmaras respirométricas mostraram grande variação na emissão de metano, de 2 a 12% da energia bruta ingerida (Johnson & Johnson, 1995).

As frações fibrosas são substratos para as bactérias fibrolíticas, as quais produzem grande quantidade de acetato que acaba por gerar um excedente de íons de hidrogênio no ambiente ruminal. Estes íons são incorporados a um átomo de carbono pelas *Archaea* metanogênicas, gerando assim o gás metano através do gasto de energia. Por isso quanto maior a produção de metano por unidade de produto animal, menor será a eficiência de utilização da energia proveniente da dieta. Ribeiro Junior et al. (2011) relataram valores de perda energética na forma de metano de 3,1 a 3,6% da energia bruta ingerida, em ovinos alimentados com silagem de capim *Andropogon gayanus*. Já Velasco (2011), estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, encontrou valores de perda energética na forma de metano variando de 4,06 a 6,20% da energia bruta ingerida, valores que são inferiores aos encontrados neste experimento.

Bruinenberg et al. (2002) comparando o resultado de 96 estudos de 3 diferentes laboratórios que determinaram a partição de energia pelo método de calorimetria indireta, encontraram valores médios para as perdas de energia na forma de fezes, de urina, de metano e de calor (incremento calórico) em porcentagem da energia bruta ingerida de 25, 6, 6 e 38%, respectivamente, para vacas em lactação alimentadas com forrageiras verdes e com menos de 10% de concentrado na matéria seca da dieta total. Observou-se que todos os resultados, exceto as perdas na forma de metano, foram diferentes dos encontrados neste experimento, o que é justificando pela diferença da espécie animal utilizada, pelo tipo de forragem e pela presença de alimento concentrado.

Utilizando ovinos, Anderson (1984) avaliou a silagem de azevém pelo método de calorimetria indireta em circuito aberto onde encontrou valores médios para a porcentagem de energia presente nas fezes, na urina, no metano e no incremento calórico de 23,3; 4,33; 6,53 e 50,7% da energia bruta consumida, respectivamente. Percebe-se que o valor médio para a produção de metano foi semelhante ao encontrado neste experimento de 6,38%. Já para os outros parâmetros, houve grande diferença sendo que neste experimento foi elevada a perda de

energia nas fezes (53,00%) em relação ao relatado por Anderson (1984) de 23,30%. Isto mostra a grande diferença de digestibilidade entre as duas dietas (silagem de *Brachiaria decumbens* contra silagem de azevém), onde o azevém destaca-se pela alta digestibilidade.

Tomkins et al. (2011) utilizando o sistema de câmara respirométrica de circuito aberto, encontraram produção de metano em porcentagem da energia bruta consumida de 9,2% para novilhos alimentados com capim de rhodes (*Chloris gayana*) na forma verde. Este resultado está acima do encontrado neste estudo para os três tratamentos avaliados.

No atual estudo, valendo-se as perdas energéticas a partir da energia bruta consumida, pode-se dizer que, a produção fecal representou a principal perda de energia (47,98 a 58,67%), seguida pelo incremento calórico (19,43 a 21,38%), pela emissão de metano entérico (5,79 a 6,70%) e pela urina (1,13 a 1,75%). Isto evidencia a importância em fornecer dietas mais digestivas e com menor incremento calórico para que se possa ter melhor aproveitamento energético do alimento pelo animal.

4.4.3 Teores de energia

Observou-se valor médio de energia bruta de 4,19 Mcal/kg de matéria seca para os três tratamentos avaliados (Tabela 5). Valadares et al. (2006) apresentaram valores de energia bruta do capim *Brachiaria decumbens* de 4,68 Mcal/kg de MS e do capim *Brachiaria brizantha* de 3,86 Mcal/kg de MS. Teixeira (2009) relatou valor médio de energia bruta de 4,03 Mcal/kg para o capim elefante verde. Já Gonçalves et al. (2011), estudando os valores de energia das silagens de capim *Andropogon gayanus* em diferentes idades, encontraram valor médio de energia bruta de 4,45 Mcal/kg de MS. Segundo Lawrence & Fowler (2002), a combustão completa em bomba calorimétrica das frações fibrosas de uma forrageira é capaz de gerar em torno de 4,2 Mcal/kg de MS, valor este muito próximo à média encontrada neste experimento.

Tabela 5 – Valores médios de energia bruta (EB), de energia digestível (ED), de energia metabolizável (EM) e de energia líquida (EL) em Mcal por kg de matéria seca consumida (Mcal/kg de MS) das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
EB	4,31	4,14	4,13	-
ED	2,27 ^A	1,98 ^B	1,72 ^C	8,25
EM	1,90 ^A	1,64 ^B	1,43 ^C	9,23
EL	0,97 ^A	0,82 ^{AB}	0,62 ^B	25,23

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Os valores de energia digestível (ED) da silagem do capim *Brachiaria decumbens* variaram de 1,72 a 2,27 Mcal/kg de MS, sendo que o tratamento ensilado aos 56 dias apresentou o maior ($P<0,05$) valor e o material confeccionado aos 112 dias resultou no menor ($P>0,05$) valor em relação aos demais tratamentos. Resultado semelhante foi encontrado entre os tratamentos ao avaliar os valores de energia metabolizável (EM) e de energia líquida (EL), onde a silagem obtida com a forrageira mais jovem apresentou os maiores ($P<0,05$) valores para EM e EL seguido do material ensilado aos 84 dias e por último o tratamento de 112 dias. Os valores de EM e EL oscilaram de 1,14 a 1,90 Mcal/kg de MS e 0,34 a 0,97 Mcal/kg de MS, respectivamente. As médias foram de 1,50 e 0,65 Mcal/kg de MS consumida de EM e EL, respectivamente. Socorro (1984) relatou em seu trabalho valores de conteúdo de energia digestível do feno de *Brachiaria decumbens* de 1,93 Mcal/kg de MS para o corte aos 90 dias e de 1,62 Mcal/kg de MS para o corte aos 134 dias. Gonçalves et al. (2011) relataram valores de energia digestível das silagens de capim *Andropogon gayanus* variando de 2,63 a 1,93 Mcal/kg de MS. Teixeira et al. (2008) relataram valores de consumo de energia digestível de 2,93 Mcal/kg de MS para silagem de capim *Brachiaria brizantha* cortada os 56 dias de idade, valores estes superiores à média de 1,99 Mcal/kg de MS encontrada no presente trabalho.

Castro (2008), estudando silagens de capim Tanzânia, observou valores médios de ED, EM e EL de 2,10; 1,80 e 1,30 Mcal/kg de MS, respectivamente. Os valores de energia líquida foram baixos em relação aos encontrados na literatura, como Velasco (2011) que relatou um valor médio de EL de 1,74 Mcal/kg de MS para o capim *Brachiaria decumbens* na forma verde. Assim como Gonçalves et al. (2011) que encontraram valores de energia líquida da silagem de capim *Andropogon gayanus* cortado aos 56 dias de 1,93 Mcal/kg de MS.

Os resultados mostram a influência negativa do aumento da maturidade da forrageira sobre o seu valor nutricional. Isto se deve pelas maiores ($P<0,05$) perdas de eficiência energética do capim mais velho, onde ocorreram maiores perdas de energia na forma de fezes e na produção de metano (Tabela4).

4.4.4 Eficiência de utilização da energia

Houve influência do estágio de maturação da planta sobre a digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) (Tabela 6). A silagem contendo material cortado aos 112 dias apresentou valores de DAEB de 41,33%, sendo este inferior ($P<0,05$) aos demais tratamentos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si, com valor médio de 49,85%. Os resultados estão de acordo com os valores médios obtidos nas perdas fecais em porcentagem da energia bruta (Tabela 4), onde o material ensilado aos 112 dias apresentou maior ($P<0,05$) perda de energia nas fezes em relação aos demais tratamentos que não diferiram entre si ($P>0,05$).

Castro (2008) encontrou redução da digestibilidade da energia bruta das silagens de capim Tanzânia com o avançar da idade da planta. O autor relatou valores de 59,7 a 44,5% de digestibilidade aparente da energia bruta para as silagens confeccionadas com a planta cortada aos 42 e 107 dias respectivamente. Socorro (1984) observou valores de digestibilidade aparente do feno de *Brachiaria decumbens* variando de 49,60 a 48,01% para cortes realizados

com 90 e 134 dias de rebrote, valores inferiores aos encontrados neste experimento. Com o aumento da maturidade da planta a relação folha:haste reduz, o que leva ao aumento percentual dos valores de parede celular e lignificação, resultando assim em menor potencial de digestibilidade do material.

Tabela 6 – Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) em porcentagem, metabolizabilidade da energia bruta (q_m), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (K_m) e razão entre a energia líquida e a energia bruta (EL/EB) em porcentagem das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
DAEB (%)	52,03 ^A	47,66 ^A	41,33 ^B	8,20
q_m (%)	43,58 ^A	39,30 ^A	34,41 ^B	9,13
K_m (%)	50,44	50,55	42,31	20,76
EL/EB (%)	42,30	41,67	35,21	21,46

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Verificando os valores de metabolizabilidade (q_m), o qual representa a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta, observou-se variação ($P < 0,05$) entre os três tratamentos, sendo que o material ensilado com idade de 56 dias apresentou o maior valor de metabolizabilidade (43,58%), seguido da silagem confeccionada aos 84 dias (34,80%) e por último o tratamento com 112 dias de crescimento (27,52%). Estes dados demonstram que forragens ensiladas com menor grau de senescência, apresentam maior capacidade de transformar a energia bruta em energia metabolizável pelo animal, ou seja, apresenta menores perdas de energia durante este processo. Velasco (2011) avaliando *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, não encontrou significância ($P > 0,05$) entre os tratamentos, sendo a média obtida de 55,00%, valor este acima da média obtida neste estudo para os três tratamentos (35,30%). Ramirez (2011) estudando o feno de *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias de crescimento observou valores de metabolizabilidade de 48,0; 45,2 e 39,5%, respectivamente, valores estes acima dos encontrados neste experimento, mas com a mesma lógica onde o material mais jovem apresentou maior valor de q_m .

Com relação aos dados de eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (K_m) observou-se que o material ensilado aos 112 dias apresentou eficiência de 28,40%, sendo inferior ($P < 0,05$) aos demais tratamentos que não apresentaram variação ($P > 0,05$), com valor médio de 47,40%. O valor de K_m é expresso pela relação entre a energia líquida e a energia metabolizável para manutenção, sendo influenciado pelo incremento calórico da dieta, ou seja, quanto maior o incremento calórico de uma dieta, menor será o seu valor de K_m . Castro (2008) relatou valores de K_m para silagens de capim Tanzânia superiores aos deste experimento, com oscilação entre 57,00% para o capim cortado aos 63 dias e 74,00% para o

corte aos 107 dias. Avaliando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de crescimento, Velasco (2011), encontrou valores médios de K_m de 75,0; 78,0 e 79,0%, respectivamente. Ramirez (2011) também estudando a *Brachiaria decumbens* porém utilizada na forma fenada, observou valor de K_m de 65,0; 76,0 e 76,6% nas idades de corte de 56, 84 e 112 dias, respectivamente. Estes valores foram acima dos encontrados neste experimento, o que pode ser explicado por este ser uma silagem onde perdas no processo fermentativo já ocorreram o que reduziu seu valor nutricional final.

Os valores para a razão entre a energia líquida e a energia bruta (EL/EB) variaram de 19,19 a 42,30% entre os tratamentos avaliados. Os materiais ensilados aos 56 e 84 dias não diferiram ($P>0,05$) entre si, porém apresentaram maior ($P<0,05$) valor da relação entre EL/EB quando comparado a silagem produzida com capim cortado aos 112 dias de crescimento. O resultado pode ser explicado devido a ausência de diferença ($P>0,05$) no consumo de energia bruta entre os três tratamentos (Tabela 3), associado ao menor ($P<0,05$) valor obtido para o consumo de energia líquida do material ensilado aos 112 dias de rebrote assim como a maior ($P<0,05$) perda de energia na forma de fezes (Tabela 4). Machado (2010) trabalhando com silagens de sorgo encontrou valores de energia líquida, como porcentagem da energia bruta ingerida, variando de 22,58 a 40,12%. Já Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* utilizado na forma verde cortado em diferentes idades, relatou valores de EL/EB variando de 41,24 a 43,3%, valores estes maiores aos encontrados neste experimento.

De acordo com Machado (2010), a relação entre energia líquida e energia bruta, reflete a eficiência de todo o fluxo de energia no animal, desde a ingestão do alimento, o qual apresenta determinada quantidade de energia disponível nos seus nutrientes, até a quantidade de energia que realmente estará disponível, após os processos de digestão, absorção e metabolismo desses nutrientes, para o animal se manter vivo e realizar suas funções produtivas e atividades físicas.

4.4.5 Respirometria

A média de consumo diário de oxigênio pelos animais entre os três tratamentos foi de 22,90 L/UTM, sendo que não houve diferença ($P>0,05$) entre eles (Tabela 7). Já a produção de dióxido de carbono foi maior ($P<0,05$) nos animais alimentados com a silagem contendo capim com 56 dias de crescimento em relação aos outros dois tratamentos, os quais não diferiram ($P>0,05$) entre si. A média de produção de dióxido de carbono nos três grupos foi de 21,41 L/UTM por dia. A maior produção de dióxido de carbono apresentada pelos animais consumindo a silagem confeccionada aos 56 dias de rebrote, pode ser explicada pelo maior consumo de matéria seca digestível por unidade de tamanho metabólico (CMSD/UTM) (Tabela 3 do Capítulo 3) em relação aos outros tratamentos. Essa característica provavelmente influenciou na maior fermentação com conseqüente produção de dióxido de carbono. Houve uma correlação positiva do CMSD/UTM com a produção diária de dióxido de carbono (CO_2) ($r = 0,838$; $P<0,0001$), o que comprova a afirmativa anterior.

Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* na forma verde encontrou valores médios de consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono de 20,91 e 20,98 L/UTM, respectivamente. Teixeira et al. (2011) avaliando ovinos alimentados com capim elefante cortado em diferentes idades observaram valores de consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono de 21,80 e 21,38 L/UTM. Estes valores foram próximos aos encontrados neste trabalho.

