

Guilherme Rocha Moreira

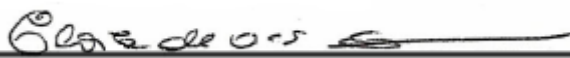
**Avaliação nutricional de fenos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina
produzidos em diferentes idades de crescimento**

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

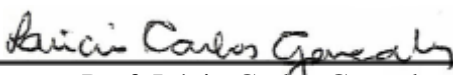
Área de Concentração: Nutrição e Alimentação Animal
Orientadora: Prof^a.Dra. Eloísa de Oliveira Simões Saliba

Belo Horizonte
UFMG - Escola de Veterinária
2010

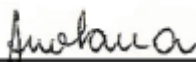
Tese defendida e aprovada em 10 de março de 2010, pela comissão examinadora constituída por:



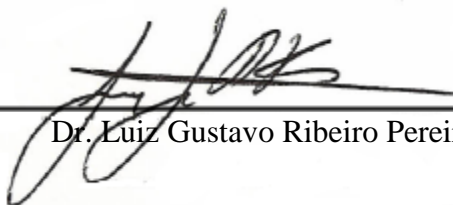
Prof^ª. Eloísa de Oliveira Simões Saliba
(Orientadora)



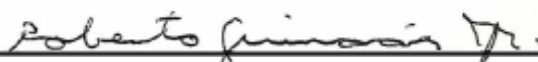
Prof. Lúcio Carlos Gonçalves



Prof.^a Ângela Maria Quintão Lana



Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira



Dr. Roberto Guimarães Júnior

Dedicatória

À Deus, por sempre estar ao lado desse ser abençoado por ele.

À meus familiares, amigos e professores .

Agradecimentos

A Deus por ter abençoado este filho.

Aos meus familiares em especial meus pais (Almy e Mônica), minha avó (Adelina), minha irmã (Marina) pelo apoio durante essa caminhada. Obrigado, amo vocês.

A minha namorada Lindomárcia pelo apoio durante essa caminhada. Obrigado, Amo você.

À professora Eloísa de Oliveira Simões Saliba, pela atenção, orientação e confiança durante a execução desse trabalho.

Ao professor Lúcio Carlos Gonçalves pelo material cedido para realização dessa tese, ajuda e ensinamentos durante esse período. Obrigado prof. Lúcio.

Ao professor Rogério Martins Maurício, pela orientação, dedicação, paciência, amizade e ensinamentos na vida pessoal e profissional que levarei pela vida.

Ao professor Mauro Pereira de Figueiredo por *mais uma vez* ter aberto as portas do Laboratório de Nutrição Animal da UESB para a realização de uma parte desse trabalho e do apoio de sempre. Obrigado professor Mauro

À professora Ângela Maria Quintão Lana, Iran Borges, Norberto Mário Rodriguez pela ajuda e ensinamentos durante esse período.

A doutora Regina por ceder a fazenda para execução desse trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal Toninho (o mago), Carlos e Margo pela amizade e ajuda nas análises e também aos demais professores e funcionários.

Ao meu grande amigo e o *cara* Luciano Fernandes Sousa *Mossoró. Amigos e irmãos para sempre.*

As mulheres de minha vida em BH Janaína, Maria Paula, Patrícia, Paula e em *especial* Salete (por ser a responsável pela agregação dessa *família*) pela amizade e apoio durante esse período.

Ao casal Silas e Yuri pelo apoio e amizade durante esse período.

Aos colegas Fredão, Gabriel, Danado, Alex, Biziu, Fernanda, Flávinha, Isabela, Wilson, Ribas, pelo apoio e amizade durante a execução desse trabalho.

Aos novos amigos Alexandre, Aline, Kélvia e Daniel pelo apoio e amizade.

Ao pessoal do laboratório de Nutrição Animal da UESB pela amizade e ajuda nas análises.

Aos amigos que deixei na Bahia e que sempre me apoiaram.

A Danilo pela amizade e ajuda estatística.

Ao Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pela oportunidade de estudo.

A Heloísa do Colegiado de Zootecnia pela ajuda nas questões burocráticas.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida.

Epígrafe

Realmente ninguém consegue fazer tudo sozinho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	11
INTRODUÇÃO GERAL.....	12
CAPÍTULO I.....	12
1. Revisão de Literatura.....	12
1.1. <i>Andropogon gayanus</i> Kunt var. <i>bisquamulatus</i> cv. Planaltina.....	12
1.2. Composição química e digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria seca do <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina.....	12
1.2.1. Proteína bruta.....	12
1.2.2. Fibra em detergente neutro.....	13
1.2.3. Fibra em detergente ácido.....	13
1.2.4. Lignina.....	13
1.2.5 Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca.....	13
1.3. Fenos.....	14
1.4. Digestibilidade <i>in vitro</i>	14
1.5. Técnica de degradabilidade <i>in situ</i>	14
1.5.1. Material utilizado para confecção e tamanho dos poros dos sacos de incubação.....	15
1.5.2. Relação peso da amostra: área superficial da bolsa	15
1.5.3. Tamanho de partícula da amostra incubada	15
1.5.4. Secagem da amostra	16
1.5.5. Horário de incubação	16
1.5.6. Posicionamento no rúmen e estratégia de colocação e remoção	16
1.5.7. Lavagem das bolsas após incubação	17
1.5.8. Efeito da dieta fornecida ao animal experimental	17
1.5.9. Efeito do animal	18
1.5.10. Contaminação microbiana no resíduo de incubação e estimativas de replicação	18
1.5.11. Modelos para avaliação da degradabilidade <i>in situ</i> e interpretação da cinética de fermentação....	18
.....	18
1.6. Técnica <i>in vitro</i> de produção de gases.....	19
1.6.1. Estequiometria dos gases	20

CAPÍTULO II.....	22
Composição bromatológica e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca de fenos produzidos com <i>Andropogon guyanus</i> cv. Planaltina em diferentes idades	22
Resumo.....	22
Abstract	22
1.INTRODUÇÃO	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4. CONCLUSÃO	25
CAPÍTULO III.....	26
Avaliação de fenos produzidos com <i>Andropogon guyanus</i> cv. Planaltina em diferentes idades através da técnica de degradabilidade <i>in situ</i>	26
Resumo	26
Abstract.....	26
1.INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4. CONCLUSÃO	32
CAPÍTULO IV.....	33
Avaliação de fenos produzidos com <i>Andropogon guyanus</i> cv. Planaltina em diferentes idades através da técnica <i>in vitro</i> semi-automática de produção de gases.....	33
Resumo	33
Abstract.....	33
1.INTRODUÇÃO.....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4. CONCLUSÃO	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Dados pluviométricos durante o período de dezembro de 2006 a abril de 2007.....	23
Tabela 2 - Equações de regressão dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca de fenos produzidos em diferentes idades (56, 84, 112 e 140 dias) de crescimento do <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina.....	24
Tabela 3 - Correlação entre digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) com fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) nos fenos produzidos com diferentes idades de crescimento do <i>A. gayanus</i> cv. Planaltina.....	25

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Esquema dos tempos de incubação dos sacos de náilon no rúmen.....	27
Tabela 2 – Equações obtidas pelas análises de regressão ao modelo de Ørskov e McDonald (1979) através dos dados de degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) dos fenos produzidos com <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina cortado em diferentes idades.....	29
Tabela 3 – Degradabilidade efetiva (DE) a 2%/hora da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do feno produzido com <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina cortado em diferentes idades de crescimento.....	31

CAPÍTULO IV

Tabela 1 – Equações de regressão da degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca do feno de <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.....	36
Tabela 2 – Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France et al. (1993) no feno de <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.....	36

Tabela 3 – Taxa de produção de gases (μ) e degradabilidade efetiva (DE) dos fenos de <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.....	37
---	----

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tabela 1 – Degradação da matéria seca (%) às 48 horas de fermentação de fenos de <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento através da técnicas <i>in vitro</i> , <i>in situ</i> e gás.....	38
--	----

Tabela 2 – Correlação entre as técnicas <i>in vitro</i> , <i>in situ</i> e gás às 48 horas de degradação da matéria seca.....	38
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III

Figura 1 – Degradabilidade potencial da matéria seca do feno de <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.....	30
--	----

Figura 2 - Degradabilidade potencial da fibra em detergente neutro do feno de <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.....	30
--	----

Figura 3 - Degradabilidade potencial da fibra em detergente ácido do feno de <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.....	31
---	----

