

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

**Valor nutricional do feno de *Brachiaria decumbens*
em três idades**

MATHEUS ANCHIETA RAMIREZ

**BELO HORIZONTE – MG
ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG
2011**

MATHEUS ANCHIETA RAMIREZ

Valor nutricional do feno de *Brachiaria decumbens* 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
2011**

R173v

Ramirez, Matheus Anchieta, 1984-

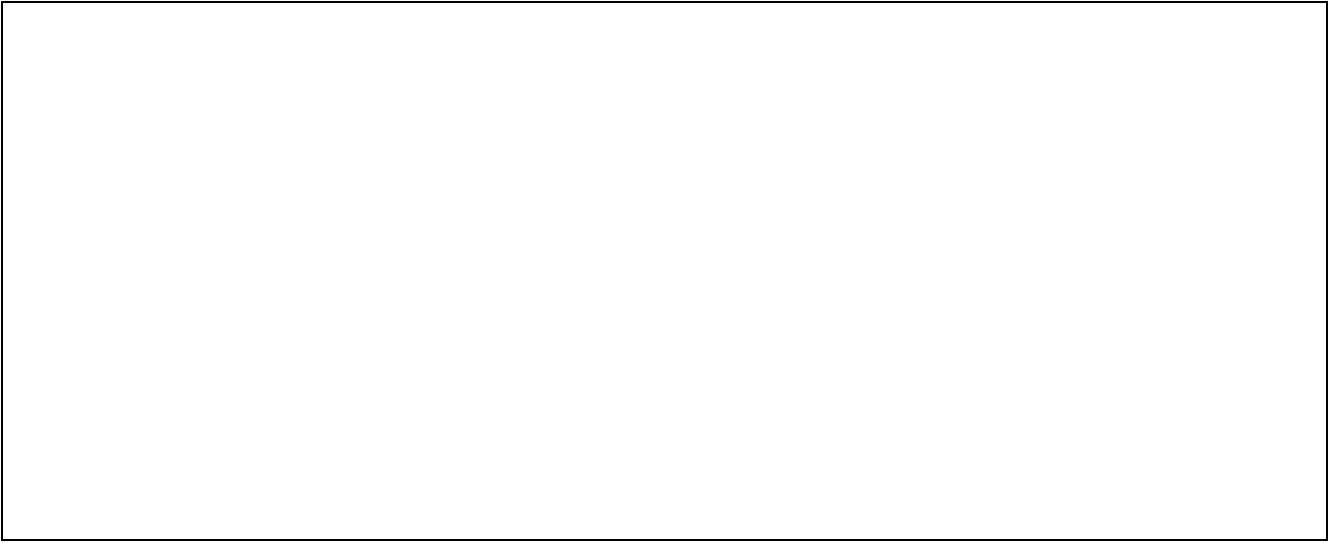
Valor nutricional do feno de *Brachiaria decumbens* em três idades / Matheus Anchieta Ramirez. – 2011.

138 p. : il.

Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Energia líquida – Teses. 2. Metano – Teses. 3. Nutrição animal – Teses. 4. *In situ* – Teses. I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.085



Tese defendida em 16 de dezembro de 2011 pela comissão examinadora constituída por:

Prof. Lúcio Carlos Gonçalves
(Orientador)

Prof. Diogo Gonzaga Jayme

Dr. Thierry Ribeiro Tomich

Prof. Cristiano Gonzaga Jayme

Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

*“Nós devemos ser
a mudança que queremos
ver no mundo”*

Mahatma Gandhi

Dedico este trabalho ao Dr.
Armando Leal do Norte e aos
professores Rideó Okano, Paulo
Dalton e Erly do Prado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiramente a Deus que me deu esta oportunidade de formação e a força e persistência para a completar.

Ao professor Lúcio Carlos Gonçalves pelo apoio e respeito para com todas as minhas decisões e pelo exemplo que sempre me deu em relação ao meu futuro profissional.

Aos colegas de grupo que tanto me apoiaram e fizeram mais agradável minha caminhada. Especialmente ao Fredão que tanto me ajudou para a consecução deste trabalho.

A todos meus colegas de graduação e pós-graduação, pois a formação não se faz de forma isolada. Aos funcionários amigos do Laboratório de Nutrição Animal e da Biblioteca da Escola de Veterinária da UFMG.

Agradeço também a toda minha família que soube entender minha ausência, aos meus amigos que alegraram meus dias de estudos. Agradeço imensamente a Aline por sua compreensão e seu amor.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma foram importantes para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	12
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO GERAL	16
CAPÍTULO II	
REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. VALOR NUTRITIVO DO FENO DE <i>Brachiaria decumbens</i>	18
2.1.1. FENAÇÃO DE GRAMÍNEAS TROPICAIS	18
2.1.2. O CAPIM <i>Brachiaria decumbens</i>	20
2.1.3. VALOR NUTRITIVO DA <i>Brachiaria decumbens</i>	22
2.1.4. VALOR NUTRICIONAL DO FENO DE <i>Brachiaria decumbens</i>	23
2.2. A CALORIMETRIA INDIRETA PARA A AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS PARA RUMINANTES	25
2.2.1. CALORIMETRIA INDIRETA EM ANIMAIS	26
2.2.1.1. PRINCÍPIOS DE CALORIMETRIA INDIRETA	29
2.2.2. A ENERGIA DOS ALIMENTOS	30
2.2.2.1. ENERGIA BRUTA	31
2.2.2.2. ENERGIA DIGESTÍVEL	31
2.2.2.3. ENERGIA METABOLIZÁVEL	32
2.2.2.4. ENERGIA LÍQUIDA	34
2.2.3. INCREMENTO CALÓRICO	34
2.2.4. OS RUMINANTES E A TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA	36
2.3. A AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS POR MEIO DA TÉCNICA DE INCUBAÇÃO <i>IN SITU</i>	37

2.4. A AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS POR MEIO DA TÉCNICA <i>IN VITRO</i> SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES	43
2.5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	49

CAPÍTULO III

BIOENERGÉTICA EM OVINOS ALIMENTADOS COM FENO DE *Brachiaria decumbens* EM TRES IDADES

3.1. RESUMO	60
3.2. INTRODUÇÃO	61
3.3. MATERIAIS E MÉTODOS	63
3.3.1. FORRAGEM AVALIADA E FENAÇÃO	63
3.3.2. DETERMINAÇÃO DA ENERGIA DIGESTÍVEL DOS FENOS	64
3.3.3. PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS	64
3.3.4. ENSAIO DE RESPIROMETRIA	65
3.3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	68
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.4.1. COMPOSIÇÃO DOS FENOS DA <i>Brachiaria decumbens</i>	69
3.4.2. CONSUMO DE ENERGIA	72
3.4.3. PARTIÇÃO DAS PERDAS DE ENERGIA DOS FENOS DE <i>Brachiaria Decumbens</i>	75
3.4.4. EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA	80
3.4.5. TEORES DE ENERGIA	82
3.4.6. RESPIROMETRIA	84
3.4.7. PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO	87
3.4.8. PRODUÇÃO DE CALOR	90
3.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES	93
3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

CAPÍTULO IV

DEGRADABILIDADE *IN SITU* DOS FENOS DE *Brachiaria decumbens* OBTIDOS EM TRES IDADES

4.1. RESUMO	99
4.2. INTRODUÇÃO	99
4.3. MATERIAIS E MÉTODOS	100
4.3.1. FORRAGEM AVALIADA E FENAÇÃO	100
4.3.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	100

4.3.3. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS	101
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
4.4.1. DESAPARECIMENTO <i>IN SITU</i> DA MATÉRIA SECA DO FENO DE <i>Brachiaria decumbens</i>	103
4.4.2. DESAPARECIMENTO <i>IN SITU</i> DA MATÉRIA ORGÂNICA DO FENO DE <i>Brachiaria decumbens</i>	109
4.4.3. DESAPARECIMENTO <i>IN SITU</i> DA PROTEÍNA BRUTA DO FENO DE <i>Brachiaria decumbens</i>	112
4.4.4. DESAPARECIMENTO <i>IN SITU</i> DA FDN DO FENO DE <i>Brachiaria decumbens</i>	116
4.4.5. DESAPARECIMENTO <i>IN SITU</i> DA FDA DO FENO DE <i>Brachiaria decumbens</i>	120
4.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES	124
4.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124

CAPÍTULO V

CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL *IN VITRO* DO FENO DE *Brachiaria decumbens* CORTADO EM TRÊS IDADES

5.1. RESUMO	125
5.2. INTRODUÇÃO	125
5.3. MATERIAIS E MÉTODOS	127
5.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	130
5.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES	135
5.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES GERAIS	138
-------------------	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

Tabela 01. Valores de Matéria Seca (MS), proteína bruta (PB), compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDIN) e compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido (NIDA) sobre o teor de nitrogênio total, valores de energia bruta em Megacalorias por Kg de MS (EB), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em porcentagem, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), Lignina (Lig) e extrato etéreo (EE) em porcentagem da MS, e cinzas do feno de *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento

Tabela 02 – Valores médios de consumo de matéria seca (CMS) gramas/Kg ^{0,75} , consumo de energia bruta (CEB), consumo de energia digestível (CED), consumo de energia metabolizável (CEM) e consumo de energia líquida (CEL) em Kcal/ Kg ^{0,75} do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> cortadas aos 56, 84 e 112 dias	73
Tabela 03 – Partição percentual e em Kcal por Unidade de Tamanho Metabólico (UTM) das perdas da energia bruta do alimento nas fezes, na urina, na forma de metano e de incremento calórico e o balanço de energia de carneiros alimentados com feno de <i>Brachiaria decumbens</i> cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	76
Tabela 04 – Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta em percentagem (DAEB), metabolizabilidade (qm), eficiência de uso da energia metabolozável para manutenção (km) e razão entre a energia líquida e energia bruta, em percentagem, do feno da <i>Brachiaria decumbens</i> cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	81
Tabela 05 – 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) do capim feno de <i>Brachiaria decumbens</i> em três diferentes idades de corte, 56, 84 e 112	82
Tabela 06 – Produção de metano (CH ₄) e gás carbônico (CO ₂) e consumo de oxigênio (O ₂) em litros por dia (L/dia) e em litros por unidade de tamanho metabólico (UTM) por dia (L/UTM/dia) e quociente respiratório (CR) de carneiros alimentados com feno de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifados nas idades de 56, 84 e 112 dias	85
Tabela 07 – Perda de energia bruta na forma de metano (Kcal/dia), formação de metano (CH ₄) em gramas por dia (g/dia) e gramas por Unidade de Tamanho Metabólico (PV ^{0,75}) (UTM) (g/UTM), perda de energia bruta na forma de CH ₄ (EBCH ₄), em Kcal, pelo consumo de matéria seca (CH ₄ /CMS) total e digestível (Dig.) e a perda de EBCH ₄ pelo consumo de FDN (CH ₄ /FDN) total e digestível (Dig.) de carneiros alimentados com fenos de <i>Brachiaria decumbens</i> cortados aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	88
Tabela 08 – Produção total de calor (Kcal/dia), produção de calor por Unidade de Tamanho Metabólico (Kcal/UTM/dia), a produção de calor dos carneiros em jejum (Kcal/UTM) e o Incremento Calórico (IC), em Kcal, e Incremento Calórico, em Kcal por UTM (IC/UTM) de carneiros alimentados com o feno de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifado com a plantas nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento	91

CAPÍTULO IV

Tabela 01 – Desaparecimento <i>in situ</i> da matéria seca (MS) do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias	103
Tabela 02 – Parâmetros de degradabilidade da Matéria Seca do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979)	106
Tabela 03 – Desaparecimento <i>in situ</i> da matéria orgânica (MO) do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifado em três diferentes idades	109

Tabela 04 – Parâmetros de degradabilidade da Matéria Orgânica do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979)	110
Tabela 05 – Desaparecimento <i>in situ</i> da proteína bruta (PB) do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> feito com as plantas cortadas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	113
Tabela 06 – Parâmetros de degradabilidade da Proteína Bruta do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979)	115
Tabela 07 – Desaparecimento <i>in situ</i> da Fibra em Detergente Neutro (FDN) do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> feito com as plantas cortadas aos 56, 84 e 112 dias de Crescimento	117
Tabela 08 – Parâmetros de degradabilidade da Fibra em Detergente Neutro dos fenos de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifados nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979)	119
Tabela 09 – Desaparecimento <i>in situ</i> da Fibra em Detergente Ácido (FDA) do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifado em três diferentes idades	120
Tabela 10 – Parâmetros de degradabilidade da Fibra em Detergente Ácido do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979)	122

CAPÍTULO V

Tabela 01 – Produção cumulativa de gases (PCG), em mL/g de matéria orgânica (MS) após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação do feno de capim <i>Brachiaria decumbens</i> cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento	131
Tabela 02. Parâmetros da cinética de fermentação ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca do feno de capim <i>Brachiaria decumbens</i> cortado aos 56, 84 e 112 dias de Crescimento	134

RESUMO

A *Brachiaria decumbens* é uma forrageira bem adaptada às condições de clima e solos brasileira, porém concentra boa parte de sua produção de matéria seca em algumas épocas do ano. A confecção de feno desta planta possibilita a suplementação de rebanhos durante a estação de escassez de forragens. Objetivou-se avaliar o valor nutricional do feno de *Brachiaria decumbens* cortado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento por meio de ensaios de calorimetria indireta utilizando carneiros (experimento I), técnicas de incubação *in situ* (experimento II) e da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (experimento III). Com o experimento I objetivou-se avaliar os teores de energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) dos fenos de *Brachiaria decumbens*. Foram utilizados 18 carneiros distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso, com três tratamentos e seis repetições, sendo os tratamentos os fenos obtidos aos 56, 84 e 112 dias. Para a mensuração das trocas gasosas os animais foram alojados em câmara respirométrica de fluxo aberto por 24 horas. Os conteúdos de EM foram semelhantes ($p>0,05$) sendo de 2,1, 2,0, 1,7 Kcal/Kg de MS, respectivamente para os fenos obtidos com as plantas nas idades de 56, 84 e 112 dias. Os teores de EL, em Kcal/Kg, foram de 1,3, 1,5 e 1,3, respectivamente para os fenos aos 56, 84 e 112 dias. Os consumos de EL total por unidade de tamanho metabólico (UTM) foram semelhantes entre os tratamentos, com valores de 87,3, 91,0 e 76,1 Kcal/UTM/dia, para os fenos aos 56, 84 e 112 dias, respectivamente. O consumo de EM total por unidade de tamanho metabólico foi menor para o feno obtido aos 112 dias, 97,2 Kcal/UTM, ($p<0,05$) em comparação com aqueles produzidos aos 56 e 84 dias, 135,0 e 119,7 Kcal/UTM, respectivamente, que foram semelhantes entre si ($p>0,05$). No experimento II avaliou-se os fenos de *Brachiaria decumbens* pela técnica de incubação *in situ*. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas sub-divididas, onde foram testados três fenos em cinco novilhas fistuladas no rumem, blocos, em sete tempo de incubação. Os tempo de incubação avaliados foram de 0, 3, 6, 12, 24, 48 e 96 horas. O desaparecimento da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, FDN e FDA foram maiores ($p<0,05$) para o feno feito com a planta aos 56 dias, 76,0%, 75,3%, 81,5%, 75,7%, 73,0% respectivamente, em comparação aos fenos feitos com as plantas aos 84 dias, 66,4%, 65,4%, 67,7%, 66,5%, 65,6% respectivamente, e 112 dias, 65,4%, 64,4%, 62,7%, 65,3%, 65,9% respectivamente, que foram semelhantes entre si ($p>0,05$). Desta forma, obteve-se maior degradação ruminal do feno aos 56 dias. No experimento III os fenos foram avaliados pela técnica *in vitro* de produção de gases. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao

acaso com parcela sub-dividida, sendo as três idades de corte (56, 84 e 112 dias) as parcelas, os inóculos ruminais os blocos, e os tempos de leitura de produção de gás as sub-parcelas. As maiores produções acumuladas de gases foram obtidas pelos fenos da planta com 56 e 84 dias de crescimento, 183,9 e 177,1 mL/g de MS. A idade de 56 dias apresentou maior produção acumulada de gases. O resultado encontrado para degradação da matéria seca foi semelhante para todos os tratamentos. Os resultados obtidos por estes experimentos indicam que o feno obtido com a *Brachiaria decumbens* aos 56 dias possui valor nutricional superior aos obtidos com esta planta aos 84 e 112 dias.

Palavras chaves: calorimetria indireta, degradabilidade *in situ*, energia líquida, metano, produção de gases, *Urochloa decumbens*

ABSTRACT

Brachiaria decumbens forage is one well adapted to climate and soil conditions in Brazil, but focuses much of its dry matter production at certain times of year. The making hay of this plant enables supplementation of livestock during seasonal scarcity of fodder. The objective was to evaluate the nutritive value of *Brachiaria decumbens* hay cut at ages 56, 84 and 112 days of growth through indirect calorimetry tests using sheep (experiment I), techniques of in situ incubation (experiment II) and technical automática semi-in vitro gas production (experimentoIII). In the first experiment aimed to evaluate the contents of metabolizable energy (ME) and net energy (NE) of *Brachiaria decumbens* hay. We used 18 sheep distributed in a completely randomized design with three treatments and six replications, with treatments Hays obtained at 56, 84 and 112 days. For the measurement of gas exchange animals were housed in open-flow respirometric chamber for 24 hours. The contents of MS were similar ($p > 0.05$) being 2.1, 2.0, 1.7 kcal / kg DM, respectively for the plants with hay obtained at ages 56, 84 and 112 days. The levels of EL, in kcal / kg were 1.3, 1.5 and 1.3, respectively, for hay at 56, 84 and 112 days. The total consumption of EL per unit of metabolic size (UTM) were similar among treatments, with values of 87.3, 91.0 and 76.1 kcal / UTM / day for hay at 56, 84 and 112 days respectively. IN total consumption per unit of metabolic size was lower for hay obtained at 112 days, 97.2 kcal / UTM ($p < 0.05$) compared with those produced at 56 and 84 days, 135.0 and 119 , 7 kcal / UTM, respectively, which were similar ($p > 0.05$). In the second experiment evaluated the *Brachiaria decumbens* hay by in situ incubation technique. The experimental design was a randomized block with split plot, where they were tested in three hay in the rumen fistulated heifers five blocks, seven incubation time. The incubation time were assessed at 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 96 hours. The disappearance of dry matter, organic matter, crude protein, NDF and ADF were higher ($p < 0.05$) for hay made from the plant at 56 days, 76.0%, 75.3%, 81.5%, 75.7%, 73.0% respectively, compared to hay made from plants at 84 days, 66.4%, 65.4%, 67.7%, 66.5%, 65.6%, respectively, and 112 days, 65.4%, 64.4%, 62.7%, 65.3%, 65.9%, respectively, which were similar ($p > 0.05$). Thus, we obtained a greater ruminal degradation of hay for 56 days. In experiment III the hay were evaluated by the technique of in vitro gas production. The statistical design adopted was randomized blocks with split-plot, and the three cut (56, 84 and 112 days) the plots, the ruminal inoculum blocks, and the reading times of gas production sub -plots. The highest yields of gases accumulated hay were obtained by the plant with 56 and 84 days, 183.9 and 177.1 mL / g DM. The age of 56 days had a higher total gas

production. The results of these experiments indicate that the hay obtained with *Brachiaria decumbens* has 56 days to the nutritional value than those obtained with this plant at 84 and 112 days.

Keywords: indirect calorimetry, *in situ*, net energy, methane, gas production, *Urochloa decumbens*

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

As transformações que vem ocorrendo na economia mundial tem forçado os produtores agropecuários a buscarem cada vez mais a melhoria da eficiência econômica de suas atividades. Como os produtores tem pouco poder para influenciar o preço de venda de seus produtos, a maior eficiência pode ser alcançada pela redução dos custos de produção.

Historicamente, as atividades de produção de ruminantes mais eficientes economicamente são aquelas baseadas em sistemas de alimentação à pasto, principalmente nas áreas tropicais. Neste ponto, o Brasil se destaca por possuir o maior rebanho comercial do mundo e pelo fato de que boa parte dos sistemas de produção de ruminantes são baseados em pastagens. A utilização de pastagens para a alimentação de ruminantes nas áreas tropicais do globo se faz vantajosa, porque as gramíneas tropicais, com rota de fixação de carbono C4, apresentam grande eficiência fotossintética, tendo grande capacidade de produção de massa seca suportando altas cargas animais por unidade de área.

Na região centro sul do Brasil os sistemas de produção à pasto enfrentam o problema da sazonalidade da produção de matéria seca, pois durante o verão as elevadas temperaturas e a alta umidade no solo fazem com que as gramíneas cresçam, de forma intensa, concentrando nesta época mais de 80% da sua produção, e no inverno as baixas temperaturas e umidade fazem com que o crescimento das forrageiras seja praticamente estagnado.

A baixa produtividade das forrageiras na época do inverno coincide com o período em que as plantas apresentam menor valor nutricional. Desta forma, os sistemas de produção de animais à pasto apresentam, ao longo do ano, duas fases de produção distintas, no verão na grande oferta de alimento, são atendidos os requisitos nutricionais para produção. Por outro lado, durante o inverno há escassez e queda na qualidade nutricional das forrageiras e portanto baixo desempenho.

Com a crescente necessidade de aumento da eficiência nestes sistemas de produção são necessárias estratégias para que os animais tenham condições de manter sua produção durante todo o ano. Desta forma, os produtores se vêem obrigados a buscarem alternativas para o suprimento das necessidades nutricionais.

Uma alternativa é a fenação de gramíneas tropicais. Porém, para que esta atividade se faça viável economicamente, o produtor deve colher a forrageira no momento em que esta ainda apresenta razoável qualidade nutricional. Para viabilizar o feno como alternativa, torna-se necessário conhecer o valor nutricional das forrageiras ao longo do seu ciclo produtivo, e também determinar o momento adequado para a colheita e fenação.

Para a determinação do valor nutricional dos alimentos para os ruminantes, os ensaios *in vivo*, envolvendo o consumo e a digestibilidade dos alimentos e a produção dos animais, são os melhores métodos. Porém estes são experimentos caros que requerem muitos animais e uma grande quantidade de alimentos, fator que se apresenta como dificuldade para a execução destes testes.

As metodologias *in vitro* e *in situ* apresentam a vantagem de requererem uma menor quantidade dos alimentos, além de requererem menos animais.

Desta forma objetivou-se avaliar o valor nutricional do feno de *Brachiaria decumbens* em três idades de corte por meio de ensaios de calorimetria indireta utilizando carneiros, técnicas de incubação *in situ* e técnica *in vitro* de produção de gases.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. VALOR NUTRITIVO DO FENO DE *Brachiaria decumbens*

2.1.1. FENAÇÃO DE GRAMÍNEAS TROPICAIS

Feno é o alimento volumoso preparado mediante o corte e a desidratação de plantas forrageiras, em geral no campo, utilizando-se a energia do sol e do vento para esta secagem (Costa e Resende, 2006). O grande desafio da confecção do feno é o seu preparo de modo a poder ser armazenado por longos períodos, com a manutenção do seu valor nutritivo. O que é conseguido por rápida desidratação (Reis, Moreira e Pedreira, 2001).

Para a produção de feno de qualidade Vilela (1977) afirmou que são necessárias duas condições: a forragem a ser cortada deve ser de boa qualidade nutricional e a secagem deve ser feita com um mínimo de perda de nutrientes. Otsuk *et al.* (2010) informaram que a fenação é a forma de conservação de alimentos volumosos predominante nas áreas do mundo onde prevalecem boas condições de secagem. Porém fenação é uma prática de difícil execução em regiões que apresentem elevada umidade.

A fenação pode ocupar papel importante no manejo das pastagens tropicais, permitindo o aproveitamento dos excedentes de forragem ocorridas em período de crescimento acelerado das forrageiras (Costa e Resende, 2006; Otsuk *et al.*, 2010), no período de verão na região centro sul do Brasil. Isso porque permite o aproveitamento do excesso de forragem produzida durante o período chuvoso, que muitas vezes acaba perdendo seu valor nutritivo pelo avanço da maturidade da forrageira (Gobbi *et al.*, 2005). Neste sentido Camurça *et al.* (2002) afirmaram que o processo de fenação facilita o manejo adequado das pastagens, permitindo o melhor aproveitamento dos excedentes de forragem, e o suprimento de volumoso para animais durante o período de escassez de forragens. Soares Filho, Monteiro e Corsi (1992) informaram que a produção de fenos a partir de forrageiras usualmente utilizadas nas propriedades, além de não demandar a

formação de uma nova área permite a adequação do manejo das forrageiras ao seu desenvolvimento fisiológico e maturação.

Para a boa preservação dos fenos a umidade final deve ser menor que 20% (Gonçalves e Borges, 2006; Costa e Resende, 2006). O que requer uma intensa perda de água da forrageira, pois como salientou Vilela (1977) a planta forrageira com boa composição química possui entre 75 e 80% de umidade. Neste sentido Pizarro (1980), afirmou que em fenos armazenados com teor de umidade acima de 25%, as mudanças químicas, bioquímicas e microbiológicas, são consideráveis, afetando a qualidade do material. Nesta condição o feno sofre processos fermentativos que vão causar a perda de carboidratos solúveis, de nitrogênio, de carotenóides, e ainda tem sua temperatura aumentada o que permite a formação de produtos da reação de Maillard (Reis, Moreira e Pedreira, 2001), aumentando os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) podendo até levar o material a combustão espontânea.

De uma forma geral é possível produzir fenos com qualquer planta forrageira, porém existem características que fazem com que algumas plantas se apresentem mais aptas para a produção de fenos. Dentre as características desejáveis estão o elevado rendimento forrageiro com boa qualidade nutricional, a presença de colmos finos e a alta proporção de folhas. Outra característica interessante da forrageira é a tolerância à cortes frequentes (Costa e Resende, 2006).

Quando da confecção de fenos as perdas de valor nutricional se iniciam imediatamente após o corte das plantas, pela respiração e oxidação, e se prolongam até a correta desidratação do material.

Segundo Muck e Shinnars (2001) podem ser enumerados as seguintes perdas na confecção dos fenos: perdas no corte devido à altura do resíduo, pôr respiração e fermentação decorrentes do prolongamento do período de secagem, pôr lixiviação levando a um decréscimo de compostos solúveis, de folhas em decorrência do manuseio excessivo da forragem, notadamente na fase final de secagem, e pôr deficiência no recolhimento da forragem.

Reis, Moreira e Pedreira (2001) dividem a secagem da forrageira em três fases, a primeira ocorre quando a planta perde água pelos estômatos ainda abertos, esta desidratação ocorre de forma mais rápida, mas ao seu final a planta ainda possui uma grande umidade, de 65 a 70%, sendo que nesta primeira fase a planta perde de 20 a 30% do total de água. Um ponto importante é que nesta fase de secagem ocorre mesmo com a umidade relativa do ar apresentando-se elevada. Na segunda fase, após o fechamento dos estômatos, a perda de água ocorre via evaporação cuticular, deste modo a resistência cuticular da folha é o principal determinante da perda de água. A terceira fase acontece quando a planta atinge cerca de 45% de umidade, a perda de água ocorre por perda da permeabilidade seletiva da membrana celular, ocorrendo rápida perda de água nesta fase. Na segunda e, principalmente na, terceira fase as condições ambientais são muito importantes, pois a umidade relativa do ar acima de 80% não permite a perda de água da planta para o meio, inviabilizando a produção do feno (Gonçalves e Borges, 2006).

Embora o metabolismo da planta reduza com a desidratação a forragem durante a fenação continua a perder valor nutritivo, principalmente das suas frações solúveis, por ataque de suas próprias enzimas, que só cessa quando a umidade do material está abaixo de 30 a 25%. Outra fonte de perdas se refere ao ataque microbiano, que até esta umidade se faz considerável. Porém a perda mais intensa de nutrientes em forragens durante a fenação ocorre quando estas são expostas a chuvas, ocorrendo o reumedecimento do material e a lixiviação dos compostos mais solúveis das plantas, que são também os mais digestíveis. Outro grande problema da exposição do feno à chuva é a necessidade de maior tempo de secagem, o que aumenta o revolvimento do material e as perdas de folhas durante este processo (Reis, Moreira e Pedreira, 2001).

2.1.2. O CAPIM *Brachiaria decumbens*

Pertencentes à família *Poaceae* (Catasús, 1997) o gênero *Brachiaria* é atualmente conhecido taxonomicamente como *Urochloa*. Devido a tal mudança, a espécie denominada *B. decumbens* é agora também conhecida por *Urochloa decumbens*.

Entretanto, a nomenclatura *B. decumbens* foi utilizada neste trabalho por ser a mais conhecida e continuar sendo usada pelos pesquisadores da área.

A *B. decumbens* é originária do leste tropical da África, sendo encontrada a 800 m de altitude, em áreas de verão chuvoso e com estação seca não superior a 5 meses. No Brasil tem-se tornado importante forrageira para as regiões de solos como os do cerrado (Seiffert, 1980).

A *Brachiaria decumbens* foi introduzida no Brasil em 1952 (Serrão e Simão Neto, 1971) através da importação de germoplasma diretamente da África. Este material foi levado ao instituto IPEAN de Belém do Pará (Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária Norte), sendo reproduzida em suas dependências, por isso esta variedade ficou conhecida como *B. decumbens* var. IPEAN.

Já a *B. decumbens* var. Basilisk foi introduzida no Brasil em 1972 (Driemeir, *et al.*, 1999), pela importação de sementes de plantas oriundas da África mas que tinham passado por um processo de seleção na Austrália. A grande vantagem da var. Basilisk sobre a var. IPEAN é sua propagação mais fácil através de sementes, uma vez que a principal forma de propagação da var. IPEAN era por meio de mudas (Hutton, 1975; Nazário *et al.*, 1977), o que encarecia sobremaneira o processo de formação de pastagens com esta gramínea. Hoje a variedade predominante nas pastagens é a Basilisk.

Atualmente as pastagens brasileiras são formadas predominantemente por forrageiras do gênero *Brachiaria*. Hodgson e Silva (2002) informaram que quatro plantas deste gênero, *B. brizantha*, *B. ruziziensis*, *B. decumbens* e *B. humidicola* são responsáveis por cerca de 80% de toda a área de pastagens cultivadas em nosso meio.

Entre as razões que explicam a grande disseminação da *B. decumbens* estão a facilidade na aquisição de sementes de boa qualidade, e a boa tolerância a solos de baixa fertilidade, onde consegue atingir boas produções.

O rápido estabelecimento, a alta competição com plantas invasoras e a boa eficiência na proteção do solo contra a erosão (Cavalcanti Filho, *et al.*, 2008; Fagliari, Passipieri e

Oliveira, 1983; Valério e Koller, 1993; Zimmer, Euclides e Macedo, 1988) também são características que fazem com que esta planta tenha um bom potencial forrageiro. Sendo que Alcântara, Abramides e Alcântara (1980) a classificaram como de alta aceitabilidade para os bovinos.

Coser *et al.* (1993) afirmaram que sua agressividade em colonizar novas áreas e tomar totalmente o solo pode ser devido a sua grande produção de sementes e a sua eficiente utilização de N. Devido a sua agressividade em fechar os terrenos, Spain (1978) informou que é pouco provável que a grande maioria das leguminosas possa competir com a *B. decumbens*. Zimmer, Euclides e Macedo (1988) relatando diversos experimentos que tentaram a consorciação da *B. decumbens* com leguminosas detectaram que a maioria dos consórcios não foi viável ao longo do tempo.

Segundo Zimmer, Euclides e Macedo, (1988) a *B. decumbens* possui um elevado número de gemas de rebrota próximas do solo, devido ao seu habito estolonífero, que assegura a maior capacidade de rebrota da planta tanto sob cortes quanto sob pastejo intenso, fazendo com que apresente bom potencial para ser manejada para a confecção de fenos.