Tabela 7 – Consumo diário de oxigênio (O₂), produção diária de dióxido de carbono (CO₂) e de metano (CH₄), em litros por kg de unidade de tamanho metabólico (L/UTM), produção diária de calor (PC) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM) e quociente respiratório (QR) das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
O ₂	24,92	22,19	21,58	13,52
CO ₂	23,67 ^A	20,77 ^B	19,80 ^B	10,19
CH ₄	1,64	1,44	1,24	23,23
PC	123,65	109,71	106,30	12,56
QR	0,96	0,94	0,92	7,12

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Quanto à produção de metano pela fermentação, não houve diferença (P>0,05) entre os tratamentos, tendo como média o valor de 1,44 L/UTM. Resultado este que corrobora com o encontrado anteriormente ao avaliar a perda diária de energia na forma de metano (Tabela 4). Avaliando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, (Velasco, 2011), encontrou produção diária de metano de 1,62 L/UTM. Teixeira et al. (2011) relataram valores de produção diária de metano variando de 1,18 a 2,13 L/UTM para ovinos alimentados com capim elefante, valores semelhantes aos encontrados neste estudo. Ramirez (2011) ao avaliar o feno de *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias de crescimento encontrou média de 1,7 L/UTM para o consumo diário de metano por carneiros. Analisando as silagens de três híbridos de sorgo, Machado (2010), encontrou valores de produção de metano variando de 1,1 a 0,8 L/UTM.

O total de energia produzida por um animal na forma de calor pode ser calculado a partir das medições de consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono e CH₄, associado com os valores de excreção de nitrogênio pela urina (Chwalibog, 2004). A produção de calor diária pelos ovinos não variou (P>0,05) entre os tratamentos, apresentando como valor médio de 113,22 kcal/UTM. Resultados semelhantes foram reportados por Velasco (2011) estudando a produção de calor em ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde com produção de 105,70 kcal/UTM, e Teixeira et al. (2011) avaliando o capim elefante, com 108,20 kcal/UTM. Pesquisando a produção de calor por ovinos alimentados com feno de *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias de crescimento, Ramirez (2011),

encontrou produção variando de 95,0 a 114,1 kcal/UTM, sendo a média de 102,73 kcal/UTM. Machado (2010) ao estudar o híbrido de sorgo BR 610 ensilado com os grãos no estágio farináceo obteve produção diária de calor igual a 130,68 kcal/UTM, valor este superior aos 113,22 kcal/UTM encontrados neste experimento. Ribas (2010) avaliando a produção diária de calor de ovinos alimentados com três híbridos de sorgo de corte obteve produções de calor variando de 92,5 a 177,8 kcal/UTM. A produção de calor é resultante principalmente dos processos de fermentação dos nutrientes no rúmen e seus metabolismos no organismo animal, além da movimentação da digesta no trato gastrointestinal. Quanto maior este calor, menor é a eficiência de uso do alimento. Os balanços de energia encontrados neste trabalho foram baixos, porém positivos com valores de 22,98; 30,10 e 36,64 kcal/UTM/dia para as silagens com capim ensilado aos 56, 84 e 112 dias, respectivamente. O balanço de energia é calculado pela subtração da produção de calor total da energia metabolizável consumida. Castro (2008) relatou balanços de energia entre 54,25 kcal/UTM/dia para a silagem de capim Tanzânia cortado aos 63 dias. Já Machado (2010) relatou balanço energético negativo ou próximo a zero, quando utilizou ovinos alimentados com silagem de sorgo em três estágios de maturação. Velasco (2011) encontrou balanço positivo de energia dos ovinos alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde, sendo a média 54,73 kcal/UTM/dia, valor este superior ao obtido no presente trabalho de 29,91 kcal/UTM/dia.

O coeficiente respiratório é a relação entre o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono durante o metabolismo animal (Chwalibog, 2004). O coeficiente respiratório não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos, sendo a média obtida de 0,98. Machado (2010) avaliando silagens de sorgo colhidos em diferentes estágios de maturação encontrou em ovinos, uma média do coeficiente respiratório de 0,90, valor este inferior ao encontrado neste trabalho. Já Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* na forma verde encontrou valores médios de coeficiente respiratório de 1,01. Castro (2008) relatou valores de coeficiente respiratório para ovinos alimentados com silagens de capim Tanzânia entre 1,03 e 1,14, um resultado acima do observado neste experimento. Ribas (2010) estudando respirometria de ovinos alimentados com híbridos de sorgo encontrou valores de coeficiente respiratório variando de 0,92 a 0,94.

Pela respirometria indireta de fluxo aberto, Chandramoni et al. (2000), avaliaram a produção de calor e o coeficiente respiratório em ovinos alimentados com dieta contendo 92% de volumoso (feno de aveia) e 8% de concentrado onde as médias foram de 95,3 kcal/UTM/dia e 0,94, respectivamente. Estes valores estão próximos aos encontrados neste experimento de 113,22 kcal/UTM/dia e 0,94 para a produção de calor e o coeficiente respiratório, respectivamente, apesar das dietas fornecidas aos animais serem diferentes.

O valor do coeficiente respiratório é uma referência ao substrato metabólico utilizado, sendo que valores de coeficiente respiratório próximo a 1,0 seriam para carboidratos, 0,8 para proteína e 0,7 para gorduras (Kleiber, 1972). Com isso pode-se dizer que o valor encontrado para o coeficiente respiratório neste estudo é representativo da dieta ingerida pelos ovinos, a qual era apenas de volumoso (carboidrato fibroso).

4.4.6 Produção de metano

A produção diária em litros, em gramas e em gramas por quilo de matéria seca consumida de metano pelos ovinos alimentados com as silagens, não variou ($P>0,05$) entre os três tratamentos avaliados (Tabela 8). As produções médias de metano foram de 21,60 L/dia, 15,43 g/dia e 20,23 g/kg de MS por dia para os três tratamentos (56, 84 e 112 dias) avaliados. Ribeiro Junior et al. (2011) relataram valores diários para produção de metano de 14,27 litros para dietas contendo forragem fresca de capim *Andropogon gayanus* com diferentes graus de maturidade.

Tabela 8 – Valores médios de produção de metano em litros por dia (L/dia), em gramas por dia (g/dia) e em gramas por kg de matéria seca ingerida (g/kg de MS) por ovinos alimentados com silagem do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
CH ₄ (L/dia)	25,02	21,35	18,43	31,50
CH ₄ (g/dia)	17,87	15,25	13,17	31,50
CH ₄ (g/kg de MS)	21,90	20,74	18,06	15,01

CV - coeficiente de variação em porcentagem.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Em se tratando da produção de metano, tem-se que uma dieta com valores de fibras mais elevados geralmente resulta em maior fermentação pelas bactérias fibrolíticas produzindo como subproduto de seu metabolismo principalmente o ácido acético e butírico, os quais geram grande excedente de íons de hidrogênio. Estes íons de hidrogênio são então capturados pelas *Archaea* metanogênicas, sendo associados a uma molécula de carbono, o que resulta na produção do gás metano. Observou-se que o CFDN/UTM (Tabela 6 do Capítulo 3) apresentou correlação positiva com a produção de metano em L/dia ($r = 0,739$; $P<0,0001$). Sendo assim, o fato dos valores médios de FDN e de FDA terem sido semelhantes entre os três tratamentos (Tabela 2), com médias de 72,58 e 39,80% na MS, respectivamente, explica a semelhança nos resultados encontrados para a produção de metano pelos animais.

Utilizando o sistema de câmara respirométrica de circuito aberto, Tomkins et al. (2011) encontraram produção de metano de 29,7 g/kg de MS consumida para novilhos alimentados com capim de rhodes (*Chloris gayana*) na forma verde. Este resultado está próximo da média encontrada neste estudo de 20,23 g/kg de MS consumida para os três tratamentos avaliados. Chandramoni et al. (2000) avaliaram a produção de metano em ovinos alimentados com dieta contendo 92% de volumoso (feno de aveia) e 8% de concentrado, encontraram uma produção média de 14,8 L/dia e 10,6 g/dia, valores estes abaixo dos encontrados na média dos três tratamentos. De acordo com Moss & Givens (1993), o tipo de volumoso e o uso de concentrados pode influenciar de forma substancial a produção de metano.

Molano et al. (2003) avaliando a produção de metano em ovinos consumindo azevém sendo duas dietas diferentes, uma de baixa (62,55%) e outra de alta (75,35%) digestibilidade, encontraram produção média de 21,35 g/dia e 23,65 g/kg de MS para a dieta de baixa digestibilidade e 25,40 g/dia e 22,93 g/kg de MS para a dieta de alta digestibilidade. Observou-se que os valores de produção diária de metano em gramas e em gramas por kg de matéria seca ingerida, tanto na dieta de baixa quanto na de alta digestibilidade, foram acima das médias encontradas nos três tratamentos avaliados neste experimento.

Extrapolando as produções diárias de metano para o período de um ano, encontra-se um valor de 6,52; 5,57 e 4,81 kg por animal alimentado com silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias, respectivamente. Machado (2010) estudando silagem de sorgo estipulou produção anual média entre 3,6 a 5,8 kg de metano. Avaliando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, (Velasco, 2011), encontrou produção anual de metano de 5,88 kg, valor este próximo ao calculado neste experimento de 5,63 kg/ano. A maioria dos inventários e relatórios sobre as emissões antrópicas de gás metano utilizam uma emissão anual de 5,0 kg de metano para ovinos adultos alimentados no nível de manutenção (IPCC, 2006), valor este próximo à média encontrada neste estudo para ovinos adultos (37 kg de peso vivo) recebendo dieta *ad libitum* de silagem do capim *Brachiaria decumbens*.

4.5 CONCLUSÕES

A silagem do capim cortado aos 56 dias apresentou maior valor de energia líquida, demonstrando ser a melhor idade de corte dentre as três avaliadas.

O processo de senescência não influenciou a produção de metano e o incremento calórico da silagem do capim *Brachiaria decumbens*.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL: *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.
- ANDERSON, R. Effect of prolonged wilting in poor conditions on the fermentation quality, metabolisability and net energy value of silage given to sheep. *Animal Feed Science and Technology*, v.12, p.109-118, 1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 13ed. Washington - D.C.: AOAC, 1980, p.1015.
- BLAXTER, K.L. *The Energy Metabolism of Ruminants*. Springfield, IL. Charles C. Thomas, 1962.

- BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal Nutrition*, 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. *Journal of Agricultural Science*, v.63, p.113-128, 1964.
- BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. Proc 3rd Symp. *On Energy Metabolism*, EAAP Publ. N° 11. p.441-443, 1965.
- BRUINENBERGA, M.H.; VAN DER HONINGA, Y.; AGNEW, R.E. et al. Energy metabolism of dairy cows fed on grass. *Livestock Production Science*, v.75, p.117-128, 2002.
- CASTRO G.H.F. *Silagens de capim Tanzânia (Panicum maximum cv. Tanzânia) em diferentes idades*. 2008. 125f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CHANDRAMONI; JADHAO, S.B.; TIWARI, C.M. et al. Energy metabolism with particular reference to methane production in Muzaffarnagari sheep fed rations varying in roughage to concentrate ratio. *Animal Feed Science and Technology*, v.83, p.287-300, 2000.
- CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production – The fire of life. *Research School of Nutrition and Physiology*, 2004.
- EUCLYDES, R.F. *Sistema para análises estatísticas (SAEG 9.0)*. Viçosa: Funarbe, 2005.
- GONÇALVES, L.C.; JAYME, D.G.; RIBEIRO JÚNIOR, G. O.; et al. Consumo voluntário e digestibilidade aparente em ovinos da energia das silagens de capim *Andropogon gayanus* em três idades de corte. In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Maceió: ZOOTEC, 23 -27, mai. 2011. *Anais XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia*. p.157-75.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Emissions from livestock and manure management. In: Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tabane, K. (eds). *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories*. Hayama: IGES, p.747-846, 2006.
- JAYME, C.G. *Silagens de Brachiaria brizantha sem aditivos, adicionada de cana-de-açúcar e aditivos microbianos*. 2008. 77f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- JOHNSON, D.E.; FERRELL, C.L.; JENKINS, T. G. The history of energetic efficiency research: Where have we been and where are we?. *Journal of Animal Science*. 2003. 81:27-38.
- JOHNSON, D.E.; WARD, G.M. Estimates of animal methane emissions. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.42, p.133-141, 1996.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane Emissions from Cattle. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2483- 2492, 1995.
- LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. *Growth of Farm Animals*. 2nd Edn., CABI Publishing, Oxon, UK., Pages: 347. 2002.
- MACHADO, F. S. *Digestibilidade, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagens de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação*. 2010. 109f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, B.S.; HINTZ, H.F. et al. *Nutrição animal*. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.
- MOLANO, G.; RENARD, T.; CLARK, H. The effect of level of feeding and forage quality on methane emissions by wether lambs. *Proceeding of the 2nd Joint Australia and New Zealand Forum on Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions from Agriculture* (Ed. R. Eckard and B. Slattery). Cooperative Research Centre for Greenhouse Gas Accounting, Canberra, Australia. p.f14, 2003.
- MOSS, A.R.; GIVENS, R.; Effect of supplement type and grass silage: concentrate ratio on methane production by sheep. *Proc. British Society of Animal Production*, p.52, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of small ruminants*. 2007, 362p.
- RAMIREZ, M.A. *Consumo e digestibilidade aparente de fenos de Brachiaria decumbens, stpaf cultivar basiliski cortados em três diferentes idades*. 2010. 36f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- RAMIREZ, M.A. *Valor nutricional do feno de Brachiaria decumbens em três idades*. 2011. 138f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- RIBAS, M. N. *Avaliação agrônômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr- portadores de nervura marrom*. 2010, 128f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; et al. Respirimetria e perdas energéticas de ovinos alimentados com silagens de capim *Andropogon gayanus* em diferentes idades de corte In: XI Simposio de sustentabilidade leiteira, Maceió: ZOOTEC, 23 -27, mai. 2011. *Anais do XI Simposio de sustentabilidade leiteira*.
- RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; LACHICA, M.L. et al. A calorimetry system for metabolism trials. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, v.59, n. 2, p. 495-500, 2007.
- RUSSEL, B.J.; O' CONNOR, J.D.; FOX; D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattles diets: ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.1955-1963, 1992.
- SAMPAIO, I, B, M. Estatística aplicada à experimentação animal. Belo Horizonte: *Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2002. 265p.
- SOCORRO E.P. *Digestibilidade aparente e partição da digestão de fenos de Brachiaria decumbens STAPF*. 1984. 77f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- TEIXEIRA, A M.; JAYME, C. G.; GONÇALVES, L. C.; et al., Consumo voluntário e digestibilidade aparente das frações fibrosas das silagens de *Brachiaria brizantha* pura, adicionada de cana de açúcar e com aditivos bacterianos. In: 45° REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2008, Lavras. *Anais da 45° reunião da sociedade brasileira de zootecnia*. Lavras, 2008.