CAPÍTULO IV

Figura 1 – Degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (%) do feno do <i>Andropogon gayanus</i> colhido em diferentes idades de crescimento.....	36
--	----

Figura 2 - Produção acumulada de gases nos fenos de <i>Andropogon gayanus</i> colhidos em diferentes idades de crescimento.....	37
---	----

RESUMO

Nesta pesquisa foi avaliado o valor nutritivo de fenos produzidos com diferentes idades de crescimento (56, 84, 112 e 140 dias) do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. No experimento 1 os teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) aumentaram linearmente, enquanto que os teores de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da MS diminuíram quadraticamente, a concentração de lignina aumentou quadraticamente com o avançar da idade de corte. No experimento 2 a degradabilidade *in situ* da MS, FDN e FDA; e no experimento 3, a degradabilidade *in vitro* da MS, foram comparadas pelos testes de paralelismo e identidade de curvas. O teste de paralelismo não demonstrou diferença entre as curvas de degradação *in situ* da MS, FDN, e FDA, e degradabilidade *in vitro* da MS, ou seja, as diferentes idades apresentaram o mesmo comportamento cinético de degradação. Contudo o teste de identidade de curvas demonstrou que as equações dos fenos do *A. gayanus* colhido com as plantas cortadas aos 56 e 84 dias são idênticas e diferentes das demais, ou seja, apresentaram maior degradação *in situ* da MS, FDN e FDA; e degradabilidade *in vitro* da MS. Os fenos de *A. gayanus* produzidos entre 56 – 84 dias de crescimento da forragem apresentaram as melhores respostas nutricionais.

Palavras-chave: forragem, nutrição animal, valor nutritivo

ABSTRACT

In this research was evaluated nutritional value of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina hays produced at different ages of growth (56, 84, 112 and 140 days). In experiment 1, the dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) concentrations increased lineally, while that crude protein (CP) content and *in vitro* dry matter digestibility (IVDM) decreased quadratically, the lignin increased quadratically with advanced age of the forage. In experiment 2, the *in situ* degradability of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF); and in experiment 3, the *in vitro* degradability dry matter were compared by tests of parallelism and identify of curves. The parallelism test didn't demonstrate difference between the curves of the *in situ* degradation to dry matter, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and *in vitro* dry matter degradability. Therefore, the different ages of growth showed the same behavior of kinetic degradation. However the curves of identification test demonstrated that equations for *A. gayanus* hays cutted at 56 and 84 days of growth were identical and different than other ages of cut. These ages of growth showed high degradation *in situ* for DM, NDF, ADF and *in situ* dry matter degradability. The *A. gayanus* hays produced between 56 - 84 days of growth of forage showed the better nutritional responses.

Keywords: animal nutrition, forage, nutritional value

INTRODUÇÃO GERAL

A cultivar Planaltina de *Andropogon gayanus* se adapta às condições do clima e baixa fertilidade dos solos da região dos cerrados brasileiros (Thomas et al., 1981). Entretanto o *A. Gayanus* concentra a maior parte de sua produção de matéria seca durante a estação quente e chuvosa do ano, enquanto que na estação fria (seca), diminui seu crescimento (Pedreira e Matos, 1981).

Desse modo, adota-se a prática de conservar parte da produção da forragem, com o intuito de manter uniforme a disponibilidade de volumoso para a alimentação animal durante todo o ano (Castro et al., 2007). Para isso a fenação constitui uma das alternativas recomendáveis.

Mickenhagen (1996) afirmou que fenos de boa qualidade são aqueles que provêm de forragens cortadas no estágio de maturidade adequado, já que de modo geral observa-se declínio na qualidade nutricional associado ao aumento da idade de crescimento da planta (Barcellos et al. 2001).

Objetivo dessa tese foi avaliar nutricionalmente o *A. gayanus* cv. Planaltina obtidos de plantas colhidas em diferentes idades de crescimento (56, 84, 112 e 140 dias).

CAPÍTULO I

1. Revisão de Literatura

1.1. *Andropogon gayanus* Kunt var. *bisquamulatus* cv. Planaltina

A cultivar Planaltina de *Andropogon gayanus* Kunt var. *bisquamulatus* é uma espécie originária da África Ocidental, é gramínea forrageira perene, porte alto, hábito de crescimento cespitoso. Foi introduzida em 1973, no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colômbia, sendo este procedente da estação experimental Shika-Nigéria, denominado de CIAT 621 (Pizarro, 1984).

Posteriormente, essa cultivar foi introduzido no Brasil pelo Centro de Pesquisa Agropecuário dos Cerrados (EMBRAPA-CPAC), com o código BRA-000019, e após avaliações, foi recomendada para a região dos Cerrados recebendo o nome de capim *Andropogon* cultivar Planaltina (Thomas et al., 1981).

A cultivar Planaltina de *A. gayanus* Kunt var. *bisquamulatus* se adapta às condições do clima e baixa fertilidade dos solos da região dos cerrados brasileiros (Thomas et al., 1981). Apresenta resistência à cigarrinha das pastagens (Cosenza et al., 1981), tolerância à seca (Bowden, 1963 e Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980), a solos ácidos com altos níveis de alumínio tóxico (Jones, 1979 e Thomas et al., 1981) e queimadas (Bowden, 1963), baixa exigência em fósforo e nitrogênio (Bowden, 1963 e Centro Internacinal de Agricultura Tropical, 1980), alta compatibilidade com leguminosas (Miles, 1980), boa produção de sementes, com taxa média de multiplicação de 25 ha/ano (Ferguson, 1981), boa aceitabilidade por bovinos e equinos (Bowden, 1963).

1.2. Composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina

1.2.1. Proteína bruta

Foi observado na literatura que o avançar da idade de corte do capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina diminui os teores de proteína bruta (PB) na forragem (Rosa e Borges, 1990; Batista e Godoy, 1995; Rodrigues et al., 2004; Ribeiro Júnior, 2009).

Rosa e Borges (1990) avaliando o feno de *A. gayanus* cv. Planaltina obtido de plantas que foram uniformizadas a altura de 15 cm e posteriormente cortadas aos 40, 54, 68 e 82 dias obtiveram teores de PB de 9,04%; 8,64%; 6,38% e 4,05% respectivamente.

Batista e Godoy (1995) em experimento com *A. gayanus* cv. Planaltina nas idades de 60, 90 e 120 dias após o plantio observaram teores de PB de 14,2; 9,8 e 6,4% respectivamente.

Rodrigues et al. (2004) em estudo com a cultivar Planaltina colhida em três diferentes idades 21, 42 e 63 observaram teores de PB de 11,86%; 7,88% e 6,92% respectivamente.

Ribeiro Júnior (2009) em ensaio onde o capim *A. gayanus* cv. Planaltina foi obtido de plantas uniformizadas a altura de 20 cm e posteriormente cortadas aos 56, 84, 112 e 140 dias observaram teores de PB de 7,35%; 5,88%, 6,92%; 4,31 e 2,16% respectivamente.

1.2.2. Fibra em detergente neutro

Os efeitos da idade de colheita do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina sobre os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram observados por Batista e Godoy (1995) em experimento com *A. gayanus* cv. Planaltina nas idades de 60, 90 e 120 dias após o plantio onde houve aumento desse teor com o avançar de colheita da forragem (62,6%; 72,1% e 75,8%).

Entretanto Rodrigues et al. (2004) em estudo com a cultivar Planaltina colhida em três diferentes idades 21, 42 e 63 observaram aumento e posterior diminuição dos teores de FDN, porém com diferença muito próximas entre o maior e o menor valor (em torno de 3%), os valores de FDN observados foram de 64,4%; 66,28% e 64,68% respectivamente.

Ribeiro Júnior (2009) em ensaio onde o capim *A. gayanus* cv. Planaltina foi obtido de plantas uniformizadas a altura de 20 cm e posteriormente cortadas aos 56, 84, 112 e 140 dias observou teores de FDN de 76,24%; 75,74%, 76,40% e 80,18% respectivamente.

1.2.3. Fibra em detergente ácido

Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) observados por Rodrigues et al. (2004) em estudo com a cultivar Planaltina colhida em três diferentes idades 21, 42 e 63 foram de 32,50%; 34,61% e 32,71% respectivamente.