2.1.3. VALOR NUTRITIVO DA *Brachiaria decumbens*

Zimmer, Euclides e Macedo (1988) afirmaram que a maior variação na qualidade nutricional das plantas forrageiras ocorre em função da idade da rebrota. Neste sentido Gomes Júnior *et al.* (2001) informaram que quando a *B. decumbens* atinge a maturidade ela sofre redução nos teores de carboidratos solúveis e aumento da fração não-degradável da parede celular, e queda do teor de PB (Zimmer Euclides e Macedo, 1988), além de aumento dos teores de proteína ligados à fibra (NIDN, NIDA), levando a redução da digestibilidade das diversas frações das plantas.

De acordo com Serrão e Simal Neto (1971) devido ao fato de *B. decumbens* emitir brotações continuamente, seu valor nutritivo não parece sofrer alterações marcantes com o estágio de crescimento. Porém, Zimmer, Euclides e Macedo (1988) afirmaram

que cortes mais frequentes, ou seja, com a rebrota mais jovem tendem a ser menos produtivos, mas de melhor qualidade nutricional.

Em geral os trabalhos de avaliação indicam que esta forrageira apresenta baixo valor nutricional. Porém a queda do valor nutricional com a maturidade da planta não se mostra tão intensa como em outras forrageiras.

2.1.4 VALOR NUTRICIONAL DO FENO DE *Brachiaria decumbens*

A produção de forragem pela *B. decumbens* não é uniforme ao longo do ano. No Brasil Central, a produção de forragem é dividida em duas estações de crescimento, o período das águas com um crescimento intenso da forrageira e o período da seca com uma pequena produção de massa. Segundo Pizarro *et al.* (1996), as gramíneas do gênero *Brachiaria* acumulam de 77 a 90% da produção total de matéria seca durante o período das águas, conseqüentemente, pastos com essas forrageiras comportam elevadas taxas de lotação nesse período, sendo esta reduzida drasticamente durante o período seco (Euclides *et al.*, 2001). Deste modo os pecuaristas necessitam fornecer aos animais um suplemento volumoso na época da seca.

A despeito do relativo baixo valor nutritivo e da fisiologia da planta, Zimmer, Euclides e Macedo, (1988) afirmaram que há possibilidade de se utilizar plantas do gênero *Brachiaria* para o processo de fenação. A *B. decumbens* seria uma planta bem indicada para esta finalidade, pois possui um bom crescimento estolonífero, com muitas gemas próximas ao chão, o que lhe dá uma boa capacidade de rebrota, além de alcançar grandes produções e responder muito bem à adubação e a irrigação, no período de verão.

O intervalo de cortes afeta a qualidade nutricional dos fenos além de afetar também o potencial de rebrota e a persistência das espécies forrageiras. Geralmente, longos intervalos entre cortes têm a desvantagem da redução do valor nutritivo das forragens (Costa *et al.*, 2007). Por outro lado, cortes muito frequentes reduzem o total de forragem produzida, diminuem as reservas afetando o potencial de rebrota das plantas. Por isso há

a necessidade de determinação do momento ideal para o corte da planta para a produção de fenos.

Colheitas de forrageiras mais maduras implicam na obtenção de um alimento com baixa proporção de carboidratos solúveis e de baixa digestibilidade, devido ao decréscimo da relação folha/haste, que parece ser o principal fator de perda de qualidade da forragem com a maturação (Corsi, 1990). Para Euclides *et al.* (2000) à medida que a planta forrageira amadurece a proporção dos componentes potencialmente digestíveis (carboidratos solúveis e proteínas) tende a decrescer.

Na literatura a maioria dos trabalhos com feno de *Brachiaria decumbens* utiliza este material como parâmetro de um alimento de baixa qualidade nutricional, como nos trabalhos de Tibo *et al.* (2000), Silveira (2001) e Teixeira (2001), que estudaram a inclusão de alimentos concentrados energéticos, sementes de girassol e caroço de algodão, sobre uma dieta base, de baixa qualidade, o feno de *B. decumbens*. Deste modo, o feno trabalhado por estes autores apresentava, teores de PB de 2,1, 4,9 e 4,0% e teores de FND de 81,8, 80,6 e 71,3%, respectivamente.

Já nos trabalhos de Gobbi *et al.* (2005), Schmidt *et al.* (2003) e Reis *et al.* (1993) os fenos desta planta foram utilizados para testar a viabilidade de se utilizar a amonização de alimentos de baixa qualidade para melhorar o valor nutricional destes. Nestes trabalhos os autores obtiveram teores de PB de 5,4, 3,9 e 4,0%, e teores de FDN de 87,7, 82,2 e 80,6%, respectivamente. Já no trabalho de Rosa, Rocha e Silva (1983) avaliando o feno desta planta obtido em três idades, 60, 90 e 120 dias, foi encontrado, respectivamente, 8,9, 7,7 e 6,6% de PB.

Andrade *et al.* (1994) trabalharam com o feno desta planta nas idades de 42, 90 e 135 dias. Estes autores relataram 8,3% de PB, 2,3% de extrato etéreo (EE) e 9,9% de matéria mineral (MM) aos 42 dias; 7,8% de PB, 2,5% de EE e 10,1% de MM aos 56 dias; 5,4% de PB, 2,1% de EE e 8,4% de MM aos 84 dias.

Além dos baixos valores de PB, Gobbi *et al.* (2005) trabalhando com o feno de *B. decumbens* após florescimento obtiveram 42% do nitrogênio insolúvel em detergente

neutro e 21% do nitrogênio insolúvel em detergente ácido. O que indica que este material além de baixo teor de nitrogênio apresenta baixa disponibilidade deste para a fermentação ruminal.

Ramirez (2010) trabalhando com o feno em três idades encontrou a seguinte composição química 86,1% de MS, 6,8% de PB, 68,1% de NIDIN, 25,8% de NIDA, 84,8% de FDN, 45,5% de FDA, 40,2% de hemiceluloses (HEM), 28,0% de celulose (CEL), 7,3% de Lignina (LIG), 1,5% de Extrato Etéreo (EE) e 6,9% de cinzas, para o feno da *Brachiaria decumbens* aos 56 dias. Para o feno desta planta aos 84 dias 86,8% de MS, 5,1% de PB, 54,7% de NIDIN, 27,8% de NIDA, 85,2% de FDN, 51,7% de FDA, 34,9% de HEM, 29,3% de CEL, 8,4% de LIG, 1,4% de EE e 6,4% de cinzas. A composição do feno da plantas aos 112 dias foi de 87,7% de MS, 4,4% de PB, 40,2% de NIDIN, 26,5% de NIDA, 86,9% de FDN, 52,8% de FDA, 34,3% de HEM, 32,9% de CEL, 7,1% de LIG, 2,0% de EE e 6,6% de cinzas.

2.2. A CALORIMETRIA INDIRETA PARA A AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS PARA RUMINANTES

A determinação da energia dos alimentos é fundamental para a planificação de um sistema de alimentação que maximize a produção animal e os resultados econômicos dos sistemas de produção. A partir dos conhecimentos da energia dos alimentos é possível desenvolver os sistemas de predição das exigências dos animais, sistemas estes que permitem o incremento das respostas produtivas (Resende, 2006).

A medida da exigência energética dos animais em termos de Energia Líquida (EL) é preferível ao sistema tradicionalmente adotado no Brasil de Nutrientes digestíveis Totais (NDT). Pois a EL é a energia que será usada para a manutenção e o crescimento e/ou a produção do animal (Lawrence e Fowler, 1997). Deste modo, ao se estabelecer a exigência dos ruminantes em EL se sabe o quanto de energia este animal terá que consumir para alcançar determinada produção e/ou crescimento. Para os alimentos este método de determinação da energia predirá o quanto de energia do alimento está efetivamente disponível para a manutenção e produção.

Nos últimos anos um grande número de trabalhos vem determinando as exigências de EL dos ruminantes para a manutenção e produção. Porém, ainda são escassos os trabalhos que avaliam os teores de energia líquida dos alimentos. Deste modo, há uma maior acurácia na determinação das exigências dos animais, porém a formulação das dietas seguem calculadas a partir de valores de NDT. O que pode reduzir a adequação do plano alimentar dos animais.

Dentro dos sistemas de avaliação da energia dos alimentos a determinação da energia bruta (EB) dos alimentos, das fezes e da urina dos animais em bombas calorimétricas é simples. Desta forma, pode-se conhecer os valores de energia aparentemente digestível dos alimentos (ED) (EB dos alimentos – EB dos fezes) (Coelho da Silva e Leão, 1979). Já para o cálculo da energia metabolizável há a necessidade de se conhecer a energia perdida na urina, também em bomba calorimétrica, e a energia perdida na forma de metano. Já para a determinação da Energia Líquida (EL) deve-se saber qual é o incremento calórico, produção de calor devido a ingestão do alimento. A calorimetria indireta, pela utilização da técnica de respirometria, apresenta-se como um método eficiente de determinação da energia líquida dos alimentos, requerendo a mensuração da produção de metano e da produção de calor do animal, que é feita por meio da mensuração dos volumes de O₂ consumido e CO₂ produzido (Kleiber, 1972).

2.2.1. CALORIMETRIA INDIRETA EM ANIMAIS

A calorimetria é útil para avaliar as transformações energéticas dos alimentos, pois segundo a Lei de Conservação da Energia, de Mayer, todas as formas de energia, química, elétrica, radiante e o trabalho podem ser transformados em calor (Kleiber, 1972), sendo que este calor produzido pode ser mensurado pela calorimetria.

A unidade para a medida de calor é a caloria. Uma caloria é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5 a 15,5°C. Outra medida utilizada usualmente para a mensuração da produção de calor é a de Joules, esta é uma medida da liberação de energia relacionada a realização de trabalho, de modo que 4,1868 Joules possuem energia equivalente a 1 Caloria.

Historicamente, a caloria tem sido usada para descrever a capacidade de rendimento de energia do alimento pela combustão completa (Lawrence e Fowler, 1997), até CO_2 e H_2O .

A aplicação das técnicas de calorimetria para a mensuração do metabolismo animal é possível por que o equilíbrio termodinâmico é aplicado para o metabolismo dos organismos vivos. Como, a energia não pode ser criada ou destruída, podendo somente ser trocada entre o organismo e o ambiente (Marchini *et al.*, 2005), esta troca de energia, na forma de calor, é mensurada pela calorimetria.

O criador da idéia de que a vida é um processo de combustão é Lavoisier, que reconheceu que os processos vitais envolviam o consumo de um novo elemento que chamou 'oxigênio' (Prentice, 1995), que combinado com as substâncias combustíveis liberava calor. Uma de suas contribuições mais importantes foi a determinação de que tanto as plantas como os animais consomem oxigênio e o combinam com a matéria orgânica desprendendo H_2O e CO_2 (Kleiber, 1972). Kleiber (1972) afirmou que a quantidade de calor produzida por unidade de O_2 consumida é quase a mesma no metabolismo animal e na combustão por uma chama. Isso se deve ao fato de que a produção total de energia por um substrato é independente das fases do sistema pela qual ela foi obtida.

Para provar que a oxidação era a fonte de calor em animais, Lavoisier construiu, juntamente com Laplace, o primeiro calorímetro direto para animais e desenvolveu também o princípio da calorimetria indireta ao medir a quantidade de gás carbônico produzida e O_2 consumido pelo animal durante o mesmo período da calorimetria direta (Taylor *et al.*, 1956). Nesse experimento, Lavoisier conseguiu evidenciar que a quantidade de calor produzida pelo animal era praticamente igual ao calor calculado a partir do gás carbônico produzido e o O_2 consumido pela respiração. Com isto, ficou comprovada a hipótese de que o carbono contido no organismo combinava-se com o oxigênio para produzir calor.

A avaliação da energia dos alimentos por meio da calorimetria é importante porque está não é uma porção física do alimento, da qual pode-se fazer uma análise para determinação química para a verificação da quantidade disponível no alimento. A energia é um atributo do alimento relacionado ao seu potencial de geração de trabalho e produção de calor.

Os carboidratos, proteínas e lipídeos dos alimentos atuam como combustíveis para os processos vitais, cada um desses nutrientes possui um potencial de produção de energia pela combustão (Resende *et al.*, 2006). O fato de que a quantidade de calor produzida em um processo químico é independente das fases intermediárias de um sistema (Kleiber, 1972) permite que a calorimetria seja usada sem maiores restrições para a avaliação do teor energético dos alimentos para ruminantes, uma vez que para estes animais os alimentos sofrem transformações pela microbiota ruminal antes de serem absorvidos e metabolizados pelos tecidos.

Deste modo, o calor produzido pelos animais pode ser mensurado diretamente por métodos físicos (calometria direta) ou pode ser inferido das mensurações quantitativas de alguns subprodutos do metabolismo animal (calorimetria indireta). A calorimetria indireta mede a produção de calor de um animal e a calorimetria direta mede a perda de calor pelo animal (Kleiber, 1972).

Introduzida no início do século passado na experimentação animal, a calorimetria indireta teve papel fundamental na investigação do metabolismo dos seres vivos (Durnin, 1991; Webb, 1991). Resende *et al.* (2006) afirmaram que a maioria dos trabalhos com métodos calorimétricos utilizados a partir da segunda metade do século XX utilizaram esta técnica. A calorimetria indireta baseia-se no conhecimento da combustão do substrato energético ingerido (Brito *et al.*, 2010), levando-se em conta que os diferentes tipos de nutrientes tem quantidades específicas de consumo de O₂ e produção de CO₂ (Marchini *et al.*, 2005), sendo um método indireto onde a produção e o consumo destes gases é associado à oxidação de substratos energéticos.

Neste sistema a mensuração da produção de calor (PC) é calculada pela estequiometria dos substratos oxidados (Rodriguez *et al.*, 2007). Pela utilização do volume de ar expirado, da porcentagem de O₂ consumido, das porcentagens de CO₂ e CH₄ produzidos e da quantidade de N eliminado na urina (Marchini *et al.*, 2005), se conhece a produção de calor pelos animais.

Os aparelhos de calorimetria indireta medem o volume de O₂ consumido pelos animais (VO₂) e os volumes de CO₂ (VCO₂) e CH₄ produzidos por estes, analisando o ar inspirado e expirado pelo indivíduo num determinado período de tempo. De acordo com o princípio de funcionamento, os calorímetros são classificados em equipamentos de circuito fechado e equipamentos de circuito aberto (Houssay *et al.*, 1969; Wilmore, 1976).

Para o cálculo da energia líquida dos alimentos para os ruminantes tem-se que levar em consideração a energia contida na urina, a produção de CO₂, e a produção de calor durante a fermentação ruminal, mensurada pela produção de metano e CO₂ (Machado, 2010). A importância de se conhecer a perda de calor na urina está no fato de que os ruminantes eliminam o nitrogênio na urina na forma de uréia, sendo que estas moléculas contêm energia. Este cálculo permite o conhecimento do fornecimento calórico dos nutrientes e a participação deles no processo de obtenção de energia pelo animal (Ferrannini, 1988).

2.2.1.1. PRINCÍPIOS DE CALORIMETRIA INDIRETA

A calorimetria indireta mede a produção de calor a partir das trocas gasosas do organismo com o meio ambiente. A denominação indireta indica que a produção de calor é calculada a partir dos equivalentes calóricos do oxigênio consumido e do gás carbônico e metano produzidos (Diener, 1997), diferentemente da calorimetria direta que mede a transferência de calor do organismo para o meio ambiente.

A calorimetria indireta é um método prático para identificar a natureza e a quantidade dos substratos energéticos que estão sendo metabolizados pelo organismo de animais monogástricos (Diener, 1997). Pois a relação entre o VCO₂ e o VO₂ é referida como

Quociente Respiratório (CR), que pode ser empregado para conhecer o tipo de substrato que está sendo oxidado pelo indivíduo em estudo (Diener, 1997). O catabolismo dos diferentes substratos energéticos tem diferentes CR (Kleiber, 1972), 1,0 para carboidratos, pois para a metabolização de uma molécula de glicose são gastas 6 moléculas de O₂ e são produzidas 6 moléculas de CO₂; 0,7 para gorduras, uma vez que a metabolização de uma molécula de ácido palmítico consome 23 moléculas de O₂ com a produção de 16 moléculas de CO₂; já para as proteínas o CR é em média de 0,8 (Kleiber, 1972).

Desta forma, a formula proposta por Brower (1965) para a produção de calor dos ruminantes é a seguinte:

$$\text{PC (KJ)} = 16,18 \text{ VO}_2 + 5,02 \text{ VCO}_2 - 2,17 \text{ VCH}_4 - 5,99 \text{ Nu}$$

Onde,

“VO₂” é o volume de O₂ consumido pelo animal;

“VCO₂” é o volume de CO₂ produzido pelo animal;

“VCH₄” é o volume de CH₄ produzido pelo animal;

“Nu” é a quantidade de nitrogênio, em gramas, excretado na urina dos animais

As trocas gasosas são medidas por meio de sensores instalados nas câmaras respirométricas que fazem a leitura periódica dos gases que entram e que saem da câmara. Assim, pela diferença de concentrações pode-se saber as quantidades de gases consumidos pelo animal em experimento.

2.2.2 A ENERGIA DOS ALIMENTOS

A energia é o fator de maior limitação na nutrição animal (NRC, 1985), e o entendimento da necessidade de energia ao longo das fases de criação dos animais, como por exemplo, a lactação (Macedo Junior *et al.*, 2011) e o crescimento, acelerado ou não, são importantes para potencialização da produção pelos animais.

2.2.2.1 ENERGIA BRUTA

O desenvolvimento da bomba calorimétrica adiabática por Berthelot (1827-1907) permitiu a determinação precisa da quantidade total de energia contida em diferentes amostras, como alimentos, fezes e urina (Machado, 2010). Deste modo, o conteúdo de energia total, medido pela combustão nesta bomba calorimétrica (Kleiber, 1972), é conhecido como energia bruta. A Energia Bruta (EB) ou calor de combustão é a mensuração da energia química presente nas amostras, obtida por meio de combustão completa a CO_2 e H_2O (NRC, 2000).

Nas bombas calorimétricas as amostras são queimadas em uma atmosfera de oxigênio puro até CO_2 e H_2O , esta queima provoca a liberação de energia na forma de calor. O calor assim desprendido é medido pela mudança de temperatura da água no cilindro adiabático que envolve a câmara de combustão, sendo esta a medida do conteúdo bruto de energia (calorias) da amostra.

Segundo Weiss (1993) a energia bruta guarda pouca relação com o que está disponível para o animal. Isso porque boa parte da energia é perdida no processo de digestão e metabolização.

2.2.2.2. ENERGIA DIGESTÍVEL

Os alimentos de maior digestibilidade podem ser considerados de maior valor nutritivo, pois os animais conseguem aproveitar uma parte maior de seus nutrientes. As medidas de digestibilidade têm contribuído significativamente para o desenvolvimento de sistemas para descrever o valor nutritivo dos alimentos (Van Soest, 1994). A limitação na digestibilidade dos alimentos é a primeira fonte de perda de energia, equivalendo à fração da energia não digerida que se perde nas fezes (energia bruta das fezes).

A EB contida nas fezes ao ser subtraída da EB ingerida origina a energia aparentemente digestível (ED). Esta energia é aparentemente digestível por que os animais produzem secreções e perdem células ao longo do seu trato digestivo, fazendo com que a energia contida nas fezes tenha também origem endócrina, não sendo originada apenas do alimento não digerido. Como resultado, a ED subestima o valor energético de alimentos

com alta fibra como fenos ou palhadas (NRC, 2000), pois estes aumentam a descamação celular e a secreção de enzimas no trato digestivo nos ruminantes.

A medida da energia digestível na avaliação de alimentos é importante por representar a maior fonte de perda individual de energia do alimento e apresenta grande variação entre os alimentos (NRC, 2000; Weiss, 1993). Estes mesmos autores afirmam que o cálculo da energia digestível é base para o cálculo do valor de NDT dos alimentos.

2.2.2.3. ENERGIA METABOLIZÁVEL

Um dos grandes problemas de se trabalhar com a energia digestível é que nem toda a energia absorvida aparentemente é útil para o animal seja para sua manutenção, ganho de peso ou produção. Se a primeira grande fonte de perda de energia são as fezes, material não digestível e secreções endógenas, outra importante fonte de perda de energia ocorre no metabolismo da energia absorvida (digestível). Esta perda de energia é devido à perda de energia na urina e gases de fermentação, principalmente metano e ao trabalho relacionado a absorção dos nutrientes.

A perda de energia através da urina se dá pela excreção do nitrogênio na forma de ureia. No catabolismo da proteína a oxidação é incompleta (Kleiber, 1972), pois a degradação da proteína promove a excreção do nitrogênio na urina, na forma de uréia, o que requer a utilização de energia. Diferentemente dos carboidratos e dos lipídios que são oxidados completamente, até CO_2 e H_2O .

Para ser formada uma molécula de uréia o organismo gasta dois ATP's, o que por si só se configura como um gasto energético. Sendo que a outra fonte de perda de energia é a própria molécula de uréia, que contém energia.

A perda de energia na forma de gases da fermentação, metano principalmente (Chawlibog, 2004), é importante para ruminantes, em decorrência da degradação ruminal da fibra (Lawrence e Fowler, 1997). Quando essas perdas de energia são subtraídas da energia digestível aparente, o saldo é chamado de energia metabolizável (EM), de modo que: $\text{EM} = \text{ED} - \text{energia da urina} - \text{energia dos gases (metano)}$.

Energia metabolizável representa a energia efetivamente disponível para que o metabolismo do animal seja capaz de fazer sua manutenção, com a produção de calor, crescimento e produção ou trabalho (Kleiber, 1972), ou seja, a energia que é capaz de ser transformada em outras formas de energia no organismo do ruminante (Machado, 2010).

Formação do metano

Atualmente tem-se discutido muito a importância da produção de metano em ruminantes recebendo dietas ricas em fibra. A produção de metano é discutida sob dois aspectos, a perda de energia e os impactos ambientais, pois o metano é um gás que possui capacidade de agravar o processo de superaquecimento da terra, por ser um gás de efeito estufa.

No contexto mundial a criação de ruminantes toma importância por que o metano entérico liberado pelos ruminantes representa 22% da liberação de metano devido à ação do homem, representando 3,3% do total dos gases do efeito estufa (Cotton e Pielke, 1995).

Sua importância na nutrição está relacionada à habilidade de quantificar todas as perdas de energia pelos ruminantes, pois esta só foi possível após a descoberta do metano nos gases respiratórios (Van Soest, 1994). Deste modo o metano tem efeito direto na eficiência de utilização da energia, uma vez, que sua produção acarreta a perda de energia (Cotton e Pielke, 1995).

No processo de fermentação ruminal o metano é produzido durante a regeneração dos co-fatores reduzidos (NADH, FADH, NADPH) como um receptor dos H^+ , sendo sua formação importante para a continuidade do processo de degradação da matéria orgânica no rumem. A produção deste gás no ambiente ruminal se dá pelas cooperações interespecíficas de bactérias produtoras de H^+ com as *Archaeas* metanogênicas que são capazes de captar o hidrogênio e formar o metano (Hungate, 1988).

2.2.2.4. ENERGIA LÍQUIDA

A energia metabolizável é utilizada tanto para a manutenção dos sistemas vitais do organismo, representando a energia utilizada para manutenção, e a produção. Porém parte da energia metabolizável é perdida na forma de incremento calórico.

Desta forma a energia líquida é aquela utilizada efetivamente para a manutenção e produção animal. Sua determinação é feita por meio da utilização da calorimetria uma vez que há a necessidade de se mensurar a produção de calor gerada a partir do consumo do alimento pelo animal, ou seja, o incremento calórico.

A utilização da calorimetria direta para a determinação da produção de calor pelo animal apresenta sérias dificuldades metodológicas. Deste modo, em experimentos para a mensuração do metabolismo animal a calorimetria indireta se apresenta como um método mais prático.

Durante a digestão dos alimentos há uma elevação no consumo de O_2 pelo animal. Isso é devido à necessidade energética das funções bioquímicas e do trabalho químico das glândulas no metabolismo dos nutrientes absorvidos (Kleiber, 1972). Alguns alimentos fazem com que este consumo se eleve, um exemplo claro disto é que quando se fornece a mesma quantidade de energia metabolizável aos animais na forma de uma forrageira ou na forma de um alimento concentrado, o alimento concentrado é menos eficiente em promover a ruminação que a forrageira por isso a quantidade de energia gasta, e O_2 consumido e CO_2 produzido é maior para o aproveitamento do alimento fibroso, o que reduz a energia líquida contida na energia metabolizável do alimento fibroso.

Desta forma, a EM é sempre superior a EL dos alimentos, pois o processo de comer, digerir e metabolizar o alimento requer energia e esta acaba sendo perdida como calor.

2.2.3. INCREMENTO CALÓRICO

O Incremento Calórico é a perda energética na forma de calor inerente a metabolização dos nutrientes (Bauman *et al.*, 1985). Subtraindo-se o incremento calórico da Energia Metabolizável tem-se a Energia Líquida, que é efetivamente a energia disponível para o animal produzir.

O cálculo do incremento calórico de um dado alimento é feito pela diferença entre a produção de calor de um animal em jejum, taxa metabólica basal, e a produção de calor de um animal alimentado. Desta forma, o incremento calórico de um alimento é a simples diferença entre a produção de calor de um animal alimentado e a produção de calor do mesmo animal em jejum (Kleiber, 1972).

Uma vez que a mínima produção de calor é obtida com o animal em jejum, mantido em um ambiente termoneutro com um mínimo de atividade, essas medições são descritas como metabolismo basal ou metabolismo em jejum (Lawrence e Fowler, 1997). O que permite a estimativa da produção de calor em jejum (PCjejum) que equivale à energia líquida de manutenção (ELm), sendo que os valores acima deste são conhecidos como sendo o incremento calórico daquele alimento/dieta.

Fazem parte do incremento calórico o calor de digestão e absorção, resultado da ação enzimática, e gerado para movimentação da digesta no trato gastrointestinal, bem como para absorção dos nutrientes, e o calor de fermentação, resultado principalmente da ação microbiana no rumem. Logo o incremento calórico de dietas mais fibrosas é maior que o de dietas mais ricas em concentrados. O calor de formação de produto, o qual é produzido nos processos anabólicos a partir dos metabólitos absorvidos, é também uma importante fonte de calor para o incremento calórico, sendo muito influenciado nos ruminantes pelos produtos finais da fermentação microbiana ruminal. Outro componente do incremento calórico seria o calor de excreção, associado à síntese e excreção de produtos finais, como por exemplo, a síntese de uréia a partir da amônia.

Em todos os sistemas de avaliação de alimentos e necessidades energéticas dos ruminantes para manutenção utilizam a produção de calor em jejum como base para estimar a exigência de energia líquida para manutenção (Kleiber, 1972). Deste modo, o que se discute como metabolismo basal dos animais é realmente o catabolismo em jejum. Kleiber (1972) afirmou ainda que a necessidade em jejum é baseada na teoria de que a produção de calor do animal em jejum é uma medida exata de sua necessidade energética para manutenção.

2.2.5. OS RUMINANTES E A TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA

Segundo Russell *et al.* (1992) além das características peculiares das frações nutritivas constituintes, os alimentos consumidos pelos ruminantes são transformados pelos microorganismos ruminais, impedindo a predição do desempenho somente a partir dos componentes dietéticos. Assim a qualidade dos alimentos fornecidos aos animais está relacionada não só à sua composição química, mas também à dimensão do seu aproveitamento (Ribas, 2010).

Os ruminantes tem grande capacidade de aproveitamento de alimentos fibrosos. Esta peculiaridade se deve ao fato de que esses animais possuem uma câmara de fermentação pré-gástrica que permite o aproveitamento dos produtos da degradação microbiana destes alimentos (Hungate, 1988), fazendo com que os nutrientes absorvidos pelos ruminantes sejam o resultado desta transformação.

Todos os fatores que influenciam a fermentação ruminal alteram a energia líquida dos alimentos/dietas. A redução na energia líquida dos alimentos pode ser determinada pela aceleração da taxa de passagem do alimento pelo rumem (Araújo *et al.*, 1998). O fornecimento de alimentos que reduzem o pH ruminal também tem um impacto negativo sobre a digestibilidade da fibra.

A proporção e o tamanho das partículas das fibras nas dietas também influenciam a energia líquida dos alimentos, pois a fibra longa é fundamental para a manutenção das condições ótimas do rúmen, por alterar as proporções de ácidos graxos voláteis, estimular a mastigação e manter o pH em níveis adequados para à atividade microbiana. Desta forma, quando se fala em nutrição de ruminantes o objetivo é adequar a digestão ruminal de proteínas e carboidratos para se obter o máximo desempenho das comunidades microbianas ruminais (Russell *et al.*, 1992; Sniffen *et al.*, 1992; Van Soest e Fox, 1992) e, conseqüentemente, dos animais.

Devido à fermentação microbiana, o valor do quociente respiratório pode diferir entre ruminantes e não ruminantes, pois os ruminantes absorvem pouco CHOS, uma vez que estes são extensivamente transformados em AGVs pela fermentação ruminal, fazendo

com que os AGV's sejam os fornecedores de energia mais importantes que a glicose para o metabolismo energético dos ruminantes (Kleiber, 1972). Já os monogástricos absorvem grandes quantidades de carboidratos.

As peculiaridades da utilização da energia pelos ruminantes são contornadas pela calorimetria indireta pela determinação da EL dos alimentos, pois as perdas ocorridas durante a fermentação ruminal são percebidas pelo sistema como produção de calor. As diferenças na utilização dos AGV's, lactato e proteína para a obtenção de energia, por exemplo, também são mensuradas, onde a ineficiência de utilização da energia é percebida com incremento calórico ou produção de metano.

Neste contexto a metabolizabilidade da energia representa a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta do alimento, $q = (CEM/CEB) \times 100$, ou seja, em qual proporção a EB do alimento pode ser transformada em energia metabolizável pelos animais. Quando o animal está consumindo em nível de manutenção a metabolizabilidade é referida como q_m , pois diferentes níveis produtivos podem alterar o metabolismo da energia pelos animais.

Já a eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (k_m) é estimada como a razão entre a energia líquida do alimento sobre a energia metabolizável do mesmo, e mostra em qual proporção a energia metabolizável foi transformada em energia líquida (Van Soest, 1994). Esta medida mostra qual a proporção da EM foi perdida na forma de incremento calórico, não se transformando em EL.

2.3. A AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS POR MEIO DA TÉCNICA DE INCUBAÇÃO *IN SITU*

O método de avaliação do valor nutricional dos alimentos através da incubação *in situ*, no rúmen, apresenta a vantagem de ser a melhor forma de simular o ambiente ruminal, dentro de um sistema de alimentação, uma vez que os alimentos são expostos a temperaturas, pH, tampões e enzimas semelhantes à realidade (Nocek, 1988). Porém este método não expõe os alimentos a todas as condições as quais os alimentos estão

sujeitos quando ingeridos pelos animais como a mastigação, a ruminação e a passagem para outros compartimentos.

Para a avaliação dos alimentos o método *in situ* mensura a degradação destes dentro do rumem. Para isso, uma pequena fração do alimento é colocada em uma sacola de material não degradável porosa que é suspensa no rumem, essa suspensão dos alimentos dentro do rumem permite o íntimo contato desses com o ambiente ruminal (Ørskov *et al.*, 1980), simulando a fermentação a qual o alimento estaria sujeito se consumido pelos animais.

Deste modo, o uso da técnica *in situ* advém da habilidade em expor os alimentos às condições digestivas do rumem, na tentativa de simular os processos digestivos que ocorrem *in vivo* e estimar as taxas de digestão em vários tempos (Nogueira, 2004). Huntington e Givens (1995) afirmaram ainda que são citados altos coeficientes de correlação entre a técnica *in situ* e *in vivo* para a avaliação de alimentos para ruminantes.