- TEIXEIRA, A.M. *Consumo voluntário e digestibilidade aparente do capim-elefante verde em diferentes idades de corte em ovinos*. 2009. 29f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- TEIXEIRA, A.M.; GONÇALVES, L.C.; JAYME, D.G.; et al. Consumo de energia e respirometria de ovinos alimentados com capim elefante verde em três idades de corte. In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Maceió: ZOOTEC, 23 -27, mai. 2011. *Anais XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia*.
- TOMKINS, N.W.; MCGINN, S.M.; TURNER, D.A. et al. Comparison of open-circuit respiration chambers with a micrometeorological method for determining methane emissions from beef cattle grazing a tropical pasture. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, p.240-247, 2011.
- VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; CHIZZOTTI, M.L. et al. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R; MAGALHÃES, K.A. (Eds.) *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte*. Viçosa, MG: Suprema Gráfica, 2006. 142p.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VELASCO, F.O. *Consumo e digestibilidade aparente da Brachiaria decumbens verde em três idades de corte*. 2009. 24f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CAPÍTULO V

CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DAS SILAGENS DO CAPIM *Brachiaria decumbens* EM TRÊS DIFERENTES IDADES DE CORTE PELA TÉCNICA *IN VITRO* DE PRODUÇÃO DE GASES

5.1 RESUMO

As silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento foram avaliadas pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso com parcela subdividida, sendo as três idades de corte as parcelas, os líquidos ruminais os blocos, e os tempos de leitura de produção de gás as subparcelas. A degradabilidade *in vitro* da matéria seca foi medida nos tempos de 6, 12, 24, 48 e 96 horas. A produção acumulada de gases na silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias foi superior aos demais tratamentos nos tempos de 24, 48 e 96 horas de fermentação ($P < 0,05$). Sendo que a maior produção acumulada de gases foi de 182,12 mL/g de matéria seca após 96 horas de fermentação. A degradabilidade da matéria seca e da matéria orgânica, em todos os tempos de fermentação avaliados, da silagem feita com o capim cortado aos 56 dias de idade foi maior ($P < 0,05$) quando comparado aos demais tratamentos (84 e 112 dias), que não diferiram em si ($P > 0,05$). Os parâmetros avaliados indicam a silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias como superior em relação às demais idades estudadas.

Palavras-chave: degradabilidade, forrageira, ruminante, valor nutricional

5.2 INTRODUÇÃO

No Brasil, predomina o sistema extensivo de criação de bovinos, onde as pastagens constituem o principal alimento. Isso torna o sistema mais prático e de menor custo de produção. No entanto, aproximadamente 80% da matéria seca das forragens produzida nas pastagens, durante o ano, está disponível na estação chuvosa e quente. Esta estacionalidade na produção forrageira é apontada como um dos fatores que mais contribui para uma menor produtividade dos rebanhos brasileiros. Com isso, faz-se necessário uma suplementação no período de escassez.

A adoção de técnicas de conservação de forragem representa boa alternativa para contornar esse problema. Uma delas é a ensilagem do excedente de forragem produzida no período chuvoso do ano, para então ser utilizada no inverno.

É grande o interesse pelo uso da silagem de gramíneas tropicais, como a *Brachiaria decumbens*, na alimentação de ruminantes. Por isso, alguns trabalhos foram e estão sendo

desenvolvidos para determinação de técnicas para produzir uma silagem de boa qualidade nutricional.

Devido ao alto custo da digestibilidade *in vivo*, demanda de tempo, mão-de-obra e baixo número de amostras avaliadas, a utilização das técnicas *in vitro* está sendo cada vez mais utilizada para a determinação do valor nutricional dos alimentos, sendo relacionada ao consumo e a digestibilidade pelo animal. Entre as vantagens apresentadas pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases está a capacidade de avaliar um grande número de amostras ao mesmo tempo e descrever assim a cinética de fermentação ruminal (Maurício et al, 1999). Segundo Maurício et al. (2003) esta técnica apresenta grande potencial por se tratar de um sistema fechado diminuindo as perdas de partículas quando comparadas com a técnica *in situ*.

Objetivou-se com este experimento avaliar a cinética de fermentação ruminal da silagem do capim *Brachiaria decumbens* em três idades de corte pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Considerações gerais

O cultivo e a preparação dos materiais foram realizados nas dependências da Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa, da Escola de Veterinária da UFMG, localizada no município de Igarapé – MG, e o ensaio de digestibilidade pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases foi realizado no Laboratório de Gases do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte – MG.

5.3.2 Procedimento experimental

Foram utilizadas as mesmas amostras de silagem do capim *Brachiaria decumbens* do Capítulo 3, em três idades de corte (56, 84 e 112 dias). As silagens do capim *Brachiaria decumbens* foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Posteriormente o material pré-seco foi moído em moinho com peneira de 1,0 mm e usado para o estudo *in vitro*.

5.3.3 Preparo do meio de cultura

O meio de cultura utilizado neste experimento foi preparado de acordo com recomendações de Theodorou et al. (1994). O meio foi composto por solução macromineral (9,5 g/L de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; 6,2 g/L de KH_2PO_4 e 0,6 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), solução micromineral (132 g/L de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 100 g/L de $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 10 g/L de $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e 80 g/L de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) solução tampão (4 g/L de NH_4HCO_3 e 35 g/L de NaHCO_3), indicador (0,01 g/L de Rezasurina) e agente redutor (6,25 g de HCl Cisteína, 950 mL água destilada, 40 mL de

NaOH 1 M e 6,25 g de $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$). As soluções foram misturadas na seguinte ordem e proporções: 500 mL de água destilada, 200 mL de solução tampão, 200 mL solução macromineral, 0,1 mL de solução micromineral e 1 mL de solução indicadora. Esta mistura foi agitada constantemente e saturada com CO_2 por duas horas até atingir a coloração rósea, sendo então adicionados 90 mL aos frascos de fermentação.

5.3.4 Frascos de fermentação

Para avaliar a degradabilidade desses materiais pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases (Maurício et al., 1999), a fermentação desses materiais foi realizada em frascos (160 mL) previamente lavados com água destilada e posteriormente secos em estufa. Visando a manutenção de fermentações anaeróbicas, em todos os frascos foi injetado CO_2 anteriormente à adição do substrato. Foi adicionado a cada frasco 1 g de substrato, conforme recomendações de Beuvink & Spoelstra (1992), sendo que foram utilizados três frascos por tratamento (três réplicas para cada uma das amostras).

Foram também utilizados frascos contendo somente líquido ruminal e meio de cultura (*Buffer*) como controle, ou seja, a produção de gases oriundos do conteúdo ruminal foi descontada da produção total. Foram utilizados três frascos controle para cada 24 frascos que continham substrato. Em cada frasco foram adicionados manualmente 90 mL de meio de cultura (Theodorou et al., 1994). Os frascos foram vedados com rolhas de silicone (14 mm) garantindo a completa manutenção de gases em seu interior. Essas atividades foram realizadas no dia anterior à inoculação. Para evitar qualquer tipo de fermentação, os frascos foram mantidos à 4°C durante a noite. Cinco horas antes da inoculação (7:00 h) os frascos foram removidos da geladeira para estufa a 39°C.

5.3.5 Inóculo e inoculação

O líquido ruminal utilizado para inoculação neste experimento foi coletado de cinco novilhas fistuladas no rúmen, com peso aproximado de 400 kg, mantidas na Fazenda da Universidade Federal de Viçosa no Campus de Florestal, em Florestal – MG. Os animais foram mantidos em piquetes, onde tiveram acesso livre à água e sal mineral. A dieta dos animais era composta por pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu mais 2 kg de concentrado (18% de PB) por animal.

O líquido ruminal coletado foi retirado manualmente de várias partes do rúmen e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas. No Laboratório de Gases do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, o inóculo foi filtrado utilizando sacos de náilon com poros de 50 micras (μm) e dimensões de 10 por 20 cm. O filtrado foi mantido em banho-maria a 39°C, sob injeção contínua de CO_2 , sendo então submetido à avaliação de suas características físico-químicas e atividade microbiana.

A inoculação foi realizada através da injeção em cada frasco de 10 mL do inóculo preparado, usando-se uma seringa graduada. Logo após a injeção do inóculo, os frascos foram vedados

com uma rolha de silicone e em seguida, uma agulha foi mantida fixa na tampa por alguns segundos para estabilização entre pressão interna e externa. Em seguida foi retirada a agulha de cada frasco e os mesmos foram manualmente agitados e colocados em estufa a 39°C (tempo zero).

5.3.6 Produção de gases

A pressão originada pelos gases acumulados nos frascos foi medida com um transdutor de pressão conectado a um leitor digital (tipo T443A, Bailey & Mackey, Inglaterra) permitindo, desta forma, a captura de dados. As leituras de pressão foram tomadas em maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente nos seguintes tempos pós-inoculação (tempo zero), 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 22, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 h.

A transformação dos valores de pressão de gases para volume de gases foi estimado a partir da equação matemática descrita por Maurício et al. (2003).

$$VG = (0,051 * P^2) + (4,43 * P) - (0,004)$$

Em que:

VG = volume de gases (mL);

P = pressão dos gases (libra por polegada quadrada “psi - pound square inch”).

A agulha acoplada ao transdutor de pressão foi inserida através da tampa de silicone e a pressão medida e armazenada no computador. O transdutor foi então removido e a agulha mantida inserida à tampa por alguns segundos para completa estabilização entre pressão interna e externa. Este processo foi repetido em todos os frascos de cada bandeja e após as leituras, essas foram agitadas manualmente e recolocadas na estufa. No final do período de fermentação dos tempos 6, 12, 24, 48 e 96 h, os frascos foram removidos da estufa e levados para geladeira a 4°C. Imediatamente o material sólido e líquido de cada frasco foi filtrado em cadinhos filtrantes de borossilicato (porosidade 1) usando bomba de vácuo.

A matéria seca degradada foi determinada pela secagem dos cadinhos a 105°C durante 48 horas. Os cadinhos com os resíduos de matéria seca foram levados para uma mufla a 500°C durante três horas para determinação da matéria mineral, que foi utilizada para determinar a degradação da matéria orgânica.

Os dados da cinética de produção de gases e da degradabilidade foram submetidos a análise de regressão pelo programa estatístico SAEG (Euclides, 2005) e regredidos ao modelo de France et al. (1993):

$$Y = A \times \{1 - \exp[-b(t - TC) - c \times (\sqrt{t} - \sqrt{L})]\}$$

Em que:

Y = produção acumulativa de gases (ml);

A = máxima produção acumulada de gases (ml);

TC = tempo de colonização (h);

b = (h⁻¹) taxa fracional constante;

c = (h^{-0,5}) taxa fracional constante;

t = tempo (h).

A taxa fracional média (h⁻¹) de produção de gases (μ) foi calculada como:

$$\mu = (b + c) / 2 * (\sqrt{t})$$

Em que:

μ = taxa de produção de gases (mL/h);

t = tempo de incubação;

b e c = constantes.

Os dados de degradabilidade efetiva foram estimados utilizando-se os dados de produção de gases e degradabilidade *in vitro* com 96 horas de incubação, empregando-se a equação proposta por France et al. (1993). A taxa de passagem para o cálculo de degradabilidade efetiva foi k = 0,02, sendo essa a indicada para alimentos volumosos (Ørskov, 1980).

5.3.7 Procedimento estatístico

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 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”, no inóculo “z”, da idade ao corte “i”, submetido ao tempo de incubação “j”;

μ = média geral;

T_z = efeito do inóculo “z”, (j = 1, 2, 3, 4 e 5);

D_i = efeito do tempo de incubação “j”, (j = 6, 12, 24, 48 e 96);

G_j = efeito da idade ao corte “i”, (j = 56, 84 e 112);

D * G_{ij} = efeito da interação do tempo de incubação “i”, com a idade ao corte “j”;

e_{ijk} = erro experimental.

Para a comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o teste Student-Newman-Keuls (SNK) (P<0,05) pelo software SAEG (Euclides, 2005). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total	14
Idades de Corte (parcelas)	2
Inóculo ruminal (blocos)	4
Erro (A)	8
Total de subparcelas	74
Parcelas	14
Tempo (subparcelas)	4
Idade x Tempo	8
Erro (B)	48

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 Produção de gases

A produção acumulada de gases na silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias foi superior aos demais tratamentos nos tempos de 24, 48 e 96 horas de fermentação ($P < 0,05$) (Tabela 2). No período de 6 horas de fermentação, as produções de gases dos tratamentos foram semelhantes ($P > 0,05$). Os materiais ensilados aos 84 e 112 dias de crescimento não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) na produção acumulada de gases, exceto para os tempos 12 e 24 horas onde a silagem colhida aos 84 dias apresentou menor produção ($P < 0,05$).

Tabela 2 – Produção acumulada de gases em mL/g de matéria seca após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação da silagem do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de Corte	Período de Fermentação (horas)				
	6	12	24	48	96
	Produção Acumulada de Gases (mL/g)				
56 dias	6,91 ^A	28,93 ^A	94,17 ^A	147,03 ^A	182,12 ^A
84 dias	6,58 ^A	18,34 ^B	69,50 ^C	125,92 ^B	167,80 ^B
112 dias	8,43 ^A	27,36 ^A	78,20 ^B	127,92 ^B	165,17 ^B

Valores seguidos por letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias, encontrou uma superioridade da forragem mais nova (56 dias), em relação às demais, para a produção acumulada de gases nos tempos de 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação. Resultados estes semelhantes aos relatados neste experimento. Castro et al. (2007) avaliando a

produção de gases obtida com a *Brachiaria brizantha* verde nas idades de corte de 56, 84 e 112 dias, encontrou valores de produção acumulada de gases maiores que os encontrados neste trabalho para a silagem da *Brachiaria decumbens*, de 77,9; 62,2 e 62,0 mL/g de matéria seca para o tempo de incubação de 12 horas, 156,9; 136,0 e 132,2 mL/g de matéria seca para o tempo de incubação de 24 horas, 210,3; 197,4 e 191,8 mL/g de matéria seca para o tempo de 48 horas, e valores médios de 241,3 238,0 e 233,1 mL/g de matéria seca para o tempo de 96 horas, respectivamente. Os materiais ensilados geralmente apresentam perdas durante o processo de fermentação no silo, o que resulta em menor potencial de produção de gases quando comparado ao material na forma verde.