Ribeiro Júnior (2009) em ensaio onde o capim *A. gayanus* cv. Planaltina que foi obtido de plantas uniformizadas a altura de 20 cm e posteriormente cortadas aos 56, 84, 112 e 140 dias observou teores de FDA de 44,18%; 43,50%, 43,90% e 47,79% respectivamente.

1.2.4. Lignina

Com relação aos efeitos da idade de corte do capim *A. gayanus* cv. Planaltina sobre os teores de lignina Rodrigues et al. (2004) em estudo com a cultivar Planaltina colhida em três diferentes idades 21, 42 e 63 observaram aumento nos teores de lignina com o avançar da idade de corte 2,32%; 3,19% e 6,94% respectivamente.

Ribeiro Júnior (2009) em ensaio onde o capim *A. gayanus* cv. Planaltina obtido de plantas uniformizadas a altura de 20 cm e posteriormente cortadas aos 56, 84, 112 e 140 não encontrou diferença nos teores de lignina entre as idades com valores variando de 6,26% a 6,94%.

1.2.5. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca

A idade fisiológica da planta forrageira e as condições ambientais em que ela se desenvolve constitui fatores de grande importância que afetam a sua composição química e, por conseguinte, a digestibilidade de seus nutrientes e a eficiência de sua utilização (Bressani et al., 1968).

Villarreal (1994) avaliando o *Andropogon gayanus* cv. Planaltina em quatro idade de corte e dois períodos de precipitação [mínima (mi) e máxima (ma)] observaram valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 58,9% (mi) e 60,1% (ma) para a idade de 21 dias; 58,8% (mi) e 49,5,1% (ma) para a idade de 42 dias; 60,3% (mi) e 45,5% (ma) para a idade de 63 dias e 53,3% (mi) e 43,1% (ma) para a idade de 84 dias.

Os efeitos da idade de colheita do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foram observados por Batista e Godoy (1995) em experimento com *A. gayanus* cv. Planaltina nas idades de 60, 90 e 120 dias após o plantio onde esses encontraram diminuição da DIVMS com o avançar de colheita da forragem (76,5%; 63,6% e 54,7% respectivamente).

Ribeiro Júnior (2009) em ensaio onde o capim *A. gayanus* cv. Planaltina obtido de plantas uniformizadas a altura de 20 cm e posteriormente cortadas aos 56, 84, 112 e 140 dias observou DIVMS para essas idades de 58,82%; 58,94%; 56,04% e 54,18%.

1.3. Feno

Para Cândido et al. (2010), o feno pode ser definido como a forragem que sofreu processo de desidratação até atingir o teor de umidade entre 10 a 20%, no qual permitem manter esse produto estável em condições ambientais.

O princípio básico da fenação resume-se na conservação do valor nutritivo da forragem através da rápida desidratação, uma vez que a atividade respiratória das plantas, bem como a dos microrganismos é paralisada. Assim, a qualidade do feno está associada a fatores relacionados com as plantas que sofrerão o processo de fenação, tais como espécie e idade; manejo do corte, que visa desidratação adequada; condições climáticas durante a secagem; bem como o conhecimento técnico para superar os condicionantes apresentados pelos fatores ambientais e sistema de armazenamento empregado.

Esses fatores interferem diretamente na qualidade bromatológica e sanitária dos fenos, bem como nas perdas no processo de produção (Reis et al., 2001).

1.4. Digestibilidade *in vitro*

A estimativa da digestibilidade pelo método convencional, *in vivo*, é o método que apresenta maior grau de confiança; porém é oneroso e demorado, não permitindo a avaliação simultânea de grande número de alimentos, além de exigir grande quantidade de material (Pires et al., 1979).

Segundo Official... (1995), o método de digestibilidade *in vitro* consiste numa alternativa ao método de digestibilidade *in vivo*, visto que existe alta correlação entre essas técnicas.

A técnica proposta por Tilley e Terry (1963) é provavelmente a mais utilizada para predição da digestibilidade total no trato gastrointestinal (Broderick e Cochran, 2000), pois simula os dois estágios da digestão dos ruminantes. Nesse processo, as amostras dos alimentos são submetidas a período de fermentação durante 48 horas com líquido ruminal e saliva artificial preparada segundo fórmula proposta por McDougall (1948); posteriormente as amostras permanecem durante mais 48 horas submetidas à digestão, com adição de ácido clorídrico (HCl) e pepsina, simulando a ação gástrica do abomaso.

Em 1975, Goering e Van Soest modificaram a técnica de Tilley e Terry (1963), ou seja, a digestão com pepsina foi abolida e o resíduo da etapa fermentativa foi extraído com detergente neutro (Van Soest et al., 1991).

No final dos anos 90 foi criado o fermentador artificial de rúmen denominado DAISY^{II} da ANKOM[®]. Esse aparelho permite a determinação simultânea da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica e parede celular de grande quantidade de amostras mantidas dentro de jarros de vidro e embebidas em inóculo ruminal e saliva artificial; cujos resultados obtidos são semelhantes aos encontrados pelo método de Tilley e Terry (Holden, 1999; Mabjeesh et al., 2000; Santos et al., 2000).

1.5. Técnica de degradabilidade *in situ*

A técnica *in situ* para avaliação de forragens consiste em determinar o desaparecimento de componentes da amostra através de pequenas quantidades de alimentos acondicionados em sacos de náilon ou outro material sintético e incubá-los no rúmen durante períodos variáveis (Reis, 2000).

Essa técnica de incubação de substratos no rúmen (*in situ*) para estimativa da degradabilidade dos alimentos foi descrita primeiramente por Quin et al. (1938) que utilizaram sacolas cilíndricas de seda natural em ensaios de digestibilidade de alimentos em ovinos canulados no rúmen.

A popularidade da técnica *in situ* está ligada a sua rápida e fácil execução, pois requer pequena quantidade de amostra do alimento e possibilita o seu contato íntimo com o ambiente ruminal. Ainda que o alimento não esteja submetido às ações do processo de mastigação, ruminação e fluxo para o

trato digestivo posterior, essa técnica fornece informações sobre a extensão e taxa de degradação dos nutrientes, permitindo estudos da cinética de digestão dos alimentos, sendo de fundamental importância para avaliação da quantidade de nutrientes que estará disponível para os microrganismos do rúmen e quantidade de nutrientes que chegará ao intestino (Mehrez e Ørskov, 1977; Sampaio, 1988; Barbosa, 1996; Reis, 2000).

Devido à ampla utilização dessa técnica, muitas pesquisas foram desenvolvidas com o intuito de estabelecer padrões apropriados e uniformizar o método *in situ* visando à obtenção de repetibilidade aceitável dos resultados (Reis, 2000).

1.5.1. Material utilizado para confecção e tamanho dos poros dos sacos de incubação

Os tipos de materiais mais utilizados na confecção dos sacos de incubação são seda, náilon, poliéster e dacron (Ørskov et al., 1980; Weiss, 1994; Huntington e Gives, 1995).

Entretanto, segundo Teixeira (1997) as bolsas confeccionadas com seda poderiam ser digeridas no rúmen, o que não ocorreriam com outros tipos de materiais (náilon, poliéster e o dacron).

Outro problema relacionado com os materiais utilizados na fabricação das sacolas é o teor de nitrogênio (N) dos mesmos. Segundo Weiss (1994), o maior teor de N existente no náilon quando comparado com dacron, poderia prejudicar as estimativas de degradabilidade das frações nitrogenadas. Entretanto, o dacron seria mais susceptível as ações físicas do rúmen quando comparado com poliéster, esse primeiro material tem a integridade do tamanho dos poros reduzida no ambiente ruminal, levando aos erros nas estimativas dos resultados.

Portanto, Mehrez e Ørskov (1977) sugeriram a utilização das sacolas de náilon como material rotineiro em experimentos *in situ*, sendo hoje em dia o mais utilizado (Huntington e Gives, 1995).

Segundo Nocek (1988), a porosidade de 40 a 60 μm parece ser um bom ajuste com respeito ao influxo microbiano e de conteúdo e defluxo de material digerido. Entretanto, os limites da porosidade das bolsas são difíceis de determinar e são mais dependentes provavelmente do tamanho da partícula, natureza e tipo de alimento.

1.5.2. Relação peso da amostra: área superficial da bolsa

A quantidade ideal de amostra é aquela que fornece algum resíduo no final do período de incubação para análises químicas e que não preencha toda a área do saco de incubação; atrasando o ataque bacteriano, aumentando o tempo de colonização e subestimando as taxas de digestão (Nocek, 1997).