Este método não apresenta o inconveniente da contaminação da amostra indegradada com secreções ou descamações oriundas do próprio animal, o que é um grande problema do método *in vivo* de digestibilidade aparente da proteína bruta, que a subestima devido à participação do nitrogênio endógeno no total de nitrogênio presente nas fezes dos animais.

Devido a estes fatores a técnica de incubação *in situ* foi adotada pelo AFRC (1992) como um método padrão de caracterização da degradabilidade ruminal do nitrogênio. Porém esta técnica permite ainda a descrição das características de degradação da MS e das frações da fibra dos diversos alimentos (Navaratree, Ibrahim e Shiere, 1990).

As estimativas da degradação das frações nitrogenadas podem ser obtidas por intermédio de técnica *in vivo*, *in situ* ou *in vitro*. As técnicas *in vivo* são, aparentemente as mais desejáveis. Entretanto, os resultados encontrados não tem sido satisfatórios, devido à inacurácia na determinação do fluxo da digesta e na distinção entre o N do

alimento, N microbiano e N de origem endógena, além da necessidade de manter animais canulados em diferentes segmentos do trato gastrointestinal (Broderick, 1995).

Quando se avalia a degradação *in situ* da PB deve-se atentar para o fato de que os resíduos de microorganismos aderidos na amostra incubada afetam o valor de degradabilidade do nitrogênio, principalmente das frações lentamente degradáveis. Sendo que esta contaminação é muito afetada pela lavagem dos sacos. Deste modo o procedimento de lavagem dos sacos após a retirada do rumem é utilizado para eliminar resíduos de material proveniente do rumem, sustar a atividade microbiana pela presença do oxigênio na água, e remover o fluido ruminal dos sacos (Wilkerson, Klopfenstein e Stroup, 1995). Sendo esta de fundamental importância para a obtenção de resultados corretos quanto a degradação da proteína bruta do alimento.

Mesmo com corretos procedimentos de lavagem dos sacos após a incubação ruminal os resíduos de forrageiras apresentam maior contaminação microbiana que os resíduos de concentrados.

Os modelos de análise da degradabilidade *in situ* das diversas frações dos alimentos assumem a existência de três frações dos alimentos: 1) a fração não degradável, que representa o resíduo do alimento presente na sacola após longo período de incubação (C); 2) a fração insolúvel potencialmente degradável (b); e 3) a fração instantaneamente degradável (a), que é composta por material solúvel ou por aquele que escapa da sacola por estar finamente moído.

Uma importante pressuposição do modelo de primeira ordem é que o *pool* da fração potencialmente degradável é considerado homogêneo, ou seja, que apresenta taxa fracional de degradação (c) uniforme (Nocek, 1988), o que não corresponde à realidade.

Os métodos *in situ* oferecem a possibilidade do cálculo da taxa e da extensão da degradação das frações dos alimentos durante intervalos específicos de incubação. Permitem ainda o cálculo da degradação das diversas frações dos alimentos em decorrências das possíveis taxas de passagem nos animais. Ørskov e McDonald (1979) afirmaram que a extensão da digestão de qualquer alimento, ou fração, no rumem é uma

combinação dinâmica da taxa de passagem das frações sólidas e líquidas no rumem, uma vez que estas determinam o tempo que o alimento permanecerá no órgão exposta a ação da microbiota ruminal. Estes autores propuseram uma equação que prevê a degradabilidade efetiva das diversas frações dos alimentos incubados no rumem com diferentes taxas de passagem pelo órgão.

Este método de avaliação de alimentos é útil para a determinação do ponto de corte de forrageiras, pois a susceptibilidade à degradação ruminal das frações das plantas vai variar entre as espécies forrageiras e com a idade corte em uma mesma espécie (Barbi, 1991), sendo identificadas as idades de crescimento das forrageiras que fornecem quantidades adequadas de nutrientes para o ambiente ruminal.

Assim, a técnica de sacos de náilon incubados diretamente no rumem tem sido largamente utilizada para caracterizar as frações solúveis, potencialmente degradáveis e indegradáveis das forragens (Broderik e Cochran, 2000), sendo utilizada para a avaliação destas.

A falta de padronização das técnicas *in situ* adotadas ao redor do mundo é responsável pela baixa repetibilidade e falta de reprodutibilidade dos resultados entre laboratórios (Antunes, 2005). Esta falta de padronização dificulta a comparação de resultados de diferentes experimentos. O fator que mais contribui para a discordância dos resultados dos diferentes laboratórios se deve as diferenças na porosidade dos sacos de incubação ruminal, fazendo com que nos diferentes experimentos escapem mais ou menos partículas dos alimentos.

Este escape de partículas pelos poros dos sacos de náilon faz com que esta técnica possa superestimar a degradação ruminal já que é a fração que deixa o saco durante a lavagem, no tempo zero. Esta é a grande fonte de erro desta técnica, pois nem todas as partículas que escapam podem ser indegradáveis e não serem solúveis, tendo escapado devido ao seu reduzido tamanho de partícula. A degradação dos alimentos avaliados pode ser afetada pela produção de gases no interior dos sacos, o que pode fazer com que não haja contato suficiente entre o substrato e o líquido ruminal. O local de colocação dos sacos dentro do rumem também afeta a degradação, uma vez que o saco ventral

apresenta atividade microbiana mais intensa que as outras porções deste órgão. A própria colocação dos sacos no rumem pode influenciar o contato do alimento com o líquido ruminal, uma vez que um saco pode impedir que o outro entre em contato com o ambiente ruminal.

A porosidade ótima dos sacos de incubação é aquela que permite o influxo da microbiota ruminal, incluindo bactérias, fungos e protozoários, e líquido ruminal, não permitindo o efluxo de partículas não degradadas dos sacos. Segundo Nocek (1988) a porosidade ideal dos sacos está entre o intervalo de 30 a 53 micras.

Além do tamanho dos poros o material e o tipo do tecido dos sacos também influenciam os resultados. Os tecidos monofilamentosos são tratados com calor após a tecelagem, formando dobras permanentes, o que permite um poro definido, o mesmo não acontece com os multifilamentosos, os quais, após lavagem, relaxam, resultando em poros de diferentes tamanhos (Santos, 2001). Desta forma, experimentos em que um alimento foi incubado em sacos feitos com tecidos multifilamentosos podem apresentar maior desaparecimento deste alimento do que se ele fosse incubado dentro de um saco de tecido monofilamentoso.

O tamanho dos poros demasiadamente grande permite a perda de partículas, o que superestima a degradabilidade do material. Porém a redução exagerada da porosidade pode dificultar a saída dos produtos finais da fermentação dos sacos, criando um micro ambiente em seu interior que prejudica a degradação do material (Castro, 2004).

Outro ponto para o qual deve-se atentar na condução de experimento *in situ* é a quantidade de material colocado por área do saco a ser incubado. Nocek (1988) recomendou que além do material a ser incubado ser pré-secado e posteriormente moído em moinho com peneiras de 5 mm, este deve ser colocado nos sacos em relações de 10 a 20 mg/cm², podendo esta relação ser utilizada para vários tipos de volumosos e concentrados.

Outras desvantagens da técnica *in situ* é o pequeno número de amostras analisadas por experimento, uma vez que a colocação demasiada de sacos no rumem dos animais provoca um considerável impacto na fermentação ruminal, reduzindo-a intensamente.

Huntington e Givens (1995) citam que os seguintes fatores podem influenciar a degradabilidade *in situ*: dieta basal do animal, característica dos sacos, característica das amostras (quantidade de lipídeos, proteínas solúveis, tamanho de partícula), condições de incubação, enxágüe das amostras, correção da contaminação microbiana e análise dos dados.

A dieta afeta diretamente a característica do ambiente ruminal, sendo que estas devem propiciar o bom desenvolvimento da microbiota ruminal, uma vez que a taxa e a extensão da degradação do material incubado vão depender diretamente da atividade da microbiota ruminal (Castro, 2004).

A dieta deve proporcionar ainda uma adequada proporção de fibras longas. Estas se fazem necessárias, pois vão apresentar uma ação abrasiva sobre a superfície dos sacos desobstruindo os poros que estejam ocluídos (Santos, 2001), possibilitando um maior contato do alimento testado com o ambiente ruminal, e a saída dos produtos da fermentação do interior do saco, evitando a formação de um micro ambiente no interior deste, que teria um impacto negativo na degradação do alimento testado.

O animal também pode influenciar os resultados, pois materiais incubados em bovinos, ovinos e caprinos apresentam potencialmente diferentes taxas de desaparecimento, uma vez que ocorrem mudanças no ambiente ruminal destes (Uden e Van Soest, 1984). Santos (2001) trabalhando com a incubação ruminal de várias forragens e concentrados observou que a maior taxa de degradação foi obtida quando estes foram incubados em bovinos, enquanto caprinos e ovinos não diferiram entre si, demonstrando a influência da espécie no resultado da incubação ruminal de alimentos.

Dentro de uma mesma espécie o estado fisiológico dos animais pode influenciar o consumo de alimento por estes, e conseqüentemente a atividade da microbiota ruminal. As diferenças entre animais são atribuídas às diferenças na taxa de absorção dos

produtos finais da fermentação ruminal, principalmente dos ácidos graxos voláteis que induzem mudanças no pH e na taxa de passagem (Santos, 2001).

Quando comparada às metodologias *in vitro* esta é mais apropriada para a determinação da cinética da digestão ruminal por levar em consideração a interação entre substrato e animal (Mertens, 1993).

Nesta técnica os erros estão relacionados principalmente com os estágios iniciais de digestão devido a uma grande perda de amostra. Esta técnica não permite a diferenciação do desaparecimento da amostra, se por degradação ou por perda de materiais indegradáveis através dos poros dos sacos, fazendo com que os resultados possam apenas ser expressos em termo de desaparecimento *in situ*, e não de degradação. Outro ponto importante de limitação é a impossibilidade de mensurar a real contribuição das frações rapidamente fermentáveis dos alimentos para a nutrição dos animais.

Apesar destes inconvenientes a técnica de incubação *in situ* apresenta a vantagem de informar qual será a cinética de degradação das diversas frações dos alimentos no rumem, possibilitando o entendimento da contribuição destas para a nutrição dos animais. Este método ainda permite a comparação das taxas de desaparecimento ruminal de diversos alimentos, permitindo a determinação do valor nutricional destes.

2.4. A AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS POR MEIO DA TÉCNICA *IN VITRO* DE PRODUÇÃO DE GASES

Quando se trabalha a nutrição de ruminantes o objetivo maior é fornecer energia e nitrogênio para a potencialização da fermentação ruminal, o que promove um maior aproveitamento dos alimentos e, conseqüentemente, maior disponibilização de nutrientes para os animais. O rumem representa o principal sítio de digestão dos alimentos fibrosos e, portanto, o conhecimento das disponibilidades dos nutrientes nesse compartimento é fundamental para se estabelecer a máxima resposta microbiana (Nocek, 1988). Por isso, o estudo da nutrição dos ruminantes deve envolver a avaliação e interpretação da taxa e extensão da degradação dos alimentos no rumem (Schofield, 2000).

As técnicas de avaliação dos parâmetros cinéticos da degradação ruminal dos alimentos envolvem estudos sobre o desaparecimento da amostra incubada – técnica gravimétrica, e a quantificação dos produtos finais da atividade microbiana, durante o período de incubação com os microorganismos ruminais, conhecida como técnica metabólica, que mede a produção de gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄) (Pell, Schofield e Stone, 1994) pela degradação desta amostra.

As metodologias *in vitro* baseadas na mensuração da produção de gases gerados pela incubação da amostra com inoculo ruminal mais tampões podem proporcionar avaliações das cinéticas de produção de gases e das degradações da matéria seca e da matéria orgânica de todos os tipos de alimentos (Antunes, 2005). Permitindo descrever a contribuição das diversas frações dos alimentos durante a incubação ruminal e a contribuição das partículas finamente moídas, que em geral são perdidas no método *in situ*.

Os métodos *in vitro* de determinação do valor nutricional de alimentos para ruminantes são amplamente utilizados em virtude do baixo custo (Antunes, 2005), da capacidade de avaliação de grande número de amostras simultaneamente (Getachew *et al.*, 1998), pela redução do tempo de coleta dos dados e pela necessidade de menores quantidades de alimentos a serem analisados. No entanto, esses métodos podem apresentar falhas, por não utilizar adequadamente o inoculo, os tampões e/ou os equipamentos que garantam as condições de pH, anaerobiose, número de microorganismos e nutrientes essenciais para os mesmos (David, 2001).

Os métodos de produção de gases são baseados no aparecimento dos produtos da fermentação (Antunes, 2005). Quando um alimento é incubado *in vitro* com o fluido ruminal tamponado, os carboidratos são fermentados à AGV's, gases (principalmente CO₂ e CH₄) e células microbianas (Blümmel e Ørskov, 1993). Deste modo, os componentes não fermentáveis dos alimentos, sejam eles solúveis ou não, por não contribuírem para a produção de gases, não interferem na avaliação dos alimentos. Sendo que a inferência de que as partículas pequenas, ou solúveis, são totalmente degradáveis é uma das importantes fontes de erros nos sistemas de avaliação de

alimentos por meio da metodologia de incubação *in situ*. Por isso, a grande vantagem deste método de avaliação de alimentos é a sua capacidade de mensurar os produtos da fermentação microbiana e não se basear somente no desaparecimento da amostra.

Maurício *et al.* (1999) afirmaram que as metodologias de produção de gases podem ser divididas em: 1) mensuração direta do volume de gases produzidos; 2) mensuração da pressão acumulada no frasco sendo esta convertida em volume de gases.

Dentre os processos de mensuração da pressão de gás acumulada no frasco a grande limitação dos métodos desenvolvidos por Theodorou *et al.* (1994) e de Pell e Schofield (1993) é que eles não permitem a liberação da pressão acumulada dentro dos frascos. Sendo que o aumento da pressão por um lado pode mudar a solubilidade dos gases no meio, levando a um erro na mensuração da sua produção pelo fato de que a grande pressão acumulada pode inibir a ação das bactérias sobre o substrato.

Maurício *et al.* (1999) propuseram um sistema de alta capacidade de avaliação de alimentos e de baixo custo, no qual o perfil de produção de gases dos alimentos é gerado a partir da leitura da pressão dentro do frasco de vidro por meio de um transdutor, de forma semi-automática, em períodos de tempo pré-determinados. Esta técnica foi chamada de técnica semi-automática de produção de gases, ou Reading Press Technique – RPT. Sua principal vantagem consiste no fato de que mesmo após a leitura das pressões dentro dos frascos o processo de fermentação continua, uma vez que a pressão acumulada dentro do frasco é liberada.

A técnica (RPT) utiliza um transdutor de pressão (medidor de pressão em polegadas/cm²), em que os dados obtidos pelas leituras de casa frasco são apresentados em um leitor digital. Os dados são transferidos automaticamente para um computador onde são transformados em volume por uma equação matemática específica para a altitude de cada laboratório (Maurício *et al.*, 2001).

Em suma, esta técnica consiste na colocação de uma amostra de alimento a ser avaliada, em frasco contendo o inoculo ruminal e uma solução tampão. Sendo que a função da solução tampão é manter o pH dentro do frasco em uma faixa que não provoque

redução na atividade microbiana. A mensuração da produção de gás neste “sistema” é feito em intervalos de tempo previamente definidos. Desta forma, a cinética de produção de gases é dependente da proporção das frações solúvel, degradável e indegradável dos alimentos a serem testados (Cone *et al.*, 2002).

Maurício *et al.* (1999) e Nogueira *et al.* (2003) sugerem que a técnica de produção *in vitro* de gases pode explicar melhor o tempo de colonização (lag), com alta correlação com a degradação da MS nos tempos acima de 6 horas, em comparação à metodologia de incubação *in situ*.

Varel e Kreikemeir (1995) compararam as técnicas *in situ* e *in vitro* para determinar a cinética da digestão ruminal da FDN de leguminosas e gramíneas. Com o método *in situ*, obtiveram menor tempo de colonização, uma taxa mais rápida e maior degradação do que com o método *in vitro*. Segundo os autores fatores como menor concentração de microorganismos no inoculo, a inadequada manutenção da temperatura e condições anaeróbicas, a remoção de partículas sólidas através da filtração, que eliminam microorganismos que normalmente degradam a fibra durante a preparação dos inoculos, devem ser considerados quando comparam-se estes métodos.

A produção de gases reflete a produção de AGV's e de produtos sem importância nutricional para o ruminante, tais como CO₂ e CH₄ (Nogueira, 2004), sendo percebidos como produção de gás total dos materiais. Outra desvantagem desta técnica é o fato de que o baixo peso da amostra a ser incubada dificulta a obtenção de amostras homogêneas, aumentando as variações das respostas obtidas com um mesmo material.

Os gases produzidos são basicamente resultantes da fermentação de carboidratos, já que a fermentação da proteína produz baixa quantidade de gases, e na fermentação das gorduras os gases podem ser desconsiderados (Castro, 2004). A baixa produção de gás pela fermentação da proteína é causada por que esta produz amônia, que por sua vez reage com o CO₂ presente no meio e precipita-se na forma de carbonato de amônia, diminuindo a quantidade de gases no frasco de fermentação.

A energia necessária para promover o crescimento e manutenção dos microorganismos ruminais é originada principalmente da fermentação dos carboidratos gerando acetato, propionato e butirato (Wolin, 1975). Estes AGV's são voláteis nas condições atmosféricas, porém no ambiente ruminal e dos frascos de produção de gases estes se apresentam na fase líquida. Desta forma, a produção de gás medida por esta técnica é resultado da produção direta e indireta de gás pela fermentação dos alimentos. A produção direta é aquela na qual o gás é produzido diretamente como resultado da fermentação de carboidratos a CO_2 e CH_4 . A produção indireta é devida ao tamponamento (CO_2/HCO_3) de ácidos graxos de cadeia curta, ou seja, o CO_2 liberado pela reação de neutralização dos ácidos graxos de cadeia curta, AGV's, com o tampão bicarbonato (Blümmel e Ørskov, 1993).

A grande limitação da técnica de produção de gases é que ela se baseia apenas da produção de gás pelo inoculo a partir dos alimentos incubados. Deste modo, amostras que permitam maior crescimento microbiano, conseqüentemente de maior valor nutricional para os ruminantes, terão produções de gases menores que aquelas que apenas geram condições para a manutenção da microbiota. No primeiro caso parte da energia do alimento será conservada na forma de células microbianas enquanto no segundo caso a energia será transformada em gases. Desta forma, Blümmel *et al.* (1997) afirmaram que há uma relação inversa entre a produção de gases e a produção de microorganismos.

Outro problema diz respeito ao perfil de fermentação do material incubado. Se o alimento favorecer a formação de acetato em detrimento a de propionato a amostra tenderá a produzir mais gases. Isso porque a via de produção de acetato utilizada pela microbiota ruminal leva obrigatoriamente a formação de metano, enquanto a de propionato não. Porém uma amostra que produza mais propionato que acetato, mesmo que apresente menor produção de gás *in vitro*, possui maior valor nutricional para os animais do que uma que privilegie a formação de acetato, uma vez que o propionato é utilizado de forma mais eficiente que o acetato pelo organismo do animal.

Uma importante variação nos resultados encontrados com este método está ligada ao inoculo ruminal utilizado para a incubação da amostra. O processamento deste pode ser determinante para a produção de gás das amostras avaliadas, uma vez que o equilíbrio da microbiota ruminal é muito sensível a pequenas mudanças na temperatura e ao contato com o oxigênio. Deste modo, pequenos contatos com o ar atmosférico pode fazer com que algumas estirpes microbianas morram ao percam parcialmente sua capacidade de degradação da dieta mascarando os resultados obtidos.

A composição da dieta a que o animal doador de inoculo ruminal está submetido é outro ponto de destaque para a produção de gases. Isto porque animais consumindo dietas com elevadas proporções de alimentos concentrados possuem pH ruminal mais baixo. A redução do pH ruminal diminui a capacidade ruminal de degradação da fibra no rumem, fazendo com que o inóculo ruminal proveniente de animais alimentados com dietas mais ricas em forragens tenham maior capacidade de degradação da fibra. Por outro lado animais recebendo dietas pobres em energia e proteína forneceram inóculos ruminais com menor capacidade de degradação da amostra, e/ou produção de gases. Por esta alteração na concentração microbiana no inoculo ruminal causada pela variação da relação volumosa: concentrado da dieta, capaz de alterar o perfil de produção de gases *in vitro*, Antunes (2005) sugeriu a padronização das dietas dos animais doadores de inóculos. O que seria importante para possibilitar a comparação de alimentos testados por diferentes grupos de pesquisa.

A capacidade de estimar a taxa de degradação da fração solúvel dos carboidratos totais desta técnica contribui significativamente para a avaliação dos alimentos, uma vez, que a produção de gás proveniente da digestão desta fração apenas pode ser medida no início da incubação. Como estas frações são solúveis as técnicas gravimétricas apresentam-se inadequadas para medi-las, por apenas mensurarem o desaparecimento e não a efetiva degradação. Outro fato que prejudica a análise gravimétrica desta fração é o pequeno desaparecimento de massa da amostra, dificultando a mensuração da perda das frações solúveis nos estágios iniciais de incubação das amostras (Pell, Schofield e Stone, 1994).

Blummel e Ørskov (1993) sugerem que a fermentação das células microbianas pode afetar o platô (assintota) da curva de produção acumulada de gases e, conseqüentemente, a taxa de fermentação do substrato. Isso porque, após a fermentação da maior parte dos materiais potencialmente degradáveis das amostras ocorre a morte das bactérias presentes nos frascos. Desta forma, com o avanço do tempo de incubação alguns microorganismos morrem e tornam-se substrato adicional, aumentando a produção de gás no final da incubação (Blümmel e Bullerdieck, 1997).

Quando bem conduzidos os experimentos de produção de gases *in vitro* possibilitam o teste de alimentos de diferentes naturezas em larga escala e em condições experimentais mais controladas que os métodos *in vivo* (Getachew *et al.*, 1998).

2.5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). Agricultural And Food Research Council: Technical Committee on responses to nutrients: Nutritive requirements of ruminant animals: protein. **Nut. Abs. and Rev.:** Series B, London, v. 62, n. 9, p. 65-71, 1992.

ALCÂNTARA, V. B. G.; ABRAMIDES, P. L.; ALCÂNTARA, P. B. Aceitabilidade de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. **Bol. Indús. Ani.**, v. 37, n. 1, p.149-157, 1980.

ANDRADE, J. B. et al. Produção e qualidade dos fenos de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandú sob três freqüências de corte. II Qualidade do feno. **B. Indús. Ani.**, v. 51, n. 1, p. 55-59, 1994.

ANTUNES, R. C. **Valor nutritivo de sorgo com diferentes texturas do endosperma para bovinos, aves e suínos.** 2005. 100 p. Tese (Doutorado). - EV-UFGM, Belo Horizonte, 2005.

ARAÚJO, G. G. L. et al. Composição corporal e exigências líquidas de energia de bezerras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCOEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998. Botucatu. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998, 332 p.

BARBI, J. H. T. **Avaliação da degradabilidade ruminal de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte pela técnica *in situ***. 1991. 67 p. Dissertação (Mestrado) - EV-UFG, Belo Horizonte, 1991.

BAUMAN, D. E. et al. Sources of variation and prospects for improvement of productive efficiency in the dairy cows – a Review. **J. of Ani. Sci.**, v. 60, n. 2, p. 583-592, 1985.

BLÜMMEL, M.; BULLERDIECK, P. The need to complement gas production measurements with residue determinations from *in sacco* degradabilities to improve the prediction of voluntary intake of hays. **Ani. Sci.**, v. 64, n. 1, p. 71-75, 1997.

BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E. R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. **Ani. Feed Sci. and Tech.**, v. 40, p. 109-119, 1993.

BLÜMMEL, M. *et al.* *In vitro* gas production: a technique revisited. **J. of Ani. Phys. and Nutri.**, v. 77, p. 24-34, 1997.

BRITO, H. F. V. et al. Determinação da taxa metabólica basal em cutias, *Dasyprocta azarae*, por calorimetria indireta. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 30, n. 6, p. 471-478, 2010.

BRODERICK, G. A. Methodology for determining ruminal degradability of feed protein. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGENCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1995, p. 139-176.

BRODERICK, G. A.; COCHRAN, R. C. *In vitro* and *in situ* methods for estimating digestibility with reference to protein degradability. In: GIVENS, D. I. *et al.* (eds). **Forage evaluation in Ruminant Nutrition**. CBA International, 2000. p. 53-79.

BROWER, M. Report of sub- committee on constants and factores. In: SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM HELD AT EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION, 1965, London. **Proceedings...** London: EAAP Academic, 1965. p. 441-443.

CAMURÇA, D. A. et al. Desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas à base de feno de gramíneas tropicais. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 5, p. 2113-2122, 2002.

CASTRO, G. H. F. **Cinética da degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú em quatro idades de corte.** 2004, 56 p. Dissertação (Mestrado), EV-UFMG, Belo Horizonte, 2004.

CAVALCANTI FILHO, L. F. M. et al. Caracterização de pastagem de *Brachiaria decumbens* na zona da mata de Pernambuco. **Arch. Zootec.**, v. 57, n. 220, p. 391-402. 2008.

CATASÙS, L. **Manual de Agrostologia**, Habana: Editorial Academia. 98 p.

CHAWLIBOG, A. **Physiological basis of heart production – the fire of life.** Research School of nutrition and physiology, 2004.

COELHO DA SILVA, J. F., LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes.** Piracicaba: Livroceres. 1979, 380 p.

CONE, J. W. et al. Influence of inoculum source on gas production profiles. **Ani. Feed Sci. and Tech.**, v. 99, p. 221-231, 2002.

COTTON, W. R.; PIELKE, R. A. **Human impacts on weather and climate.** Cambridge: Cambridge University, 1995, 288p.

COSER, A. C. et al. Modificação da composição botânica em pastagens de capim-gordura e braquiária, sob pastejo. **Past. Trop.**, v. 15, n. 2, p. 9-12, 1993.

COSTA, J. L.; RESENDE, H. **Produção de feno de gramíneas. Instrução técnica para o produtor de leite.** 2. ed. Coronel Pacheco: EMBRAPA gado de leite, 2006. 2 p.

COSTA, K. A. P. et al. Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1197-1202, 2007.

CORSI, M. Produção e qualidade de forragens tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 69-85.

DAVID, F. M. **Composição bromatológica e degradabilidade, através da técnica de produção de gás, de quatro gramíneas tropicais submetidas a cortes em diferentes idades.** 2001. 110 P. Dissertação (Mestrado) - UFLA, Lavras, 2001.

DIENER, J. R. C. Calorimetria indireta. **Rev. Assoc. Méd. Bras.**, v. 43, n. 3, p. 245-253, 1997.

DRIEMEIR, D. et al. Relação entre macrófagos espumosos (foam cells) no fígado de bovinos e ingestão de *Brachiaria* spp no Brasil. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 19, n. 2, p. 79-83, 1999.

DURNIN, J. A. Practical estimates of energy requirements. **J. Nutr.**, v. 121, p. 1907-1913, 1991.

EUCLIDES, V. P. B. et al. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandú sob pastejo. **Rev. Bras. Zootec.** v. 29, n. 6, p. 2200-2208, 2000.

EUCLIDES, V. P. B. et al. Desempenho de Novilhos F1s Angus-Nelore em Pastagens de *Brachiaria decumbens* Submetidos a Diferentes Regimes Alimentares. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 30, n. 2, p. 470-481, 2001.

FAGLIARI, J. J.; PASSIPIERI, M.; OLIVEIRA, J. A. Sintomas de fotossensibilização em bezerros alimentados com leite materno. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 35, n. 4, p. 479-484, 1983.

FERRANNINI, E. The theoretical basis of indirect calorimetry: A review. **Metab.**, v. 3, p. 287-301, 1988.

GETACHEW, G. *et al.* In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Ani. Feed Sci. and Tach.**, v. 27, p. 261-281, 1998.

GOBBI, K. F. et al. Composição Química e Digestibilidade *In Vitro* do Feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. Tratado com Uréia. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 34, n. 3, p. 720-725, 2005.

GOMES JÚNIOR, P.; et al. Composição químico-bromatológica da *Brachiaria decumbens* sob pastejo: proteína e carboidratos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 187-188.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. **Tópicos de forragicultura tropical**. Belo Horizonte: FEPMVZ (Apostila), 2006. 117p.

HODGSON, J.; SILVA, S. C. Options in tropical pasture management. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p. 180-202.

HOUSSAY, B. A. et al. El intercambio material y energético del organismo. In: HOUSSAY, B. A. et al. **Fisiol. Hum.**, Buenos Aires: Librería el Ateneo Editorial, 1969. p. 487-502.

HUNGATE, R. E. Introduction: The ruminant and the rumen. In: HOBSON, P.N. **The rumen microbial ecosystem**. London: Elsevier, 1988. p. 1-19.

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. The *in situ* technique for studying the degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutr. Abs. and Rev.**, v. 65, p. 63-93, 1995.

HUTTON, E. M. **Report on the Brachiaria decumbens problem on Fazenda São Tomás Abóboras of Carlos Cunha, Rio Verde, Goiás, visited August 15, 1975**. IPB: Rio Verde Comércio de Sementes Ltda. 1975. 3p. (Datilografado).

KLEIBER, M. **Bioenergética Animal: el fuego de la vida**. Tradução de Sanchez-Vizcaíno, E.; MANASSE, N. S. Zaragoza: Acribia, 1972. 428 p.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. **Growth of farm animals**. New York: CAB International, 1997. 330 p.

MACEDO JUNIOR, G. L. et al. Exigências em energia e proteína líquida para ovelhas da raça Santa Inês em lactação. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v. 12, n. 2, p. 389-402, 2011.

MACHADO, F. S. **Digestibilidade, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação.** 2010. 109p. Tese (Doutorado) – UFMG-EV, Belo Horizonte, 2010.

MARCHINI, J. S. et al. Calorimetria - aplicações práticas e considerações críticas. **Fitn. e Perf. J.**, v. 4, n. 2, p. 90-96, 2005.

MAURICIO, R. M.; et al. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 79, p. 321-33, 1999.

MERTENS, D. R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J. M.; FRANCE, J. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.** Londres: CAB International, 1993. p. 14-51.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **J. Dairy Sci.**, v. 64, n. 8, p. 1548-1558, 1987.

MOULD, F. L. **21st Century feeds – 19th Century techniques.** In: RESPONDING TO INCREASING GLOBAL DEMAND FOR ANIMAL PRODUCTS, Yucatan, 2002. **Anais...** British Society of Animal Science, 2002, p. 34-36

MUCK, R. E., SHINNERS, K. J. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. 2001. p. 753-762.

NAZÁRIO, W.; et al. Intoxicação experimental produzida pelo *Pithomyces chartarum* (Berk. & Curt.) M.B. Ellis, isolado de *Brachiaria decumbens*. **Biol.**, v. 43, n. 5, p. 125-131, 1977.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of sheep.** 6.ed. Washington: National Academic Press, 1985. 99 p.

NATIONAL RESEARCH CONCIL - NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2000. 42 p.

NOCEK, J. L. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. **J. of Dairy Sci.**, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.

NOGUEIRA, U. T. **Relação entre o volume de gases e a degradação da matéria seca de diferentes substratos pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases**. 2004. 60 p. Dissertação (Mestrado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 2004.

NOGUEIRA, Ú. T. et al. Prediction of DMD from gas production for substrates with high and low soluble carbohydrate content. In: ISNH6 SATELLITE WORKSHOP/SYPOSIUM WILD AND DOMESTIC HERBIVORE DIET CHARACTERIZATION, 2003, Mexico. **Anais...** Mexico: UADY, 2003. p. 27-28.

ØRSKOV, E. R. New concepts of feed evaluation for ruminants with emphasis on roughages and feed intake. **Asian Austr. J. Ani. Sci.**, v. 13, p. 128-136, 2000.

ØRSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.B.; MOULD, F. The use of the nylon bag technique for evaluation of feedstuffs. **Trop. Anim. Prod.**, v.5, p. 195-213, 1980.

ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. of Agric. Sci.**, v. 92, p. 499-503, 1979.

OTSUK, I. P. et al. **Velocidade de secagem de três espécies de forrageiras visando à produção de feno**. Disponível em: <<http://www.posgraduacao.ufla.br/>>. Acessado em: 26/06/2011.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring using mathematical models of ruminal function. **J. of Ani. Sci.**, v. 76, n. 4, p. 1063-1073, 1993.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P.; STONE, W. C. Rates of digestion of feeds mensured in vitro with computer. In: CORNELL NUTRITION FOR CONFERENCE, 1994. **Proceedings...** 1994. p. 74-81.

PIZARRO, E. A. Fontes de produtos para a alimentação de bovinos em engorda intensiva: feno, silagem e rolão. **Inf. Agrop.**, v. 69. p. 18-20, 1980.

PIZARRO, E. A.; et al. Regional experience with brachiaria: Tropical America-savannas. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Eds.). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Campo Grande: Embrapa-CNPQC, 1996. p.225-246.

PRENTICE, A. Le symposium Lavoisier. **Proc. Nutr. Soc.**, v. 54, p. 1-8, 1995.

RAMIREZ, M. A. **Consumo e digestibilidade aparente de fenos de *Brachiaria decumbens*, stapf cultivar Basiliski cortados em três diferentes idades**. 2010, 48 p. Dissertação (Mestrado) – EV-UFMG, Belo Horizonte, 2010.

REIS, R. A.; MOREIRA, A. L.; PEDREIRA, M. S. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. In: SIMPOSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 1-39.

REIS, R. A.; et al. Amonização do feno de *Brachiaria decumbens* com diferentes teores de umidade. **Pesq. agropec. bras.**, V. 28, n. 4 p. 539-543, 1993.

RESENDE, K. T. et al. Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 111-140.

RIBAS, M. R. **Avaliação agrônômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes RBM – Portadores de nervura marrom**. 2010. 138 p. Tese (Doutorado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 2010.

RODRIGUEZ, N. M. et al. A calorimetry system for metabolism trials. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 59, n. 2, p. 495-500, 2007.

ROSA, B.; ROCHA, G. P.; SILVA, H. L. Consumo voluntário e digestibilidade aparente do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf e *Brachiaria ruziziensis* Germain e

Everard em diferentes idades de corte. **An. Esc. Agron. e Vet.**, v. 12-13, p. 5-27, 1982-1983.

RUSSELL, J. B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I - Ruminal fermentation. **J. Anim. Sci.**, v. 70, p. 3551-3561, 1992.

SANTOS, R. A. **Comparação das técnicas “in situ” e produção de gás na avaliação de alimentos para ruminantes**. 2001. 100 p. Tese (Doutorado), - UFLA, Lavras, 2001.

SCHMIDT, P.; et al. Valor Nutritivo do Feno de Braquiária Amonizado com Uréia ou Inoculado com *Pleurotus ostreatus*. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 32, n. 6, p. 2040-2049, 2003. (Supl. 2).

SCHOFIELD, P. Gas production methods. In: SCHOFIELD, P. **Farm Ani. Metabo. and Nutr.**, Wallingford: CAB International, 2000. 450 p.

SEIFFERT, N. F. Gramíneas forrageiras do gênero brachiaria. **Circular Técnica/Embrapa**, n. 1, 45 p., 1980.

SERRÃO, E. A. D.; SIMÃO NETO, M. Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia: *Brachiaria decumbens* Stapf e *Brachiaria ruziziensis* Germanin et Everarard. **Inst. Pesq. Exp. Agrop.**, v. 1, n. 1, p. 01-31, 1971.

SILVEIRA, U. S. **Avaliação do consumo e da digestibilidade de uma dieta de feno de Capim Braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) contendo concentração de sementes de Girassol (*Helianthus annus* L.) em ovinos**. 2001. Dissertação (Mestrado) - EV-UFGM, Belo Horizonte, 2001.

SNIFFEN, C. J.; et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. **J. Anim. Sci.**, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SOARES FILHO, C. V.; MONTEIRO, F. A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Past. Trop.**, v. 14, n. 2, p. 2-6, 1992.

SPAIN, J. M. Establecimiento y manejo de pastos em los Llanos Orientales de Colômbia. In: Tergas, L. E.; Sánchez, P. A. (eds). **Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1978. p. 181-190.

TAMMINGAS, S.; WILLIAMS, B. *In vitro* techniques as tools to predict nutrient supply in ruminantes. **Brit. Soc. of Ani. Sci.**, v. 22, p. 1-11, 1998.

TAYLOR, M. C. et al. **Foundations of Nutrition**. 5. ed. New York: Macmillan Company, 1956, 564 p.

TEIXEIRA, D. A. B. **Avaliação de dietas para ovinos contendo feno de braquiária (*Brachiaria decumbens*) e níveis crescentes de Carvão de Algodão**. 2001. Dissertação (Mestrado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 2001.

THEODOROU, M. K.; et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Anim. Feed Sci. and Tech.**, v. 48, p. 185-197, 1994.

TIBO, G. C.; et al. Níveis de Concentrado em Dietas de Novilhos Mestiços F1 Simental x Nelore. 1. Consumo e Digestibilidades. **Rev. bras. zootec.**, v. 29, n. 3, p. 910-920, 2000.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the “*in vitro*” digestion of forage crops. **J. of Brit. Grassland Soc.**, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

UDEN, P.; VAN SOEST, P. J. Investigations of the in situ bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. **J. Anim. Sci.**, v. 58, n. 1, p. 213-221, 1984.

WEBB, P. The measurement of energy expenditure. **J. Nutr.**, v. 121, p. 1897-1901, 1991.

WEISS, W. P. Predicting energy values of feed. **J. Dairy Sci.**, v. 76, p. 1802-1811, 1993.

WILKERSON, V. A.; KLOPFENSTEIN, T. J.; STROUP, W. W. A collaborative study of *in situ* forage protein degradation. **J. of Ani. Sci.**, v. 73, n. 2, p. 583-588, 1995.

WILMORE, J. H. An automated system for assessing metabolic and respiratory function during exercise. **J. Appl. Physiol.** v. 40, p. 619-624, 1976.

WOLIN, M. J. Interactions between the bacterial species of the rumen. In: MCDONALD, I. W.; WAGNER, A. C. (eds.). Digestion and metabolism in the ruminant. Armidale: University of New England Publishing Unit, 1975. P. 134-148.

VALÉRIO, J. R.; KOLLER, W. W. Proposição para o manejo integrado das cigarrinhas-das-pastagens. **Past. Trop.**, v. 15, n. 3, p. 10-16, 1993.

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

VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G. Discounts for net energy and protein. **Proc. Cornell Nutr. Conf.**, v. 1, n. 13-15, p. 40-53, 1992.

VAREL, V. H.; KREIKEMEIRE, K. K. Technical note: comparison of *in vitro* and *in situ* digestibility methods. **J. Anim. Sci.**, v.73, n. 2, p. 578-582, 1995.

VILELA, H. **Feno e fenação**. Circular n. 2. Belo Horizonte: EMATER-MG. 1977, 38p.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Manejo de plantas forrageiras do Gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 1998. Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p. 141-183.

CAPÍTULO III

BIOENERGÉTICA EM OVINOS ALIMENTADOS COM FENO DE *Brachiaria decumbens* EM TRES IDADES

3.1. RESUMO

Foi realizado estudo de bioenergética em ovinos alimentados com fenos de *Brachiaria decumbens* cortado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento. Utilizou-se a metodologia da calorimetria indireta para a mensuração das perdas de energia, e para a determinação da ED, EM e EL. Foram utilizados 18 carneiros distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso, com três tratamentos e seis repetições. Para a mensuração das trocas gasosas os animais foram alojados em câmara respirométrica de fluxo aberto por 24 horas. As médias foram comparada pelo teste SNK com nível de significância de 95%. Os conteúdos de EM foram semelhantes ($p>0,05$) sendo de 2,0, 2,0, 1,7 Kcal/Kg de MS, respectivamente para os fenos obtidos nas idades de 56, 84 e 112 dias. Os teores de EL, em Kcal/Kg, foram de 1,3, 1,5 e 1,3, respectivamente para os fenos aos 56, 84 e 112 dias. Os consumos de EL total por unidade de tamanho metabólico (UTM), de 87,3, 91,0 e 76,1, foram semelhantes ($p>0,05$), para os fenos aos 56, 84 e 112 dias. O consumo de EM total por unidade de tamanho metabólico foi menor para o feno obtido aos 112 dias, 97,17 Kcal/UTM, ($p<0,05$) em comparação com aqueles produzidos aos 56 e 84 dias, 135,0 e 119,7 Kcal/UTM, respectivamente, que foram semelhantes ($p>0,05$). A produção de metano em litros por UTM foi maior ($p<0,05$) para o feno aos 56 dias, 2,1, e semelhante para os fenos com 84 e 112 dias, respectivamente 1,7 e 1,3, ($p>0,05$). O valor do incremento calórico por UTM (ICUTM) para os animais alimentados com o feno de 56 dias foi maior, 47,7 Kcal, ($p<0,05$) que os dos animais alimentados com os fenos com 84 e 112 dias, 28,7 e 21,1 Kcal, que foram semelhantes ($p>0,05$). Já o ICUTM por unidade de MS digestível consumida foram semelhantes entre os tratamentos ($p>0,05$), 90,6, 61,3 e 70,7 Kcal, respectivamente para os fenos aos 56, 84 e 112 dias. A perda de energia bruta do alimento na forma de metano foi menor ($p<0,05$) para o feno produzido com a planta aos 112 dias, 4,9%, e semelhante para os fenos com 56 e 84 dias, 6,9 e 6,2% ($p>0,05$),

respectivamente. A perda de energia na forma de metano por unidade de MS e FDN digestíveis foi semelhante para todos os tratamentos ($p>0,05$). Estes resultados indicam que os fenos das plantas com 56 e 84 dias de crescimento foram superiores ao obtido com a *Brachiaria decumbens* aos 112 dias de crescimento.

3.2. INTRODUÇÃO

A determinação dos conteúdos de energia dos alimentos é de fundamental importância para o balanceamento das dietas dos animais de produção. A simples mensuração do conteúdo de energia dos alimentos, na forma de energia bruta (EB), guarda pouca relação com a capacidade de aproveitamento desta pelos animais.

Desta forma, busca-se desenvolver experimentos de determinação da energia dos alimentos que possam ser utilizadas no balanceamento de dietas para os animais. A energia digestível (ED), que é a diferença entre a energia bruta dos alimentos e das fezes, também não se traduz em uma medida de energia com capacidade de prever a energia disponível para o metabolismo animal, por que apresenta perdas durante sua metabolização. A energia digestível apresenta ainda o inconveniente de ser medida como energia aparente, sendo que a energia perdida nas fezes tem origem nos alimentos indigeridos e nas descamações e secreções do trato digestivo dos animais, o que subestima a digestibilidade.

Uma fonte importante de perda de energia nos ruminantes é a sob forma de metano. O metano é formado durante a fermentação ruminal tem a função de captar os íons H^+ , gerados a partir da degradação da matéria orgânica, promovendo a regeneração dos cofatores reduzidos, NADH, $FADH_2$ e NADPH, permitindo a continuidade do processo de fermentação.

As perdas de energia na urina também são importantes para os mamíferos, pois estes animais excretam o nitrogênio na forma de uréia, e esta, além de requerer energia para sua formação, dois ATP's por molécula, representa uma fonte de perda, uma vez que a molécula de uréia apresenta energia.

Desta forma, a mensuração da energia metabolizável (EM) dos alimentos é uma medida útil da energia para o atendimento das necessidades dos animais. Porém, parte da energia metabolizável dos alimentos é perdida como incremento calórico, não podendo ser efetivamente utilizada para o atendimento das exigências dos animais. A determinação da energia líquida (EL) é capaz de gerar informação da energia contida no alimento que poderá ser utilizada pelo metabolismo dos animais, para manutenção ou produção.

Grande número de trabalhos visam a determinação das exigências energéticas dos animais em termos de energia líquida, porém ainda são raros os que buscam determinar os conteúdos de energia líquida dos alimentos.

Os teores de EL dos alimentos podem ser determinados por meio de experimentos de calorimetria, uma vez que a determinação desta requer a mensuração da perda de energia na forma de metano, energia contida na urina e pela produção de calor dos animais em jejum e alimentados.

A avaliação de forrageiras tropicais por meio de experimentos de bioenergética é uma inovação aos sistemas vigentes de determinação do valor nutricional de alimentos para ruminantes, possibilitando a criação de dados a serem utilizados nas diferentes áreas tropicais.

Por meio da respirometria, com as mensurações do consumo de oxigênio e a produção de gás carbônico e metano e pela determinação do teor de nitrogênio na urina, é possível mensurar a produção de calor pelos animais, e a energia líquida dos alimentos.

A avaliação dos teores de energia das forrageiras em suas diferentes idades é importante por indicar o melhor ponto de corte, ou seja, qual a melhor idade de colheita da forrageira para o atendimento das necessidades energéticas dos animais.

A *Brachiaria decumbens* é uma forrageira importante no Brasil, sendo a sua fenação uma boa estratégia para a suplementação volumosa dos rebanhos de ruminantes e uma importante ferramenta de manejo destas pastagens. Porém, estudos com esta planta em nossas condições para a mensuração dos teores de EM e EL são inéditos.

Objetivou-se com este experimento realizar ensaio de bioenergética em ovinos alimentados com os fenos de *Brachiaria decumbens* ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias, por meio da calorimetria indireta.

3.4. MATERIAIS E MÉTODOS

3.4.1. FORRAGEM AVALIADA E FENAÇÃO

Para a produção do feno foi utilizada uma área de *Brachiaria decumbens* previamente estabelecida na Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa da Escola de Veterinária da UFMG, localizada em Igarapé-MG.

Com base nos resultados da análise de solo foi feita a adubação da área com nitrogênio, fósforo e potássio (NPK). Em cinco de janeiro de 2007 foi feito corte de uniformização da área experimental com o uso de roçadeira mecânica, na altura de 15 cm do solo.

A forrageira foi cortada aos 56, 84 e 112 dias (sendo estes os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente) de crescimento. Os cortes foram realizados a 15 cm do solo. Após o corte o material foi revolvido no campo até atingir o ponto de fenação, segundo Gonçalves e Borges (2006), e foi embalado em sacos de fibra de 20 quilos e transportado para as dependências do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, onde foi armazenado em galpão diretamente sobre o piso.

O experimento de digestibilidade aparente da energia e a determinação da energia metabolizável e líquida dos fenos, com a utilização de carneiros, foi conduzido no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal – LAMCA, do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram utilizados dezoito carneiros adultos, sadios, com peso médio de 37 Kg. Os animais foram pesados no início e no final do período experimental.

Para determinação da energia digestível dos fenos os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, individuais, confeccionadas em cantoneiras de ferro, e piso ripado de madeira, com bebedouros e comedouros de aço inoxidável e saleiro de polietileno. As gaiolas possuíam a seguinte dimensão 1,50m x 1,80m, com altura do solo de 0,6 m, e

foram revestidas lateralmente com tela de malha fina para evitar a perda de fezes pelas laterais. Estas gaiolas eram apropriadas para a coleta de fezes e urina simultaneamente.

3.4.2. DETERMINAÇÃO DA ENERGIA DIGESTÍVEL DOS FENOS

Os animais foram sorteados aleatoriamente, no número de 6 por tratamento, passando então por um período inicial de adaptação às gaiolas e à alimentação de 21 dias, seguido de um período de colheita de amostras de cinco dias.

Os tratamentos foram oferecidos em quantidade suficiente para que fossem obtidos aproximadamente 20% de sobras no cocho. A água e a mistura mineral comercial específica para ovinos foram fornecidas *ad libitum*.

Durante o período de amostragem os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 7 e as 17 horas, sendo recolhida uma alíquota de aproximadamente 1000g por tratamento por dia do material fornecido. As sobras foram recolhidas diariamente, pela manhã, sendo armazenadas, em sua totalidade. As fezes eram pesadas e foram recolhidos 20% do peso total diário. A urina foi coletada em baldes coletores adicionados diariamente de 100 mL de HCL 2N, para que não houvesse perda de nitrogênio urinário por volatilização ou por decomposição. Foi amostrada uma alíquota de 20% do volume urinário de cada carneiro diariamente.

As amostras de cada dia (oferecido, sobras, fezes e urina), foram etiquetadas e armazenadas em câmara fria à -17 °C.

3.3.3. PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS

Cada amostra simples dos materiais coletados (oferecido, sobras, fezes e urina) foram descongeladas por 24 horas à temperatura ambiente. Posteriormente as cinco amostras simples foram colocadas em um mesmo recipiente e homogeneizadas para a formação da amostra composta.

Inicialmente as amostras compostas passaram por pré-secagem em estufa a 55 °C por 72 horas e, posteriormente foram moídas, em moinho estacionário, com peneira de 1,0 mm. Após esta fase foram executadas as análises laboratoriais de matéria seca em estufa a

105 °C – MS, matéria mineral em mufla a 600°C – MM, proteína bruta – PB, segundo OFFICIAL (1995), fibra em detergente neutro – FDN e a fibra em detergente ácido – FDA, de acordo com OFFICIAL (1995) utilizando equipamento ANKON®. A energia bruta – EB, foi determinada por combustão em bomba calorimétrica adiabática segundo a metodologia proposta por OFFICIAL (1995). As amostras de urina foram analisadas para determinação dos teores de energia bruta e nitrogênio total de acordo com OFFICIAL (1995).

3.3.4. ENSAIO DE RESPIROMETRIA

As determinações dos conteúdos de energia líquida e energia metabolizável dos fenos de *B. decumbens* foram realizadas por meio de calorimetria indireta nas dependências do Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal – LAMCA da Escola de Veterinária da UFMG.

A determinação da produção de metano e CO₂ e o consumo de O₂ pelos ovinos para os cálculos da energia metabolizável e líquida dos fenos foram realizadas pela técnica de respirometria indireta.

Utilizou-se câmaras respirométricas de fluxo aberto, condicionadas 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).

Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas no interior da câmara. Para evitar o 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. Sendo que os pesos dos animais foram registrados nos momentos de entrada e saída da câmara.

Do lado de fora da câmara também foi colocada uma gaiola metabólica alojando outro carneiro, para evitar o estresse dos animais por isolamento.

O ensaio de respirometria foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa foram mensuradas as taxas gasosas e calculou-se a produção de calor (calorimetria indireta) dos animais alimentados. Durante esta etapa o feno de *B. decumbens* foi fornecido uma vez ao dia, no período da manhã, antes do fechamento da câmara e início das

mensurações das trocas gasosas. A quantidade de feno fornecida aos animais foi suficiente para proporcionar aproximadamente 20% de sobras. As sobras eram pesadas e o consumo registrado. Além dos fenos os animais receberam água e mistura mineral *ad libitum*.

Na segunda etapa foi calculada a produção de calor em jejum. Após um período de 48h de jejum, os animais permaneceram dentro das câmaras por um período de 24 horas onde receberam apenas água. O volume urinário produzido por estes animais em jejum foi mensurado e retirada amostra, que foram congeladas, para análises posterior.

Para o procedimento de calorimetria indireta foram utilizados os equipamentos descritos por Rodriguez *et al.* (2006). Utilizou-se o sistema de circuito aberto sendo a entrada de ar do sistema situada em ambiente externo ao laboratório. O fluxo de ar foi ajustado para entrar na câmara a uma taxa constante de 50 litros por minuto, aproximadamente 1L de ar para cada 1 Kg de PV do animal por minuto.

O ar contido no interior da câmara era aspirado com auxílio de uma bomba, passando por um tubo de PVC (3,6 polegadas de diâmetro) a um fluxo constante, controlado por um fluxograma de massa, que corrigia automaticamente o volume de ar para condições padrões de pressão, temperatura e umidade. Com o auxílio de um ventilador acoplado ao sistema, o ar no interior da câmara era misturado possibilitando uma amostragem mais precisa.

As amostras de ar, tanto externa como do interior da câmara eram coletadas alternadamente a cada 5 minutos para a determinação das concentração de O₂, CO₂ e 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 1L contendo sílica). No interior da câmara a temperatura e umidade do ar foram controladas com o uso de ar-condicionado e registradas em momentos pré-estabelecidos (durante e 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 concentração conhecida e o ar externo.

Os resultados das concentrações dos gases e fluxo de ar foram automaticamente registrados por um “software” específico, que por diferença entre a composição do ar que entrou e do que saiu da câmara, permitiram os cálculos dos volumes de O₂ consumido e de CO₂ e CH₄ produzidos pelos animais.

Para o procedimento de calorimetria indireta foi utilizada a metodologia descrita por Rodriguez *et al.* (2006), sendo o cálculo da produção de calor realizado de acordo com a equação de Brouwer (1965):

$$H \text{ (KJ)} = 16,18 \times VO_2 + 5,02 \times VCO_2 - 5,88 \text{ Nu} - 2,17 \text{ VCH}_4$$

Em que,

“VO₂” é o volume de O₂, em litros, consumido pelo animal;

“VCO₂” é o volume de CO₂, em litros, produzido pelo animal;

“VCH₄” é o volume de CH₄, em litros, produzido pelo animal;

“Nu” é a quantidade de nitrogênio, em gramas, excretado na urina dos animais

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

Os valores de energia metabolizável (EM) foram obtidos 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/grama metano e a densidade de 0,7143 gramas/litro de metano produzido pelos animais.

O incremento calórico do alimento foi calculado pela seguinte fórmula:

$$IC = \text{produção de calor} - \text{produção de calor em jejum}$$

onde, a produção de calor é medida como produção de calor total pelos animais alimentados.

Os valores de energia líquida (EL) foram obtidos a partir da diferença entre energia metabolizável e perda de energia pelo IC.

O valor de metabolizabilidade da energia bruta (qm) foi obtido a partir da seguinte fórmula:

$$qm = \frac{CEM \times 100}{CEB}$$

onde CEM é o consumo de energia metabolizável (Kcal/dia), e CEB significa o consumo de energia bruta (Kcal/dia).

O valor de eficiência de utilização da energia metabolizável (Km) foi obtido à partir da seguinte fórmula:

$$km = \frac{EL \times 100}{EM}$$

em que: EL significa teor de energia líquida (Kcal/g de MS) e EM o teor de energia metabolizável (Kcal/g de MS) dos fenos testados.

3.3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística das variáveis citadas acima foi inteiramente casualizado utilizando o seguinte modelo matemático:

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

Em que,

Y_{jk} = observação “k” na idade de corte “j”;

μ = média geral;

G_j = efeito da idade de corte “j” (j=1, 2, 3);

e_{jk} = erro experimental

Para a comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o teste SNK ($p < 0,05$) utilizando o software SAEG - Demo.

A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado abaixo:

Análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado	
Fontes de Variação	Gl
Total	17
Idades de Corte (Tratamento)	2
Erro	15

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1. COMPOSIÇÃO DOS FENOS DA *Brachiaria decumbens*

Os teores de MS encontrados para os fenos foram de 86,1%, 86,9% e 87,7% para os cortes aos 56, 84 e 112 dias, respectivamente (tabela 01). Os teores de MS dos fenos obtidos neste trabalho, acima de 80 a 85% de MS, estão de acordo com o recomendado por vários autores (Gonçalves e Borges, 2006; Pizarro, 1980; Reis, Moreira e Pedreira, 2001), para a boa conservação do material durante o período de armazenamento. Estes teores são muito próximos dos encontrados por Tibo *et al.* (2000), Gomes *et al.* (2006) e Silveira (2001) 89,5, 85,9 e 88,7%, respectivamente, trabalhando com feno de *B. decumbens*, e inferiores aos encontrados por Orsine *et al.* (1989) de 91,2%, Rodriguez (1984) de 91,9%. Socorro (1984) encontrou valores superiores de MS, de 93,5 e 93,5%, respectivamente para o feno de *B. decumbens* cortada aos 90 e 134 dias.

Os valores encontrados para proteína bruta foram de 6,8, 5,1 e 4,4% para os fenos confeccionados com as plantas aos 56, 84 e 112 dias, respectivamente, valores que podem ser considerados baixos para todos os fenos. Como observado há uma queda no teor de PB dos fenos com o avançar da idade de corte das plantas, sendo esta queda de 28,4% entre os fenos feitos com as plantas aos 56 e 84 dias e de 34,7% entre os fenos obtidos com as plantas aos 56 e 112 dias. Estes teores estão de acordo com o citado por Silveira (2001), que foi de 4,9%, e Gomes *et al.* (2006), 5,7%. Já Rodrigues (1984) observou o teor de 3,9 % de PB, e Socorro (1984) encontrou em seu trabalho teores de 4,2 e 3,9% de PB para os fenos das plantas com 90 e 130 dias de crescimento.

Tabela 01. Valores de Matéria Seca (MS), proteína bruta (PB), compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDIN) e compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido (NIDA) sobre o teor de nitrogênio total, valores de energia bruta em Megacalorias por Kg de MS (EB), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em porcentagem, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do feno de *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

	Idade (dias)		
	56	84	112
%MS	86,1	86,8	87,7
% PB	6,8	5,1	4,4
NIDN	68,1	52,7	40,2
NIDA	25,8	27,7	26,5
EB (Mcal/Kg)	4,3	4,3	4,3
DIVMS	59,0	50,5	46,4
%FDN	84,7	87,1	86,9
%FDA	45,5	51,6	52,8

Os valores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro, NIDIN, foram de 68,1, 52,7 e 40,2% do nitrogênio total, para os fenos obtidos com as plantas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, respectivamente. Gomes *et al.* (2006) encontraram valores de NIDIN compatíveis com estes resultados, de 45,4%, para o feno da planta já passada. No entanto estes foram maiores do que os apresentados por Velasco (2009), que trabalhando com a *B. decumbens*, aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, encontrou 32,6, 44,8 e 43,3%, respectivamente.

Os valores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido foram de 25,8, 27,8 e 26,4% para os fenos confeccionados com as plantas nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento. Estes valores são próximos aos encontrados por Gobbi *et al.* (2005), de 24,8%, que trabalharam com o feno de *B. decumbens* já passada. Velasco (2009), trabalhando com esta forrageira fresca encontrou valores inferiores aos deste trabalho, 18,9, 23,2 e 25,6%, para as idades de corte de 56,84 e 112 dias.

Os valores de EB encontrados foram de 4,3, 4,3 e 4,3 Mcal/kg, para os fenos confeccionados com a planta após 56, 84 e 112 dias de crescimento. Analisando o feno de *B. decumbens* Rodriguez (1984) encontrou 4,3 Mcal/kg e Silveira (2001) 4,5 Mcal/kg, valores próximos aos obtidos neste trabalho. Já Teixeira (2001) obteve um valor um pouco superior, de 4,6 Mcal/kg, e Socorro (1984) e Teixeira e Borges (2005) obtiveram valores de 4,1 e 4,0 Mcal/kg, respectivamente. Rosa, Rocha e Silva (1983) encontraram valores de EB de 4,5, 4,4 e 4,4 Mcal/kg, respectivamente nas idades de 60, 90 e 120 dias, valores superiores aos deste trabalho.

Os valores de DIVMS dos fenos foram de 59,1, 50,5 e 46,4% respectivamente para o corte da planta nas idades de 56, 84 e 112 dias. No trabalho de Macedo (1982) foi estimada DIVMS de 50,9%, 43,0% e 50,2%, respectivamente aos 56, 84 e 112 dias, para pastagens de *B. decumbens* diferidas, valores que são inferiores aos encontrados neste experimento. Reis *et al.* (2001) trabalhando com o feno de *B. decumbens* cortado os 100 dias encontraram 48,7% de digestibilidade *in vitro*. Já Santos *et al.* (2004) e Reis *et al.* (1993) encontraram valores menores para DIVMS, respectivamente, de 43,0% e 36,8%. Moraes *et al.* (2005) trabalhando com pastagens de *B. decumbens* diferida encontraram DIVMS de 37,5%. Os valores encontrados na literatura para DIVMS dos fenos e das pastagens diferidas desta forrageira geralmente são menores que os obtidos neste experimento.

Para fibra em detergente neutro foram obtidos 84,8, 87,2 e 86,9% na matéria seca, respectivamente para os fenos confeccionados com a forrageira com 56, 84 e 112 dias.

O feno de *Brachiaria decumbens*, apresenta um maior teor de frações fibrosas quando comparado com a planta verde. Isto pode ser devido às perdas que ocorrem naturalmente durante a confecção e o armazenamento dos fenos. Esta situação fica evidente quando estes resultados são contrastados com os obtidos por Velasco (2009), trabalhando com a *B. decumbens* fresca, nas mesmas idades de corte, 56, 84 e 112 dias, que obteve 69,0, 72,6 e 72,2% de FDN na MS. O que pode indicar que há um aumento das frações fibrosas, com conseqüente queda da digestibilidade, durante o processo de

fenação, provavelmente devido a perda de materiais menos fibrosos e folhas, durante o revolvimento do material no campo.

Os valores de FDN encontrados neste trabalho para o feno de *B. decumbens* foram maiores que o apresentado por Tibo *et al.* (2002), 81,7%, e por Schmidt *et al.* (2003), 82,2%, estes autores trabalharam com o feno da planta após ter completado seu ciclo. Já Gobbi *et al.* (2005) encontraram para este mesmo material um valor de FDN próximo ao encontrado neste trabalho, 87,7%.

Os valores de fibra em detergente ácido obtidos foram de 45,5, 51,7 e 52,8%, respectivamente aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. Estes valores foram compatíveis com os mencionados por Schmidt *et al.* (2003), 50,5%, e Gobbi *et al.* (2005), 49,7% de FDA, ambos trabalharam com o feno desta planta já madura. Já Moraes *et al.* (2005) trabalhando com pastagem diferida encontraram 46,2% de FDA, resultado bastante semelhantes aos deste trabalho.

3.4.2. CONSUMO DE ENERGIA

Como pode ser visto na tabela 02 os consumos de matéria seca pelos animais foram semelhantes entre os tratamentos ($p > 0,05$), 65,6, 60,3 e 57,6 gramas por unidade de tamanho metabólico (g/UTM), respectivamente para os fenos aos 56, 84 e 112 dias. Rosa, Rocha e Silva (1983) avaliando os fenos de *B. decumbens* em três idades de corte, 60, 90 e 120 dias, obtiveram valores médios de CMS inferiores aos deste trabalho, 50,7, 56,0 e 49,9 g/Kg^{0,75}, para as respectivas idades. Estes autores também não encontraram diferenças ($p > 0,05$) para os consumos nas idades de corte. Já Rolim (1976) avaliou o feno desta planta em três idades de corte, 45, 90 e 135 dias, e obteve valores de CMS de 27,0, 25,3 e 21,5 g/ Kg^{0,75}/dia, resultados muito inferiores aos deste trabalho. A semelhança encontrada para os valores do CMS dos fenos avaliados neste experimento pode ter sido determinada pela proximidade dos conteúdos de FDN (tabela 01) dos fenos nestas idades de corte, uma vez que o FDN é responsável pelo enchimento físico do rumem e, conseqüentemente, pela inibição do consumo de MS dos animais.

Os valores para o consumo de energia bruta, em Kcal/UTM, de 283,9, 265,6 e 249,8, obtidos com a *B. decumbens* aos 56, 84 e 112 dias, foram semelhantes ($p>0,05$). Estes valores foram inferiores aos de Rodriguez (1984) e Teixeira (2001) de 223,9 e 224,1 Kcal/UTM/dia.