5.4.2 Degradabilidade

A degradabilidade da matéria seca e da matéria orgânica da silagem obtida com o capim cortado aos 56 dias de idade foi maior ($P < 0,05$) quando comparado aos demais tratamentos, em todos os tempos de fermentação avaliados (Tabela 3). Não houve diferença ($P > 0,05$) na degradabilidade da matéria seca e da matéria orgânica entre os materiais ensilados com 84 ou 112 dias em nenhum dos tempos de fermentação avaliados.

Tabela 3 – Degradabilidade *in vitro* da matéria seca e da matéria orgânica em porcentagem, após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação da silagem do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de Corte	Período de Fermentação (horas)				
	6	12	24	48	96
Degradabilidade da Matéria Seca (%)					
56 dias	16,89 ^A	24,16 ^A	41,30 ^A	56,82 ^A	63,71 ^A
84 dias	12,62 ^B	16,29 ^B	29,12 ^B	44,81 ^B	53,67 ^B
112 dias	11,98 ^B	18,32 ^B	29,88 ^B	46,11 ^B	52,61 ^B
Degradabilidade da Matéria Orgânica (%)					
56 dias	19,35 ^A	26,22 ^A	44,06 ^A	57,83 ^A	64,81 ^A
84 dias	15,67 ^B	18,93 ^B	33,15 ^B	46,65 ^B	55,63 ^B
112 dias	15,30 ^B	21,00 ^B	33,29 ^B	47,66 ^B	55,13 ^B

Valores seguidos por letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Nogueira et al. (2006) avaliando a degradabilidade *in vitro* do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 98 dias, encontraram valores de degradabilidade da matéria seca variando de 59 a 64% após 96 horas de fermentação, valores estes acima dos encontrados para as silagens obtidas aos 84 e 112 dias deste experimento. Já Jayme et al. (2009), avaliando as silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus*), observaram valores médios de degradabilidade *in vitro* da matéria seca, com 96 horas de incubação, de 46,59%. Guimarães Jr. et al. (2008), observaram valores médios de degradabilidade *in vitro* da matéria seca, com 96 horas de incubação, de 51,56% para as silagens de três híbridos de milho. Os valores observados por estes autores para as silagens de girassol e milho foram inferiores aos

valores médios encontrados no presente experimento de 56,66% para a degradabilidade *in vitro* da matéria seca. Segundo o AFRC (1993), a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de forragens tropicais está em torno de 60%, o que está de acordo com a média dos resultados obtidos neste experimento.

Os resultados mostram que o material ensilado com 56 dias é o de melhor valor nutricional, isto porque, com o envelhecimento a relação haste/folha aumenta reduzindo o valor de nutrientes potencialmente digestíveis. Durante a senescência ocorre diminuição dos carboidratos solúveis e aumento da parede celular, onde a proporção de fibras digestíveis/indigestíveis diminui. De acordo com Van Soest (1994), a degradabilidade é inversamente proporcional à idade de corte da forrageira.

Os potenciais máximos de produções de gases correspondem ao volume de gases produzidos pela completa digestão do substrato. Numericamente o material ensilado aos 56 dias apresentou maior potencial máximo de produção de gases, 179,98 mL/g de matéria seca, sendo seguido pela silagem contendo capim colhida aos 84 e 112 dias com 172,40 e 167,60 mL/g de matéria seca, respectivamente (Tabela 4). Mais uma vez a forragem ensilada mais jovem foi superior aos demais materiais com maior grau de maturação. Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de crescimento, encontrou potencial máximo de produção de gases obtido pela equação de France et al. (1993) de 194,01; 188,52 e 175,49 mL/g de matéria seca, respectivamente. Resultados estes acima dos encontrados neste trabalho, mas com semelhança na superioridade do material cortado aos 56 dias em relação aos demais (84 e 112 dias). Já Castro et al. (2007) avaliando a *Brachiaria brizantha* nas idades de corte de 56, 84 e 112 dias de crescimento encontraram valores de potencial máximo de produção de gases de 237,0; 237,0 e 233,0 mL/g de matéria seca nestes idades, respectivamente, valores que são superiores aos deste trabalho.

Tabela 4 – Parâmetros da equação de France et al. (1993) e a degradabilidade efetiva da matéria seca da silagem do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte (dias)		
	56	84	112
A (mL/g de MS)	179,98	172,40	167,60
TC (h:min)	3:29	3:59	2:55
μ (mL/g de MS/h)	0,0454	0,0345	0,0364
DE 2,0%/h (%)	58,31	48,62	48,69

A - potencial máximo de produção de gases em mL/g de matéria seca; TC - tempo de colonização em horas e minutos; μ - taxa de produção de gases em mL/g de MS/h; DE - degradabilidade efetiva da matéria seca na taxa de passagem de 2,0%/h.

O tempo de colonização (TC) representa o tempo compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre a amostra testada. O maior tempo de colonização foi requerido para a silagem de 84 dias, sendo seguido em ordem decrescente pela forragem ensilada aos 56 e aos 112 dias, respectivamente. A redução no tempo de colonização é desejável, pois está

relacionada à presença de substratos prontamente fermentáveis e às características físicas e químicas da parede celular da amostra. No entanto, seria lógico um menor tempo de colonização para a o tratamento contendo silagem com capim cortado aos 56 dias de rebrote e não aos 112 dias. Com isso deve-se ter cautela quando se avalia apenas uma variável, o correto é a análise do conjunto total. Castro et al. (2007) avaliando a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas idades de corte de 56, 84 e 112 dias de crescimento encontraram tempo de colonização de 1:25, 1:38 e 1:24 em horas e minutos, respectivamente, resultado este semelhante ao encontrado no presente trabalho.

A silagem com capim cortado aos 56 dias apresentou numericamente a maior taxa de produção de gases (μ) de 0,0454 mL/g de matéria seca por hora, seguido pelo tratamento com a silagem cordada aos 112 dias com 0,0364 mL/g de matéria seca por hora e por último ficou a silagem confeccionada com capim colhido aos 84 dias com 0,0345 mL/g de matéria seca por hora. Ramirez (2011) estudando o valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias de crescimento observou taxa de produção de gases de 0,0435; 0,0396 e 0,0386 mL/g de matéria seca por hora, respectivamente, valores que são próximos aos encontrados neste experimento.

O ARC (1984) recomenda a adoção das taxas de passagem de 2,0; 5,0 e 8,0%/h no cálculo da degradabilidade efetiva quando a taxa de passagem não for ou não puder ser medida. A taxa de passagem de 2,0%/h é adotada para bovinos e ovinos em manutenção; de 5,0%/h são mais adequadas para vacas de leite de baixa produção (<15 kg de leite/dia), e também para bovinos de corte e ovinos em crescimento, quando em dieta mista; já a taxa de passagem de 8,0%/h é adequada a vacas leiteiras de alta produção e alimentadas com dietas mistas. A degradabilidade efetiva é um parâmetro de melhor afinidade com a atividade biológica de digestão uma vez que inclui a taxa fracional de passagem do alimento no cálculo da degradabilidade.

Avaliando a degradabilidade efetiva da matéria seca na taxa de passagem de 2,0%/h, observou-se que a silagem contendo capim cortado aos 56 dias de crescimento foi numericamente superior aos demais tratamentos avaliados (84 e 112 dias). Quanto aos tratamentos contendo material ensilado aos 84 e 112 dias de rebrote, observou-se que o material mais velho (112 dias) foi ligeiramente superior numericamente em relação aos de 84 dias, diferença esta que se aproxima mais de uma semelhança. Podendo-se dizer que ambos os tratamentos (84 e 112 dias) apresentaram semelhança para a degradabilidade efetiva da matéria seca nas taxas de passagem avaliadas. Jayme et al. (2009), avaliando as silagens de diferentes genótipos de girassol (*Helianthus annuus*), observaram valor médio de degradabilidade efetiva da matéria seca na taxa de passagem de 2,0%/h de 44,70%, resposta esta abaixo da encontrada neste trabalho. Já Castro et al. (2010) relataram valores de degradabilidade efetiva da matéria seca decrescentes com o aumento da idade das plantas utilizadas para produzir silagens do capim Tanzânia, variando de 46,52 a 33,81% na taxa de passagem de 2,0%/h, para a silagens confeccionadas aos 42 e 126 dias de rebrote, respectivamente.

Todos os resultados encontrados anteriormente mostram que os valores de degradabilidade efetiva da matéria seca diminuíram com o aumento da idade de corte do capim *Brachiaria decumbens* utilizado na ensilagem. Portanto, pode-se inferir que, com o aumento da idade ao corte, ocorre diminuição da degradabilidade da forrageira ensilada, devido ao aumento da relação haste/folha, o que resulta em aumento das porcentagens de celulose, de hemiceluloses e de lignina, reduzindo assim a proporção dos nutrientes potencialmente digestíveis (carboidratos solúveis, proteínas), o que resulta em queda acentuada na digestibilidade.

As equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France et al. (1993) dos dados de produção acumulada de gases da matéria seca das silagens do capim *Brachiaria decumbens* em diferentes idades de corte, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France et al. (1993) dos dados de produção acumulada de gases da matéria seca das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de corte	Equação	R ²
56 dias	$D = 179,9822 \times \{1 - \exp^{[-(0,0713) \times (t - 3,4851) - (-0,2662) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,4851})]}\}$	0,99
84 dias	$D = 172,3957 \times \{1 - \exp^{[-(0,0553) \times (t - 3,9896) - (-0,2208) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,9896})]}\}$	0,99
112 dias	$D = 167,5973 \times \{1 - \exp^{[-(0,0552) \times (t - 2,9169) - (-0,1884) \times (\sqrt{t} - \sqrt{2,9169})]}\}$	0,99

R² - coeficiente de determinação.

Os altos valores dos coeficientes de determinação encontrados indicam a boa adequação ao modelo de France et al. (1993).

5.5 CONCLUSÕES

Os resultados de fermentação ruminal pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases indicam que, a silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresenta maior valor nutritivo em relação às silagens confeccionadas aos 84 e 112 dias de rebrote.

Dentre as três idades de corte avaliadas, recomenda-se a ensilagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias de crescimento.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford: CAB International, 1993.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. *The nutrient requirements of ruminants livestock*. Report of the protein group of the Agricultural Research Council Working

- Party on the nutrient requirements of ruminants. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984, 45p.
- BEUVINK, J.M.W. SPOELSTRA, S.F. HOGENDORP, R.J. An automated method for measuring time-course of gas production of feedstuff incubated with buffered rumen fluid. *Neth Journal Agriculture Science*, v.40, p.401-407, 1992.
- CASTRO, G.H.F; GRAÇA, D.S; GONÇALVES, L.C; et al. Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. marandu colhida em diferentes idades ao corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*; v.59, n.6, p.1538-1544, 2007.
- CASTRO, G.H.F; RODRIGUEZ, N.M; GONÇALVES, L.C; et al. Características produtivas, agronômicas e nutricionais do capim-tanzânia em cinco diferentes idades ao corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.3, p.654-666, 2010.
- EUCLYDES, R.F. *Sistema para análises estatísticas* (SAEG 9.0). Viçosa: Funarbe, 2005.
- FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles with in vitro degradation of ruminant feeds. *Journal of Theoretical Biology*, v.163, n.1, p.99-111, 1993.
- GUIMARÃES JUNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; MAURICIO, R.M.; et al. Cinética de fermentação de silagens de milho. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 60, n. 5. P. 1174 a 1180. 2008
- JAYME, D.G.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M. et al. Avaliação pela técnica semiautomática de produção de gases das silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus*) (Rumbosol 91, Victoria 627, Victoria 807 e Mycogen 93338). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.6, p.1403-1410, 2009.
- MAURÍCIO, 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*. 79:321-330. 1999.
- MAURÍCIO, R.M.; TOMICH, T.R.; ANDRADE FILHO, R. et al. Comparison between in vitro gas production and in situ method for evaluating rumen dry matter degradation of maize grain and tropical grasses. IN: WILD AND DOMESTIC HERBIVORE DIET CHARACTERIZATION, 2003, Yucatán. *Proceedings...Yucatán: UADY/CSIRO/ID-IDLO*, 2003.
- NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Predição da degradação da material seca pelo volume de gases utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.58, p.901-909, 2006.
- ØRSKOV, E.R.; DEB HOVEL, F.D.; MOULD, F. Uso de La tecnica de la bolsa de nylon para la evaluacion de los alimentos. *Producción Animal Tropical*, 5:213-233, 1980.
- RAMIREZ, M.A. *Valor nutricional do feno de Brachiaria decumbens em três idades*. 2011. 138f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.48, n.3-4, p.185-197, 1994.

- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca - USA: Comstock Publishing Associates - *Cornell University Press*. 1994. 476 p.
- VELASCO, F.O. *Valor nutricional da Brachiaria decumbens em três idades*. 2011. 106f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CAPÍTULO VI

DEGRADABILIDADE *IN SITU* DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS DAS SILAGENS DO CAPIM *Brachiaria decumbens* EM DIFERENTES IDADES DE CORTE

6.1 RESUMO

Foram avaliadas as degradabilidades *in situ* das silagens do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, tendo os cinco animais como blocos, as três forrageiras como parcelas e os sete tempos de incubação como subparcelas. Os tempos de incubação foram de 3, 6, 12, 24, 48 e 96 horas. As médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de significância. O desaparecimento ruminal médio da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), após 96 horas de incubação ruminal, foram maiores ($P < 0,05$) para a silagem obtida com a planta aos 56 dias de rebrote, 66,45; 65,27; 68,35; 61,83 e 59,72%, respectivamente, em comparação às silagens feitas com as plantas cortadas aos 84 dias de crescimento, 57,44; 55,97; 58,78; 50,50 e 46,89%, respectivamente, e aos 112 dias de rebrote, 54,81; 53,41; 57,77; 47,99 e 43,99%, respectivamente, que não foram semelhantes entre si ($P < 0,05$), exceto para a proteína bruta que foram semelhantes ($P > 0,05$). Portanto, a silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias foi superior em relação às demais idades estudadas, o que evidencia a influência negativa do estágio de maturação da forragem sobre os parâmetros avaliados.