Nocek (1988) determinou uma relação entre quantidade de amostra e área superficial equivalente entre 10 a 20 mg/cm^2 para a maioria das forragens e concentrados.

Segundo Vanzant et al. (1998), a maior fonte de erros de alguns trabalhos encontrados na literatura em relação à avaliação da relação entre peso da amostra e superfície da bolsa é a não consideração da dupla superfície da mesma e por isso, o denominador da equação abaixo deve ser multiplicado por 2.

Relação peso da amostra: área superficial da bolsa = $P / L \times C \times 2 = (\text{mg}) / (\text{cm}^2)$

P- peso da amostra (mg)

L- largura da bolsa (cm)

C- comprimento da bolsa (cm)

1.5.3. Tamanho de partícula da amostra incubada

Os sacos utilizados nos estudos de digestão não são preferivelmente mastigados ou ruminados e com isso, as reduções do tamanho das partículas contidas nos sacos são realizada pelos microrganismos ruminais que digerem o substrato a ser estudado. Fermentação ruminal e desgaste pela atividade ruminal são os únicos meios nos quais ocorre a redução da partícula (Nocek, 1997). Entretanto, ainda existem muitas controvérsias em relação à extensão desse processo associado com a digestão microbiana (Pearce e Moir, 1964; Moseley e Jones, 1984; Murphy e Nicoletti, 1984; Nocek e Kohn, 1988).

Por essa razão discute-se ainda se o alimento preparado para o estudo *in situ* deve ser semelhante à forma como é consumido pelo animal ou à forma adquirida após a mastigação e consequente apresentação no rúmen. Geralmente, materiais longos e grosseiros estão associados com menores taxas de digestão e maior variação na obtenção dos resultados. Contudo, materiais finamente moídos estão sujeitos a maiores perdas mecânicas dos sacos (apesar da variação ser mais controlada), resultando algumas vezes em taxas de digestão rápidas e irreais, o qual poderia afetar a taxa inicial de degradação, mas não necessariamente, a degradação final dessa mesma amostra (Ørskov et al. 1980; Nocek, 1997).

As recomendações de tamanho da partícula para cada material segundo Nocek (1997) são: suplementos protéicos e energéticos – 2 mm; silagens e forragens (MS abaixo de 60%), grãos de cereais, subprodutos fibrosos, fenos e forragens (MS acima de 60%) – 5 mm.

1.5.4. Secagem da amostra

A escolha do método de secagem das amostras para incubação em experimentos *in situ* pode provocar mudanças nos componentes das forragens (principalmente a proteína), podendo levar a subestimativa ou superestimativas da degradabilidade das forrageiras avaliadas (Michalet-Doreau e Ould-Bah, 1992). Segundo Weiss (1994), materiais secados em estufa de ventilação forçada (60°C) foram até 17% menos degradados quando comparados aos mesmos materiais secos a frio, entretanto, Huntington e Gives (1995) recomendaram secagem em forno de microondas ou a frio.

1.5.5. Horário de incubação

Para ensaios *in situ* são necessários maior número de observações no terço inicial do intervalo de incubações analisadas, pois a degradação ocorre mais rapidamente nos primeiros horários de incubação (Sampaio, 1988). O autor ainda sugere o ajuste do primeiro ponto de incubação somente após o período do lag time, o qual acontece cerca de 5 horas após o início da incubação. O último ponto de incubação deve atingir pelo menos 90 horas para avaliação dos alimentos forrageiros, uma vez que esses duram longos períodos para serem degradados, sendo adequado um período de incubação de 4 dias (96h) (Sampaio, 1997). De acordo com Michalet-Doreau e Ould-Bah, (1992) e Ørskov (1992), o último ponto deve representar muito bem a assíntota da curva de degradação.

Segundo Ørskov et al. (1980) para que o máximo potencial de incubação seja alcançado, os autores recomendaram intervalos de 12 a 36 horas para concentrados; 24 a 60 horas para forragens de alta qualidade e 48 a 72 horas para forragens de baixa qualidade.

Mertens (1993) sugere mínimo de 7 e máximo de 12 pontos de incubação para a estimativa da cinética de degradação de alimentos rapidamente degradados; enquanto que para alimentos lentamente degradados, mínimo de 9 e máximo de 13 pontos de incubação.

No entanto, Sampaio (1994) cita que três pontos de incubação estimariam a equação de degradabilidade com a mesma eficiência que mais tempos de incubação. Segundo o autor, muitos tempos de incubação além de aumentar o trabalho experimental, podem interferir no processo digestivo devido as constantes retiradas dos sacos do rúmen, o que certamente eleva o erro experimental e estresse do animal.

1.5.6. Posicionamento no rúmen e estratégia de colocação e remoção

As bolsas incubadas devem ter livre movimento para que sejam comprimidas durante os movimentos ruminais, facilitando a troca de fluídos entre ambiente interno e externo da bolsa (Huntington e Gives, 1995).

Segundo Van Soest (1983) o melhor sítio de colocação das bolsas é o saco ventral do rúmen, onde a degradação é mais rápida e apresenta maior população microbiana, o que facilita a colonização e degradação das amostras incubadas em comparação com o saco dorsal, o que explica os maiores valores de degradabilidade *in situ* dos alimentos incubados no saco ventral. Para garantir que os sacos permaneçam na região ventral do rúmen são utilizadas ancoras com pesos de 0,5 a 2kg para bovinos e 75 a 300g para ovinos (Huntington e Gives, 1997).

Segundo Nocek (1985) e Nocek (1988) a sequência de incubação das bolsas no rúmen deve ser em ordem reversa, ou seja, inicialmente devem ser incubados as bolsas que representam os últimos tempos de degradação, sendo que todas as bolsas que representam todos os tempos de degradação estudados devem ser removidas de uma única vez, pois caso contrário, pode haver uma interrupção do processo de degradação quando as bolsas são rapidamente retiradas para remoção e colocação de outras e novamente incubadas para o término de sua degradação.

Michalet-Doreau e Ould-Bah (1992) e Vanzant et al. (1998) recomendaram a introdução de todas as bolsas ao mesmo tempo, pois existem mudanças no ambiente ruminal durante os períodos de alimentação dos animais experimentais, provocando mudanças diurnas no número de elementos bacterianos e de protozoários; bem como a atividade enzimáticas da população microbiana, entretanto, com a introdução das amostras no mesmo horário, essas seriam submetidas às mesmas condições ruminais.

Teixeira et al. (1997) em estudos com alimentos volumosos não encontraram diferenças significativas quando comparou método de incubação em ordem reversa e incubação das amostras ao mesmo tempo para estimativas da digestão ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro.

1.5.7. Lavagem das bolsas após incubação

A lavagem das bolsas de incubação tem dois objetivos: interromper a atividade microbiana e remover toda digesta ruminal e resíduos de matéria microbiana (Michalet-Doreau e Ould-Bah, 1992). Segundo Weiss (1994) a lavagem das bolsas de incubação consiste na maior fonte de variação não biológica da técnica *in situ*.

Duas metodologias de lavagem das bolsas tem sido sugeridas: lavagem manual das bolsas em água corrente e lavagem mecânica com tempos variando de 2 a 15 minutos (Michalet-Doreau e Ould-Bah, 1992).

Mehrez e Ørskov (1977) e De Boer et al. (1987) não encontraram diferenças significativas no coeficiente de variação do desaparecimento da matéria seca (MS) e nitrogênio (N) quando foram comparados os métodos manual e mecânico de lavagens das bolsas. Porém, Lindberg (1985) mencionou maior perda de N nas amostras quando a lavagem foi manual e houve compressão das bolsas.

Entretanto, Cherney et al. (1990) avaliaram duas formas de lavagem das bolsas (manual e mecânica) em diferentes tempos de lavagem e não verificaram diferenças para os métodos de lavagem quando foi comparado as concentrações de MS. Porém, houveram maiores perdas de MS para a lavagem mecânica quando as bolsas foram submetidas a maiores tempos de lavagem.

1.5.8. Efeito da dieta fornecida ao animal experimental

A dieta é o principal fator que determina a quantidade e espécie de microrganismos e, portanto a taxa e extensão da digestão dos nutrientes da dieta. Fornecendo dietas com altos níveis de concentrados, a fermentação de açúcares solúveis e amido é mais rápida, reduzindo o pH ruminal e causando uma troca fundamental para uma população mais aminolítica às custas de uma celulolítica e de protozoários (Mackie e Gilchrist, 1979; Lindberg, 1981; Nocek e Polan, 1984). Porém, dietas ricas em forrageiras e aumento do número de refeições parecem exercer efeito positivo sobre a população de protozoários no rúmen e capacidade de adesão das células bacterianas (Lindberg 1985; Vanzant et al. 1998).

Segundo Huntington e Gives (1995) a dieta não afeta a proporção entre bactérias, fungos e protozoários; no entanto, existem mudanças no metabolismo animal, o que conseqüentemente ocasiona mudança na proporção dentro das espécies.

Weakley (1983) encontraram diminuição na degradabilidade da matéria seca (MS) e parede celular à medida que aumentaram os níveis de feno de alfafa na dieta.

Ørskov et al. (1980) verificaram aumento no desaparecimento da MS de amostras de cevada incubadas no rúmen com níveis crescentes de uréia, sendo que esse aumento foi verificado até a concentração de nitrogênio (N) amoniacal de 24mg%.

Animais alimentados com dietas ricas em concentrados foram responsáveis por maiores valores de lag time e menores taxas e extensão de digestão de N e componentes da parede celular para alimentos incubados no rúmen (Ørkov et al. 1980; Lindberg 1985; Nocek, 1988; Ørkov, 1992; Huntington e Gives, 1995; Barbosa 1996; Vanzant et al. 1998).

Com relação a dietas ricas em gordura, Lindberg (1985) citou que a adição de gordura à dieta reduz a propriedade hidrofílica nas superfícies das partículas, impedindo a adesão microbiana e reduzindo a degradação.

Portanto, Thiago (1994) recomendou a utilização de dieta com características próximas ao alimento a ser incubado, contudo Vanzant et al. (1998) sugeriram dietas com 60 a 70% de volumoso, devendo suprir as necessidades de manutenção do animal no qual as bolsas serão incubadas.

1.5.9. Efeito do animal

A técnica de digestão *in situ* têm sido utilizada em várias espécies de animais, sendo mais comum sua utilização em bovinos e ovinos. Sexo, estado fisiológico e idade do animal são fontes potenciais para variação de resultados da técnica (Nocek, 1997). Para Huntington e Givens (1995) as diferenças entre espécies de ruminantes adultos parecem ser pequenas e as variações observadas podem estar relacionadas a diferentes taxas de passagem, devendo os animais utilizados no experimento compreenderem o mesmo estado fisiológico.

1.5.10. Contaminação microbiana no resíduo de incubação e estimativa de replicação

Devido o contato íntimo das partículas do alimento teste com a microbiota ruminal, a contaminação potencial com os constituintes microbianos é obstáculo inerente a fonte de variação associado com a estimativa da verdadeira digestibilidade do nutriente dos alimentos pela técnica *in situ* (Nocek, 1997).

Huntington e Gives (1995) citaram que a contaminação dos resíduos de incubação pelos microrganismos ruminais pode ocasionar subestimativa dos valores de digestão da matéria seca (MS) e nitrogênio (N), além de estimativas errôneas do lag time e taxa de degradação do N. Segundo Valadares Filho et al. (1990) quando não houver correção para a contaminação microbiana, os resultados dos alimentos incubados devem ser expressos em termos de degradabilidades aparentes.

Segundo Mehrez e Ørskov (1977), os concentrados geralmente contém pequena contaminação bacteriana (5 a 10% do N residual). Nocek (1987) encontrou contaminação de 5% para milho sem casca, moído (5mm) e seco; após 16 horas de incubação ruminal. Porém, quando o mesmo milho foi incubado na forma de rolão, a contaminação aumentou para 50% durante 40 horas de incubação. Para Nocek (1997) as forragens tendem a ter maior contaminação.

Varvikko e Lindberg (1985) reportaram que a taxa de digestão da MS da forragem corrigida para MS microbiana foi mais rápida que quando não corrigida para contaminação microbiana.

Segundo Mehrez e Ørskov (1977) as variações entre as bolsas (réplicas) em mesmo dia e animal são as fontes que menos influenciam a degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta, sendo responsáveis por apenas 3,3% para esses parâmetros; enquanto a variação entre animais corresponde a 6,2% e entre dias em mesmo animal a 4,9%.

1.5.11. Modelos para avaliação da degradabilidade *in situ* e interpretação da cinética de fermentação

Ørskov e McDonald (1979) propuseram modelo exponencial para avaliação da degradação de forrageiras no rúmen e uma equação baseada no princípio do desaparecimento do material durante a incubação em função do tempo. Este modelo sugere a existência de três frações do alimento: fração rapidamente degradável, fração lentamente degradável e fração não degradável no rúmen. A equação proposta por Ørskov e McDonald (1979) é a seguinte:

$$p = a + b(1 - e^{-ct}) \quad \text{Equação 1}$$

Em que p é a porcentagem de degradação após um tempo em horas (t) de incubação; a é o intercepto da curva de degradação no tempo zero, que representa a fração rapidamente degradável; b é a fração lentamente degradável (que permaneceu no saco após o tempo zero); e c é a taxa fracional constante de degradação da fração b , a partir do tempo zero.

McDonald (1981) revisou esse modelo e observou que a digestão do substrato não se inicia instantaneamente e determinou existência de uma fase anterior ao processo de degradação, onde a colonização já teria se iniciado, mas não existe ainda nenhuma quebra do alimento incubado. Este período foi denominado tempo de colonização (TC). Ocorre no início do processo de degradação e pode ser relacionado com a primeira fase de resistência ao ataque microbiano ao substrato. O modelo proposto por McDonald (1981) incluindo o tempo de colonização antes do início da degradação da fração b foi descrito pela equação:

$$P = a + b (1 - \exp^{-c*(t-TC)}) \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

P = Quantidade de substrato degradado no tempo t ;

a = Representa a fração rapidamente solúvel;

b = Fração que pode ser degradada se houver tempo;

c = Taxa de degradação da fração b ;

t = Tempo de incubação;

TC = Tempo de colonização.

Posteriormente Sampaio (1988) redefiniu os parâmetros e propôs uma simplificação do modelo exponencial de Ørskov e McDonald (1979):

$$p = A - B e^{-ct} \quad \text{Equação 3}$$

Em que p é a porcentagem real do nutriente degradado após um tempo em horas de incubação no rúmen; A é a porcentagem máxima de degradação do material do saco; B e os demais parâmetros têm o mesmo significado do modelo de Ørskov e McDonald (1979).

Entretanto a técnica *in situ* não é capaz de simular a taxa de passagem que normalmente ocorre no rúmen. A mensuração da degradabilidade do rúmen sem levar em consideração a taxa de passagem superestima a extensão da degradação, uma vez que em condições fisiológicas as partículas deixariam o rúmen antes da completa degradação (Ørskov, 1982).

Utilizando os mesmos parâmetros empregados na equação 1 Ørskov e McDonald (1979), propuseram modelo para a degradabilidade efetiva (DE).

$$DE = a + (b \times c / (c + k))$$

Em que a , b e c são os mesmos parâmetros definidos na equação 1 e k é a taxa de passagem de partículas no rúmen.

Caso exista tempo de colonização McDonald (1981) sugere a inclusão do TC na equação.

$$DE = a + (b \times c / (c + k)) \times e^{-(c+k)tc}$$

1.6. Técnica *in vitro* de produção de gases

Existem muitos métodos disponíveis para se medir a qualidade da dieta e cada um com suas possibilidades e limitações. Dentre estes, está o método da produção de gases (Menke et al., 1979; Pell e Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994; Maurício et al., 1999), o qual, basicamente, mede esta produção a partir da fermentação de amostra em líquido ruminal tamponado. Esses são capazes de simular o ambiente ruminal e a digestão enzimática (Theodorou et al., 1994), apresentam comprovado potencial em descrever a cinética da fermentação no rúmen e estimar o consumo (Blümmel e Ørskov, 1993), fornecer a taxa e a extensão da degradação das forrageiras (Getachew et al., 1998), bem como

medir produtos da fermentação de partes solúveis e insolúveis de substratos (Pell e Schofield, 1993). Essa técnica permite avaliar grande número de substratos por experimento, apresentando alta precisão nas medições, simplicidade no manuseio de equipamentos e baixo custo na implantação e por amostra analisada (Maurício et al., 1999).