Tabela 02 – Valores médios de consumo de matéria seca (CMS) gramas/Kg^{0,75}, consumo de energia bruta (CEB), consumo de energia digestível (CED), consumo de energia metabolizável (CEM) e consumo de energia líquida (CEL) em Kcal/ Kg^{0,75} dos feno de *Brachiaria decumbens* cortada aos 56, 84 e 112 dias.

	CMS	CEB	CED	CEM	CEL
56	65,6	283,9	157,9 ^a	135,0 ^a	87,3
84	60,3	265,6	142,7 ^a	119,7 ^a	91,0
112	57,6	249,8	114,5 ^b	97,1 ^b	76,1
CV	8,5	8,6	10,4	12,8	23,2

* Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste SNK ($p<0,05$)

Para o consumo de energia digestível, em Kcal/UTM, os valores encontrados para os fenos com aos 56 e 84 dias, 157,9 e 142,7, foram semelhantes ($p>0,05$), e maiores ($p<0,05$) que o encontrado para o feno das plantas aos 112 dias, 114,5 Kcal/UTM. Os valores de CED que foram apresentados neste trabalho foram maiores que o apresentado por Rodriguez (1984), de 109,5 Kcal/UTM, e Silveira (2001), 86,6 Kcal/UTM, trabalhando também com o feno da *B. decumbens*. Já Teixeira (2001) apresentou o valor 142,4 Kcal/UTM, valor próximo aos encontrados neste trabalho para o feno confeccionado nas idade de 56 e 84 dias. Os valores superiores para o CED dos fenos obtidos com as plantas aos 56 e 84 dias podem ter sido determinados pela maior digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) destes fenos em comparação ao feno aos 112 dias, uma vez que Ramirez (2010) trabalhando com o mesmo material informou que a DAMS dos fenos das plantas aos 56 e 84 dias, 56,0 e 55,7%, foram superiores ($p<0,05$) a do feno aos 112 dias, 45,6%. Sendo que esta maior DAMS aliada ao CMS semelhante pode ter determinado esta diferença no CED entre os animais alimentados com estes fenos.

O CEM foi menor para o feno cortados aos 112 dias ($p < 0,05$) em comparação aos fenos ceifados aos 56 e 84 dias que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$). Desta forma, observa-se que os valores obtidos com o CEM foram influenciados pelo CED destes fenos.

Machado (2010) avaliando o consumo de energia metabolizável da silagem de três híbridos de sorgo, BRS 610, BR 700 e BRS 655, obtidas com as plantas apresentando os grãos em estágio pastoso, encontrou valores que variaram de 89,7 à 125,5 Kcal/UTM, valores que estão próximos aos encontrados para os fenos de *B. decumbens* deste experimento. Já Ribas (2010) avaliando o híbrido de sorgo BR 800 encontrou valores de CEM de 178,9 Kcal/UTM, superior ao deste experimento.

Castro (2008) avaliou a silagem de capim Tanzânia cortado aos 107 dias e encontrou valores de CEM de 107,0 Kcal/Kg^{0,75}, valor intermediário aos encontrados neste trabalho para o feno da *B. decumbens* com 84 e 112 dias.

Os valores encontrados para o consumo de energia líquida dos fenos obtidos com a *Brachiaria decumbens* aos 56, 84 e 112 dias, 87,3, 91,0 e 76,1 Kcal/UTM, foram semelhantes ($p > 0,05$). Os valores encontrados por Machado (2010), para a silagem de três híbridos de sorgo, variaram de 70,4 à 96,1 Kcal/UTM, valores que estão de acordo com os encontrados para os fenos da *B. decumbens* obtidos com as plantas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. Castro (2008) avaliando a silagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia obteve CEL de 95,4 Kcal/UTM, valor intermediário aos encontrados para os fenos de *B. decumbens* deste experimento.

Porém Ribas (2010) avaliando o híbrido de sorgo BR 800, oferecido verde aos animais, obteve o valor de 156,1 Kcal/UTM para o CEL, valor superior aos encontrados neste trabalho. Estes maiores valores de CEM e CEL encontrados por Ribas (2010) foram devido, provavelmente, aos maiores conteúdos de EL e EM dos alimentos trabalhos por este autor.

Estes valores de consumo de EM e EL são maiores que os encontrados por Galvani (2008), 91,0 Kcal/UTM de energia metabolizável e 58,6 Kcal/UTM de energia líquida

para a manutenção de ovinos trabalhando com o método de abate comparativo. Os valores do CEM também estão acima das recomendações do NRC para a manutenção de ovinos machos adultos, de 93,1 Kcal de EM/UTM/dia. Deste modo, pode-se inferir que os fenos das plantas aos 56 e 84 dias permitiu que os animais atendessem suas necessidades de manutenção e ainda possibilitou a estes energia adicional para o seu crescimento. Já os animais alimentados com o feno da *B. decumbens* ceifada aos 112 dias consumiram quantidades de energia próxima da sua necessidade de manutenção, segundo as exigências apresentadas pelo NRC (2007).

3.4.3. PARTIÇÃO DAS PERDAS DE ENERGIA DOS FENOS DE *Brachiaria decumbens*

Os valores para a perda de energia nas fezes, 125,9, 122,9 e 135,3 Kcal/UTM, para os animais alimentados com os fenos obtidos com as plantas aos 56, 84 e 112 dias, respectivamente (tabela 03), foram semelhantes ($p>0,05$). Machado (2010) relatou perdas fecais médias de 99,4 Kcal/UTM em ovinos alimentados com silagens de três híbridos de sorgo, valor inferior ao deste experimento.

Porém quando as perdas energéticas fecais são expressas em percentagem da EB consumida o tratamento com o feno obtido aos 112 dias apresentou maior valor ($p<0,05$), 54,1%, diferente dos fenos obtidos com as plantas aos 56 e 84 dias que 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 superior ao deste estudo.

A perda da energia bruta na urina, em Kcal/UTM, foi semelhante ($p>0,05$) para todos os fenos testados, sendo de 2,4, 6,7 e 3,4 Kcal/UTM, respectivamente, para os fenos obtidos com as plantas aos 56, 84 e 112 dias. Estes valores foram próximos aos apresentados por Machado (2010) de 2,9, 2,6 e 3,1 Kcal/UTM para carneiros alimentos, respectivamente, com as silagens dos híbridos de sorgo BRS 610, BR 700 e BRS 655.

As perdas de energia na forma de urina em percentual da EB ingerida foram semelhantes ($p>0,05$) e apresentaram valores de 0,9, 2,6 e 1,4%, para os carneiros alimentados com os fenos com 56, 84 e 112 dias. Estes valores estão de acordo com os apresentados por Machado (2010) que avaliando a silagem de três híbridos de sorgo encontrou a variação na perda percentual de energia na forma de urina de 1,1 à 1,7%.

Tabela 03 – Partição percentual e em Kcal por Unidade de Tamanho Metabólico (UTM) das perdas da energia bruta do alimento nas fezes, na urina, na forma de metano e de incremento calórico e o balanço de energia de carneiros alimentados com feno de *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

		Idades			CV
		56	84	112	
Fezes	Kcal/UTM	125,9	122,9	135,3	16,8
	%EB	44,1 ^b	46,0 ^b	54,1 ^a	11,47
Urina	Kcal/UTM	2,4	6,7	3,4	78,2
	%EB	0,9	2,6	1,4	83,2
CH₄	Kcal/UTM	19,6 ^a	16,3 ^b	12,2 ^c	14,8
	%EB	6,9 ^a	6,2 ^a	4,9 ^b	14,9
IC	Kcal/UTM	47,7 ^a	28,6 ^b	21,0 ^b	39,6
	%EB	16,7 ^a	10,9 ^b	8,8 ^b	37,9
Balanço de Energia/dia**		301,81 ^a	308,98 ^a	33,85 ^b	106,1
Balanço de Energia/UTM/dia		21,0	20,6	1,8	111,6

* Letras diferentes na mesma linha indicam diferença pelo teste SNK ($p<0,05$)

** Letras diferentes na mesma linha indicam diferença pelo teste Scott Knott ($p<0,10$)

O valor de perda energética na forma de urina não deve passar de 5% da EB ingerida (Blaxter e Wainman, 1964). A maior perda de energia na forma de urina para os animais alimentados com os fenos obtidos com as plantas aos 84 dias pode indicar uma menor eficiência de utilização do nitrogênio. É importante observar que este feno, aos 84 dias, não apresentou os maiores teores de PB.

A perda de energia na forma de metano foi maior ($p < 0,05$) para os animais alimentados com o feno obtido com a planta aos 56 dias de crescimento, 19,6 Kcal/UTM. Os animais alimentados com o feno obtido aos 84 dias de crescimento apresentaram perda no valor de 16,3 Kcal/UTM, superior ($p < 0,05$) ao apresentado pelos animais alimentados com o feno obtido aos 112 dias, 12,2 Kcal/UTM.

A perda de metano em percentagem da EB foi semelhante entre os carneiros alimentados com o feno obtido aos 56 e 84 dias com valores de 6,9 e 6,2% respectivamente, sendo que estes valores diferiram dos obtidos pelos carneiros alimentados com o feno da planta aos 112 dias ($p < 0,05$).

Ribeiro Junior *et al.* (2011) relataram valores de perda energética na forma de metano de 3,1 a 3,6% em relação a energia bruta ingerida, em ovinos alimentados com silagem de capim *Andropogon*, valores que são inferiores aos encontrados neste experimento.

À medida que a maturidade da planta é atingida há uma redução da degradabilidade da parede resultado da incorporação de compostos de baixa degradabilidade, como a lignina, podendo levar a diminuição da produção de metano em comparação a uma planta mais nova. Velasco *et al.* (2011) relatou a queda da digestibilidade da FDN e da FDA com o avanço da maturidade do capim *Brachiaria decumbens*, já Ramirez (2010) avaliando estes mesmo fenos encontrou valores semelhantes ($p > 0,05$) para a digestibilidade da FDA nestas três idades, 56, 84 e 112 dias de crescimento, e quanto a digestibilidade da FDN este autor encontrou valores semelhantes ($p > 0,05$) para os fenos feitos com as plantas aos 56 e 84 dias, e um valor de DFDN inferior a estes ($p < 0,05$).

Estes resultados da perda de energia na forma de metano provavelmente se devem à maior digestibilidade das frações fibrosas (FDN) dos fenos de *Brachiaria decumbens*

cortados aos 56 e 84 dias, em comparação ao ceifado aos 112 dias (Ramirez, 2010). A degradação ruminal da fibra privilegia a formação de acetato, e está associada à formação de metano. Por isso dietas com maior digestibilidade da fibra apresentam maior perda percentual de energia na forma de metano. Assim, devido a menor digestibilidade da fibra, e da MS, do feno obtido aos 112 dias, os animais deste tratamento apresentaram menor produção de metano.

A perda de energia na forma de incremento calórico foi maior ($p < 0,05$) para os animais alimentados com o feno ceifado aos 56 dias, 47,7 Kcal/UTM, em comparação a perda de energia na forma de IC dos animais alimentados com os fenos obtidos aos 84 e 112 dias de crescimento, 28,6 e 21,0 Kcal/UTM, que foram semelhantes ($p > 0,05$). Os resultados encontrados para o IC dos animais alimentados com os fenos das plantas com 84 e 112 dias são próximos dos obtidos por Machado (2010) para carneiros alimentados com a silagem do híbrido de sorgo BR 700, de 27,5 Kcal/UTM.

O Incremento calórico expresso em percentual da energia bruta ingerida foi maior ($p < 0,05$) para os carneiros alimentados com o feno com 56 dias quando comparados aos carneiros alimentados com os fenos obtidos aos 84 e 112 dias, que não diferiram entre si ($p > 0,05$).

Provavelmente, o maior valor de incremento calórico obtido pelos animais alimentados com o feno ceifado aos 56 dias está relacionado com o maior consumo de energia bruta proporcionado por este feno em relação aos fenos produzidos nas idades de 84 e 112 dias (Ramirez, 2010). Confirmando que quanto maior é o consumo de energia acima da exigência de manutenção dos animais menor é a eficiência de transformação desta energia em energia líquida, e maior é a perda na forma de calor.

O incremento calórico corresponde ao aumento da produção de calor decorrente do consumo do alimento (Machado, 2010). O aumento do consumo e da digestibilidade do alimento pode elevar os valores de incremento calórico. 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 a energia bruta ingerida se comparada a plantas mais velhas. Estes resultados mostram que uma proporção

considerável da energia digestível destes fenos foi perdida pela metabolização dos nutrientes do feno pelo incremento calórico dos animais.

Apesar da perda de energia nas fezes representar a maior fonte individual de perda de energia as outras fontes foram importantes para fazer com que os valores de energia metabolizável e líquida dos fenos fossem semelhantes.

Machado (2010) trabalhando com a silagem de sorgo BR 700 ensilado com os grãos no estágio pastoso encontrou valores de perda da energia bruta da silagem de 52,0% nas fezes, 1,1% na urina, 3,8% na forma de metano e 11,7% como incremento calórico. De um modo geral a partição das perdas apresentadas por este autor são próximas as encontradas neste trabalho para o feno da *Brachiaria decumbens* cortado nas três idades.

O balanço de energia diário dos animais foi positivo para todos os tratamentos. Os resultados obtidos para o balanço de energia dos carneiros alimentados com os fenos das plantas aos 56 e 84 dias de crescimento foram semelhantes ($p>0,10$), e superiores ao valor encontrado para os animais alimentados com os fenos obtidos aos 112 dias de crescimento da *B. decumbens*.

Quanto ao balanço de energia por UTM/dia pode-se observar que os valores encontrados para os animais alimentados com os fenos ceifados aos 56 e 84 dias foram próximos e superiores aos encontrados para o feno feito com as plantas aos 112 dias de crescimento. Porém o elevado coeficiente de variação apresentado nestas mensurações pode ter impedido que fossem detectadas diferenças entre os tratamentos. Neste caso os valores encontrados para o balanço de energia dos animais alimentados com o feno aos 112 dias de crescimento foram de aproximadamente 10% dos valores encontrados para os animais alimentados com os fenos aos 56 e 84 dias.

Estes valores para o balanço de energia estão de acordo com os valores encontrados por Ramirez (2010) trabalhando com o mesmo material deste experimento, que obteve retenção de nitrogênio, de 2,0, 0,9 e -2,0 gramas por dia, para os fenos produzidos com esta forrageira aos 56, 84 e 112 dias, respectivamente. Sendo que o valor obtido por

Ramirez (2010) para a retenção de nitrogênio nos carneiros alimentados com o feno obtido aos 112 dias foi inferior ($p < 0,05$) aos dos alimentados com os fenos com 56 e 84 dias, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$), assim como para o balanço de energia com maior nível de significância ($p > 0,10$).

Os dados presentes na tabela 03 mostram ainda que, independente da idade de corte dos fenos, a perda de energia pelos animais alimentados com estes foi maior para as fezes, seguida pela perda de energia na forma de incremento calórico, metano e urina.

3.4.4. EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA

A digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) obtida para o feno das plantas aos 112 dias de crescimento, 45,8%, foi menor ($p < 0,05$) que os das plantas aos 56 e 84 dias de crescimento, 55,4 e 54,0%, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$) (tabela 04). Silveira (2001) trabalhando com feno de *B. decumbens* encontrou valores de DAEB de 51,2%, semelhantes aos deste trabalho para as idades de 56 e 84 dias. Já Teixeira (2001) encontrou para o mesmo material um valor de 45,3%, bem próximo ao deste experimento para o feno aos 112 dias. Velasco (2009) trabalhando com a *B. decumbens* verde encontrou valores de DAEB superiores aos determinados neste trabalho, de 65,9, 61,6 e 56,8%, para as idades de 56, 84 e 112 dias.

De acordo com Ramirez (2010) a DAEB dos fenos da *Brachiaria decumbens* aos 56, 84 e 112 dias apresentaram correlações positivas de 99,3% , 99,7% e 93,7% com a DAMS, a DAMO e a DFDN. A MO é a fonte de energia primária das forrageira, e esta apresentou correlação positiva tanto para a DFDN quanto para a DAMS. Este mesmo autor afirmou que a menor DAEB do feno com 112 dias pode estar ligada ao menor conteúdo de nitrogênio disponível para a fermentação ruminal neste material, o que influenciou a degradabilidade ruminal da MS e da MO.

Tabela 04 – Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta em percentagem (DAEB), metabolizabilidade (qm), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (km) e razão entre a energia líquida e energia bruta, em percentagem, do feno da *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Idades	Parâmetros			
	DAEB (%)	qm (%)	km (%)	EL(%EB)
56	55,4 ^a	48,0 ^a	65,0	31,9
84	54,0 ^a	45,2 ^{ab}	76,0	35,1
112	45,8 ^b	39,5 ^b	76,6	31,6
CV	10,6	11,7	14,9	--

* Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste SNK ($p < 0,05$)

Os valores de metabolizabilidade da energia bruta (qm) foram semelhantes ($p > 0,05$) para os animais alimentados com os fenos ceifados aos 56 e 84 dias, 48,0 e 45,2%. O valor encontrado para os animais alimentados com o feno aos 56 dias foi superior ao valor de, 39,5%, obtido para os animais alimentados com o feno obtido aos 112 dias. Já os valores encontrados para o km dos animais alimentados com os fenos obtidos com as plantas aos 84 e 112 dias foram semelhantes ($p > 0,05$). Estes dados demonstram que mesmo que os fenos não tenham apresentado diferenças nos teores de EM, os fenos produzidos aos 56 e 84 dias foram superiores em transformar a energia bruta em energia metabolizável.

Machado (2010) também encontrou valores de qm que variaram de 44,0 à 50,0% para carneiros alimentados com silagens de três híbridos de sorgo, valores semelhantes aos encontrados neste experimento. Ribas (2010), avaliando três híbridos de sorgo, encontrou valores de qm variando de 60,8 a 64,2%, valores superiores aos obtidos para os fenos de *Brachiaria decumbens* nestas idades.

Para os valores de eficiência parcial para manutenção (km), os valores oscilaram entre 65,0 e 76,6%, não apresentando diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). Castro (2008) relatou valores de km para silagens de capim Tanzânia condizentes com os deste experimento, com variação entre 57,0% para o capim cortado aos 63 dias e 74,0% para o corte aos 107 dias. Os valores de km obtidos por Machado (2010) 72,0 à 78,0%,

mostram que tanto os fenos testados neste trabalho quanto as silagens de sorgo trabalhadas por esta autora apresentaram valores semelhantes de km. A eficiência de uso da energia metabolizável para a manutenção e a energia líquida, sendo influenciada pelo incremento calórico da dieta. Neste estudo não houve diferença entre os valores de incremento calórico dos tratamentos avaliados, refletindo também no km dos tratamentos.

Os valores de energia líquida, como porcentagem da energia bruta ingerida, variaram de 31,6 e 35,1%. Esta relação reflete a eficiência de todo o fluxo de energia no animal (Machado, 2010), correspondendo a energia disponível para o animal utilizar em suas atividades de manutenção e produção. Machado (2010) trabalhando com silagens de sorgo encontrou valores da relação entre a energia líquida e energia bruta variando de 22,6 e 40,1%, valores que estão de acordo com os deste experimento.

3.4.5. TEORES DE ENERGIA

Os valores de Energia Bruta obtidos para os fenos, 4,2, 4,3, e 4,2 Kcal/Kg de MS (tabela 05), apresentam-se dentro da faixa de valores relatados pela literatura (Teixeira e Borges, 2005; Silveira, 2001; Teixeira, 2001; Rosa, Rocha e Silva, 1983). A proximidade destes valores se deve ao fato de que a medida de EB se faz pela combustão completa do substrato, até gás carbônico e água, sendo seus valores influenciadas pela composição dos alimento em termos de carboidratos, proteína e lipídios, sendo que esta foi muito semelhante entre os fenos avaliados, conforme pode ser verificado na tabela 01.

Tabela 05 – 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) do capim feno de *Brachiaria decumbens* em três diferentes idades de corte, 56, 84 e 112.

Idades	Parâmetros			
	EB	ED	EM	EL
56	4,2	2,4 ^a	2,0	1,3
84	4,3	2,3 ^a	1,9	1,5
112	4,2	1,9 ^b	1,7	1,3
CV	--	10,6	12,0	22,1

* Letras diferentes na mesma linha indicam diferença pelo teste SNK (p<0,05)

A energia digestível (ED) dos fenos obtidos com as plantas aos 56 e 84 dias, 2,4 e 2,3 Mcal/Kg de MS, foram semelhantes entre si ($p>0,05$) e superiores ($p<0,05$) ao encontrado para o feno aos 112 dias, 1,9 Mcal/Kg de MS. Ramirez (2010) trabalhando com os mesmos materiais deste experimento encontrou correlação positiva entre os valores de ED destes fenos e os valores de DAMS e DFDN, 99,2 e 93,6%, respectivamente. Rosa, Rocha e Silva (1983) encontraram valores de ED de 2,3 e 2,3 Kcal/g para as idades de 60 e 90 dias, valores inferiores aos obtidos neste trabalho para as idades de 56 e 84 dias. Porém estes autores encontraram um valor de 2,1 Kcal/g para o feno obtido com as plantas ao 120 dias, valor superior ao encontrado neste trabalho para a idade de 112 dias.

Os teores de energia metabolizável, EM, 2,0, 1,9 e 1,7 Kcal/Kg de MS dos fenos obtidos aos 56, 84 e 112 dias de crescimento da *Brachiaria decumbens*, foram semelhantes ($p>0,05$). Estes valores foram próximos aos apresentados por Machado (2010), 2,2, 1,8 e 2,0 Kcal/Kg de MS, das silagens dos híbridos de sorgo BRS 610, BR 700 e BRS 655. Porém inferiores aos apresentados por Ribas (2010), de 2,7 a 2,9 Kcal/Kg de MS, para três híbridos de sorgo com capim Sudão.

Os teores de energia líquida, 1,3, 1,5 e 1,3 Kcal/Kg de MS, foram semelhantes ($p>0,05$) para os fenos ceifados com as plantas nas idades de 56, 84 e 112 dias. Estes valores foram próximos aos dados de Machado (2010) que, avaliando as silagens dos híbridos de sorgo BRS 610, BR 700 e BRS 655 obtidas com os grãos em estágio leitoso, obteve teores de EL de 1,3, 1,4 e 1,2 Kcal/Kg de MS.

A semelhança dos teores de energia líquida e metabolizável destes fenos se deve provavelmente ao tipo de fermentação ruminal que estes promoveram uma vez que estes materiais apresentam poucos componentes rapidamente fermentáveis no rumem. Assim, a energia fornecida por este se deve principalmente a fermentação dos constituintes estruturais das plantas, como a celulose e as hemiceluloses.

Trabalhando com a silagem de sorgo do híbrido BRS 610 Machado (2010) encontrou valor de EM de 2,2 Kcal de EM/Kg de MS, valor superior aos obtidos para os fenos

deste experimento. Ribas (2010) trabalhou com o híbrido de sorgo com capim Sudão (BR 800) e encontrou valor de 2,7 Kcal de EM/Kg de MS, valor também superior ao encontrado para os fenos da *B. decumbens*. Quanto aos teores de EL estes dois autores encontraram, respectivamente, valores de 1,7 e 1,9 Kcal de EM/Kg de MS, superiores aos obtidos para os fenos deste experimento.

Estes maiores valores de EM e EL encontrados por Ribas (2010) e Machado (2010) se devem provavelmente ao maior teor de carboidratos não fibrosos em relação ao feno de braquiária e também a natureza das frações fibrosas, ou seja, a forma como a matriz da parede celular se organiza. A fermentação do amido leva a produção de propionato pela microbiota ruminal, a produção deste ácido é inversamente proporcional à produção de metano, fazendo com que estes alimentos apresentem maiores teores de EM e consequentemente de EL.

3.4.6. RESPIROMETRIA

A produção de metano em litros por dia (L/dia) foi, 29,7 e 25,6, semelhante entre os animais alimentados com o feno obtido com a forrageira ceifada aos 56 e 84 dias ($p>0,05$), sendo estes valores maiores que os encontrados para os alimentados com o feno da planta ceifada aos 112 dias de crescimento, 18,6 L/dia, ($p<0,05$) (tabela 06). Ribas (2010) avaliando a produção de metano diária de carneiros alimentados com o híbrido de sorgo BR 800 encontrou a produção de 19,2 L/dia, valor menor que o encontrado para os animais do atual estudo consumindo os fenos ceifados aos 56 e 84 dias.

A produção de metano em L/UTM/dia foi maior para os carneiros alimentados com o feno obtido aos 56 dias ($p<0,05$) quando comparado com os alimentados com o feno de 84 dias, que, por sua vez, foi maior que a produção obtida pelos animais alimentados com o feno de 112 dias de idade ($p<0,05$). Estes valores são inferiores aos reportados por Machado (2010), que, avaliando as silagens de três híbridos de sorgo, encontrou valores de produção de metano variando de 1,1 a 0,8 L/UTM. Ribas (2010) encontrou a produção de metano igual a 1,6 L/UTM para um híbrido de sorgo com capim Sudão portador de nervura marrom, valor intermediário aos deste experimento.

Tabela 06 – Produção de metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂) e consumo de oxigênio (O₂) em litros por dia (L/dia) e em litros por unidade de tamanho metabólico (UTM) por dia (L/UTM/dia) e quociente respiratório (CR) de carneiros alimentados com feno de *Brachiaria decumbens* ceifados nas idades de 56, 84 e 112 dias.

		Idades			CV
		56	84	112	
CH ₄	L/dia	29,7 ^a	25,6 ^a	18,6 ^b	17,9
	L/UTM	2,1 ^a	1,7 ^b	1,3 ^c	14,8
CO ₂	L/dia	330,6 ^a	297,3 ^{ab}	265,2 ^b	13,5
	L/UTM	22,8 ^a	20,0 ^b	18,3 ^b	7,4
O ₂	L/dia	331,4 ^a	292,0 ^{ab}	284,5 ^b	10,5
	L/UTM	23,0 ^a	19,7 ^b	19,7 ^b	10,1
CR		1,0	1,0	0,9	6,2

* Letras diferentes na mesma linha indicam diferença pelo teste SNK (p<0,05)

A produção de gás carbônico dos animais alimentados com o feno obtido com as plantas aos 56 dias, 330,6 L/d, foi semelhante (p<0,05) a encontrada para o feno aos 84 dias, 297,3 L/d, e superior (p<0,05) a dos animais alimentados com o feno com 112 dias, 265,2 L/d. A produção de gás carbônico, em litros por dia, dos carneiros alimentados com os fenos obtidos aos 84 e 112 dias foi semelhante (p>0,05). Ribas (2010) avaliando o híbrido de sorgo BR 800 verde obteve produção de gás carbônico de 453,3 L/d, valor superior ao encontrado neste trabalho.

Quando se analisa a produção de gás carbônico em L/UTM observa-se que os carneiros alimentados com o feno de 56 dias apresentaram maior valor (p<0,05), 22,9 L/dia, em comparação aos animais alimentados com os fenos obtidos aos 84 e 112 dias de crescimento da forrageira, 20,0 e 18,3 L/dia, que foram semelhantes entre si (p>0,05). Machado (2010) relata a produção gás carbônico de 18,7 L/UTM para a silagem do híbrido de sorgo BR 700, valor semelhante ao encontrado para os fenos da *Brachiaria*

decumbens obtidos pelos carneiros alimentados com o feno aos 84 e 112 dias. Já Ribas (2010) obteve a produção de CO₂ L/UTM de 27,3 para o híbrido de sorgo BR 800, valor superior aos dos animais alimentados com os fenos da *B. decumbens* nestas idades de corte.

O Consumo de oxigênio, em L/dia, foi semelhante ($p>0,05$) para os animais recebendo os fenos obtidos com as plantas aos 56 e 84 dias, 331,4 e 292,0 L/dia, o valor de consumo de O₂ dos animais consumindo o feno das plantas aos 112 dias, 284,5 L/dia, foi menor que o obtido pelos alimentados com o feno aos 56 dias ($p<0,05$) e semelhante ao obtido pelos animais consumindo o feno das plantas aos 84 dias ($p>0,05$). Ribas (2010) obteve consumos de oxigênio variando de 467,0 a 589,7 L/dia, para três híbridos de sorgo.

Para o consumo de oxigênio, em L/UTM, os carneiros alimentados com o feno ceifado aos 56 dias, 23,0 L/UTM, foi superior ($p<0,05$) ao encontrado para os fenos aos 84 e 112 dias, 19,74 e 19,7 L/UTM, que foram semelhantes entre si ($p>0,05$). Ribas (2010) avaliando um híbrido de sorgo com nervura marrom obteve consumos de oxigênio de 35,8 L/UTM, valor superior ao encontrado para estes fenos. Porém Machado (2010) trabalhando com silagens de sorgo obteve produção de O₂ variando de 26,8 a 18,4 L/UTM.

Quanto ao CR os animais deste experimento não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) para os tratamentos testados, sendo de 1,0, 1,0 e 0,9 para os fenos obtidos aos 56, 84 e 112 dias de crescimento da forrageira. Estes valores encontrados estão dentro dos valores tidos como normais, que variam de 0,7 e 1,3, sendo desejáveis valores o mais próximo possível de 1,0, pois estes indicam que os animais estão metabolizando apenas carboidratos, o que é normal para carneiros alimentados com forragens. Deste modo, os resultados mostram que os animais apresentavam-se em perfeito estado de normalidade metabólica e que as análises de respirometria foram realizadas adequadamente. Machado (2010) apresentou valor médio do CR variando de 0,9 à 0,9 para as silagens de três híbridos de sorgo, obtidas com os grãos em estágio pastoso. Ribas (2010) apresentou valores variando de 0,9 a 0,9 para três híbridos de sorgo com

capim Sudão. Estes menores valores de CR apresentados por estes autores provavelmente se devem ao maior teor de lipídios e proteínas metabolizáveis presentes nestes materiais, em comparação aos fenos testados. Isso porque, os lipídios e proteínas quando metabolizados apresentam menores valores de CR, 0,7 e 0,8, respectivamente, que os carboidratos, 1,0. Sendo que os carboidratos estruturais foram, provavelmente, a principal fonte de substrato metabolizável destes fenos. O que pode ser comprovado pelos maiores teores de FDN destes fenos, 84,7 a 86,1%, em relação aos materiais trabalhados por Machado (2010), 60,3 a 63,6%, e Ribas (2010), 66,4 a 68,7%.

3.4.7. PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO

As perdas de energia na forma de metano foram maiores ($p > 0,05$) para os animais alimentados com os fenos com 56 e 84 dias, 283,2 e 243,4 Kcal/dia, em comparação aqueles alimentados com o feno cortado aos 112 dias ($p < 0,05$), 177,3 Kcal/dia (tabela 07).

No ecossistema ruminal a produção de metano é fundamental para a regeneração dos cofatores reduzidos, permitindo a continuidade do processo de fermentação da dieta. Quando da degradação da fibra, que ocorre predominantemente pela via acetogênica, a produção de metano pela microbiota ruminal é aumentada, pois a cada molécula de acetato formada ocorre a formação de uma molécula de metano. Por isso dietas ricas em fibra, como os fenos de *Brachiaria decumbens* favorecem a formação de metano pela ação dos microorganismos ruminais, sendo esta uma importante fonte de perda da energia dos alimentos.

A formação de metano, em gramas por dia, foi menor ($p < 0,05$) para o feno obtido com as plantas aos 112 dias de crescimento, 13,3 gramas, em comparação com os fenos das plantas aos 56 e 84 dias, 21,2 e 18,3 gramas, que foram semelhantes ($p > 0,05$).

A formação de metano em g/UTM foi maior para os carneiros alimentados com o feno obtido aos 56 dias ($p < 0,05$), 1,5 g/UTM, em comparação com os alimentados com o feno de 84 dias, 1,2 g/UTM, que obtiveram um valor maior ($p < 0,05$) que os alimentados com o feno ceifado aos 112 dias, 0,9 g/UTM.