Palavras-chave: fermentação, forrageira tropical, ruminante, taxa de passagem

6.2 INTRODUÇÃO

O fornecimento de uma dieta balanceada que atenda às necessidades produtivas do animal é premissa para os sistemas de produção de ruminantes. Para que isso ocorra, é necessário o planejamento nutricional, onde medidas são tomadas para que durante o período de escassez de alimento, a época seca do ano, os animais recebam uma dieta de boa qualidade nutricional.

Existem várias técnicas de conservação que permitem produzir um alimento de boa qualidade durante o período de carência de volumosos (pastagem) como por exemplo a ensilagem do excedente de forragem durante a época chuvosa. Mesmo apresentando algumas características desfavoráveis para ensilar forrageiras tropicais (baixo teor de matéria seca e elevado poder tampão), muitos trabalhos científicos vêm desenvolvendo tecnologias, as quais possibilitam uma boa conservação do material original. Sendo assim, a ensilagem de gramíneas como as do gênero *Brachiaria* surge como uma alternativa na nutrição de ruminantes.

O ponto forte da adoção de ensilagem de gramíneas tropicais é a utilização do excedente de matéria seca produzido na época das águas, para então ser utilizado no período seco do ano em vez de ser perdida. Uma vantagem seria que a pastagem já se encontra estabelecida, o que elimina alguns gastos como o plantio. Entretanto, são necessários estudos para definir o momento ideal de utilização da forrageira onde haja boa produtividade e bom valor nutritivo.

A qualidade da forragem ingerida e sua digestão pela microbiota ruminal está diretamente relacionada com o desempenho animal. Pela degradabilidade ruminal pode-se avaliar qual o nível de aproveitamento das forrageiras. A avaliação da digestibilidade de uma forrageira tem como objetivo satisfazer dois interesses básicos: a necessidade de se comparar diferentes forrageiras considerando-se que as mais digestíveis apresentarão melhor retorno econômico/produtivo pelos animais que as consumiram; e quando da formulação de modelos mecanísticos que expressem progressiva e verdadeiramente o fenômeno dinâmico da digestão, considerando os fatores circunstanciais inerentes ao alimento oferecido.

O estudo *in situ* com sacos de náilon possibilita a determinação da degradabilidade de alimentos e seus diversos componentes nutricionais. Esta técnica tem sido muito utilizada na avaliação de alimentos para os ruminantes, devido à facilidade e rapidez de execução. Além disso, Huntington & Givens (1995) citam observações na literatura de correlações significativas entre o método *in situ* e *in vivo*.

A adoção desta metodologia, a utilização de delineamentos e técnicas experimentais adequados permite não só a simplificação da estrutura experimental, mas também a estimativa precisa dos parâmetros da equação descritiva da degradação da fibra no rúmen (Sampaio, 1988).

A metodologia de estimativa da degradação *in situ* está baseada na permanência do material incubado no rúmen em vários tempos, aplicando-se um modelo não linear nos dados de desaparecimento obtidos. O modelo de Ørskov & McDonald (1979) é o mais utilizado para descrever a degradação potencial do alimento. Estes mesmos autores propõem um modelo para se estimar a degradabilidade efetiva do alimento, considerando a taxa de passagem ruminal e incorporando-se as constantes da curva obtida no modelo de degradação potencial. Com isso, a avaliação da degradação em diferentes idades permitirá determinar a melhor época de corte da planta para confecção da silagem.

Objetivou com este experimento avaliar a degradabilidade da matéria seca, proteína bruta e das frações fibrosas das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

6.3 MATERIAL E MÉTODOS

6.3.1 Considerações gerais

O cultivo e a preparação dos materiais foram realizados nas dependências da Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa, da Escola de Veterinária da UFMG, localizada no município de Igarapé – MG, e o ensaio de digestibilidade pela técnica *in situ* com os animais foi conduzido na Fazenda da Universidade Federal de Viçosa no Campus Florestal, localizada em Florestal – MG, sendo as análises posteriores realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte – MG.

6.3.2 Procedimento experimental

Foram utilizadas as mesmas amostras das silagens do capim *Brachiaria decumbens* do Capítulo 3, em três idades de corte (56, 84 e 112 dias). As silagens do capim *Brachiaria decumbens* foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Posteriormente o material foi moído em moinho com peneira de 5,0 mm e usado para o estudo *in situ*.

Neste experimento foram utilizadas cinco novilhas mestiças fistuladas no rúmen, com peso aproximado de 400 kg. Estes animais foram previamente vermifugados. A parte experimental com os animais foi conduzida na Fazenda da Universidade Federal de Viçosa no Campus de Florestal, localizada em Florestal – MG. Os animais foram mantidos em piquetes, onde tiveram acesso livre à água e sal mineral. A limpeza dos cochos foi realizada diariamente juntamente com a inspeção dos bebedouros. A limpeza desses foi feita quando necessário. A dieta dos animais era composta por pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu mais 2 kg de concentrado (18% de PB) por animal.

Os sacos de náilon utilizados no ensaio apresentavam poros de 50 micras (μm) e dimensões de 10 por 20 cm. Eles foram secos a 65°C por 24 horas e tiveram seus pesos registrados. Posteriormente, foram cheios com 5 g de amostra de cada tratamento, previamente moída a 5,0 mm. Os sacos com as amostras foram atados pelas presilhas plásticas a um aro metálico, respeitando-se a relação de 16 mg de amostra por cm^2 de saco de náilon. Este aro foi atado a uma presilha de contenção tipo chaveiro, que manteve três aros, e conseqüentemente, três sacos. Foi utilizada uma corrente com um cilindro de ferro (aproximadamente 150 gramas) que funcionou como âncora. Foram utilizados três repetições por tratamento.

Os tempos de incubação foram de 3, 6, 12, 24, 48 e 96 horas. Foram incubados três sacos por tipo de forragem para cada um dos tempos. Todos os tratamentos foram incubados ao mesmo tempo. Imediatamente depois de retirados do rúmen, os sacos foram imersos em água fria e posteriormente lavados, manualmente, em água corrente a temperatura ambiente até que a água ficasse límpida. Após a lavagem, os sacos foram colocados em bandejas armazenados em um freezer (-15°C) até serem processados. Posteriormente todo o material foi trazido para

o Laboratório de Nutrição Animal da EV da UFMG e secos em estufa a 55°C com ventilação forçada por 72 horas, sendo então transferidos para um dessecador durante 30 minutos e pesados. Descontando-se o peso do saco vazio e limpo, foi determinado o desaparecimento de matéria pré-seca no rúmen. Após esse procedimento o material restante nos sacos, de um mesmo animal, tratamento e período de incubação, foram transformados em um *pool* homogêneo, para posterior moagem a 1,0 mm e armazenamento em recipientes plásticos vedados.

Os valores para o tempo zero (t^0) foram determinados a partir da lavagem manual dos sacos de náilon por 20 minutos em água de torneira. Estes foram fechados e tiveram a mesma quantidade de amostra utilizada para os demais horários de incubação. Após a lavagem os sacos foram secos em estufa a 55°C com ventilação forçada por 72 horas, sendo então transferidos para um dessecador durante 30 minutos e pesados. Dessa forma, foi quantificada a fração solúvel de cada tratamento. Neste caso foram realizadas 5 réplicas por tratamento.

Nos resíduos de incubação ruminal e do t^0 , bem como no material incubado, foi analisado o valor de matéria seca em estufa a 105°C (AOAC, 1980), matéria mineral em mufla a 600°C, proteína bruta (Método Kjeldhal, de acordo com AOAC, 1980), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) pelo método sequencial de Van Soest et al. (1991), com adição 2 mL de amilase termorresistente no aparelho Fiber analyser ANKOM²²⁰, utilizando sacolas de filtragem F-57 ANKOM[®].

6.3.3 Procedimento estatístico

As equações de regressão para o desaparecimento de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose e hemiceluloses foram estimadas através do pacote estatístico SAEG 9.0, utilizando-se os procedimentos de MARQUARDT (Euclides, 2005).

As equações de degradabilidade foram determinadas a partir do modelo proposto por Ørskov & McDonald (1979), com as adaptações propostas por Sampaio et al. (1995), da seguinte forma:

$$D = A - B^{-ct}$$

Em que:

D = quantidade de substrato degradado no tempo;

A = percentagem máxima de degradação do material;

B = total a ser degradado pela ação microbiana se não houvesse tempo de colonização;

c = taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon;

t = tempo de incubação no rúmen.

Após a determinação dos parâmetros A, B, e c do modelo anterior foi estimado o tempo de colonização (TC) ou *lag time* conforme McDonald (1981).

$$TC = (-1 / c) \times [\ln (A - S) / B]$$

Em que:

TC = tempo de colonização, em horas;

A, B e c = são os mesmos parâmetros definidos na equação anterior;

S = fração solúvel determinada pela percentagem de desaparecimento no tempo zero de incubação, sendo obtido pela simples imersão das amostras em água.

Para as frações dos constituintes da parede celular (FDN e FDA) a fração solúvel “S” foi considerada zero.

As degradabilidades efetivas (DE) para a taxa de pastagem de 2%/hora, foram calculadas segundo o modelo proposto por Ørskov & McDonald (1979):

$$DE = S + \frac{(B_1 * c)}{(c + K)}$$

Em que:

DE = degradabilidade efetiva;

S = fração solúvel (tempo zero);

B_1 = fração degradável (A – S);

c = taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon;

K = taxa fracional de passagem, sendo considerada para este experimento a taxa de 0,02/hora.

Para a análise dos dados de desaparecimento dos componentes nutricionais das forrageiras foi empregado um delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, tendo os animais como blocos, as forrageiras como parcelas e os tempos de incubação como subparcelas, segundo o seguinte modelo estatístico:

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

Em que:

Y_{ijk} = observação “k” no animal “z” da idade ao corte “i” submetido ao tempo de incubação “j”;

μ = média geral;

T_z = efeito do animal “z”, (j = 1, 2, 3, 4 e 5);

D_i = efeito do tempo de incubação “j”, (j = 3, 6, 12, 24, 48 e 96);

G_j = efeito da idade ao corte “i”, (j = 56, 84 e 112);

$D * G_{ij}$ = efeito da interação do tempo de incubação “i” com a idade ao corte “j”;

e_{ijk} = erro experimental.

As análises das médias foram comparadas empregando-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade. A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de variância para o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas

Fontes de variação	Graus de Liberdade
Total	14
Idades de corte (parcelas)	2
Animal (blocos)	4
Erro (A)	8
Total de subparcelas	89
Parcelas	14
Tempos (subparcelas)	5
Idades x Tempos	10
Erro (B)	60

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.4.1 Desaparecimento ruminal da matéria seca

Nos tempos de 3 e 6 horas de incubação, os valores encontrados para o desaparecimento ruminal médio da matéria seca da silagem obtida aos 56 dias foram superiores ($P < 0,05$) em relação aos demais (84 e 112 dias), tendo média de 25,14% enquanto que os outros dois não deferiram ($P > 0,05$) entre si, apresentando média de 22,05% (Tabela 2).

Tabela 2 – Desaparecimento ruminal médio (%) da matéria seca das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Tempo (horas)	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
03	23,70 ^{Fa}	21,59 ^{Db}	21,61 ^{Eb}
06	26,57 ^{Ea}	22,59 ^{Db}	22,40 ^{Eb}
12	31,82 ^{Da}	27,80 ^{Cb}	24,43 ^{Dc}
24	36,56 ^{Ca}	28,94 ^{Cb}	27,19 ^{Cc}
48	55,22 ^{Ba}	46,04 ^{Bb}	45,33 ^{Bb}
96	66,45 ^{Aa}	57,44 ^{Ab}	54,81 ^{Ac}

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma coluna e minúsculas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Para os tempos de 12, 24 e 48 horas de permanência do material no rúmen, a porcentagem de desaparecimento da matéria seca do material referente à silagem confeccionada com capim colhido aos 56 dias foi superior ($P < 0,05$) em relação aos outros materiais, sendo as médias de 31,82; 36,56 e 55,22%, respectivamente. O valor médio para o desaparecimento da matéria seca da silagem obtida aos 84 dias foi inferior ($P < 0,05$) à silagem obtida aos 56 dias e

superior ($P < 0,05$) às de 112 dias com média de 28,37% para os tempos de incubação ruminal de 12 e 24 horas

No tempo de 96 horas observou-se que houve diferença ($P < 0,05$) entre todos os três tratamentos, tendo o material ensilado aos 56 dias de crescimento maior porcentagem de desaparecimento da matéria seca, seguido da silagem com 84 dias e por último a silagem obtida aos 112 dias com porcentagem de 54,81%. Com esses resultados pode-se dizer que o material mais jovem (56 dias) apresenta maior potencial de degradação da matéria seca pelos microrganismos ruminais em relação aos materiais mais velhos.

Castro (2008) observou efeito da idade sobre o desaparecimento ruminal da matéria seca do capim *Panicum maximum* – Tanzânia. Segundo o autor, a idade de corte mais nova, 42 dias apresentou valores de desaparecimento ruminal de 54,72%, enquanto o capim colhido aos 107 dias apresentou valores de 43,34% de desaparecimento, valores inferiores aos deste experimento. Moreira et al. (2009) apresentou valores de desaparecimento ruminal da matéria seca do capim *Brachiaria brizantha* de 74,1% após 96 horas de incubação ruminal, valor superior ao encontrado neste experimento.