O método proposto por Menke et al. (1979) consiste na medida direta do volume de gases produzidos em seringas de vidro de 32 mm de diâmetro interno, 20 cm de extensão e 150 mL de volume, onde o êmbolo é lubrificado com vaselina, para facilitar o deslize na seringa; as quais contem o substrato que consiste de 200 mg de amostra não finamente moída, ou seja, essa amostra é cortada em cortador de carne de baixa rotação a 2 mm; meio de cultura composto de: soluções de microminerais, tampão ruminal, macrominerais e 30 mL de inóculo ruminal filtrada em gaze com remoção de quaisquer bolhas produzidas. As seringas são localizadas em rotor com rotação controlada (1x/min), sob condições normais de pressão atmosférica e 39 °C. Após 6-8 horas são feitas as primeiras observações, se o gás excedia 60 mL, o bico da seringa é aberto e colocado na posição inicial. A leitura final é realizada após de 24 horas de fermentação.

O método de Menke et al. (1979) foi modificado por Blümmel e Ørskov (1993) que passaram a incubar as amostras em banho-maria, aumentaram a quantidade de amostra de 200 para 500 mg e dobraram a quantidade de solução tampão. Além disso, o tempo de incubação aumentou de 24 para 72 horas. As modificações resultaram em menores variações de temperatura durante as leituras do volume de gases, possibilitando melhor estudo da dinâmica de fermentação.

A técnica com monitoramento computadorizado de produção de gases para avaliação *in vitro* da digestão de forragens, desenvolvida por Pell e Schofield (1993), baseia-se no fato de os produtos da fermentação resultar da fermentação dos carboidratos solúveis e insolúveis, portanto as taxas de digestão, calculadas utilizando as medidas de produção de gases, refletem as taxas das frações solúveis e insolúveis. Segundo esses autores, na condição em que nutrientes não sejam limitantes, a produção de gás é uma medida direta do crescimento microbiano e, em alguns aspectos, é o melhor índice para medir a energia metabolizável produzida.

Sendo o sistema de Pell e Schofield (1993) relativamente caro e que necessita de recursos especialmente construídos ou montados mecânica e eletronicamente, Theodorou et al. (1994) idealizaram sistema onde as leituras de pressão e volume de gases são feitas manualmente.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases de Maurício et al., (1999) foi desenvolvida a partir de adaptações feitas à técnica manual de produção de gases desenvolvida por Theodorou et al. (1994).

A técnica semi-automática utiliza equações de regressão entre a pressão interna dos frascos e o volume de gases produzidos por substrato, para estimar o volume através da pressão obtido por transdutor. A partir de dados experimentais, uma equação quadrática entre pressão (P) e volume (V) foi obtida viabilizando a estimativa do volume de gases produzidos dentro de cada frasco de fermentação. O desenvolvimento de equação estabelecendo a relação entre P e V (Maurício et al., 1999) eliminou as aferições manuais do V feitas através de seringas plásticas, como proposto na técnica de Theodorou et al. (1994).

Essa modificação levou à redução no erro do operador, maior velocidade de leitura e aumento da capacidade do sistema. Dessa forma, a cinética, e mais especificamente o período inicial de fermentação denominado *lag phase*, puderam ser descritos com maior precisão, ou seja, maior número de pontos devido à redução nos intervalos de leituras do volume de gases produzidos. Entretanto faz-se necessário a obtenção de equação para predição do volume através da pressão, de acordo com a altitude de cada laboratório (Maurício et al., 2003).

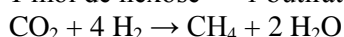
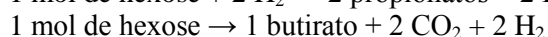
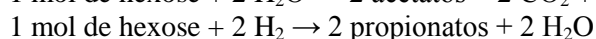
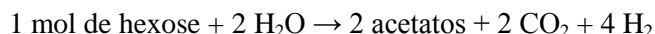
1.6.1. Estequiometria dos gases

Os gases mensurados nessas técnicas são basicamente resultado da fermentação dos carboidratos com a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico e a produção de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄). Na maioria das situações alimentares o ácido acético é predominante, e com o ácido butírico refletem dietas ricas em forragens, na qual, bactérias celulolíticas proliferam. Em contraste, bactérias

amilolíticas dominam em dietas enriquecidas com amido, onde o incremento dos teores do ácido propiônico são normalmente observados (Beever e Mould, 2000).

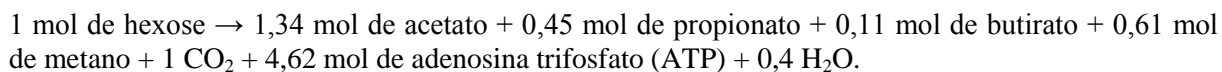
Substratos com maior capacidade de produção de acetato (maior concentração de fibra em sua composição bromatológica) produzem maior quantidade de gases por unidade de matéria orgânica fermentada quando comparados aos substratos ricos em amido os quais proporcionam maior produção de propionato e, conseqüentemente, menor produção de gases (Blümmel et al., 1997).

A energia presente nos AGCC representa em torno de 75 a 80% da energia originalmente presente nos carboidratos fermentados e, normalmente, contribuem em 50 a 70% da energia digestível do alimento (Kozloski, 2002). As reações da fermentação de hexoses da parede celular foram descritas por Hungate (1966):



A formação de ácido propiônico é a única reação que precisa de hidrogênio (H₂) e não gera CO₂ (Van Soest, 1994) além de não contribuir para a formação dos gases mensurados pela técnica. Portanto, para comparar os dados de produção entre diferentes substratos, faz-se necessário verificar as diferenças nas relações do acetato:propionato para os substratos analisados (Groot et al., 1996).

O excesso de H₂ no rúmen é convertido a metano pelas bactérias metanogênicas, de acordo com o balanço estequiométrico a produção de acetato e de butirato promovem maior produção de CH₄ (Wolin, 1960). O caminho completo da produção de AGCC para o equivalente-hexose de dietas ricas em forragens é resumida por Beever (1993):



CAPÍTULO II

Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de fenos produzidos com *Andropogon gayanus* cv. Planaltina colhido em diferentes idades de crescimento

Resumo

Neste experimento foram avaliados a composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do feno de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Para a confecção dos fenos a gramínea foi submetida ao corte em diferentes idades de crescimento: 56, 84, 112 e 140 dias, com cinco canteiros (blocos) por idade. Esses foram utilizados para obtenção das equações de regressão dos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), DIVMS e lignina (LIG). Os teores de MS, FDN e FDA foram aumentados linearmente com avançar do estágio de maturidade da forrageira; MS (%) = $90,65 + 0,012 \text{ dias}$; FDN (%) = $70,50 + 0,059 \text{ dias}$ e FDA (%) = $35,35 + 0,05 \text{ dias}$. Com o avançar do estágio de maturidade da forrageira, foram observados diminuição quadrática do teor de PB e DIVMS dos fenos produzidos: PB (%) = $14,08 - 0,12 \text{ dias} + 0,0003 \text{ dias}^2$ e DIVMS (%) = $53,45 + 0,24 \text{ dias} - 0,0019 \text{ dias}^2$. Entretanto a concentração de LIG aumentou quadraticamente nos fenos produzidos com *A. gayanus* com o avançar da idade de corte; LIG (%) = $6,33 - 0,056 \text{ dias} + 0,0004 \text{ dias}^2$. As respostas nutricionais encontradas indicam que os melhores fenos de *A. gayanus* foram obtidos com as plantas cortadas nos intervalos de 56 a 84 dias de crescimento.

Palavras-chave: forragem, nutrição animal, valor nutritivo

Nutritional composition and *in vitro* dry matter digestibility of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina hays produced at different ages

Abstract

In this experiment were evaluated the chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina hays. For produce the hays, the grass was submitted to cut at ages different plant: 56, 84, 112 and 140 days, with five plantation areas (blocks) to each age. These were used to obtain the regression of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), *in vitro* dry matter digestibility and lignin (LIG). The DM, NDF and ADF were increased linearly with advancing stage of maturity of the forage; MS (%) = $90,65 + 0,012 \text{ days}$; NDF (%) = $70,50 + 0,059 \text{ days}$ and ADF (%) = $35,35 + 0,05 \text{ days}$. With advance stage of maturity of the grass, were observed quadratic decrease of CP and *in vitro* dry matter digestibility of hays produced: CP (%) = $14,08 - 0,12 \text{ days} + 0,0003 \text{ days}^2$ and *in vitro* dry matter digestibility (%) = $53,45 + 0,24 \text{ days} - 0,0019 \text{ days}^2$. However the lignin concentration increased quadratically in hays produced for *A. gayanus* with advanced age of growth: LIG (%) = $6,33 - 0,056 \text{ days} + 0,0004 \text{ days}^2$. The nutritional responses indicated that the best *A. gayanus* hays were obtained in plants on intervals to 56 - 84 days of growth of forage.