Tabela 07 – Perda de energia bruta na forma de metano (Kcal/dia), formação de metano (CH₄) em gramas por dia (g/dia) e gramas por Unidade de Tamanho Metabólico (UTM) (g/UTM), perda de energia bruta na forma de CH₄ (EBCH₄), em Kcal, pelo consumo de matéria seca (CH₄/CMS) total e digestível (Dig.) e a perda de EBCH₄ pelo consumo de FDN (CH₄/FDN) total e digestível (Dig.) de carneiros alimentados com fenos de *Brachiaria decumbens* cortados aos 56, 84 e 112 dias.

		Idades			CV
		56	84	112	
Perda de Energia na forma de CH₄ (Kcal/dia)		283,2 ^a	243,4 ^a	177,3 ^b	17,9
CH₄	g/dia	21,2 ^a	18,3 ^a	13,3 ^b	17,9
	g/UTM	1,5 ^a	1,2 ^b	0,9 ^c	14,8
EBCH₄/CMS	Total	299,6 ^a	271,9 ^a	212,3 ^b	14,7
	Dig.	537,9	508,5	471,0	16,9
EBCH₄/CFDN	Total	342,9 ^a	305,8 ^a	236,0 ^b	14,9
	Dig.	561,4	521,0	449,3	15,6

* Letras diferentes na mesma linha indicam diferença pelo teste SNK (p<0,05)

Quando se analisa a perda de energia dos alimentos na forma de metano, em Kcal/UTM, pela MS ingerida pelos animais, em gramas, observam-se valores de 299,6 e 272,9 Kcal/UTM/g de MS para os fenos obtidos aos 56 e 84 dias de crescimento da forrageira, que foram semelhantes (p>0,05). Estes valores foram superiores (p<0,05) ao encontrado para os animais alimentados com o feno obtido aos 112 dias de crescimento da forrageira, 212,3 Kcal/UTM/g de MS.

Já quando se analisa a perda da energia na forma de metano, em Kcal, por UTM, pelo consumo de matéria seca digestível dos animais observa-se valores de 537,9, 508,5 e 417,0 Kcal/UTM/ g de MSD, para os animais consumindo os fenos obtidos com a forrageira aos 56, 84 e 112 dias, respectivamente, valores que foram semelhantes (p>0,05).

Quando se divide a perda de energia na forma de metano (Kcal) por UTM pelo consumo de FDN pelos animais obtêm-se os valores de 342,9 e 305,8 Kcal/UTM/g de FDN, valores semelhantes ($p>0,05$), para os fenos das plantas aos 56 e 84 dias que foram superiores aos obtidos pelos animais que receberam o feno das plantas com 112 dias, de 236,0 Kcal/UTM/g de FDN.

Porém quando se analisa a perda de energia na forma de metano por UTM por grama de FDN digestível os valores, 561,4, 521,0 e 449,3 Kcal/UTM/g de FDND, estes valores foram semelhantes para os animais alimentados com os três fenos testados ($p>0,05$). Deste modo, confirma-se a maior produção de metano para os animais alimentados com os fenos produzidos aos 56 e 84 dias, em comparação com a produção de metano dos animais alimentados com o feno de 112 dias. Porém quando se observa a perda de energia na forma de metano pela ingestão de matéria seca digestível observa-se que os tratamentos foram semelhantes entre si ($p>0,05$). Mostrando que as unidades de MSD destes três fenos testados possuem a mesma capacidade de produção de metano. Quando se observa a perda de metano pela ingestão de FDN se observa a mesma lógica da matéria seca, ou seja cada unidade de fibra digestível destes fenos, independente da idade de corte, apresentam a mesma capacidade de produção de metano. Possivelmente porque a degradação pelos microorganismos ruminais ocorreu de forma semelhante sobre os substratos.

Neste mesmo sentido Castro *et al.* (2009) observaram que a produção de metano por carneiros alimentados com forrageiras tropicais apresenta elevada correlação com o consumo de matéria seca digestível. Sendo que estes autores não apontaram uma correlação elevada entre a idade de corte da forrageira e a produção de metano. O que também pode ser visto neste trabalho, onde as unidades de MSD e FDND dos fenos ceifados em diferentes idades apresentaram a mesma capacidade de produção de metano, sendo menor a produção justamente no tratamento que proporcionou o menor consumo pelos animais.

É importante atentar ainda para o fato de que os animais alimentados com os fenos obtidos aos 56 e 84 dias apresentaram balanço de energia maior ($p<0,10$) que os

alimentados com o feno aos 112 dias. Deste modo, pode-se inferir que os fenos aos 56 e 84 dias são capazes de fornecer energia acima das necessidades de manutenção dos animais, sendo esta utilizada para a produção, enquanto os animais alimentados com o feno obtido com a forrageira aos 112 dias apenas foi capaz de atender as exigências energéticas de manutenção dos animais. Logo a produção de metano dos animais alimentados com os fenos aos 56 e 84 dias foi acompanhada de produção animal, enquanto a do feno aos 112 dias de crescimento não, assim, o corte da forrageira mais jovem, 56 e 84 dias, se configura como uma estratégia para a redução da produção de metano por unidade de produto animal, quando comparado com a confecção do feno com as plantas aos 112 dias de crescimento.

3.4.8. PRODUÇÃO DE CALOR

A produção total de calor pelos carneiros alimentados com o feno de 56 dias, foi de 1658,1 Kcal, foi semelhante ($p>0,05$) a dos alimentados com o feno das plantas aos 84 dias, 1468,5 Kcal, e maior ($p<0,05$) que a produção de calor dos animais alimentados com o feno aos 112 dias, 1404,5 Kcal. No entanto a produção de calor dos animais alimentados com os fenos de 84 e 112 dias foram semelhantes ($p>0,05$) (tabela 08).

Freety *et al.* (2002) trabalhando com ovelhas adultas das raças Finnsheep e Rambouillet alimentadas com dietas formadas por 20,4% de feno de alfafa, 64,9% de milho, 9,1% de farelo de soja, 2,7% de melaço, 3,0% de uma mistura mineral e vitamínica, encontraram produções de calor por dia de 1.269,7 e 1.406,4 Kcal/dia valores bem próximos aos deste experimento.

É importante observar que no trabalho de Freety *et al.* (2002) apesar dos animais estarem consumindo acima dos requisitos de manutenção a dieta apresentava menores conteúdos de fibras e, conseqüentemente, maior digestibilidade. Como o teor de fibra das dietas está relacionado à produção de calor pelos animais, há uma compensação da maior ingestão de energia por estes, fazendo com que os valores de produção de calor nestas duas condições sejam próximos.

Tabela 08 – Produção total de calor (Kcal/dia), produção de calor por Unidade de Tamanho Metabólico (Kcal/UTM/dia), a produção de calor dos carneiros em jejum (Kcal/UTM) e o Incremento Calórico (IC), em Kcal, Incremento Calórico, em Kcal por UTM (IC/UTM) e o Incremento calórico por UTM por grama de MS consumida e por grama de MS digestível consumida de carneiros alimentados com o feno de *Brachiaria decumbens* nas idades de 56, 84 e 112 dias.

	Idades			CV
	56	84	112	
Carneiros alimentados (Kcal/dia)	1658,1 ^a	1468,5 ^{ab}	1404,5 ^b	10,9
Carneiros alimentados (Kcal/UTM)	114,1 ^a	99,1 ^b	95,0 ^b	7,8
IC (Kcal)	682,9 ^a	420,7 ^b	318,3 ^b	36,9
ICUTM (Kcal/UTM)	47,7 ^a	28,7 ^b	21,1 ^b	39,7
ICUTM/CMS (Kcal/UTM)	50,5	33,4	31,3	33,5
ICUTM/CMSD (Kcal/UTM)	90,6	61,3	70,7	34,9
Carneiros em jejum (Kcal/UTM)	69,0	73,5	76,8	16,4

* Letras diferentes na mesma linha indicam diferença pelo teste SNK ($p < 0,05$)

Já a produção de calor por UTM foi maior ($p < 0,05$) para os animais que receberam o feno da *Brachiaria decumbens* aos 56 dias, 114,1 Kcal/UTM, em comparação a produção de calor dos animais que receberam os fenos feitos aos 84 e 112 dias de crescimento, 99,1 e 95,0 Kcal/UTM, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$). Machado (2010) trabalhando com o híbrido de sorgo BR 700 ensilado com os grãos no estádio pastoso obteve produção de calor igual a 105,8 Kcal/UTM, valor intermediário aos

encontrados neste experimento. Ribas (2010) avaliando a produção de calor dos animais alimentados com três híbridos de sorgo de corte obteve produções de calor variando de 92,5 a 177,8 Kcal/UTM, valores que estão de acordo com os obtidos neste trabalho.

O incremento calórico (IC), em Kcal/dia, dos animais alimentados com o feno das plantas aos 56 dias, 682,9 Kcal, foi maior ($p < 0,05$) que o dos animais consumindo os fenos das plantas ceifadas aos 84 e 112 dias, 420,7 e 318,3 Kcal, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$).

Quanto ao incremento calórico, em Kcal/UTM, os valores obtidos para animais alimentados com o feno de 56 dias, 47,7 Kcal/UTM, foram superiores ($p < 0,05$) aos valores encontrados para os ovinos alimentados com os fenos da *Brachiaria decumbens* aos 84 e 112 dias de crescimento, 28,6 e 21,1 Kcal/UTM, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$).

O incremento calórico, Kcal/UTM/g de MS consumida pelos animais foi semelhante ($p > 0,05$) entre os tratamentos, sendo os valores de 50,5, 33,4 e 31,3 Kcal/UTM/g de MS obtidos, respectivamente, para os animais alimentados com os fenos das plantas aos 56, 84 e 112 dias.

Os maiores IC encontrados para os animais alimentados com os fenos obtidos aos 56 dias pode ser decorrente da maior capacidade de digestão das hemiceluloses deste em comparação aos outros fenos, sendo estas de 69,1, 61,7 e 56,0%, respectivamente para os fenos obtidos aos 56, 84 e 112 dias de crescimento (Ramirez, 2010). Como a degradação ruminal das hemiceluloses é em geral feita pela via acetogênica esta possui uma maior capacidade para a produção de calor durante a fermentação. Ramirez (2010) também mostrou que o consumo das hemiceluloses foi maior para o feno produzido aos 56 dias em comparação aos fenos obtidos aos 84 e 112 dias, podendo ser esta fração determinante para o maior IC nos animais consumindo o feno com a planta aos 56 dias de idade.

A produção de calor para os animais em jejum foi semelhante ($p>0,05$) para os três grupos de animais, variando a média entre os animais que compuseram os tratamentos de 69,0 a 76,8 Kcal/UTM.

A produção de calor dos animais em jejum encontrada neste experimento foi superior a reportada por Coelho da Silva e Leão (1979), de 59,0 Kcal/UTM/dia, obtidos com carneiros adultos deslanados. Porém estes valores estão de acordo com os reportados por Geraseev *et al.* (2000) que trabalhando com carneiros Santa Inês encontraram produção de calor em jejum destes animais de 69,9 Kcal/UTM/dia.

Por outro lado, Galvani (2008) trabalhando com o abate comparativo de cordeiro confinados em crescimento encontrou requerimento de manutenção dos animais, por meio de equações, de 58,6 Kcal de EL/UTM, valor inferior ao encontrado neste trabalho para a produção de calor dos animais em jejum.

Pode-se verificar que os animais alimentados com os fenos de 56 e 84 dias consumiram EL acima da manutenção, ou seja, produção de calor em jejum, já os alimentados com o feno obtido aos 112 dias só atenderam as exigências de manutenção.

3.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Os fenos de *B. decumbens* obtidos de material ceifado aos 56 e 84 dias permitiram maior aproveitamento bioenergético por ovinos. Apresentaram melhor balanço energético, menores consumos de ED e EM e melhor metabolizibilidade. O melhor balanço energético para os fenos obtidos com 56 e 84 dias e a semelhança entre as emissões de metano/Kg de MSD e FDND indicam a possibilidade de mitigação de efeito estufa alterando a idade de corte para a fenação. Isto demonstra a maior capacidade dos animais de aproveitarem os fenos obtidos com as plantas aos 56 e 84 dias.

3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The utilization of the energy of different rations by sheep and cattle for maintenance and fattening. **J. Agric. Sci.**, v. 63, p. 113-128, 1964.

BROUWER, E. Reporto f sub-Committee on constants and factors. **Proc. 3rd Symp. On Energy Metabolism**, EAAP Publ. n. 11, p. 441-443, 1965.

CASTRO, G. H. F. et al. Produção de metano em ovinos consumindo volumosos tropicais. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 2009.

CASTRO, G. H. F. **Silagem de capim tanzânia (*Panicum maximum* cv Tanzânia) em diferentes idades**. 2008. 125 p. Tese (doutorado) – EV-UFGM, Belo Horizonte, 2008.

CHWALIBOG, A. **Physiological basis of heart production – the fire of life**. Research School of nutrition and physiology, 2004.

COELHO DA SILVA, J. F., LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.

FREETY, H. C. et al. Relationships among heat production, body weight, and age in Finnshep and Rambowillet ewes. **J. Anim. Sci.**, v. 80, p. 825-832, 2002.

GALVANI, D. B. Exigência e eficiência de utilização da energia e da proteína para cordeiros confinados. Dissertação (Mestrado). Santa Maria: UFSM. 2008, 85 p.

GERASEEV, L. C. et al. Composição corporal e exigências nutricionais em cálcio e fósforo para ganho e manutenção de cordeiros Santa Inês dos 15 Kg aos 25 Kg de peso. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 29, n. 1, p. 261-268, 2000.

GOBBI, K. F. et al. Composição Química e Digestibilidade *In Vitro* do Feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. Tratado com Uréia. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 34, n. 3, p. 720-725, 2005.

GOERING, H. K. E.; VAN SOEST, P. J. **Forages fiber analysis**. Washington: Agricultural Research Service, 1970. 20 p. (Handbook n.397).

GOMES, S. P. et al. Consumo, digestibilidade e produção microbiana em novilhos alimentados com diferentes volumosos, com e sem suplementação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 58, n. 5, p. 884-892, 2006.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. **Tópicos de forragicultura tropical**. Belo Horizonte: FEPMVZ (Apostila), 2006. 117p.

MACEDO, F.A.F. **Efeito de quarto datas de vedação sobre a produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* Stapf**. 1982. 71 p. Dissertação (Mestrado) - EV-UFMG, 1982.

MACHADO, F. S. **Digestibilidade, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação**. 2010. 109 p. Tese (Doutorado) – EV-UFMG, Belo Horizonte, 2010.

MORAES, E. H. B. K.; et al. Avaliação Qualitativa da Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf., sob Pastejo, no Período da Seca, por Intermédio de Três Métodos de Amostragem. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 34, n. 1, p. 30-35, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2007. 384 p.

OFFICIAL methods of analysis of AOAC international. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1995.

ORSINE, G. F. et al. Efeito da fonte de cálcio (Calcário vs *Lithothomium calcareum*) na digestibilidade aparente do feno do capim *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basiliski. **Anais Esc. Agron. e Vet.**, v. 19, n. 1, p. 49-58. 1989.

PIZARRO, E. A.; et al. Regional experience with brachiaria: Tropical America-savannas. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Eds.). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1996. p. 225-246.

RAMIREZ, M. A. **Consumo e digestibilidade aparente de fenos de *Brachiaria decumbens*, stapf cultivar Basiliski cortados em três diferentes idades**. 2010, 48 p. Dissertação (Mestrado) – EV-UFMG, Belo Horizonte, 2010.

REIS, R. A.; et al. Avaliação de Fontes de Amônia para o Tratamento de Fenos de Gramíneas Tropicais. 2. Compostos Nitrogenados. **Rev. bras. zootec.**, v. 30, n. 3. p. 682-686, 2001.

REIS, R. A.; et al. Amonização do feno de *Brachiaria decumbens* com diferentes teores de umidade. **Pesq. agropec. bras.**, v. 28, n. 4, p. 539-543, 1993.

REIS, R. A.; MOREIRA, A. L.; PEDREIRA, M. S. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 1-39.

RIBEIRO JR., G. O.; et al. Respirimetria e perdas energéticas de ovinos alimentados com silagens de capim *Andropogon gayanus* em diferentes idades de corte. In: SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE LEITEIRA, 11., Maceió, 2011. **Anais...** Maceió: ABZ, CD-ROOM, 2011.

RIBAS, M. R. **Avaliação agrônômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-Sudão, normais e mutantes RBM – Portadores de nervura marrom.** 2010. 138 p. Tese (Doutorado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 2010.

RODRIGUEZ, N. M. **Valor nutritivo do farelo de arroz para ruminantes.** 1984. 127 p. Tese (concurso de professor titular) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 1984.

RODRIGUEZ, N. M. et al. Construção de um sistema de respirometria calorimétrica para determinação dos requisitos de energia líquida dos animais e de energia dos alimentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROOM.

ROLIM, F. A. **Efeito da maturidade sobre a produção e o valor nutritivo das capins *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*, Stapf.), Estrela (*Cynodon plectostachyus*, (K. Schum) Pilger) e Rhodes (*Chloris gayana*, Kunth cultivar Callide).** 1976. 117 p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, Piracicaba, 1976.

ROSA, B.; ROCHA, G. P.; SILVA, H. L. Consumo voluntário e digestibilidade aparente do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf e *Brachiaria ruziziensis* Germain e Everard em diferentes idades de corte. **An. Esc. Agron. e Vet.**, v. 12/13, p.5-27, 1982/1983.

SANTOS, E. D. G.; et al. Avaliação de Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 1. Características Químico-Bromatológicas da Forragem Durante a Seca. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 33, n.1, p. 203-213, 2004.

SAS – INSTITUTE STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide: Stat, Version 6.11.** Cary: 1996.

SCHMIDT, P.; et al. Valor Nutritivo do Feno de Braquiária Amonizado com Uréia ou Inoculado com *Pleurotus ostreatus*. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 32, n. 6, p. 2040-2049, 2003. (Supl. 2).

SILVEIRA, U. S. **Avaliação do consumo e da digestibilidade de uma dieta de feno de Capim Braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) contendo concentração de sementes de Girassol (*Helianthus annuus* L.) em ovinos.** 2001. ...p. Dissertação (Mestrado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 2001.

SOCORRO, E. P. **Digestibilidade aparente e partição da digestão de fenos de *Brachiaria decumbens*, Stapf.** 1984. 77 p. Tese (Doutorado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 1984.

TEIXEIRA, D. A. B. **Avaliação de dietas para ovinos contendo feno de braquiária (*Brachiaria decumbens*) e níveis crescentes de Caroço de Algodão.** 2001. Dissertação (Mestrado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 2001.

TEIXEIRA, D. A. B.; BORGES, I. Efeito do nível de caroço integral de algodão sobre o consumo e digestibilidade aparente da fração fibrosa do feno de braquiária (*Brachiaria decumbens*) em ovinos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 57, n. 2, p. 229-233, 2005.

TIBO, G. C.; et al. Níveis de Concentrado em Dietas de Novilhos Mestiços F1 Simental x Nelore. 1. Consumo e Digestibilidades. **Rev. bras. zootec.**, v. 29, n. 3, p. 910-920, 2000.

VELASCO, F. O. et al. Consumo voluntario e digestibilidade das frações fibrosas do capim *Brachiaria decumbens* verde em três idades de corte. In: SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE LEITEIRA, 11., Maceió, 2011. **Anais...** Maceió: ABZ, CD-ROOM, 2011.

VELASCO, F. O. **Consumo e digestibilidade aparente da *Brachiaria decumbens* verde em três idades de corte.** 2009. 41 p. Dissertação (Mestrado) – EV-UFMG, Belo Horizonte, 2009.

CAPÍTULO IV

DEGRADABILIDADE *IN SITU* DOS FENOS DE *Brachiaria decumbens* OBTIDOS EM TRES IDADES

4.1. RESUMO

Avaliou-se os fenos de *Brachiaria decumbens* obtido com as plantas nas idades de 56, 84 e 112 dias pela técnica de incubação *in situ*. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas sub-divididas, onde foram testados três fenos (parcelas), em cinco novilhas fistuladas no rumem, blocos, em sete tempo de incubação (sub-parcelas). Os tempo de incubação avaliados foram de 0, 3, 6, 12, 24, 48 e 96 horas. O desaparecimento da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, FDN e FDA, às 96 horas, foram maiores, pelo teste SNK, ($p < 0,05$) para o feno feito com a planta aos 56 dias, 76,0, 75,3, 81,5, 75,7, 73,0% respectivamente, em comparação aos fenos feitos com as plantas aos 84 dias, 66,4, 65,4, 67,7, 66,5, 65,6% respectivamente, e 112 dias, 65,4, 64,4, 62,7, 65,3, 65,9% respectivamente, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$). Estes resultados indicam que a idade de corte para a fenação da *Brachiaria decumbens* de 56 dias é superior nutricionalmente em comparação aos cortes nas idades de 84 e 112 dias que foram semelhantes.

4.2. INTRODUÇÃO

A *Brachiaria decumbens* é uma forrageira que apresenta uma boa potencialidade para a produção de fenos, porém é necessário que se estabeleça o momento mais apropriado para seu corte visando a produção de um volumoso com bom valor nutricional. A determinação do ponto de corte das forrageiras tropicais é importante porque estas apresentam uma rápida queda de valor nutricional com o avanço da maturidade.

As técnicas de determinação da degradação ruminal das diversas frações dos alimentos fornecem importantes informações sobre a cinética de degradação ruminal e a contribuição das diversas frações dos alimentos para a nutrição do animal, auxiliando na determinação do melhor momento de colheita das forrageiras.

A técnica de incubação *in situ* consiste na colocação de amostras de alimentos diretamente no rumem, dentro de sacos porosos, que permitem o influxo da microbiota para o material e o efluxo dos produtos da fermentação para fora dos sacos. As amostras são retiradas do rumem em tempos pré determinados sendo que os valores de desaparecimento das diversas frações dos alimentos nestes tempos fornecem as informações para a estimativa da cinética de degradação ruminal.

Objetivou-se avaliar a degradabilidade ruminal do feno de *Brachiaria decumbens* ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento empregando-se a técnica *in situ* de incubação ruminal de sacos de náilon.

4.3. MATERIAIS E MÉTODOS

4.3.1. FORRAGEM AVALIADA E FENAÇÃO

Para este experimento foram utilizados os mesmos fenos do experimento de bioenergética (item 3.3.1).

4.3.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento de incubação *in situ* de degradação ruminal do feno de *Brachiaria decumbens* foi realizado nas dependências da Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal – UFV, localizada em Florestal – MG. Foram utilizadas cinco novilhas girolandas (5/8 de holandês) fistuladas no rumem. As novilhas, não gestantes, apresentavam aproximadamente 30 meses e pesavam, aproximadamente, 450 Kg. Os animais permaneceram em um piquete de Tifton durante todo o período experimental. A dieta dos animais consistia em Tifton e recebiam ainda silagem de milho à vontade.

Os fenos da *B. decumbens* nas três idades analisadas foram processados em moinho estacionário dotado de peneira de 5 mm. Cerca de 5 g de amostra foram colocadas em sacos de náilon com dimensões internas úteis de 7 x 14 cm, com diâmetro de poro de aproximadamente 50 µm, em duplicata nos tempos de 0, 3, 6 e 12 horas e em triplicata nos tempos de 24, 48 e 96 horas de incubação. As amostras foram todas introduzidas no saco ventral do rumem ao mesmo tempo às 08:00 h da manhã e foram removidos com 3, 6, 12, 24, 48 e 96 horas. Os sacos correspondentes ao tempo zero não foram

colocados no rumem e sim lavados em água corrente. Após a remoção nos diferentes tempos, os sacos foram imersos em água fria para paralisar a degradação e para a remoção do excesso de conteúdo ruminal e foram congelados em freezer.

Os sacos incubados foram fixados em uma corrente com “âncora” de aproximadamente 500 g de forma a mantê-los em contato permanente com o líquido ruminal e posicionados no saco ventral do rumem.

Os sacos de náilon foram conduzidos congelados até o Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG onde foram lavados manualmente. Posteriormente foram secos em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas, em moinho estacionário, com peneira de 1,0 mm. Após esta fase foram executadas as análises laboratoriais de matéria seca em estufa a 105 °C – MS, matéria mineral em mufla a 600°C, proteína bruta – PB, segundo OFFICIAL (1995), fibra em detergente neutro – FDN, fibra em detergente ácido – FDA de acordo com OFFICIAL (1995) utilizando equipamento ANKON®.

4.3.3. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Os parâmetros de degradabilidade *in situ* foram obtidos pelo procedimentos de MARQUARDT do programa estatístico computacional SAEG (Euclides, 2005).

Os dados das degradações dos constituintes bromatológicos dos fenos foram submetidos a uma análise de regressão, na qual foram regredidos ao modelo modelo assintótico de primeira ordem proposto por Ørskov e McDonald (1979):

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

em que:

“DP” representa a degradabilidade ruminal potencial dos alimentos;

“a” a fração solúvel;

“b” a fração potencialmente degradável da fração insolúvel que seria degradada a uma taxa “c”;

“c” a taxa de degradação da fração “b”;

“t”, o tempo de incubação em horas.

A fração considerada indegradável (I) foi calculada da seguinte forma:

$$I = (100 - (a+b))$$

em que:

“a” e “b” são os mesmos parâmetros citados acima.

Para calcular a degradabilidade efetiva (DE), foi utilizada a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979):

$$DE = a + [(b * c)/(c + K)]$$

em que:

“a”, “b” e “c” são os mesmos parâmetros citados acima

“K” é a taxa de passagem

Neste trabalho foram considerando taxas de passagem (K) de 2, 3 e 5%/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 parcela subdivididas, tendo os animais como blocos, as idades de corte como parcelas e os tempo de incubação como subparcelas, segundo o seguinte modelo:

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

onde,

Y_{ijk} – observação “k” no animal “z” da idade de corte “i”;

μ – média geral;

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

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

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

e_{ijk} – erro experimental;

Para as comparações das médias dos resultados dos parâmetros foi utilizado o teste SNK com 5% de probabilidade. A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado abaixo:

Fonte de variação	gl.
Total	14
Idade de Corte (parcela)	2
Animal (Bloco)	4
<i>Erro (A)</i>	8
Total de sub-parcelas	89
Parcelas	14
Tempo (sub-parcela)	5
Idades x tempos	10
<i>Erro (B)</i>	60

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1. DESAPARECIMENTO *IN SITU* DA MATÉRIA SECA DO FENO DE *Brachiaria decumbens*

Observa-se que nos períodos iniciais de incubação ruminal, 0 e 3 horas (tabela 01), os três fenos apresentam valores semelhantes ($p > 0,05$) de desaparecimento da MS do feno aos 56 dias para o feno aos 84 dias e para o feno aos 112 dias. Provavelmente estes valores foram devido ao escape de pequenas partículas da material pelos poros dos sacos de incubação e a fermentação de frações da MS de rápida degradação ruminal. Como não se espera que o feno da *Brachiaria decumbens* feito com as plantas nesta idade tenham uma quantidade apreciável de materiais facilmente fermentáveis é provável que a maior parte do desaparecimento ruminal da matéria seca nestes tempos se deve provavelmente aos escape de pequenas partículas dos sacos de incubação.

Tabela 01 – Desaparecimento *in situ* da matéria seca (MS) do feno de *Brachiaria decumbens* ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias.

Idade (dias)	Desaparecimento <i>in situ</i> da Matéria Seca						
	0	3	6	12	24	48	96
56	17,5	24,9	28,8 ^a	42,2 ^a	51,2 ^a	66,3 ^a	76,0 ^a
84	18,4	21,4	23,5 ^b	34,5 ^b	45,9 ^b	56,2 ^b	66,4 ^b
112	21,3	20,3	23,7 ^b	32,6 ^b	43,8 ^b	55,7 ^b	65,4 ^b

* Médias seguidas por letra distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$)

A partir do tempo de incubação de 6 até as 96 horas o feno das plantas com 56 dias apresentou valores de desaparecimento da MS superiores ($p < 0,05$) aos encontrados para os fenos desta forrageira ceifados aos 84 e 112 dias de crescimento.

Em regra a degradabilidade, e conseqüentemente o desaparecimento, da MS dos fenos avaliados não ocorra nos tempos iniciais de incubação ruminal uma vez que estes materiais são ricos em fibras, possuindo 84,8, 87,2 e 86,9% de FDN, respectivamente nas idades de 56, 84 e 112 dias, como mostra o trabalho de Ramirez (2010), que avaliou o consumo e a digestibilidade, em ovinos, destes mesmos fenos. Para a degradação ruminal dos carboidratos fibrosos é necessária a aderência da bactérias às partículas, o que demanda um tempo para ocorrer. Por isso, as diferenças na degradação ruminal e desaparecimento da MS em forragens são percebidas, principalmente, nos tempos maiores de incubação *in situ*.

Castro (2004) avaliando a *Brachiaria brizantha* cv Marandú verde, cortada nestas mesma idade encontrou valores de desaparecimento da MS no tempo de incubação ruminal de 6 horas de 32,8, 24,9 e 21,6%, respectivamente para as idades de 56, 84 e 112 dias. O valor encontrado para o desaparecimento da *B. brizantha* aos 56 dias foi pouco superior ao encontrado para o feno da *B. decumbens*, já para os cortes nas idades de 84 e 112 dias os valores encontrados por este autor foram semelhantes aos obtidos neste trabalho para o feno da *B. decumbens* cortada nas mesmas idades. O trabalho de Castro (2004) também mostra que no tempo de incubação ruminal de 6 horas o desaparecimento da MS foi superior ($p < 0,05$) para a forragem cortada aos 56 dias, em comparação com a ceifada aos 84 e 112 dias de crescimento, resultado semelhante ao encontrado para o feno da *Brachiaria decumbens*. Quando se observa os dados de Castro (2004) para o desaparecimento da MS às 48 horas de incubação ruminal observa-se o valor de 65,3% para a forragem ceifada aos 56 dias, valor semelhante ao encontrado neste trabalho para o feno *B. decumbens* ceifado nesta mesma idade, sendo também superior ($p < 0,05$) aos valores encontrados para as outras duas idades de corte da forrageira.

A comparação dos resultados do desaparecimento da MS dos fenos de *B. decumbens* com aqueles encontrados por Castro (2004) condizem com a realidade, pois mesmo que haja perda de valor nutritivo da forrageira ao ser fenada a *B. brizantha* apresenta uma queda em seu valor nutricional mais intensa que a *decumbens*, o que possibilita a obtenção destes resultados tão próximos de desaparecimento da MS.

Já Rodrigues *et al.* (2004) avaliando o desaparecimento ruminal do *Andropogon gayanus* ceifado aos 63 dias de crescimento encontraram o valor de 34,2% de desaparecimento para o tempo de incubação ruminal de 24 horas, valor inferior ao encontrado neste trabalho para todos os fenos de *B. decumbens* avaliados. Moreira *et al.* (2009), avaliando pastagens de *B. brizantha* ao longo do ano pela técnica *in situ*, encontraram o valor de desaparecimento da MS de 74,7% no tempo de incubação de 96 horas, valor também próximo aos deste trabalho para o feno da *Brachiaria decumbens* nestas três idades. Já para o tempo de incubação de 96 horas Rodrigues *et al.* (2004) mencionam o desaparecimento de 72,2% da MS, este valor é um pouco inferior ao encontrado para o feno de *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 dias e maior que os encontrados para os fenos obtidos com as plantas aos 84 e 112 dias de rebrote.

As equações obtidas para a predição da degradabilidade potencial (DP) da MS dos fenos de *Brachiaria decumbens* foram:

$$\begin{aligned} \text{Idade de corte de } 56 \text{ dias} &- \text{DP} = 18,31 + 58,89(1 - e^{0,03652 \times t}); R^2 = 96,4 \\ 84 \text{ dias} &- \text{DP} = 17,07 + 51,43(1 - e^{0,03182 \times t}); R^2 = 94,8 \\ 112 \text{ dias} &- \text{DP} = 18,32 + 51,23(1 - e^{0,02688 \times t}); R^2 = 96,4 \end{aligned}$$

em que “t” significa tempo de incubação ruminal.