Velasco (2009) estudando o desaparecimento ruminal da matéria seca do capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, encontrou que a partir de três horas de incubação ruminal, o capim cortado aos 56 dias apresentou maior valor de desaparecimento da matéria seca se comparado aos outros tratamentos, chegando a uma degradabilidade máxima ao tempo de 96 horas com um desaparecimento de 71,37% da matéria seca. Considerando-se o mesmo trabalho, o autor relatou que as forrageiras cortadas aos 84 e 112 dias não diferiram entre si em momento algum durante a avaliação experimental, apresentando valores de degradabilidade máximos a 96 horas de incubação ruminal com 60,88 e 58,29% de desaparecimento ruminal, respectivamente. Esses valores foram acima dos encontrados neste experimento, isso provavelmente porque o material utilizado neste estudo estava na forma ensilada e geralmente apresenta menor digestibilidade.

Foi observado queda da fração potencialmente degradável (A) da matéria seca com o aumento da idade de 84 para 112 dias de rebrote, sendo que a silagem confeccionada com a forrageira mais jovem, 56 dias, apresentou valor intermediário de fração potencialmente degradável (78,88%) se comparada às demais (Tabela 3). Já a gramínea ensilada aos 112 dias apresentou o menor valor, com 76,64%.

Na fração B, que representa a fração potencialmente degradável se não houvesse tempo de colonização, a silagem com a gramínea cortada aos 84 dias apresentou numericamente o maior valor, com 60,75%, enquanto as silagens com as forrageiras cortadas aos 56 e 112 dias apresentaram 58,27 e 58,42% de degradabilidade da matéria seca, respectivamente, valores estes muito próximos.

Tabela 3 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
A (%)	78,88	79,83	76,64
B (%)	58,27	60,75	58,42
c (%/h)	1,66	1,07	1,07
S (%)	15,18	14,58	12,61
B ₁ (%)	63,70	46,17	45,81
TC (min)	2,57	3,87	4,01
DE 2,0%/h (%)	44,11	37,27	34,86

A - fração potencialmente degradável; B - fração potencialmente degradável sob ação da microbiota se não houvesse tempo de colonização; c - taxa de degradação; S - frações solúveis; B₁ - frações degradáveis; TC - tempo de colonização; DE - degradabilidade efetiva na taxa de passagem de 2,0%/h.

A silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentou uma taxa de degradação (c) maior do que as demais, com 1,66%/h. A maior degradabilidade das frações solúveis (S) foi apresentada pela gramínea cortada e ensilada aos 56 dias de rebrote (15,18%), enquanto o menor valor foi apresentado pela silagem confeccionada aos 84 dias de crescimento (12,61%). Quando se avaliou o tempo de colonização, o material ensilado mais jovem apresentou menor tempo, e o capim ensilado mais velho resultou em maior tempo.

A degradabilidade efetiva da matéria seca calculada para a taxa de passagem de 2,0%/h foi numericamente superior para o tratamento contendo a silagem confeccionada com capim colhido aos 56 dias de rebrote, com 44,11%. Considerando a taxa de passagem de 2,0%/hora, observou-se que os valores encontrados para a digestibilidade aparente da matéria seca (Tabela 3 do Capítulo 3) foram de 52,88; 44,76 e 44,86% para as idades de 56, 84 e 112 dias, respectivamente, valores estes acima dos encontrados para a degradabilidade efetiva da matéria seca nos tratamentos de 56, 84 e 112 dias de rebrote (44,11; 37,27 e 34,86%, respectivamente).

Rodrigues et al. (2004) trabalharam com três acessos de *Brachiaria brizantha* cortada aos 42 e 63 dias observaram valores de degradabilidade ruminal da matéria seca nas faixas de 66,1 a 94,4% para a degradabilidade potencial (A), 1,5 a 4,6%/h para a taxa de degradação (c), e 43,0 a 55,7% e 31,0 a 42,8% para as degradabilidades efetivas calculadas considerando-se taxas de passagem de 2,0%/h no rúmen, respectivamente. Em outro trabalho realizado para comparar a degradabilidade ruminal da matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (5,8 a 9,7% de PB e 67,7 a 69,7% de FDN), obtida em sistema silvipastoril onde a gramínea estava sob sombreamento por arbóreas ou em pastagens manejadas em monocultivo, Moreira et al. (2009) relataram valores entre 78,7 e 84,9% para degradabilidade potencial (A); 2,1 e 3,0%/h para c; e 49,8 e 52,0% para degradabilidade efetiva calculada, respectivamente, considerando-se taxa de passagem de 2,0%/h no rúmen.

Lopes et al. (2010) relataram valores de degradabilidade potencial da matéria seca para *Brachiaria decumbens* cortada aos 56 dias de rebrote de 76,5% para a fração potencialmente degradável, 55,2% para a fração potencialmente degradável sob ação da microbiota se não houvesse tempo de colonização, 2,52%/h para a taxa de degradação, 19,8% para a fração solúvel, valores próximos aos obtidos neste experimento. O valor de degradabilidade efetiva da matéria seca calculado para a taxa de passagem de 2,0%/h, segundo os mesmos autores foram de 51,4%, sendo esse resultado superior aos encontrados neste experimento, o que é explicado pelo fato deste experimento avaliar a silagem e não a forrageira verde que geralmente apresenta maior degradabilidade.

As equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Ørskov & McDonald (1979) modificado por Sampaio et al. (1995) dos dados de degradação ruminal da matéria seca das silagens do capim *Brachiaria decumbens* em diferentes idades de corte, estão apresentados na Tabela 4. Os altos valores dos coeficientes de determinação encontrados indicam a boa adequação dos resultados de desaparecimento de matéria seca ao modelo proposto por Sampaio et al. (1995).

Tabela 4 – Equações de descrição da cinética de degradação ruminal da matéria seca das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de corte	Equação	R ²
56 dias	$D = 78,88 - [58,27 \times \exp^{-(0,0166 \times t)}]$	0,98
84 dias	$D = 79,83 - [60,75 \times \exp^{-(0,0107 \times t)}]$	0,97
112 dias	$D = 76,64 - [58,42 \times \exp^{-(0,0107 \times t)}]$	0,96

R² - coeficiente de determinação.

6.4.2 Desaparecimento ruminal da matéria orgânica

No tempo de 3 horas de incubação ruminal, o valor médio de desaparecimento ruminal da matéria orgânica das silagens não diferiu ($P > 0,05$) entre os três tratamentos avaliados, onde os valores variaram de 18,60 a 19,66%, sendo a média geral de 19,17% (Tabela 5).

Já nos tempos de 6 e 48 horas de incubação, os valores obtidos para o desaparecimento ruminal médio da matéria orgânica para a silagem obtida aos 56 dias, foi superior ($P < 0,05$) em relação às demais (84 e 112 dias), tendo média de 22,42 e 53,35% para os tempos de 6 e 48 horas de permanência no rúmen, enquanto que os outros dois tratamentos contendo silagem obtida aos 84 e 112 dias não diferiram ($P > 0,05$) entre si e apresentaram médias de 19,59 e 43,92% nos tempos de 6 e 48 horas de incubação, respectivamente.

Para os tempos de 12, 24 e 96 horas de permanência do material no rúmen, a porcentagem de desaparecimento da matéria orgânica do material referente à silagem confeccionada com capim colhido aos 56 dias foi superior ($P < 0,05$) em relação aos outros materiais, sendo o menor valor, 28,35%, para o tempo de 12 horas e o de maior valor, 65,27%, para o tempo de

96 horas. Considerando-se os mesmos tempos de incubação, o material que apresentou o menor ($P < 0,05$) valor médio de desaparecimento ruminal de matéria orgânica foi para o tratamento contendo silagem confeccionada aos 112 dias. Já o valor médio para o desaparecimento da matéria orgânica do tratamento com silagem obtida aos 84 dias foi inferior ($P < 0,05$) à silagem de 56 dias e superior ($P < 0,05$) à de 112 dias, com variação de 25,06 a 55,97% para os tempos de 12 e 96 horas, respectivamente.

Tabela 5 – Desaparecimento ruminal médio (%) da matéria orgânica das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Tempo (horas)	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
03	19,66 ^{Fa}	18,60 ^{Da}	19,26 ^{Ea}
06	22,42 ^{Ea}	19,43 ^{Db}	19,75 ^{Eb}
12	28,35 ^{Da}	25,06 ^{Cb}	22,29 ^{Dc}
24	33,46 ^{Ca}	26,33 ^{Cb}	25,06 ^{Cc}
48	53,35 ^{Ba}	44,08 ^{Bb}	43,75 ^{Bb}
96	65,27 ^{Aa}	55,97 ^{Ab}	53,41 ^{Ac}

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma coluna e minúsculas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Rosa et al. (1998) avaliando o feno do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 83 dias de rebrote, encontrou valores médios para o desaparecimento ruminal da matéria orgânica nos tempos de incubação de 6, 24 e 96 horas de 20,2; 42,1 e 66,4%, respectivamente, sendo estes acima dos deste trabalho.

Para cada um dos tratamentos foi encontrado que a porcentagem de desaparecimento da matéria orgânica das silagens do capim foi elevando ($P < 0,05$) a medida que permaneciam mais tempo no rúmen, com média máxima variando de 53,41 a 65,27% para os tratamentos com 112 e 56 dias, respectivamente. Com esses resultados pode-se dizer que a silagem contendo o material mais jovem (56 dias) apresenta maior potencial de degradação da matéria orgânica. Resultados estes que confirmam o mesmo comportamento do desaparecimento ruminal da matéria seca (Tabela 2).

Foi observado queda da fração potencialmente degradável (A) da matéria seca com o aumento da idade de 84 para 112 dias de rebrote, sendo que a silagem confeccionada com a forrageira mais jovem, 56 dias, apresentou valor intermediário de fração potencialmente degradável (78,22%) se comparada às demais (Tabela 6). Já a gramínea ensilada aos 112 dias apresentou o menor valor, com 75,37%. Na fração B, que representa a fração potencialmente degradável se não houvesse tempo de colonização, a silagem com a gramínea cortada aos 84 dias apresentou o maior valor, com 62,70%, enquanto as silagens com as forrageiras cortadas aos 56 e 112 dias apresentaram 62,01 e 59,70% de degradabilidade da matéria orgânica, respectivamente, valores estes muito próximos. Resultados semelhantes a este foram encontrados quando os mesmos parâmetros foram avaliados para matéria seca (Tabela 3).

A maior taxa de degradação da matéria orgânica foi para a silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias, com 1,69%/h, e para os outros dois tratamentos (84 e 112 dias) a taxa foi igual (1,09%/h). Avaliando o feno do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 83 dias de rebrote, Rosa et al. (1998) encontrou taxa de degradação da matéria orgânica de 3,0%/h, valor este superior ao relatado neste experimento. Forrageiras com maiores valores de potencial de degradação são mais digestíveis no rúmen, mas também devem apresentar altos valores de taxa de degradação, para propiciar o potencial máximo de degradação em menor tempo. Conforme Sampaio (1988), taxas de degradação inferiores a 2,0%/h indicam alimentos de baixa qualidade, que necessitam de longo tempo de permanência no rúmen para serem degradados. Desta forma, todas as silagens avaliadas podem ser consideradas de baixa degradabilidade ruminal da matéria orgânica, visto que o maior valor obtido para taxa de degradação foi de 1,69%/h.

Tabela 6 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da matéria orgânica das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
A (%)	78,22	78,56	75,37
B (%)	62,01	62,70	59,70
c (%/h)	1,69	1,09	1,09
S (%)	10,81	11,11	11,03
B ₁ (%)	51,20	51,59	48,67
TC (min)	2,41	3,70	3,86
DE 2,0%/h (%)	41,66	34,90	33,66

A - fração potencialmente degradável; B - fração potencialmente degradável sob ação da microbiota se não houvesse tempo de colonização; c - taxa de degradação; S - frações solúveis; B₁ - frações degradáveis; TC - tempo de colonização; DE - degradabilidade efetiva na taxa de passagem de 2,0%/h.

Avaliando a degradabilidade das frações solúveis (S), foi encontrado maior valor para o tratamento contendo a silagem confeccionada com o capim cortado aos 84 dias de rebrote (51,59%), valor este muito próximo do encontrado para a silagem com a forragem cortada aos 56 dias de crescimento onde se obteve 51,20%. O material ensilado mais jovem apresentou numericamente menor tempo de colonização, e o capim ensilado mais velho resultou em maior tempo. Um menor tempo de colonização, significa que esse material apresenta maior poder de hidratação e conseqüentemente de ser atacado pelos microrganismos e suas enzimas digestivas, o que resulta em maior velocidade de digestão.

A degradabilidade efetiva da matéria orgânica calculada para a taxa de passagem de 2,0%/h foi superior numericamente para o tratamento contendo a silagem confeccionada com capim cortado aos 56 dias de crescimento, com 44,66%. Esse resultado mais uma vez reforça a influência da idade de corte do capim sobre a digestibilidade do material, que quanto mais jovem maior será o potencial digestivo. Rosa et al. (1998) estudando a degradabilidade efetiva

da matéria orgânica do feno do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 83 dias de crescimento, encontrou valor médio de 45,9% para a taxa de passagem de 2,0%/h. Resultado este superior ao das silagens avaliadas neste experimento.

As equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Ørskov & McDonald (1979) modificado por Sampaio et al. (1995) dos dados de degradação ruminal da matéria orgânica das silagens do capim *Brachiaria decumbens* em diferentes idades de corte, estão apresentados na Tabela 7. Os coeficientes de determinação, variando de 96 a 98%, indicam a boa adequação dos resultados de desaparecimento de matéria orgânica ao modelo proposto por Sampaio (1988), empregado neste estudo.

Tabela 7 – Equações de descrição da cinética de degradação ruminal da matéria orgânica das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de corte	Equação	R ²
56 dias	$D = 78,22 - [62,01 \times \exp^{-(0,0169 \times t)}]$	0,98
84 dias	$D = 78,56 - [60,70 \times \exp^{-(0,0109 \times t)}]$	0,97
112 dias	$D = 75,37 - [59,70 \times \exp^{-(0,0109 \times t)}]$	0,96

R² - coeficiente de determinação.

6.4.3 Desaparecimento ruminal da proteína bruta

Não houve diferença ($P > 0,05$) para os valores de desaparecimento ruminal da proteína bruta no tempo de 3 horas entre os tratamentos avaliados (Tabela 8). Nos demais tempos, que foram de 6, 12, 24, 48 e 96 horas de incubação, os valores obtidos para o desaparecimento ruminal médio da proteína bruta no tratamento com 56 dias foi superior ($P < 0,05$) em relação aos demais (84 e 112 dias), tendo média máxima de 68,35%, enquanto que os outros dois tratamentos não deferiram ($P > 0,05$) entre si, apresentando média máxima de 58,28%. Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, encontrou resultado semelhante, onde a forragem cortada aos 56 dias apresentou durante todo o período de incubação valor superior às plantas cortadas aos 84 e 112 dias de crescimento. Kabunga & 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 aos 112 dias.