Keywords: animal nutrition, forage, nutritional value

1. INTRODUÇÃO

A cultivar Planaltina de *Andropogon. gayanus* se adapta às condições do clima e baixa fertilidade dos solos da região dos cerrados brasileiros, apresentando resistência à cigarrinha das pastagens e tolerância à seca (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980; Cosenza et al., 1981 e Thomas et al., 1981).

Entretanto o *A. Gayanus* concentra a maior parte de sua produção de matéria seca (em torno de 75%) durante a estação quente e chuvosa do ano (outubro a março), enquanto que na estação fria (seca), diminui seu crescimento (Pedreira e Matos, 1981).

Desse modo, em certas situações, adota-se a prática de conservar parte da produção de forragem da estação quente e chuvosa do ano, para ser utilizada na estação fria (seca), com o intuito de manter uniforme a disponibilidade de volumoso para a alimentação animal durante todo o ano (Castro et al., 2007). Para isso a fenação constitui uma das alternativas recomendáveis.

Mickenhagen (1996) afirmou que fenos de boa qualidade são aqueles que provêm de forragens cortadas no estágio de maturidade adequado, já que de modo geral observa-se declínio na qualidade nutricional associado ao aumento da idade de crescimento da planta (Barcellos et al. 2001). Todavia, a qualidade do feno depende também das condições do ambiente e manipulação da forragem durante todo o processo de produção (Garcia et al., 1991).

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca dos fenos de *A. gayanus* cv. Planaltina obtidos de plantas colhidas em diferentes idades de crescimento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em fazenda localizada no município de Lagoa Santa, Minas Gerais, bioma Cerrado. Foi utilizada uma área pré-estabelecida de capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Na análise de solo observaram-se as seguintes características: pH 5,3; alumínio (Al^{3+}) 0,6 cmol.carga/dm³; fósforo (P) 1,5 mg/dm³; potássio (K) 183 mg/dm³; índice de saturação de bases de 39% e classificação de textura denominada franco argilosa. Baseado nas respostas obtidas a partir de análise do solo procedeu-se a correção da acidez no início do período chuvoso, sendo aplicados 2000 kg/ha de calcário dolomítico.

Após trinta dias foi realizada uniformização da área experimental, com utilização de roçadeira à 20 cm acima do solo e adubação. Para adubação de cobertura foram utilizados 250 kg/ha de 08-24-12 e 100 kg/ha de 30-00-20 (N:P:K).

Foram demarcados 20 canteiros com 64 m² (8 x 8m) cada. A gramínea foi submetida ao corte em diferentes idades de crescimento: 56, 84, 112 e 140 dias, com cinco canteiros (repetições) por idade.

O ensaio foi conduzido seguindo o delineamento em blocos ao acaso, sendo os tratamentos as idades de corte que foram utilizadas para confecção dos fenos e os blocos os canteiros.

O primeiro corte foi realizado dia 27 de janeiro de 2007 e os demais em intervalos de 28 dias. Os dados pluviométricos do período de dezembro de 2006 a abril de 2007 foram (tabela 1).

Tabela 1. Dados pluviométricos durante o período de dezembro de 2006 a abril de 2007.

Mês	Índice pluviométrico (mm)
Dezembro de 2006	304,4
Janeiro de 2007	230,7
Fevereiro de 2007	134,1
Março de 2007	51,8
Abril de 2007	55,0

Nas idades determinadas, o capim *A. gayanus* foi cortado a 20 cm acima do nível do solo utilizando-se roçadeira costal. Em cada idade foram colhidas forragens dos cinco canteiros. Uma bordadura de 2 m de cada lado dos canteiros foi desprezada para evitar efeitos externos, sendo a área útil com dimensões de 36 m² (6 x 6m) por canteiro. Uma fração dessa área foi retirada e utilizada para produção dos fenos.

A confecção dos fenos foi realizada na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, onde a forragem cortada anteriormente foi colocada em bandejas de ferro de 1 m² (1 x 1m), em camadas de 5 cm e expostas ao sol, sendo reviradas quatro vezes por dia. Caso não dessem ponto de feno, as bandejas eram recolhidas e colocadas em galpão, para evitar o orvalho, e no dia seguinte eram expostas novamente ao sol. O ponto de feno era observado quando ao torcer um molho de folhas e hastes, apenas algumas se rompiam.

Posteriormente os fenos foram secos em estufa a 55°C por 72 horas e processados em moinho com peneira de crivos de 1 mm. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos, identificadas e armazenadas para posteriores análises.

Na fase laboratorial foram determinados valores de matéria pré-seca, matéria seca (MS) a 105°C e proteína bruta (PB) de acordo com Official... (1995); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina segundo Van Soest et al. (1991).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada de acordo com a técnica preconizada por Tilley e Terry (1963) que foi modificada para uso no fermentador de rúmen artificial DAISY^{II} (ANKOM[®]) segundo Holden (1999).

O inóculo ruminal foi obtido e colhido de bovino macho da raça Jersey fistulado no rúmen, antes do fornecimento da alimentação matinal. A dieta do animal foi calculada para atender as exigências nutricionais de manutenção e peso constante, tendo como fonte volumosa o feno de Tifton-85 (*Cynodon spp*) e, como concentrado, ração comercial com 18% proteína bruta.

Foram pesados 0,25 g de amostra em sacos filtrantes F57 ANKOM[®] que foram embebidos em jarros contendo líquido ruminal (0,4 L) e saliva artificial (1,6 L) preparada de acordo com McDougall (1948). Os jarros foram acondicionados no incubador DAISY^{II} e mantidos durante 48 horas a 39°C para degradação do substrato através da microbiota ruminal. Após esse tempo, foram adicionados 40 mL de solução de ácido clorídrico 6 N e 8 g de pepsina, quando foi iniciado o processo de simulação da digestão no abomaso por 24 horas. Finalizando esse tempo, os jarros foram drenados e então, os sacos foram lavados em água destilada e secos em estufa de circulação forçada a 105° por 24 horas e pesados.

Sacos vazios (brancos), que foram submetidos aos procedimentos descritos anteriormente, foram utilizados para subtrair eventuais contaminações do inóculo ruminal.

Foram realizados os testes de Lilliefors e Bartlett para avaliar a normalidade e homocedasticidade dos dados.

Foi realizada estimativa de equação de regressão para as variáveis estudadas em função da idade de corte e Correlação de Pearson foi empregada para avaliação das associações entre os teores de FDN, FDA e LIG e a DIVMS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 podem-se observar as equações de regressão da composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de fenos produzidos em diferentes idades (56, 84, 112 e 140 dias) de crescimento do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.

Tabela 2. Equações de regressão dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de fenos produzidos em diferentes idades (56, 84, 112 e 140 dias) de crescimento do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina

Variáveis (%)	Equações de regressão	R ²
MS*	90,65 + 0,012 x (dias)	0,89
PB*	14,08 - 0,12 x dias + 0,0003 x (dias) ²	0,99
FDN*	70,50 + 0,059 x (dias)	0,98
FDA*	35,35 + 0,05 x (dias)	0,99
LIG*	6,33 - 0,056 x(dias) + 0,0004 x (dias) ²	0,99
DIVMS*	53,45 + 0,24 x (dias) - 0,0019 x (dias) ²	0,99

*Valores na base seca.

Os teores de matéria seca (MS) foram elevados linearmente com avançar do estágio de maturidade da forrageira, sendo que o valor mínimo foi observado para o feno da forragem cortada aos 56 dias com 91,3% de MS e o valor máximo foi observado para o feno da planta colhida aos 140 dias com valor de 92,3% de MS. Segundo Ataíde Júnior et al. (2000) fenos são produzidos a partir de forragens verdes desidratadas com umidade inferior a 15%, o que permite que sejam armazenados, desde que adequadamente, sem deterioração de seus princípios nutritivos. Portanto, os fenos avaliados

nessa pesquisa, apresentaram teores adequados de MS, o que permite que sejam armazenados e não percam seus valores nutritivos.