Os coeficientes de determinação destas equações podem ser considerados elevados, o que demonstra que os dados se adequaram bem ao modelo.

Observa-se na tabela 02 que os valores da fração “a” encontrados para os fenos cortados nestas três diferentes idades de crescimento foram próximos, sendo maiores para o feno feito com as plantas aos 112 dias, seguido pelo feno aos 56 dias e o menor valor foi encontrado para o feno com as plantas ceifadas aos 84 dias. Estes resultados podem ser

influenciados pela quantidade de material que escapa dos sacos no tempo zero (“S”). Como os fenos avaliados neste experimento apresentaram elevados valores de FDN, e consequentemente baixos teores de conteúdo celular, independente da idade de corte.

Tabela 02 – Parâmetros de degradabilidade da Matéria Seca do feno de *Brachiaria decumbens* ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979).

Parâmetros	Idades		
	56	84	112
a (%)	18,2	17,0	18,3
b (%)	58,9	51,4	51,2
C (%/h)	3,650	3,182	2,680
S (%)	17,5	18,3	21,2
I (%)	22,7	31,5	30,4
A (%)	77,3	68,5	69,6
DE (%/h)			
2	56,4	48,6	47,6
3	50,6	43,5	42,5
5	43,2	37	36,2

* Onde a = fração rapidamente degradável, b = fração potencialmente degradável e c = taxa constante de degradação da fração b, parâmetros significativos ($p < 0,05$) pelo modelo de Ørskov e Mc Donald (1979). S = desaparecimento no tempo zero, I = fração indegradável, A = fração degradável e DE = degradabilidade efetiva nas taxas de passagem ruminal de 2, 3 e 5%/hora.

Lopes *et al.* (2010) avaliando o feno de *Brachiaria decumbens* cortado com as plantas aos 120 dias de crescimento encontraram valores da fração “a” de 16,1% valor inferior ao encontrado neste experimento. Já Reis (2000) trabalhando com esta forrageira verde cortada aos 60 e 120 dias de crescimento encontraram valores para a fração “a”, respectivamente, de 18,78 e 20,28%, valores superiores aos deste trabalho.

Quanto a fração “b”, potencialmente degradável permanecendo no rumem por tempo suficiente, os valor encontrado para o feno obtido com as plantas aos 56 dias de crescimento foi maior que os encontrados para as outras duas idades, 84 e 112, que por sua vez foram muito próximos. Mostrando que o feno produzido com as plantas aos 56 dias possui uma maior proporção da matéria seca que pode ser degradada pela fermentação ruminal.

Os valores obtidos neste trabalho para o parâmetro “b” são maiores que os encontrados por Reis (2000) trabalhando com a *B. decumbens* nas idades de corte de 60 e 120 dias,

37,2 e 20,0%, respectivamente. O valor encontrado por Lopes *et al.* (2010) de 43,2%, para o feno desta planta feito aos 120 dias de crescimento foi inferior ao deste trabalho. Já os valores do parâmetro “b” reportados por Castro (2004) trabalhando com a *B. brizantha* cv Marandú cortada nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento, de 59,3, 55,9 e 51,8%, são próximos aos para os fenos da *Brachiaria decumbens* deste experimento.

Quanto a taxa de degradação da fração potencialmente degradável, “c”, esta foi maior para o feno confeccionado com as plantas aos 56 dias seguido pelo feno da planta aos 84 dias sendo o menor valor obtido para o feno da planta aos 112 dias de crescimento.

O valor para a taxa de degradação da fração potencialmente degradável, “c” encontrado por Sousa (2009), de 3,040%/hora, para a *B. brizantha* colhida na transição da estação do chuvas para a estação da seca, se encontra dentro dos valores encontrados neste trabalho. Castro (2004) obteve valores de 3,400, 3,400 e 3,300%/hora para a *B. brizantha* nas idades de corte de 56, 84 e 112 dias de crescimento, valores que são condizentes com os encontrados neste trabalho. Porém a taxa de degradação da MS do feno de *B. decumbes* obtido com as plantas cortadas aos 120 dias de crescimento no trabalho de Lopes *et al.* (2010), de 1,830%/hora, foi inferior à obtida neste trabalho para os fenos das plantas nas idades de 56, 84 e 112 dias.

Já a fração perdida no tempo zero, “S”, foi maior para o feno das plantas com 112 dias seguindo pelo das plantas com 84 dias sendo que o menor valor foi encontrado para o feno da planta aos 56 dias. O que explica parcialmente a resposta obtida para o parâmetro “a”. Uma possível explicação para este fenômeno é o fato de que a medida que a planta vai avançando em seus estádios de maturação maior é a deposição de lignina em suas estruturas, principalmente no colmo, dando a estas uma maior dureza. Estas estruturas mais duras quando moídas tendem a apresentarem tamanhos de partículas menores que aquelas mais macias, mais maleáveis. Por isso, mesmo passando pelo mesmo processamento os fenos das plantas mais velhas podem ter apresentado menores tamanhos de partículas.

A fração indegradável, “T”, foi menor para o feno das plantas com 56 dias de crescimento seguido pelo feno das plantas com 112 dias de crescimento e o maior valor foi encontrado para o feno obtido com a *Brachiaria decumbens* aos 84 dias de crescimento.

Reis (2000) avaliando esta planta nas idades de crescimento de 60 e 120 dias observou valores da fração indegradável de 44,0 e 59,7%, respectivamente, valores superiores aos encontrados neste trabalho. Porém Castro (2004) trabalhando com a *B. brizantha* nas mesmas idades de corte deste trabalho encontrou valores de 24,4, 30,3 e 35,7, valores bem próximos ao encontrados neste trabalho, à exceção do valor encontrado para a idade de 112 dias que foi superior ao obtido neste trabalho.

Quanto a degradabilidade efetiva (DE) nas taxas de passagem ruminal de 2, 3 e 5%/hora observa-se que os valores encontrados foram maiores para o feno das plantas aos 56 dias seguida pelos valores encontrados para o feno da planta aos 84 dias e sendo os menores valores encontrados para os fenos das plantas com 112 dias de crescimento.

Os valores obtidos para a degradabilidade efetiva da MS, a uma taxa de passagem de 2%/hora, taxa recomendada para a avaliação de forrageiras apresentou valores condizentes com os encontrados por Ramirez (2010) trabalhando com este mesmo material em uma experimento de consumo e digestibilidade aparente. Este autor encontrou valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) de 56,0, 55,7 e 45,6%, valores próximos aos encontrados neste trabalho para as idades de 56 e 112 dias e maior que o encontrado para a degradabilidade do feno feito com as plantas aos 84 dias de crescimento.

Rosa, Rocha e Silva (1983) também avaliando a digestibilidade aparente do feno de *Brachiaria decumbens*, ceifado nas idades de 60, 90 e 120 dias, obtiveram valores 50,9, 51,6 e 47,9%. Os valores encontrados por estes autores para a DAMS dos fenos com as plantas nas idades de 90 e 120 dias foram próximos aos obtidos neste trabalho para os fenos das plantas nas idades de 84 e 112 dias. Sendo que o valor de DAMS do feno aos 60 dias foi menor que a DE para o feno com 56 dias.

Quando os valores DE da MS destes fenos são comparados com os valores de Digestibilidade *in vitro*, presentes na tabela 01 do capítulo I, observa-se que estes são próximos para todas as três idades avaliadas.

4.4.2. DESAPARECIMENTO *IN SITU* DA MATÉRIA ORGÂNICA DO FENO DE *Brachiaria decumbens*

O desaparecimento da MO dos fenos nas três idades de corte foi semelhante ($p>0,05$) até o tempo de incubação ruminal de 12 horas (tabela 03). A partir das 12 horas de incubação ruminal o desaparecimento *in situ* da MO foi maior ($p<0,05$) para o feno das plantas aos 56 dias em comparação aos fenos feitos aos 84 e 112 dias de crescimento, que foram semelhantes entre si ($p>0,05$).

Tabela 03 – Desaparecimento *in situ* da matéria orgânica (MO) do feno de *Brachiaria decumbens* ceifado em três diferentes idades

Idade (dias)	Desaparecimento <i>in situ</i> da Matéria Orgânica						
	0	3	6	12	24	48	96
56	15,8	21,9	25,5	39,8 ^a	49,3 ^a	65,2 ^a	75,3 ^a
84	17,0	18,5	20,2	32,2 ^b	44,1 ^b	54,7 ^b	65,4 ^b
112	18,9	17,5	20,7	29,9 ^b	42,0 ^b	54,2 ^b	64,4 ^b

* Médias seguidas por letra distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ($p<0,05$)

A semelhança encontrada entre o desaparecimento da MO dos fenos nos tempos iniciais de incubação podem ser explicados pelos mesmos motivos da semelhança encontrada para o desaparecimento da MS.

Castro (2004) encontrou valores maiores de desaparecimento da MO da *B. brizantha* verde, 57,2, 43,2 e 46,8%, respectivamente para as idades de corte de 56, 84 e 112 dias, porém este autor encontrou para os tempos de incubação de 12, 24, 48 e 96 horas valores de desaparecimento da MO significativamente maiores para a planta ceifada aos 56 dias de crescimento que os encontrados para as plantas cortadas aos 84 e 112 dias, que foram semelhantes entre si ($p>0,05$), resultado semelhante aos deste trabalho para o feno de *B. decumbens*.

As equações para a predição da degradabilidade potencial (DP) da MO dos fenos de *Brachiaria decumbens* feitos com as plantas cortadas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento são:

$$56 \text{ dias} - DP = 15,72 + 61,40(1 - e^{0,03489 \times t}) \quad R^2=96,3$$

$$84 \text{ dias} - DP = 14,19 + 53,55(1 - e^{0,0313 \times t}) \quad R^2=94,4$$

$$112 \text{ dias} - DP = 15,52 + 53,46(1 - e^{0,02635 \times t}) \quad R^2=96,1$$

onde “t” significa tempo de incubação ruminal.

Os coeficientes de determinação destas equações podem ser considerados elevados, o que demonstra que os dados se adequaram bem ao modelo.

Tabela 04 – Parâmetros de degradabilidade da Matéria Orgânica do feno de *Brachiaria decumbens* ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979).

Parâmetros	Idades		
	56	84	112
a (%)	15,7	14,2	15,5
b (%)	61,4	53,6	53,5
c (%/h)	3,489	3,130	2,635
S (%)	15,8	16,0	18,9
I (%)	22,9	32,3	31,0
A (%)	77,1	67,7	69,0
DE (%/h)			
2	54,8	46,9	45,9
3	48,7	41,5	40,5
5	41,0	40,2	34,0

* Onde a = fração rapidamente degradável, b = fração potencialmente degradável e c = taxa constante de degradação da fração b, parâmetros significativos ($p < 0,05$) pelo modelo de Ørskov e Mc Donald (1979). S = desaparecimento no tempo zero, I = fração indegradável, A = fração degradável e DE = degradabilidade efetiva nas taxas de passagem ruminal de 2, 3 e 5%/hora.

A fração rapidamente degradável da matéria orgânica, “a”, apresentou valores semelhantes para as idades de corte dos fenos (tabela 04), 15,7, 14,2 e 15,5%, respectivamente para os fenos obtidos com as plantas aos 56, 84 e 112 dias.

Sousa (2009) avaliando a *Brachiaria brizantha* em várias épocas do ano por meio da técnica *in situ* observou valores da fração rapidamente degradável da MO variando de

19,9 a 12,2%, valores próximos aos encontrados neste trabalho. Como este autor trabalhou com esta forrageira verde era de se esperar valores maiores que os encontrados para o feno de *Brachiaria decumbens* neste trabalho, pois durante o processo de fenação pode haver perda considerável de materiais solúveis e conteúdo celular, de rápida degradação. Castro (2004) trabalhando também com a *B. brizantha* obteve valores da fração rapidamente degradável de 47,4, 30,4 e 37,0%, para as idades de corte 56, 84 e 112 dias de crescimento, respectivamente, valores superiores aos apresentados neste trabalho.

Para a fração “b”, potencialmente degradável, o valor obtido para o feno cortado aos 56 dias de crescimento foi maior, 61,4%, que o encontrado para as idades de 84 e 112 dias, que foram muito próximos, 53,6 e 53,5%. Este valor está de acordo com os valores obtidos neste parâmetro para a MS, sendo que esta diferença é maior para o feno feito com as plantas aos 56 dias. A fração potencialmente degradável da MS e MO dos fenos obtidos com as plantas aos 84 e 112 dias foram bem semelhantes, mostrando que para estes fenos a fração degradável da MO é responsável por praticamente toda a fração degradável da matéria seca.

A taxa de desaparecimento, “c”, da MO encontrada para o feno da *Brachiaria decumbens* cortada aos 56 dias foi maior, 3,489%/hora, que a encontrada para o feno com a planta cortada aos 84 dias, 3,130%/hora, que foi maior que a do feno ceifado aos 112 dias de crescimento, 2,635%/hora. As taxas de desaparecimento da MO para estes fenos foram menores que as encontradas para a MS.

Estas taxas de desaparecimento ruminal da fração lentamente degradável estão de acordo com os valores apresentados por Assis *et al.* (1999), que trabalhando com três plantas do gênero *Cynodon*, Estrela de Porto Rico, Tifton 44 e Tifton 85, encontraram taxas de 3,230, 2,730 e 2,830%/hora. Os resultados apresentados por Sousa (2009) para a *B. brizantha* variando de 3,600 a 2,230%/hora também estão de acordo com estes resultados.

Os valores da fração solúvel no tempo zero, “S”, foram maiores para o feno das plantas aos 112 dias de crescimento, 18,9%, sendo os valores encontrados para os fenos das

plantas aos 56 e 84 dias de crescimento bem próximos, 15,8 e 16,0%, respectivamente. O maior valor da fração que desapareceu no tempo zero do feno das plantas com 112 dias influenciou para que este apresentasse uma fração rapidamente degradável, “a”, maior que a do feno feito com a planta aos 84 dias de crescimento.

Quanto as frações indegradáveis o feno das plantas com 56 dias de crescimento apresentou o menor valor, 22,9%, seguido pelo feno das plantas aos 112 dias, 31,0%, e o feno que apresentou a maior fração indegradável foi o obtido com a forrageira aos 84 dias de crescimento, 32,3%.

Os valores de DE da MO para as taxas de passagem de 2, 3 e 5%/hora foram maiores para o feno feito com a planta aos 56 dias, 54,8, 48,7 e 41,0%, intermediária para o feno com as plantas aos 84 dias, 46,9, 41,5 e 32,9 e menores para o feno obtido com as plantas aos 112 dias de crescimento, 45,9, 40,5 e 34,0. Os valores de degradabilidade efetiva obtidos foram próximos aos obtidos por Ramirez (2010) para a digestibilidade aparente da MO (DAMO) trabalhando em um ensaio de consumo e digestibilidade com carneiros, de 58,1, 57,9 e 48,7% respectivamente para os fenos obtidos com as plantas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, sendo que apenas o feno feito com as plantas ao 84 dias apresentou valor de DE a uma taxa de passagem de 2%/hora consideravelmente inferior ao obtido pela DAMO, fato este que não apresenta uma explicação lógica.

4.4.3. DESAPARECIMENTO *IN SITU* DA PROTEÍNA BRUTA DO FENO DE *Brachiaria decumbens*

Os desaparecimentos *in situ* da PB dos fenos, excetuando-se o tempo zero que apresentou desaparecimentos semelhantes entre os tratamentos, foram maiores ($p < 0,05$) para os fenos feitos com as plantas aos 56 dias de crescimento em comparação aos ceifados aos 84 e 112 dias de crescimento, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$), exceto no tempo de 48 horas, no qual o feno aos 112 dias apresentou o menor valor ($p < 0,05$) (tabela 05).

Tabela 05 – Desaparecimento *in situ* da proteína bruta (PB) do feno de *Brachiaria decumbens* feito com as plantas cortadas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Idade (dias)	Desaparecimento <i>in situ</i> da Proteína Bruta						
	0	3	6	12	24	48	96
56	29,7	43,9 ^a	35,1 ^a	52,1 ^a	60,8 ^a	75,7 ^a	81,5 ^a
84	27,1	27,5 ^b	21,3 ^b	37,0 ^b	51,7 ^a	60,9 ^b	67,7 ^b
112	23,7	31,0 ^b	24,4 ^b	36,5 ^b	41,6 ^b	49,8 ^c	62,7 ^b

* Médias seguidas por letra distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$)

É importante notar que o desaparecimento da PB no tempo de 6 horas foi menor que o observado para estes fenos no tempo de 3 horas. Isto pode ser explicado pelo fato de que a PB desaparecida com 3 horas de incubação era basicamente constituída de compostos nitrogenados do conteúdo celular. Este menor valor de desaparecimento da PB no tempo de 6 horas de incubação, em comparação ao tempo de 3 horas, pode ser devido à contaminação do material por compostos nitrogenados provenientes do ambiente ruminal, provavelmente devido a adesão de microorganismos ao material. Isso pode acontecer porque para a degradação da no ecossistema ruminal é necessária a adesão microbiana. Mesmo com o processo de lavagem, possivelmente ainda restou microorganismos aderidos à fibra dos resíduos indegradados dos fenos. Esta contaminação pode ser considerável devido ao baixo conteúdo de PB destes fenos, 6,80, 5,08 e 4,44% na MS dos fenos das plantas com 56, 84 e 112 dias respectivamente.

Outro fato a ser considerado é que somente após o tempo de 6 horas se observou diferenças significativas no desaparecimento da MS, que provavelmente ocorreu pelo ataque microbiano. Esta observação reforça a idéia de que a perda de proteína menor no tempo de 6 horas em relação ao de 3 horas se deve à adesão microbiana ao material incubado no rumem. Neste sentido Ezequiel *et al.* (2002) avaliando a massa bacteriana aderida a partículas de alimentos no rumem, após a alimentação dos animais, observou uma quantidade crescente de massa bacteriana aderida após 2,5 e 11 horas da alimentação ($p < 0,05$), o que indica que até o tempo de 2,5 horas a adesão máximas das bactérias à fibra não tinha acontecido.

As equações para a predição da degradabilidade potencial (DP) da PB dos fenos de *Brachiaria decumbens* feitos com as plantas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento foram:

$$\begin{aligned} 56 \text{ dias} - DP &= 31,63 + 51,91(1 - e^{0,03637 \times t}) & R^2 &= 87,8 \\ 84 \text{ dias} - DP &= 22,08 + 49,09(1 - e^{0,03113 \times t}) & R^2 &= 83,1 \\ 112 \text{ dias} - DP &= 24,86 + 45,52(1 - e^{0,01801 \times t}) & R^2 &= 61,9 \end{aligned}$$

em que “t” significa tempo de incubação ruminal.

Os coeficientes de determinação destas equações podem ser considerados elevados, porém estes valores são menores que os apresentados para a MS e MO, o que demonstra que os dados se não se adequaram tão bem ao modelo quanto estas outras duas frações.

A fração rapidamente degradável da PB foi maior para o feno das plantas com 56 dias de crescimento, já os fenos das plantas aos 84 e 112 dias de crescimento apresentaram valores próximos (tabela 06). Como as folhas da *B. decumbens*, em comparação aos colmos e bainhas, são a parte da planta que apresentam a MO mais rapidamente degradável e concentram grande parte da proteína da planta provavelmente este resultado obtido no feno com as plantas aos 56 dias se deve ao fato deste material apresentar uma maior relação folha:colmo que os outros dois fenos, o que é esperado uma vez que a medida que as forrageiras envelhecem reduzem o seu peso em folhas em relação ao colmo.

Esta maior proporção colmo:folha das plantas mais velhas ainda faz com que as plantas a serem fenadas passem por um maior tempo de secagem até atingirem o ponto de feno, requerendo também um maior revolvimento do material. Este maior revolvimento pode fazer com que uma quantidade maior de folhas sejam perdidas durante a secagem, reduzindo, conseqüentemente, a proporção de PB originária das folhas, levado a um impacto direto sobre este parâmetro.

Tabela 06 – Parâmetros de degradabilidade da Proteína Bruta do feno de *Brachiaria decumbens* ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979).

Parâmetros	Idades		
	56	84	112
a (%)	31,6	22,1	24,9
b (%)	51,9	49,1	45,5
C (%/h)	3,637	3,113	1,801
S (%)	29,7	27,1	23,7
I (%)	16,5	28,8	29,6
A (%)	83,5	71,2	70,4
DE (%/h)			
2	65,1	52,0	46,4
3	60,1	47,1	41,9
5	53,5	40,9	36,9

* Onde a = fração rapidamente degradável, b = fração potencialmente degradável, parâmetros significativos ($p < 0,05$) pelo modelo de Ørskov e Mc Donald (1979); c = taxa constante de degradação da fração b, este parâmetro apresentou nível de significância igual $p = 0,074$ pelo modelo de Ørskov e Mc Donald (1979). S = desaparecimento no tempo zero, I = fração indegradável, A = fração degradável e DE = degradabilidade efetiva nas taxas de passagem ruminal de 2, 3 e 5%/hora.

Quanto a fração lentamente degradável, “b”, da proteína os das plantas com 56 e 84 dias de crescimento apresentaram valores próximos, maiores para o feno da planta com 56 dias. Sendo a menor fração “b” encontrada para o feno das plantas aos 112 dias de crescimento.

Esta fração lentamente degradada da proteína é influenciada de forma importante pelo proteína ligada à parede celular das plantas, percebida pelo teor de NIDN, que foi de 68,1, 52,7 e 40,2% do nitrogênio total nos fenos feitos com as plantas nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento, respectivamente. Levando-se em conta que o teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido, NIDA, é potencialmente inaproveitado pelos microorganismos, sendo este, respectivamente, de 25,8, 27,8 e 26,5%, para estas idades de corte.

Os valores da DE, nas três taxas de passagem avaliadas, foram maiores para o feno feito com as plantas aos 56 dias, seguido pelos fenos das plantas aos 84 e o menor valor foi encontrado para o feno feito com a planta aos 112 dias de crescimento.

Quando se analisa a taxa de passagem de 2%/hora, que é esperada para ruminantes consumindo apenas volumosos observa-se que estes valores são superiores aos reportados por Ramirez (2010) para a digestibilidade aparente da PB deste mesmo material em carneiros, que foi de 42,3, 37,7 e 2,9% para os fenos obtidos com as plantas nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento. Rosa, Rocha e Silva (1983) trabalhando com os fenos da *B. decumbens* obtidos com as plantas nas idades de 60, 90 e 120 dias encontraram valores de DAPB de 52,6, 48,3 e 42,8%, valores também inferiores aos encontrados neste trabalho.

Deve-se levar em consideração o fato de que os experimentos destes dois autores foram baseados na digestibilidade aparente da PB, sendo esta a diferença da quantidade de PB do material consumido e excretada nas fezes dos animais. Porém, a PB presente nas fezes dos animais nestes experimentos não é composta apenas pela proteína digestível dos alimentos, também está presente proteína de origem endógena, proveniente das secreções e da descamação celular do trato digestivo dos animais. Por isso os valores de DAPB são menores que os encontrados para a DE da PB destes fenos pela técnica de avaliação de alimentos pela incubação *in situ*. A mensuração do desaparecimento ruminal da PB, e a inferência da DE desta, é uma vantagem que a técnica de incubação *in situ* apresenta sobre a técnica *in vivo* de aproveitamento da PB por parte dos ruminantes.

4.4.4. DESAPARECIMENTO *IN SITU* DA FDN DO FENO DE *Brachiaria decumbens*

Observa-se na tabela 07 que nos tempos iniciais de incubação ruminal, até as 6 horas, o desaparecimento da FDN foi semelhante para todos os fenos. A partir do tempo de 12 horas o feno das plantas com 56 dias apresentou maior desaparecimento da FDN ($p < 0,05$) em relação aos fenos feitos com as plantas nas idades de 84 e 112 dias, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$).

Tabela 07 – Desaparecimento *in situ* da Fibra em Detergente Neutro (FDN) do feno de *Brachiaria decumbens* feito com as plantas cortadas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Idade (dias)	Desaparecimento <i>in situ</i> da Fibra em Detergente Neutro						
	0	3	6	12	24	48	96
56	17,2	22,9	24,2	40,1 ^a	50,0 ^a	64,7 ^a	75,7 ^a
84	19,2	19,3	20,1	33,5 ^b	44,4 ^b	54,7 ^b	66,5 ^b
112	16,0	17,9	20,2	31,8 ^b	42,6 ^b	53,6 ^b	65,3 ^b

* Médias seguidas por letra distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$)

A perda de FDN no tempo zero é devida ao escape de pequenas partículas através dos poros do saco de incubação, uma vez que a fibra não é solúvel. Este se configura como um dos problemas desta técnica pois este material é considerado como sendo de rápida degradabilidade, o que nem sempre é verdade, como neste caso onde a fibra não é de rápida degradabilidade.

O desaparecimento da FDN pode ser devido a dois fenômenos, o escape de partículas pequenas pelos poros do saco de incubação ou então pela degradação da fibra pelos microorganismos presentes no rumem. Este desaparecimento começa a ser diferente entre os fenos depois do tempo de incubação de 6 horas, justamente aquele em que apresentou menor desaparecimento da PB em relação ao tempo de 3 horas. Para que a fibra seja degradada no ambiente ruminal há a necessidade de que a microbiota tenha se aderido às suas partículas, sendo que a diferença no desaparecimento da FDN, em decorrência da sua degradabilidade microbiana somente pode ser percebida no tempo de 12 horas.

O desaparecimento da MS do feno, desta forma, é influenciada pelo desaparecimento da FDN após o tempo de 12 horas, mostrando que no tempo de 6 horas o maior desaparecimento da MS do feno das plantas com 56 dias de crescimento se deveu ao desaparecimento de outros componentes que não a fibra, como substâncias solúveis em detergente neutro, as pectinas, por exemplo.

Castro (2004) trabalhando com a *Brachiaria brizantha* verde cortada nas idades de 56, 84 e 112 dias encontrou valores de desaparecimento da FDN de 30,0, 20,9 e 17,2%,

sendo que o desaparecimento da FDN desta forrageira aos 56 dias foi maior que o encontrado para as outras duas idades que foram semelhantes entre si. Os valores encontrados por este autor são menores que os encontrados para o feno da *Brachiaria decumbens* neste experimento.

As equações para a predição da degradabilidade potencial (DP) da FDN dos fenos de *Brachiaria decumbens* feitos com as plantas cortadas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento foram:

$$56 \text{ dias} - DP = 16,61 + 61,26(1 - e^{0,03334 \times t}) \quad R^2=96,0$$

$$84 \text{ dias} - DP = 16,29 + 53,60(1 - e^{0,02798 \times t}) \quad R^2=92,7$$

$$112 \text{ dias} - DP = 14,40 + 53,91(1 - e^{0,02883 \times t}) \quad R^2=95,2$$

em que “t” significa tempo de incubação ruminal.

Os coeficientes de determinação destas equações podem ser considerados elevados, o que demonstra que os dados se adequaram bem ao modelo, assim como a MS e MO.

Observa-se que a fração rapidamente degradável apresenta valores próximos entre os tratamentos, sendo maior para o feno das plantas com 56 dias, valores intermediários para as plantas com feno aos 84 dias, sendo que o menor valor foi encontrado para o feno desta planta aos 112 dias de crescimento (tabela 08).

Já o valor apresentado para a fração “b” foi maior para o feno feito com as plantas aos 56 dias, sendo que os valores encontrados aos 84 e 112 dias, apesar de um pouco maior para o feno aos 112 dias, foram muito próximos. Este fato também pode ser visto para a fração “b” da matéria seca destes fenos, inclusive com valores próximos, um pouco superiores, a estes encontrados para esta fração da FDN. O que demonstra que a fração lentamente degradável destes fenos é composta em sua grande maioria pelo FDN destes materiais.

Quanto a taxa de degradação esta também é maior para o feno das plantas com 56 dias, sendo que os valores encontrados para o feno aos 112 dias foram semelhantes aos encontrados para o feno das plantas com 84 dias. A taxa de degradação da FDN foi

menor que a encontrada para a MS deste material, o que era de se esperar uma vez que a fibra é a porção mais lentamente digestível dos alimentos.

Tabela 08 – Parâmetros de degradabilidade da Fibra em Detergente Neutro dos fenos de *Brachiaria decumbens* ceifados nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979).

Parâmetros	Idades		
	56	84	112
a (%)	16,6	16,3	14,4
b (%)	61,3	53,6	53,9
c (%/h)	3,334	2,798	2,883
S (%)	17,2	19,2	16,0
I (%)	22,1	30,1	31,7
A (%)	77,9	69,9	68,3
DE (%/h)			
2	54,9	47,6	46,2
3	48,9	42,2	40,8
5	41,2	35,5	34,1

* Onde a = fração rapidamente degradável, b = fração potencialmente degradável e c = taxa constante de degradação da fração b, parâmetros significativos ($p < 0,05$) pelo modelo de Ørskov e Mc Donald (1979). S = desaparecimento no tempo zero, I = fração indegradável, A = fração degradável e DE = degradabilidade efetiva nas taxas de passagem ruminal de 2, 3 e 5%/hora.

Sousa (2009) trabalhando com a *Brachiaria brizantha* colhida em pastagens em várias épocas do ano encontraram taxas de degradação da fração lentamente degradável variando de 3,420 a 2,800%/hora, valores que estão de acordo com os encontrados neste trabalho.

Quando a fração perdida no tempo zero esta foi maior para o feno feito com as plantas aos 84 dias de crescimento, seguido pelo feno feito aos 56 dias, sendo o menor valor encontrado para o feno aos 112 dias. Já a fração indegradável foi menor para o feno feito com as plantas aos 56 dias, o maior valor obtido foi para o feno com 84 dias, o e valor intermediário foi encontrado para o feno aos 112 dias de crescimento. Este valor da fração indegradável da FDN concorda com o apresentado por Malafaia *et al.* (1998) que encontraram valores desta fração para os carboidratos do feno de *B. decumbens*, obtido com as plantas já maduras, de 25,2%.

Quanto a DE, esta foi maior para o feno das plantas com 56 dias, seguida pela do feno aos 84 e dias e os menores valores foram obtidos para os das plantas com 112 dias, para as três taxas de passagem testadas.

Ao analisar as taxas de passagem a 2%/hora pode-se perceber que estes valores são menores que os encontrados por Ramirez (2010) para a digestibilidade da FDN (DFDN) em carneiros, de 61,3, 58,8 e 52,8%, para os fenos feitos com a *B. decumbens* nas idades de 56, 84 e 112 dias. Esta menor DE em relação a DFND pode ser ocasionada por que os alimentos incubados no rúmen não estão disponíveis aos processos de mastigação e ruminação, que aumentam a degradação desta fração dos alimentos.

4.4.5. DESAPARECIMENTO *IN SITU* DA FDA DO FENO DE *Brachiaria decumbens*

O desaparecimento *in situ* da FDA no tempo zero foi menor para o feno das plantas com 56 dias de crescimento ($p < 0,05$) em comparação com os fenos das plantas ceifadas aos 84 e 112 dias de crescimento, que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$) (tabela 09). As amostras que foram incubadas *in situ* foram semelhantes até o tempo de incubação de 24 horas. Nos tempos 48 e 96 horas o desaparecimento da FDA do feno das plantas com 56 dias foi superior ($p < 0,05$) ao encontrado para as outras duas idades de fenação testadas, 84 e 112 dias, que foram semelhantes ($p > 0,05$) entre si.