Notou-se que o desaparecimento da proteína bruta no tempo de 12 horas para os tratamentos contendo material ensilado aos 84 e 112 dias de crescimento foi menor que os valores observados para estes tratamentos no tempo de 6 horas. Isto pode ser explicado pelo fato de que a proteína bruta desaparecida com 6 horas de incubação era basicamente constituída de compostos nitrogenados do conteúdo celular. Este menor valor de desaparecimento da proteína bruta no tempo de 12 horas de incubação, em comparação ao tempo de 6 horas, pode ser devido à contaminação do material por compostos nitrogenados provenientes do ambiente ruminal, provavelmente devido a adesão de microrganismos ao material incubado. Isso acontece porque para que ocorra a degradação do material no ambiente ruminal é necessária a

adesão microbiana às partículas do alimento. Mesmo com o processo de lavagem, possivelmente ainda restaram microrganismos aderidos à fibra dos resíduos não degradados das silagens. Esta contaminação pode ser considerável devido ao baixo conteúdo de proteína bruta de 4,56 e 4,49% da matéria seca das silagens contendo capim colhido aos 84 e 112 dias de crescimento, respectivamente.

Tabela 8 – Desaparecimento ruminal médio (%) da proteína bruta das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Tempo (horas)	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
03	52,09 ^{Ba}	49,99 ^{BCa}	46,82 ^{Ca}
06	53,45 ^{Ba}	49,97 ^{BCb}	49,87 ^{BCb}
12	55,80 ^{Ba}	45,07 ^{Cb}	44,99 ^{Cb}
24	56,23 ^{Ba}	48,22 ^{BCb}	45,02 ^{Cb}
48	63,35 ^{Aa}	54,98 ^{ABb}	54,26 ^{ABb}
96	68,35 ^{Aa}	58,78 ^{Ab}	57,77 ^{Ab}

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma coluna e minúsculas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Em cada um dos tratamentos foi encontrado que a porcentagem de desaparecimento da proteína bruta das silagens do capim foi elevando ($P < 0,05$) a medida que permaneciam mais tempo no rúmen, com média máxima variando de 57,77 a 68,35% para os tratamentos com 112 e 56 dias, respectivamente. Esses resultados evidenciam que o material mais jovem (56 dias) apresenta maior potencial de degradação da proteína bruta pelos microrganismos ruminais em relação aos materiais mais velhos (84 e 112 dias). Moreira et al. (2009) observaram valores de 74,1% de desaparecimento da proteína bruta do capim *Brachiaria brizantha* durante 96 horas de incubação ruminal, valores estes acima dos deste experimento. Castro (2008) relatou valores de degradabilidade para silagens de capim Tanzânia variando de 76,60 a 54,99% para as plantas com idades de 42 e 107 dias, respectivamente.

Foi observado queda da fração potencialmente degradável (A) da proteína bruta com o aumento da idade, sendo que a silagem confeccionada com a forrageira mais jovem, 56 dias, apresentou maior valor de fração potencialmente degradável (79,99%) se comparada às demais (Tabela 9). Já a gramínea ensilada aos 112 dias apresentou o menor valor, com 77,01%. Avaliando a fração B, representa a fração potencialmente degradável se não houvesse tempo de colonização, a silagem com a gramínea cortada aos 112 dias apresentou o maior valor, com 31,47%, enquanto as silagens com as forrageiras cortadas aos 56 e 84 dias apresentaram 28,08 e 31,18%, respectivamente. Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56 dias, encontrou valor médio para fração A e B de 77,13 e 28,44%, respectivamente, valores estes próximos ao relatado neste experimento.

Tabela 9 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da proteína bruta das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
A (%)	79,99	78,16	77,01
B (%)	28,08	31,18	31,47
c (%/h)	1,52	0,81	2,55
S (%)	50,80	46,15	43,13
B ₁ (%)	29,19	32,01	33,88
TC (min)	5,31	11,18	4,35
DE 2,0%/h (%)	60,78	52,55	51,97

A - fração potencialmente degradável; B - fração potencialmente degradável sob ação da microbiota se não houvesse tempo de colonização; c - taxa de degradação; S - frações solúveis; B₁ - frações degradáveis; TC - tempo de colonização; DE - degradabilidade efetiva na taxa de passagem de 2,0%/h.

A silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 112 dias apresentou uma taxa de degradação (c) maior do que as demais, com 2,55%/h. A maior degradabilidade da fração solúvel (S) foi apresentada pela gramínea cortada e ensilada aos 56 dias de rebrote (50,80%), enquanto o menor valor foi apresentado pela silagem confeccionada aos 112 dias de crescimento (43,13%). Quando se avaliou o tempo de colonização, o material ensilado aos 84 dias apresentou maior tempo, e o capim ensilado mais velho resultou em menor tempo. A degradabilidade efetiva calculada para a taxa de passagem de 2,0%/h foi superior para o tratamento contendo a silagem confeccionada com capim colhido aos 56 dias de rebrote, com 60,78%, e foi semelhante entre os tratamentos contendo as silagens confeccionadas aos 84 e 112 dias de crescimento. Isto mostra que para o parâmetro de degradabilidade da proteína bruta, o material mais jovem (56 dias) é superior aos demais tratamentos, resultado este que pode ser comprovado na Tabela 4 do Capítulo 3 onde a silagem contendo a forragem cortada aos 56 apresentou maior ($P < 0,05$) digestibilidade aparente da proteína bruta em relação aos demais tratamentos.

Tomich (2003) avaliando o desaparecimento ruminal das frações protéicas do capim elefante relatou valores da fração A de 96,5%, fração B de 54,6% e degradabilidade efetiva da proteína bruta em taxa de passagem de 2,0%/h de 65,0%, valores superiores os encontrados neste experimento. Lopes et al. (2010) relataram valores de degradação da fração A de 72,9%, fração B de 31,1% e taxa de degradação ruminal (c) de 3,88%/h para o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias de crescimento. As taxas de degradabilidade efetiva da proteína bruta foram de 65,8% para a taxa de passagem a 2,0%/h. Valores estes acima dos apresentados neste trabalho, o que é justificado pelo fato de um experimento ter utilizado material verde e o outro material ensilado, onde o material ensilado tende a ser de pior qualidade em relação ao material verde.

Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Ørskov & McDonald (1979) modificado por Sampaio et al. (1995) dos dados de degradação ruminal da proteína bruta das silagens do capim *Brachiaria decumbens* em diferentes idades de corte, estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – As equações geradas pelas análises de regressão dos dados de degradação ruminal da proteína bruta das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de corte	Equação	R ²
56 dias	$D = 79,99 - [28,08 \times \exp^{-(0,0152 \times t)}]$	0,96
84 dias	$D = 78,16 - [31,18 \times \exp^{-(0,0081 \times t)}]$	0,99
112 dias	$D = 77,01 - [31,47 \times \exp^{-(0,0255 \times t)}]$	0,95

R² - coeficiente de determinação.

6.4.4 Desaparecimento ruminal da fibra em detergente neutro

Nos tempos de 3 e 6 horas de incubação, os valores obtidos para o desaparecimento ruminal médio da fibra em detergente neutro não diferiram ($P > 0,05$) entre os tratamentos, tendo média de 4,94 e 6,92% nos tempos de 3 e 6 horas de incubação, respectivamente (Tabela 11).

Para o tempo de 12 horas de permanência do material no rúmen, a porcentagem de desaparecimento da fibra em detergente neutro do material referente à silagem confeccionada com capim colhido aos 112 dias foi inferior ($P < 0,05$) em relação aos outros materiais (56 e 84 dias), os quais não diferiram ($P > 0,05$) entre si, sendo a média de 14,72%. Ao contrário do que ocorreu com a matéria seca, matéria orgânica e com a proteína bruta, até o tempo de incubação ruminal de seis horas não houve diferença para o valor de degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro ($P > 0,05$) entre os três tratamentos, uma vez que maior tempo de colonização é necessário para que haja início da degradação das frações fibrosas no ambiente ruminal.

Considerando-se os tempos de 24 e 48 horas de incubação ruminal, o material que apresentou o maior ($P < 0,05$) valor médio de desaparecimento da fibra em detergente neutro foi para as silagens confeccionadas aos 56 dias com 21,21 e 45,92%, respectivamente. Já as silagens cortadas aos 84 e 112 dias não diferiram ($P > 0,05$) entre si, sendo a média de 14,13 e 36,03% para o desaparecimento ruminal médio da fibra em detergente neutro nos tempo de 24 e 48 horas, respectivamente.

No tempo de 96 horas observou-se que houve diferença ($P < 0,05$) entre todos os três tratamentos, sendo o material ensilado aos 56 dias de crescimento com maior porcentagem de desaparecimento da fibra em detergente neutro, seguido da silagem com 84 dias e por último a silagem colhida aos 112 dias com porcentagem de 47,99%.

Tabela 11 – Desaparecimento ruminal médio (%) da fibra em detergente neutro das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Tempo (horas)	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
03	5,40 ^{Ea}	4,69 ^{Da}	4,73 ^{Da}
06	7,46 ^{Ea}	6,81 ^{Da}	6,50 ^{Da}
12	14,80 ^{Da}	14,63 ^{Ca}	11,51 ^{Cb}
24	21,21 ^{Ca}	15,09 ^{Cb}	13,17 ^{Cb}
48	45,92 ^{Ba}	36,21 ^{Bb}	35,84 ^{Bb}
96	61,83 ^{Aa}	50,50 ^{Ab}	47,99 ^{Ac}

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma coluna e minúsculas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Em cada um dos tratamentos observou-se que a porcentagem de desaparecimento da fibra em detergente neutro das silagens do capim foi se elevando (P<0,05) a medida que permaneciam mais tempo no rúmen, com média variando de 47,99 a 61,83% para os tratamentos com 112 e 56 dias, respectivamente. Com esses resultados verifica-se que o material colhido mais jovem (56 dias) apresenta maior potencial de degradação da fibra em detergente neutro pelos microrganismos ruminais em relação aos materiais colhidos mais velhos (84 e 112 dias).

Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, encontrou valor de desaparecimento ruminal da fibra em detergente neutro de 77,59; 61,67 e 57,43%, respectivamente, sendo que o material mais jovem foi estatisticamente superior aos demais, os quais não diferenciaram entre si. Já Tomich (2003) apresentou valor de desaparecimento ruminal da fibra em detergente neutro para o capim elefante após 96 horas de incubação de 70,9%, valor este superior ao encontrado neste trabalho. Castro (2008) relatou efeito negativo da idade da forrageira sobre a degradação da fibra do capim *Panicum maximum* – Tanzânia. Os valores de desaparecimento da fibra em detergente neutro variaram de 30,48% para a planta cortada aos 107 dias a 40,29% para a planta cortada aos 42 dias, valores inferiores aos deste experimento.

Foi observado queda da fração potencialmente degradável (A) da fibra em detergente neutro com o aumento da idade, sendo que a silagem confeccionada com a forrageira mais jovem, 56 dias, apresentou o maior valor de fração potencialmente degradável (80,00%) se comparada às demais (Tabela 12). Já a gramínea ensilada aos 112 dias apresentou numericamente o menor valor, com 71,52%. Avaliando a fração B que representa a fração potencialmente degradável se não houvesse tempo de colonização, observou-se que a silagem com a gramínea cortada aos 112 dias apresentou o menor valor, com 70,19%, enquanto as silagens com as forrageiras cortadas aos 56 e 112 dias apresentaram 79,51 e 71,99% de degradabilidade da fibra em detergente neutro, respectivamente.

A silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentou uma taxa de degradação (c) maior do que as demais, com 1,57%/h. Quando se avaliou o tempo de

colonização, o material ensilado aos 112 dias apresentou maior tempo (3,09 min), e o capim ensilado mais novo (56 dias) resultou em menor tempo (2,10 min). A degradabilidade efetiva calculada para as taxas de passagem de 2,0 e 5,0%/h foram numericamente superiores para o tratamento contendo a silagem confeccionada com capim colhido aos 56 dias de rebrote, com 35,21 e 19,14%, respectivamente. Os resultados mostram a superioridade nutricional do material ensilado aos 56 dias de rebrote em relação aos ensilados mais tardiamente (84 e 112 dias), resultado este já comprovado pela maior digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro para o tratamento de 56 dias (Tabela 6 do Capítulo 3).

Tabela 12 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
A (%)	80,00	74,17	71,52
B (%)	79,51	71,99	70,19
c (%/h)	1,57	1,18	1,18
TC (min)	2,10	3,03	3,09
DE 2,0%/h (%)	35,21	27,58	26,55

A - fração potencialmente degradável; B - fração potencialmente degradável sob ação da microbiota se não houvesse tempo de colonização; c - taxa de degradação; TC - tempo de colonização; DE - degradabilidade efetiva na taxa de passagem de 2,0%/h.

Lopes et al. (2010) relataram valores para o degradabilidade potencial da fibra em detergente neutro de 77,9% para a *Brachiaria decumbens* e 76,8% para a *Brachiaria brizantha*, sendo estes próximos ao encontrado neste experimento. Castro (2008) apresentou valores da taxa média de degradabilidade da fibra em detergente neutro de 2,63%/h, valores superiores aos encontrados neste experimento. Moreira et al. (2009) relataram valores nas faixas de 78,7 a 84,9% para degradabilidade potencial da fibra em detergente neutro; 2,1 a 3,0%/h para c; e 49,8 a 52,0% para degradabilidade efetiva calculadas considerando-se a taxa de passagem de 2,0%/h no rúmen para o capim *Brachiaria brizantha*.

Segundo Chesson & Forsberg (1997), 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 celulose, 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. Além disso, há um aumento dos valores de compostos fenólicos de baixa degradabilidade que afetam negativamente a digestibilidade das frações fibrosas das forrageiras.