Tabela 09 – Desaparecimento *in situ* da Fibra em Detergente Ácido (FDA) do feno de *Brachiaria decumbens* ceifado em três diferentes idades

Idade (dias)	Desaparecimento <i>in situ</i> da Fibra em Detergente Ácido						
	0	3	6	12	24	48	96
56	16,9 ^b	19,5	19,5	34,1	45,1	59,6 ^a	73,0 ^a
84	30,7 ^a	23,4	21,7	33,3	45,0	53,6 ^b	65,6 ^b
112	27,8 ^a	24,9	23,8	32,2	45,7	52,5 ^b	65,9 ^b

* Médias seguidas por letra distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$)

A perda de FDA no tempo zero não reflete a perda por solubilidade, uma vez que esta fração não é solubilizada no ambiente ruminal, sendo representada apenas pela perda de pequenas partículas pelos poros dos sacos de incubação. Este resultado corrobora com a afirmação de que as frações mais lignificadas das plantas, ou seja mais duras, são

moídas mais finamente durante o processamento, o que possibilita que mais partículas sejam perdidas durante a lavagem da amostra com água corrente, mostrando maior desaparecimento no tempo zero. A FDA por ser composta por celulose e lignina, em sua grande maioria, representa a fração mais dura da forrageira, possivelmente aquela que é moída mais finamente, a despeito da peneira colocada no moinho.

A diferença na significância do desaparecimento da FDN e FDA do feno das plantas com 56 dias, em comparação àqueles obtidos com as plantas aos 84 e 112 dias, pode ser devida a maior degradabilidade apresentada pelas hemiceluloses do feno obtido com as plantas aos 56 dias de crescimento. O resultado da digestibilidade destas frações dos fenos de *Brachiaria decumbens* das plantas nestas mesmas idades encontrados por Ramirez (2010) demonstram que a digestibilidade da FDN foi semelhante ($p>0,05$) entre os fenos das plantas aos 56 e 84 dias, sendo maior que aquela obtida para o feno da planta aos 112 dias de crescimento, já a digestibilidade da FDA foi semelhante para todos os fenos ($p>0,05$), este autor afirmou que a digestibilidade das hemiceluloses foi maior para o feno das plantas com 56 dias em comparação aos fenos das plantas com 84 dias ($p<0,05$) que foi maior que a digestibilidade das hemiceluloses do feno das plantas com 112 dias ($p<0,05$).

Estes dados demonstram que as hemiceluloses destes fenos são as frações da fibra que apresentam variações na digestibilidade com o aumento da maturidade das plantas. O que pode ser facilmente explicado pelo fato de que a medida que as plantas amadurecem aumentam as ligações covalentes da lignina com as hemiceluloses (Van Soest, 1994), tornando-as indisponíveis para a degradação microbiana.

As equações para a predição da degradabilidade potencial (DP) da MO dos fenos de *Brachiaria decumbens* obtidos com as plantas cortadas aos 56, 84 e 112 dias de crescimento foram:

$$56 \text{ dias} - DP = 14,85 + 63,31(1 - e^{0,02610 \times t}) \quad R^2=94,6$$

$$84 \text{ dias} - DP = 23,57 + 51,89(1 - e^{0,01780 \times t}) \quad R^2=84,0$$

$$112 \text{ dias} - DP = 23,36 + 51,55(1 - e^{0,01825 \times t}) \quad R^2=89,1$$

em que “t” significa tempo de incubação ruminal.

Os coeficientes de determinação destas equações podem ser considerados elevados, o que demonstra que os dados se adequaram bem ao modelo, porém estes valores são menores que os encontrados para a FDN, MS e MO, e superiores aos da PB.

A fração “a” do feno das plantas aos 56 dias foi inferior para os fenos das plantas nas idades de 84 e 112 dias (tabela 10). Diferenças desta magnitude não eram esperadas para a FDA destes fenos pois não se espera frações rapidamente degradáveis tão elevadas. Estes valores da fração “a” estão influenciados pelos valores encontrados para a proporção de material perdido no tempo zero, fração “S”, que neste caso se constitui como um artefato da técnica. Sousa (2009) trabalhando com pastagens de *B. brizantha* cortada em várias épocas do ano encontrou valores da fração solúvel da FDA no tempo zero abaixo de 20%, valores inferiores aos encontrados neste trabalho para os fenos feitos com as plantas aos 84 e 112 dias de crescimento, mas próximos ao valor encontrado para o feno da planta com 56 dias de crescimento.

Tabela 10 – Parâmetros de degradabilidade da Fibra em Detergente Ácido do feno de *Brachiaria decumbens* ceifado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento de acordo com a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979).

Parâmetros	Idades		
	56	84	112
a (%)	14,8	23,5	23,3
b (%)	63,3	51,8	51,5
c (%/h)	2,610	1,780	1,825
S (%)	16,8	30,7	27,7
I (%)	21,8	24,5	25,0
A (%)	78,2	75,5	75,0
DE (%/h)			
2	50,6	48	50,9
3	44,3	42,8	45,8
5	36,5	37,1	40,1

* Onde a = fração rapidamente degradável, b = fração potencialmente degradável e c = taxa constante de degradação da fração b, parâmetros significativos ($p < 0,05$) pelo modelo de Ørskov e Mc Donald (1979). S = desaparecimento no tempo zero, I = fração indegradável, A = fração degradável e DE = degradabilidade efetiva nas taxas de passagem ruminal de 2, 3 e 5%/hora.

A taxa de degradação da fração lentamente degradável da FDA foi maior para o feno da planta aos 56 dias, sendo semelhantes para os fenos obtidos com as plantas aos 84 e 112 dias de crescimento. Estes valores são inferiores aos observados por Sousa (2009), de 3,000 a 2,560%/hora, para pastos de *B. brizantha* cortados em várias épocas do ano.

Já a fração lentamente degradável foi maior para o feno das plantas com 56 dias de crescimento. Os valores desta fração encontrados para os fenos das plantas com 84 e 112 dias foram muito próximos.

Para a fração indegradável o maior valor foi encontrado para o feno aos 112 dias crescimento, o segundo maior para o feno aos 84 dias e o menor valor para o feno aos 56 dias. Este resultado era esperado uma vez que durante o processo de maturação das forrageiras são aumentados os conteúdos de lignina na MS destas, e as interações da lignina com os carboidratos também são alteradas. Deste modo, a medida que a planta avança seu ciclo de maturação a lignina aumenta a sua capacidade de se ligar covalentemente às hemiceluloses, o que as tornam indisponíveis para o ataque microbiano. Por outro lado a lignina aumenta seu efeito barreira sobre a celulose, impedindo também que a microbiota tenha acesso a esta para degradá-la. Deste modo, a degradação dos carboidratos estruturais das forrageiras é reduzida à medida que estas avançam em seu ciclo de maturação.

Para a DE destes fenos os valores encontrados foram maiores para o feno com 56 dias, o segundo maior valor foi encontrado para o feno com 112 dias e o menor valor para a planta fenada aos 84 dias de crescimento. Este foi o único parâmetro em que o feno da planta aos 112 dias foi superior ao feno com 84 dias de crescimento. Fato que não apresenta explicação lógica a luz do conhecimento atual.

Os valores encontrados para a DE com uma taxa de passagem de 2%/hora foram menores que os observados por Ramirez (2010), que trabalhando com estes mesmos materiais em um experimento de avaliação *in vivo* obteve digestibilidades da FDA de 54,4, 56,8 e 50,7%, para os fenos obtidos com esta forrageira aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Desta forma, pode-se perceber que os resultados obtidos para a DE a uma taxa de passagem de 2%/hora das frações fibrosas, FDN e FDA, são discordantes quando comparados com os valores encontrados no experimento *in vivo* conduzido por Ramirez (2010) utilizando estes mesmos materiais. O que pode ser explicado devido a perda de FDN e FDA, pelo escape de pequenas partículas através dos poros dos sacos de incubações, que são considerados no experimento *in situ* como totalmente degradáveis, quando na verdade não o são.

4.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Os resultados obtidos pelo desaparecimento *in situ* das diversas frações dos fenos de *Brachiaria decumbens* indicam que a melhor idade de corte desta forrageira para a fenação é a de 56 dias de crescimento, sendo os resultados obtidos com os fenos obtidos com das plantas aos 84 e 112 dias de crescimento semelhantes.

4.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, M. A. et al. Degradabilidade *in situ* de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas ou não a adubação nitrogenada. **Acta Sci.**, v. 21, n. 3, p. 657-663, 1999.

CASTRO, G. H. F. **Cinética da degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú em quatro idades de corte.** 2004. 56 p. Dissertação (Mestrado) - EV-UFGM, Belo Horizonte, 2004..

EUCLYDES, R. F. **Sistema para análises estatísticas (SAEG 9.0).** Viçosa: Finarbe, 2005.

EZEQUIEL, J. M. B. et al. Quantificação das bactérias sólido-aderidas, bactérias e protozoários líquidos-associados no rumem de bovinos jovens alimentados com amiréia. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 2, p. 707-715, 2002.

LOPES, L. S. et al. Degradabilidade *in situ* do feno de *brachiaria decumbens* suplementado com energia e proteína. **Ver. Cient. Eletr. Méd. Vet.**, n. 15, 2010.

MALAFAIA, P. A. M. et al. Determinação das Frações que Constituem os Carboidratos Totais e da Cinética Ruminal da Fibra em Detergente Neutro de Alguns Alimentos para Ruminantes. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 27, n. 4, p. 790-796, 1998.

MOREIRA, G. R. et al. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistemas silvipastoris. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 61, n. 3, p. 706-713, 2009.

ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. of Agr. Sci.**, v. 92, p. 499-503, 1979.

RAMIREZ, M. A. **Consumo e digestibilidade aparente de fenos de *Brachiaria decumbens*, stapf cultivar Basiliski cortados em três diferentes idades.** 2010. 48p. Dissertação (Mestrado) – EV-UFMG, Belo Horizonte, 2010.

REIS, S. T. **Valor nutricional de gramíneas tropicais em diferentes idades de corte.** 2000. 99 p. Dissertação (Mestrado) - UFLA, Lavras, 2000.

RODRIGUES, A. L. P. et al. Degradabilidade in situ da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 56, n. 5, p. 658-664, 2004.

ROSA, B.; ROCHA, G. P.; SILVA, H. L. Consumo voluntário e digestibilidade aparente do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf e *Brachiaria ruziziensis* Germain e Everard em diferentes idades de corte. **An. Esc. Agron. e Vet.**, v. 12/13, p. 5-27, 1982/1983.

SOUSA, L. F. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandú em sistema silvipastoril e monocultivo.** 2010. 166 p. Tese (Doutorado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 2010.

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

CAPÍTULO V

CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL *IN VITRO* DO FENO DE *Brachiaria decumbens* CORTADO EM TRÊS IDADES

5.1. RESUMO

Objetivou-se avaliar o feno da *Brachiaria decumbens* pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso com parcela sub-dividida, sendo as três idades de corte (56, 84 e 112 dias) as parcelas, os inóculos ruminais os blocos, e os tempos de leitura de produção de gás as sub-parcelas. A degradabilidade *in vitro* da matéria seca foi medida nos tempos de 6, 12, 24, 48 e 96 horas. As maiores produções acumuladas de gases foram obtidas pelos fenos da planta com 56 e 84 dias de crescimento, 183,9 e 177,1 mL/g de MS. A idade de 56 dias foi superior às outras pela produção de gases.

5.2. INTRODUÇÃO

As pastagens são as principais fontes de nutrientes para a produção de ruminantes no Brasil e se destacam por apresentar menor custo e uma utilização mais prática. Grande parte dos pastos no Brasil são formados por plantas do gênero *Brachiaria*, tendo destaque a *B. brizantha* cv. Marandú, a *B. humidicola* e a *B. decumbens*, que, segundo estimativas, representam, 20% das pastagens brasileiras.

O rápido crescimento das gramíneas tropicais durante a estação chuvosa resulta em aumento da produção de pasto e avanço da maturação da planta, implicando em elevados teores de compostos da parede celular. A confecção de fenos com este excedente produzido pelas forrageiras é uma opção viável ao sistema de produção à pasto, uma vez que possibilita ao produtor um melhor manejo das pastagens, retirando o excedente com um razoável valor nutricional para o fornecimento na época de escassez. Deste modo, deve-se determinar a melhor idade para o corte ou pastejo da forragem.

Técnicas *in vivo* (consumo, digestibilidade e desempenho) são as mais desejáveis para a predição do valor nutritivo dos alimentos utilizados na nutrição dos ruminantes. No entanto estas técnicas exigem um grande número de animais, grande espaço físico em

instalações, maior mão de obra e maior tempo de execução, o que acaba aumentando o custo para a realização dos experimentos. Com isso, técnicas *in vitro* apresentam as vantagens de serem mais rápidas e mais baratas, além de terem alta correlação com as técnicas *in vivo*.

A técnica *in vitro* de produção de gases permite estudar a cinética de fermentação ruminal por estimar a degradação da matéria seca, pela produção de gases durante os processos de fermentação de substratos, permitindo ainda avaliar o desaparecimento do substrato provocado pelos microrganismos ruminais. Pode-se avaliar um 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.

Objetivou-se com este experimento avaliar a cinética de fermentação ruminal do feno de capim *Brachiaria decumbens* cortado nas idades de 56, 84 e 112 dias de crescimento por meio da técnica *in vitro* de produção de gases.

5.3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte, no Laboratório de Gases. Foram avaliadas neste experimento três idades de corte do feno capim *Brachiaria decumbens* (56 = 56 dias de rebrota, 84 = 84 dias de rebrote e 112 = 112 dias de rebrote). Utilizou-se o mesmo material colhido no Experimento I. Após coletado o material foi levado ao Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, onde foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, moídas em moinho tipo “Willey” com peneiras de 1 mm e acondicionadas em recipientes plásticos identificados para posteriores análises.

O ensaio de produção de gases e degradabilidade foi realizado no período de 02 a 06 de junho de 2010 por meio da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício *et al.*, 1999). Amostras de cada tratamento foram acondicionadas em frascos de vidro (160 mL) previamente gaseificados com CO₂. O meio de cultura (Theodorou *et*

al., 1994) foi adicionado a cada frasco, que posteriormente foi lacrado com rolha de silicone e levado para a geladeira (4°C).

As incubações foram feitas em triplicatas. Os frascos “brancos”, sem substrato, contendo só inóculo, também foram incubados para corrigir a liberação de gases proveniente da fermentação de resíduos do inóculo. Doze horas antes da incubação os frascos foram colocados na estufa para atingirem a temperatura de incubação (39°C).

Os líquidos ruminais (inóculos) foram colhidos de cinco vacas mestiças (Holandês x Zebu), fistuladas no rúmen, com peso médio 550 kg, na Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa da Escola de Veterinária da UFMG, localizada em Igarapé-MG. Os animais foram mantidos em piquete de capim *Brachiaria brizantha* cv Marandú e receberam 2 Kg/dia de um concentrado comercial com 18% de PB. Após a colheita dos líquidos ruminais, estes foram acondicionados em garrafas térmicas de 2 litros e levado ao Laboratório de Nutrição Animal da EV-UFMG, subunidade Laboratório de Produção de Gases. Os valores de pH dos líquidos ruminais no momento da inoculação foram de 6,80, 6,33, 6,55, 6,52 e 6,34.

O inóculo (10 mL) foi injetado nos frascos e então, estes foram levados à estufa à 39 °C até a primeira leitura. As leituras de pressão foram realizadas em intervalos pré-estabelecidos, (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 34, 48, 72 e 96 horas) inserindo uma agulha fixada a um transdutor de pressão. Estas leituras foram transformadas em volume de gases pela equação definida por Maurício *et al.* (2003):

$$V = (0,051 \times P^2) + (4,43 \times P) - (0,004)$$

em que,

“V” é o volume (mL);

“P” é a pressão (libra por polegada quadrada “psi - pound square inch”);

A degradabilidade “in vitro” da matéria seca (DegMS) foi determinada pela filtragem do conteúdo dos frascos em cadinhos de borosilicato (porosidade 1) nos tempos de 6, 12, 24, 48, 96 horas. Os cadinhos foram então mantidos por 48 horas em estufa à 105°C, sendo posteriormente pesados, e o peso utilizado para o cálculo da DegMS.

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

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

em que,

“Y” é a produção acumulativa de gases (mL);

“A” é a máxima produção acumulada de gases (mL);

“L” é a tempo de colonização (h);

“b (h⁻¹) e c (h^{-0,5})” são as taxas fracionais constantes; e

“t” é o tempo (h).

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

$$\mu = \frac{b + c}{2\sqrt{t}}$$

em que,

“ μ ” é a taxa de produção de gases (h⁻¹);

Sendo os demais termos definidos anteriormente.

Para a análise dos dados de produção de gases 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 animal “z” da idade de corte “i”;

μ – média geral;

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

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

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

e_{ijk} – erro experimental;

As degradabilidades efetivas foram estimadas usando-se os dados de produção de gases e degradabilidade *in vitro* com 96 horas de incubação, com auxílio do programa MLP (“Maximun Likelihood Program” – Ross, 1980). A taxa de passagem para o cálculo de degradabilidade efetiva foi $k=0,02$, sendo essa a indicada para alimentos volumosos (Ørskov *et al.*, 1980).

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística da produção acumulada de gases foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação: líquidos ruminais (blocos), idades de corte (parcelas) e tempos de incubação (subparcelas). Para a comparação das médias foi utilizado o teste SNK ($P<0,05$) empregando-se o software SAEG (Euclides, 2005). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado abaixo

Fontes de variação	gl.
Total	14
Idades de Corte (parcelas)	2
Inóculo ruminal (blocos)	4
<i>Erro (A)</i>	8
Total de sub-parcelas	89
Parcelas	14
Tempo (sub-parcelas)	4
Idades x tempos	8
<i>Erro (B)</i>	63

5.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição bromatológica para os substratos incubados é a mesma apresentada na tabela 01 do capítulo III.

Após seis horas de fermentação não foram encontradas diferenças entre os fenos cortados nas três diferentes idades ($p>0,05$) tendo valor médio de 12,0 mL/g de MS (Tabela 01). Após 12 horas o feno confeccionado aos 112 dias apresentou o menor valor de produção cumulativa ($p<0,05$), enquanto os fenos de capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56 e 84 dias não apresentaram diferenças ($p>0,05$). Às 24 horas, o feno

cortado aos 56 dias teve a maior produção de gases ($p>0,05$) com 105,2 mL/g de MS, seguido pelo tratamento cortado aos 84 dias, com 92,7 mL/g de MS e 82,7 mL/g de MS para o material cortado aos 112 dias, que apresentou o menor valor ($p<0,05$). Esse comportamento também foi observado às 48 horas de fermentação. Com 96 horas a produção de gases resultante da fermentação do feno cortado aos 84 dias foi semelhante à produção da fermentação do feno de 56 dias ($p>0,05$). A produção cumulativa de gases da fermentação do feno cortado aos 112 dias foi a menor após 96 horas ($P<0,05$) com 166,4 mL/ g de MS.

Tabela 01 – Produção cumulativa de gases (PCG), em mL/g de matéria seca (MS) após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação do feno de capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Idade de Corte (dias)	Período de Fermentação (horas)				
	6	12	24	48	96
56	13,0	37,6 ^a	105,2 ^a	153,3 ^a	183,9 ^a
84	12,4	33,5 ^a	92,7 ^b	142,3 ^b	177,1 ^a
112	10,5	28,0 ^b	82,7 ^c	132,8 ^c	166,4 ^b

*Valores seguidos por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$). Coeficiente de Variação = 9,76

A análise da produção acumulada de gás no tempo de incubação de 48 horas apresenta maior representatividade quanto a análise do valor nutricional de alimentos para ruminantes consumindo forragens, pois é aproximadamente este o tempo que os alimentos permanecem, em média, no rumem dos animais.

O resultado encontrado pela produção acumulada de gás, após 96 horas de incubação, é condizente com o resultado de digestibilidade aparente destes fenos encontrados por Ramirez (2010), com os valores encontrados para os fenos das plantas aos 56 e 84 dias semelhantes ($p>0,05$) e superiores ao encontrado para o feno da planta ceifada aos 112 dias de crescimento. Porém este dado não é condizente com o resultado encontrado com o desaparecimento *in situ* deste material, que foi maior para o feno obtido com a planta aos 56 dias de crescimento ($p<0,05$) em comparação com os resultados encontrados

para os fenos das plantas aos 84 e 112 dias de crescimento, que foram semelhantes entre si ($p>0,05$), como pode ser visto na tabela I do capítulo IV.

Quando se divide a produção acumulada de gases pelo teor de energia metabolizável (tabela 05 do capítulo III) encontrados para estes fenos obtem-se os valores de 89,3, 89,0 e 96,7 mostrando que para os fenos das plantas nas idades de 56 e 84 dias há uma relação mais próxima do conteúdo de energia metabolizável com a produção de gás, do que quando se compara estes com o feno das plantas aos 112 dias de crescimento.

Castro *et al.* (2007) avaliando a produção de gás obtida com a *Brachiaria brizantha* nas idades de corte de 56, 84 e 112 dias encontrou valores de produção acumulada de gases maiores que os encontrados neste trabalho para o feno da *Brachiaria decumbens*, de 77,9, 62,2 e 62,0 mL/g para o tempo de incubação de 12 horas, 210,3, 197,4 e 191,8 mL/g para o tempo de 48 horas, e valores de 241,3, 238,0 e 233,1 mL/g para o tempo de 96 horas. Porém Sousa (2009) trabalhando também com a *B. brizantha* ceifada na seca e na transição da época das águas para a época da seca encontrou valores de produção acumulada de gás de 181,6 e 172,5 mL/g, valores que estão de acordo com os deste experimento.

Já Ribas (2010) avaliando o híbrido de sorgo com capim-Sudão CMSX156A*Tx2785 encontrou produção acumulada de gás às 48 horas de incubação de 113,0 mL/g valor inferior ao encontrado neste trabalho para todos os tratamentos. Porém este autor informa que o valor de energia metabolizável era de 2,7 Kcal/Kg de MS, valor superior ao deste trabalho para todos os fenos avaliados (tabela 05 do capítulo III). Este resultado pode ser devido ao maior conteúdo de compostos solúveis na planta de sorgo, que pode gerar valores mais elevados de energia metabolizável e, por outro lado, reduzir a produção de gases durante a incubação *in vitro*. Deste modo, a maior produção de gases encontrada para o feno de *Brachiaria decumbens* em comparação a este híbrido de sorgo com capim Sudão não se reverte em maior valor nutricional para o feno, sendo esta uma limitação desta técnica para a avaliação do valor nutricional de alimentos para ruminantes.

A produção de gases está de acordo com o maior valor de desaparecimento *in situ* do feno obtido com as plantas aos 56 dias de crescimento em comparação com os outros testados ($p < 0,05$), demonstrando que a fração da amostra responsável pela produção de gases foi, provavelmente, a mesma que desapareceu durante a incubação *in situ* destes fenos.

Devido a provável pequena produção de células microbianas no material incubado, a pequena quantidade de nitrogênio disponível para a utilização dos microorganismos na amostra, não se observa um pico de produção de gases proveniente da morte e degradação das células microbianas ao final do período de incubação da amostra.

As equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France *et al.*, (1993) dos dados de produção acumulada de gases dos fenos de *Brachiaria decumbens* foram:

$$56 \text{ dias } Y = 185,5006 \times \{1 - \exp^{[-(0,0644) \times (t - 2,4107) - (-0,2000) \times (\sqrt{t} - \sqrt{2,4107})]}\}; \quad R^2: 99,7\%$$

$$84 \text{ dias } Y = 178,5622 \times \{1 - \exp^{[-(0,0587) \times (t - 2,5199) - (-0,1864) \times (\sqrt{t} - \sqrt{2,5199})]}\}; \quad R^2: 99,8\%$$

$$112 \text{ dias } Y = 168,5322 \times \{1 - \exp^{[-(0,0587) \times (t - 2,9102) - (-0,2002) \times (\sqrt{t} - \sqrt{2,9102})]}\}; \quad R^2: 99,8\%$$

Como pode-se observar os valores dos coeficientes de determinação destas equações podem ser considerados elevados, o que demonstra que os dados se adequaram bem ao modelo

O potencial máximo de produção de gases (A) em mL/g de matéria seca foi superior para o feno da planta cortada aos 56 dias (185,5 mL/g de MS), seguido pela forrageira colhida aos 84 e 112 dias (178,6 e 168,5 mL/g de MS respectivamente) (tabela 03). O potencial máximo de produção de gases é considerado como a expressão máxima de degradação ruminal de um alimento, não considerando limitação de tempo para o transito da digesta pelo rúmen.

Tabela 02. Parâmetros da cinética de fermentação ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca do feno de capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento.

Parâmetros	Idade de Corte (dias)		
	56	84	112
A (mL/g de MS)	185,5	178,6	168,5
L (h:min)	2:24	2:31	2:54
T/2 (h:min)	23:02	23:44	25:02
M (mL/g MS/h)	0,0435	0,0396	0,0386
R ²	0,997	0,998	0,998
DE (2,0%/h)	68,5	64,4	72,0
DE (5,0%/h)	61,9	58,0	64,1

A: Potencial máximo de produção de gases em mL/g de MS; L: Tempo de colonização em horas e minutos; T/2: Tempo necessário para atingir metade da produção máxima de produção de gases; μ : taxa de produção de gases em mL/g de MS⁻¹; R²: coeficiente de determinação; DE: degradabilidade efetiva da matéria seca em porcentagem para as taxas de passagem 2,0%/h e 5,0%/h.;

Castro *et al.* (2007) avaliando a *B. brizantha* nas idades de corte de 56, 84 e 112 dias de crescimento encontraram valores de potencial máximo de produção de gás de 237,0, 237,0 233,0, nestes idades, valores que são superiores aos encontrados neste trabalho. Os valores encontrados para os fenos da *B. decumbens* são condizentes com os encontrados por Sousa (2009) variando de 200,1 a 172,5 mL/g, para a *Brachiaria brizantha* colhida em várias épocas do ano. Castro *et al.* (2010) trabalhando com o *Panicum maximu* cv Tanzânia cortado aos 63 e 84 dias de crescimento encontrou o potencial máximo de produção de gás igual a 214,3 e 193,3 mL/g, valores superiores aos obtidos neste trabalho. Os valores encontrados para estes fenos também estão dentro da faixa de valores encontrados por Ribas (2010) que trabalhando com quatro híbridos de sorgo encontrou a produção máxima de gás variando de 135,2 a 202,5 mL/g.

O menor valor de tempo de colonização em horas, foi o do feno da planta aos 56 dias, com 2 horas e 24 minutos, seguidos pelos de 84 e 112 dias, com 2 horas e 24 minutos e 2 horas e 54 minutos, respectivamente. O feno cortado aos 56 dias resultou em maior taxa de produção de gases, seguidos pelos fenos cortados aos 84 e 112 dias. Estes valores são superiores aos descritos por Castro *et al.* (2010), de 1 hora e 48 minutos e 1

hora e 41 minutos, para o capim Tanzânia ceifado aos 63 e 84 dias de crescimento. Também são maiores que os relatados por Sousa (2009) para a *B. brizantha* de 2,12 a 1,28 horas. Porém estes valores foram menores que os encontrados por Ribas (2010) que variaram de 4,43 a 6,31 horas para quatro híbridos de sorgo.

A taxa de produção de gás (μ) foi maior para o feno da *Brachiaria decumbens* com 56 dias de crescimento, seguido pelo feno obtido aos 84 dias e o menor valor desta taxa foi encontrado para o feno das plantas aos 112 dias de crescimento. A taxa de desaparecimento da MS *in situ* também foi maior para o feno com 56 dias, seguido pelo com 84 dias e menor para o de 112 dias. Isso provavelmente acontece porque a fração da amostra que é degradada, resultando na produção de gases, é a mesma que foi degradada e desapareceu no experimento de incubação *in situ*.

As degradabilidades efetivas foram maiores para o feno cortado aos 112 dias, tanto para a taxa de passagem a 2,0%/h quanto para a taxa de 5,0%/h com 72,0% e 64,1% respectivamente. O material cortado aos 56 dias apresentou valores intermediários, enquanto o feno cortado aos 84 apresentou os menores valores. Estes resultados de DE da MS estão em desacordo com os resultados encontrados neste trabalho para a DE da MS da incubação *in situ* e com os resultados obtidos por Ramirez (2010) para a DAMS destes fenos. De modo que os resultados encontrados neste trabalho para a DE a uma taxa de passagem de 2%/hora corrobora com a afirmativa de Silveira *et al.* (2009) de que as taxas de degradação calculadas a partir dos ensaios *in vitro* de produção de gases pode não ser adequadas para a estimativa do valor nutricional de alimentos para ruminantes.

5.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Os resultado obtidos com o experimento de *in vitro* de produção de gás indica que o feno de *Brachiaria decumbens* cortado na idade de 56 dias foi superior aos fenos cortados nas idades de 84 e 112 dias de crescimento, que foram semelhantes entre si.

5.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, G. H. F. et al. Características produtivas, agronômicas e nutricionais do capim-tanzânia em cinco diferentes idades ao corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 62, n. 3, p. 654-666, 2010.

CASTRO, G. H. F. et al. Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. *marandu* colhida em diferentes idades ao corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 59, n. 6, p. 1538-1544, 2007.

EUCLYDES, R. F. **Sistema para análises estatísticas (SAEG 9.0)**. Viçosa: Finarbe, 2005.

FRANCE, J.; et al. A model to interpret gas accumulation profiles with in vitro degradation of ruminal feeds. **J. Teoret. Biol.**, v. 163, p. 99-111, 1993.

GUIMARÃES JR., R. et al. Cinética de fermentação ruminal de silagens de Mileto. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 60, n. 5, p. 1174-1180, 2008.

MAURÍCIO, R. M. *et al.* Relação entre pressão e volume para a implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arqui. Bras. Med. Vet. e Zootec.**, v. 55, n. 2, p. 216-219, 2003.

MAURÍCIO, R. M. *et al.* A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. **Anim. Feed Sci. and Tech.**, v. 79, p. 321-330, 1999.

NOGUEIRA, U. T. **Relação entre o volume de gases e a degradação da matéria seca de diferentes substratos pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases**. 2004. 60 p. Dissertação (Mestrado) - EV-UFGM, Belo Horizonte, 2004.

ØRSKOV, E. R. et al. The use of the nylon bag technique for evaluation of feedstuffs. **Trop. Anim. Prod.**, v. 5, p. 195-213, 1980.

RAMIREZ, M. A. **Consumo e digestibilidade aparente de fenos de *Brachiaria decumbens*, stapf cultivar Basiliski cortados em três diferentes idades**. 2010, 48 p. Dissertação (Mestrado) – EV-UFGM, Belo Horizonte, 2010.

RIBAS, M. R. **Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-Sudão, normais e mutantes RBM – Portadores de nervura marrom.** 2010. 138 p. Tese (Doutorado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 2010.

ROSS, G. J. S. **Maximum likelihood program (A Manual).** Hampden: Tothmsted experimental station. 1980.

SILVEIRA, M. F. et al. Avaliação de métodos laboratoriais para estimar a digestibilidade e o valor energético de dietas para ruminantes. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 61, n. 2, p. 429-437, 2009.

SOUSA, L. F. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandú em sistema silvipastoril e monocultivo.** 2010. 166 p. Tese (Doutorado) - EV-UFMG, Belo Horizonte, 2010.

THEODOROU, M. K. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 48, p. 185-197, 1994.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados do experimento de bioenergética indicam que os fenos obtidos com a *Brachiaria decumbens* aos 56, 84 dias permitiram melhor balanço energético, maior consumo de energia digestível e metabolizável.

O ensaio de incubação *in situ* indicou que o feno obtido com esta forrageira aos 56 dias foi superior aos fenos aos 84 e 112 dias.

Os resultados do experimento *in vitro* de produção de gases revelou que o feno obtido com as plantas aos 56 dias foi superior aqueles obtidos aos 84 e 112 dias.

Conclui-se que o feno obtido com a *Brachiaria decumbens* aos 56 dias possui valor nutricional superior aos obtidos com esta planta aos 84 e 112 dias.