Ao analisar as taxas de passagem a 2,0%/hora pode-se perceber que estes valores são menores que os encontrados no Capítulo 3 (Tabela 6) em que avaliou-se a digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro, onde obteve-se 63,97; 58,02 e 55,14%, para as silagens feitas com a *Brachiaria decumbens* cortadas nas idades de 56, 84 e 112 dias de rebrote. Esta menor

degradabilidade efetiva em relação a digestibilidade aparente para a fibra em detergente neutro pode ser ocasionada por que os alimentos incubados no rúmen não estão disponíveis aos processos de mastigação e ruminção, que geralmente aumentam a degradação desta fração dos alimentos.

As equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de Ørskov & McDonald (1979) modificado por Sampaio et al. (1995) dos dados de degradação ruminal da fibra em detergente neutro das silagens do capim *Brachiaria decumbens* em diferentes idades de corte, estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Equações de descrição da cinética de degradação ruminal da fibra em detergente neutro das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de corte	Equação	R ²
56 dias	$D = 80,00 - [79,51 \times \exp^{-(0,0157 \times t)}]$	0,98
84 dias	$D = 74,17 - [71,99 \times \exp^{-(0,0118 \times t)}]$	0,96
112 dias	$D = 71,52 - [70,19 \times \exp^{-(0,0118 \times t)}]$	0,96

R² - coeficiente de determinação.

6.4.4 Desaparecimento ruminal da fibra em detergente ácido

O desaparecimento ruminal médio da fibra em detergente ácido avaliado nos tempos de incubação ruminal de 3 e 6 horas não diferiram ($P > 0,05$) entre os três tratamentos estudados, tendo média de 6,08 e 8,03% , respectivamente (Tabela 14).

Para o tempo de 12 horas de permanência do material no rúmen, a porcentagem de desaparecimento da fibra em detergente ácido do material referente à silagem contendo o capim colhido aos 112 dias foi inferior ($P < 0,05$) em relação aos outros materiais (56 e 84 dias). Já a silagem confeccionada com capim cortado aos 56 dias de rebrote apresentou o maior valor ($P < 0,05$) de desaparecimento da fibra em detergente ácido quando comparado aos demais tratamentos no tempo de 12 horas, sendo a média de 14,75%. O tratamento contendo silagem do capim *Brachiaria decumbens* com idade de corte de 84 dias apresentou valor intermediário ($P < 0,05$) para o desaparecimento da fibra em detergente ácido no tempo de 12 horas de permanência no rúmen em relação aos outros dois tratamentos. A ausência de diferença ($P > 0,05$) entre os três tratamentos avaliados para o valor de degradabilidade ruminal da fibra em detergente ácido até o tempo de incubação ruminal de seis horas, pode ser explicada uma vez que para que haja início da degradação das frações fibrosas no rúmen é necessário um maior período para que ocorra a colonização microbiana.

Considerando-se os tempos de 24 e 48 horas de incubação ruminal, o material que apresentou o maior ($P < 0,05$) valor médio de desaparecimento da fibra em detergente ácido foi a silagem do capim cortada aos 56 dias com 20,95 e 45,95%, respectivamente. Já os outros tratamentos (84 e 112 dias) não diferiram ($P > 0,05$) entre si, sendo a média de 13,75 e 33,16% para o

desaparecimento ruminal médio da fibra em detergente ácido nos tempo de 24 e 48 horas, respectivamente.

Tabela 14 – Desaparecimento ruminal médio (%) da fibra em detergente ácido das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, expressos na base da matéria seca

Tempo (horas)	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
03	6,19 ^{Ea}	6,53 ^{Da}	5,53 ^{Da}
06	8,21 ^{Ea}	8,47 ^{Da}	7,41 ^{Da}
12	14,75 ^{Da}	13,25 ^{Cab}	11,47 ^{Cb}
24	20,95 ^{Ca}	14,18 ^{Cb}	13,32 ^{Cb}
48	42,95 ^{Ba}	34,16 ^{Bb}	32,16 ^{Bb}
96	59,72 ^{Aa}	46,89 ^{Ab}	43,99 ^{Ac}

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma coluna e minúsculas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

No tempo de 96 horas observou-se que houve diferença ($P < 0,05$) entre todos os três tratamentos, sendo o material ensilado aos 56 dias de crescimento com maior porcentagem de desaparecimento da fibra em detergente ácido, seguido da silagem com 84 dias e por último o tratamento de 112 dias com porcentagem de 43,99%. Resultado este semelhante ao encontrado para o desaparecimento da fibra em detergente neutro na Tabela 11.

Avaliando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades (56, 84 e 112 dias), Velasco (2011), encontrou valores médios para o desaparecimento da fibra em detergente ácido após 96 horas incubação ruminal de 61,32; 50,35 e 45,07%, respectivamente, sendo o tratamento de 56 dias superior aos demais, seguido pela forragem cortada aos 84 dias e por último o de 112 dias de rebrote. Resultado este semelhante ao encontrado neste experimento.

Em cada um dos tratamentos foi encontrado que a porcentagem de desaparecimento da fibra em detergente ácido das silagens do capim foi elevando-se ($P < 0,05$) a medida que permaneciam mais tempo no rúmen, com média máxima variando de 43,99 a 59,72% para os tratamentos com 112 e 56 dias, respectivamente. Com esses resultados pode-se dizer que o material mais jovem (56 dias) apresenta maior potencial de degradação da matéria seca pelos microrganismos ruminais em relação aos materiais mais velhos.

Os valores médios obtidos para a fração potencialmente degradável (A) foram maiores numericamente para as silagens confeccionadas com o capim colhido mais jovem, sendo que a degradabilidade desta fração variou de 68,14 a 80,00% para os tratamentos de 112 e 56 dias, respectivamente (Tabela 15).

Tabela 15 – Valores médios de degradabilidade ruminal e degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Parâmetros	Idade de Corte		
	56 dias	84 dias	112 dias
A (%)	80,00	75,08	68,14
B (%)	78,07	71,11	65,24
c (%/h)	1,42	1,00	1,07
TC (min)	2,37	3,68	3,65
DE 2,0%/h (%)	33,20	24,84	23,68

A - fração potencialmente degradável; B - fração potencialmente degradável sob ação da microbiota se não houvesse tempo de colonização; c - taxa de degradação; TC - tempo de colonização; DE - degradabilidade efetiva na taxa de passagem de 2,0%/h.

Quanto a degradabilidade ruminal da fração potencialmente degradável sob ação da microbiota (B) observou-se superioridade para o tratamento contendo a silagem confeccionada com o capim cortado aos 56 dias de rebrote (78,07%), valor este seguido pelo tratamento contendo a silagem de 84 dias (71,11%) e por último, ficou o material de 112 dias de rebrote (65,24%). Esses valores estão ligeiramente acima dos relatados em alguns trabalhos (Ramirez, 2011; Tomich, 2003; Lopes et al., 2010).

Velasco (2011) estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado aos 56, 84 e 112 dias, observou que os valores médios para fração A e B foram maiores para o material de 56 dias, demonstrando a influência da idade sobre o potencial de degradação ruminal. Resultado este concordante com o encontrado neste trabalho onde a silagem confeccionada com forragem mais jovem apresentou superioridade para a digestibilidade.

A silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentou uma taxa de degradação (c) maior do que as demais, com 1,42%/h. Quando se avaliou o tempo de colonização, o material ensilado aos 84 dias apresentou maior tempo (3,68 min), e o capim ensilado mais novo (56 dias) resultou em menor tempo (2,37 min).

A degradabilidade efetiva calculada para a taxa de passagem de 2,0%/h foi superior numericamente para o tratamento contendo a silagem confeccionada com capim cortado aos 56 dias de rebrote, com 33,20%, já os tratamentos contendo as silagens confeccionadas aos 84 e 112 dias de crescimento apresentaram valores semelhantes entre eles, sendo a média de 24,26 % para a taxa de passagem de 2,0%/h. Este resultado mostra que para a degradabilidade da fibra em detergente ácido, o material mais jovem (56 dias) é superior aos demais tratamentos, resultado este que pode ser comprovado pelos dados na Tabela 7 do Capítulo 3, onde a silagem contendo a forragem cortada aos 56 dias apresentou maior ($P < 0,05$) digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido em relação aos demais tratamentos.

A medida que a planta eleva seu grau de senescência, a digestibilidade tende a reduzir. Segundo Hatfield (1999), as ligninas são tidas como os principais compostos responsáveis

pela diminuição do potencial de degradação da parede celular a medida que se aumenta a idade ao corte de uma forrageira. Ramirez (2011) estudando o valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* cortado com 56, 84 e 112 dias de crescimento observou degradabilidade efetiva de 50,6; 48,0 e 50,9% para a taxa de passagem de 2,0%/h. Velasco (2011) estudando o mesmo capim (*Brachiaria decumbens*), porém verde e cortado aos 56, 84 e 112 dias, observou valores médios para a degradabilidade efetiva de 39,45; 29,84 e 28,26% para a taxa de passagem de 2,0%/h, valores estes próximos aos observados neste experimento.

A queda da digestibilidade com a senescência, está de acordo com as informações de que no processo de maturação das forrageiras ocorre uma elevação dos valores de lignina na matéria seca destas, e as interações da lignina com os carboidratos também são alteradas. Isto resulta no aumento do efeito barreira sobre a celulose, dificultando que a microbiota ruminal tenha acesso a esta para degradá-la.

Verificou-se, neste estudo, redução na degradação efetiva da matéria seca (Tabela 3), da matéria orgânica (Tabela 6), da proteína bruta (Tabela 9), da fibra em detergente neutro (Tabela 12) e da fibra em detergente ácido (Tabela 15) com o aumento das taxas de passagem. Este fato está em consonância com as observações de Ørskov et al. (1980) e de McDonald (1981) de que a degradação efetiva não depende apenas do potencial de degradação, mas também do tempo de permanência do alimento no rúmen.

Os altos valores dos coeficientes de determinação encontrados indicam a boa adequação dos resultados de desaparecimento da fibra em detergente ácido ao modelo proposto por Sampaio et al. (1995) (Tabela 16).

Tabela 16 – Equações de descrição da cinética de degradação ruminal da fibra em detergente ácido das silagens do capim *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Idade de corte	Equação	R ²
56 dias	$D = 80,00 - [78,07 \times \exp^{-0,0142 \times t}]$	0,98
84 dias	$D = 75,08 - [71,11 \times \exp^{-0,0100 \times t}]$	0,96
112 dias	$D = 68,14 - [65,24 \times \exp^{-0,0107 \times t}]$	0,97

R² - coeficiente de determinação.

6.5 CONCLUSÕES

A melhor idade de corte do capim *Brachiaria decumbens* para a ensilagem é aos 56 dias de crescimento por apresentar maior degradabilidade *in situ* dos componentes nutricionais, sendo os resultados obtidos com as silagens confeccionadas com o capim cortado aos 84 e 112 dias de crescimento semelhantes entre si.

6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 13ed. Washington - D.C.: AOAC, 1980, p.1015.
- CASTRO G.H.F. *Silagens de capim Tanzânia (Panicum maximum cv. Tanzânia) em diferentes idades*. 2008. 125p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- 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.
- EUCLYDES, R.F. *Sistema para análises estatísticas (SAEG 9.0)*. Viçosa: Funarbe, 2005.
- HATFIELD, R.D.; WILSON, J.R.; MERTENS, D.R. Composition of cell walls isolated from cell types of grain sorghum stems. *Journal Science Food and Agriculture*, v.79, n.6, p.891-899, 1999.
- 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.
- KABUNGA, 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.
- LOPES, F.C.F.; PACIULLO, D.S.C.; MOTA, E.F. et al. Composição química e digestibilidade ruminal *in situ* da forragem de quatro espécies do gênero *Brachiaria*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.4, p.883-888, 2010.
- McDonald, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science*, 96(1):251-252, 1981.
- MOREIRA, G.R.; SALIBA, E.O.S.; MAURÍCIO, R.M. et al. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistemas silvipastoris. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.3, p.706-713, 2009.
- ØRSKOV, E.R.; DEB HOVEL, F.D.; MOULD, F. Uso de La tecnica de la bolsa de nylon para la evaluacion de los alimentos. *Producción Animal Tropical*, 5:213-233, 1980.
- 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*, Cambridge v.92, p.499-503. 1979.
- RAMIREZ, M.A. *Valor nutricional do feno de Brachiaria decumbens em três idades*. 2011. 138f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- RODRIGUES, A.L.P.; SAMPAIO, I.B.M.; CARNEIRO, J.C. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.56, p.658-664, 2004.
- ROSA, B.; REIS, R.A.; RESENDE, K.T. et al. Avaliação *in situ* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido ao tratamento com amônia anidra ou uréia. *Acta Scientiarum* v.20, n.3, p.317-323, 1998.

- SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modeling techniques in the study of roughages degradation in rumen and growth of ruminants*. 1988, 228f. (PhD, thesis), Reading: University of Reading,
- SAMPAIO, I.B.M.; PIKE, D.J.; OWEN, E. Optimal design for studying dry matter degradation in the rumen. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.47, p.373-383, 1995.
- TOMICH, T. R. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim Sudão avaliados em regime de corte*. 2003. 88f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VELASCO, F.O. *Consumo e digestibilidade aparente da Brachiaria decumbens verde em três idades de corte*. 2009. 24f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- VELASCO, F.O. *Valor nutricional da Brachiaria decumbens em três idades*. 2011. 106f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CAPÍTULO VII

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os animais alimentados com a silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresentam maior digestibilidade em relação àqueles alimentados com as silagens confeccionadas aos 84 e 112 dias de rebrote.

O processo de senescência influencia negativamente o teor de energia digestível, metabolizável e líquida das silagens do capim *Brachiaria decumbens*.

A silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias apresenta maior fermentação ruminal pela técnica *in vitro* de produção de gases em relação às silagens confeccionadas aos 84 e 112 dias de crescimento.

A degradabilidade *in situ* dos componentes nutricionais é maior na silagem do capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias de idade.

As idades de corte de 56, 84 e 112 dias do capim *Brachiaria decumbens* para ensilagem, não influenciam a produção de metano em ovinos.

A idade de corte aos 56 dias de crescimento do capim *Brachiaria decumbens* para realização da ensilagem é a melhor quando comparada às demais idades estudadas (84 e 112 dias), o que evidencia a influência negativa do estágio de maturação da forragem no seu valor nutritivo.