Com o avançar do estágio de maturidade da forrageira, foram observados diminuição quadrática do teor de proteína bruta (PB) nos fenos produzidos. Observou-se por essa equação que somente os fenos das plantas cortadas nos intervalos de 56 a 85 dias apresentam concentrações superiores a 6%, o qual segundo Van Soest (1994) é a concentração mínima para manutenção adequada da microbiota ruminal. Esses resultados concordam com Rodrigues et al. (2004) que trabalhando com a gramínea *A. gayanus* cv. Planaltina cortadas aos 21, 42 e 63 dias observaram diminuição do teor de PB ao longo do tempo com valores de 11,86; 7,88 e 6,92% respectivamente.

A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) aumentaram linearmente com a idade de corte do *Andropogon* para confecção dos fenos. Como o FDN segundo Jung e Allen (1995) está relacionado ao consumo voluntário e o FDA está relacionado a alterações na digestibilidade (Van Soest, 1994), provavelmente os fenos do *A. gayanus* colhidos nas idades mais avançadas serão menos consumidos e degradados.

Os teores de FDN observados na equação de regressão para as idades de 56, 84 e 112 dias foram numericamente próximos ao observado por Barbi (1991) que trabalhando com o capim *Andropogon* nessas mesmas idades, encontrou valores de 72,9; 74,3 e 73,9%, respectivamente.

Esses resultados para os teores de FDA no feno do capim *Andropogon* cortado aos 56, 84 e 112 dias obtidos pela equação de regressão (38,2; 39,6 e 41,0% respectivamente) foram inferiores aos observados por Barbi (1991) que obteve teores de FDA de 42,4; 44,9 e 44,6% respectivamente para essas idades.

A concentração de lignina (LIG) aumentou quadraticamente nos fenos produzidos com *A. gayanus* com o avançar da idade de colheita. Como a LIG afeta a digestibilidade dos componentes da parede celular e esse efeito é mais pronunciado com o avançar da idade das forragens (Wilson e Hatfield, 1997), provavelmente os fenos produzidos com a forragem colhida nos estádios mais avançados serão menos degradados.

Os teores de LIG encontrados na equação de regressão aos 56 e 112 dias foram superiores àqueles observados por Barbi (1991) que encontrou 3,6 e 4,5% para essas respectivas idades. Entretanto, o feno do capim *Andropogon* produzido aos 84 dias de crescimento foi numericamente igual ao avaliado por Barbi (1991) na mesma idade, na qual o autor encontrou 4,4% de LIG.

A DIVMS diminuiu quadraticamente com o avançar da idade de colheita da forragem, sendo o valor mínimo observado de 49,8% para a idade de 140 dias e o valor máximo observado de 60,9% para a DIVMS no feno do *Andropogon* colhido aos 56 dias.

A diminuição da DIVMS com o avançar da colheita da forrageira para confecção dos fenos provavelmente estão relacionadas com as correlações observadas entre a DIVMS com os teores dos componentes da parede celular FDN, FDA, LIG como apresentado na Tab. 3, onde podem-se verificar significância e associação entre as variáveis analisadas. As correlações obtidas foram significativas ($P < 0,05$) e altas. Observa-se que a associação entre DIVMS com FDN, FDA e LIG foi negativa, ou seja, o aumento desses componentes no avançar da idade de corte da forragem para obtenção dos fenos levou a diminuição da DIVMS. Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura, a qual cita que o aumento dos componentes da parede celular reduz sua degradabilidade pelos ruminantes (Hatfield, 1993; Jung e Deetz, 1993; Burns et al., 1997; Deschamps, 1999; Alves de Brito et al., 1999; Alves de Brito et al., 2003).

Tabela 3. Correlação entre digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) com fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) nos fenos produzidos com diferentes idades de crescimento do *A. gayanus* cv. Planaltina

Variável	FDN	FDA	LIG
DIVMS	-0,80**	-0,88**	-0,88**

**($p < 0,01$).

4. CONCLUSÃO

As respostas nutricionais encontradas apontam maior potencial de utilização de fenos produzidos com *Andropogon gayanus* colhido nos intervalos de 56 a 84 dias de crescimento.

CAPÍTULO III

Avaliação de fenos produzidos com *Andropogon gayanus* cv. Planaltina colhido em diferentes idades de crescimento através da técnica de degradabilidade *in situ*

Resumo

Nesse estudo foram utilizados fenos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento (56, 84, 112 e 140 dias) para ensaio de degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso com arranjo em parcelas subdivididas, sendo que as idades de corte constituíram as parcelas e os tempos de degradação (0, 6, 12, 24, 48 e 96 horas) formaram as subparcelas, com cinco repetições por tratamento (blocos). Os dados de degradabilidade *in situ* foram utilizados para confecção de equações que foram comparadas pelos testes de paralelismo e identidade de curvas. O teste de paralelismo não demonstrou diferença entre as curvas de degradação da MS, FDN e FDA, ou seja, as diferentes idades apresentaram o mesmo comportamento cinético de degradação. Contudo o teste de identidade de curvas demonstrou que as equações dos fenos do *A. gayanus* colhido com as plantas cortadas aos 56 e 84 dias são idênticas e diferentes das demais, ou seja, apresentam maior degradação da MS, FDN e FDA. Os resultados observados indicam que os melhores fenos de *A. gayanus* são obtidos com plantas cortadas nos intervalos de 56 a 84 dias.

Palavras-chave: conservação, gramínea, ruminantes

Evaluation of hays produced with *Andropogon gayanus* cv. Planaltina at different ages using *in situ* degradability technique

Abstract

In this study were evaluated *Andropogon gayanus* cv. Planaltina hays produced at different ages of growth (56, 84, 112 and 140 days) to assay *in situ* dry matter degradability, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). The statistical design was randomized blocks with split plots. The ages of growth were parcels and degradation time (0, 6, 12, 24, 48 and 96 hours) were subparcels with five repetition by treatment (blocks). Data from *in situ* degradability were used for fabrication of equations that were compared by test of parallelism and identity of curves. The parallelism test didn't showed difference between the degradation curves for DM, NDF and ADF. The different ages showed the same degradation kinetic behavior. The test of identification curves showed that the equations *A. gayanus* hays produced with plant between 56 and 84 days are similar and different from the others ages of growth and had higher degradation for DM, NDF and ADF. The observed results indicated that the best *A. gayanus* hays are obtained from plants cut in between 56-84 days.

Keywords: conservation, graminea, ruminant

1. INTRODUÇÃO

O *Andropogon gayanus* Kunt var. *biquamulatus* é uma gramínea perene originária da África Ocidental que apresenta porte alto, hábito de crescimento cespitoso, resistência à cigarrinha das pastagens, tolerância à seca, a solos ácidos com altos níveis de alumínio tóxico, queimadas, baixa exigência em fósforo e nitrogênio, alta compatibilidade com leguminosas (Bowden, 1963; Jones, 1979; Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980; Miles, 1980; Cosenza et al., 1981; Pizarro, 1984).

Essa gramínea foi introduzida no Brasil pelo Centro de Pesquisa Agropecuário dos Cerrados (EMBRAPA-CPAC) e após avaliações, foi recomendada para a região dos Cerrados recebendo o nome de capim *Andropogon* cultivar Planaltina (Thomas et al., 1981).

Entretanto o *A. Gayanus* concentra a maior parte de sua produção de matéria seca durante a estação quente e chuvosa do ano (Pedreira e Matos, 1981). Desse modo, em certas situações, adota-se

a prática de conservar parte da produção de forragem da estação quente e chuvosa do ano, para ser utilizada na estação fria (seca), com o intuito de manter uniforme a disponibilidade de volumoso para a alimentação animal durante todo o ano (Castro et al., 2007). Para isso a fenação constitui uma das alternativas recomendáveis.

O princípio básico da fenação resume-se na conservação do valor nutritivo da forragem através da rápida desidratação, uma vez que a atividade respiratória das plantas, bem como a dos microrganismos é paralisada. A qualidade do feno está associada a fatores relacionados com as plantas tais como: espécie e idade, no processo de produção fatores como: manejo do corte, que visa desidratação adequada; condições climáticas durante a secagem e sistema de armazenamento empregado são fatores que interferem diretamente na qualidade bromatológica e sanitária dos fenos, bem como nas perdas no processo de produção (Reis et al., 2001).

Ensaio de digestibilidade *in vivo* têm sido utilizados para a determinação da digestibilidade aparente dos alimentos. Porém, tal metodologia é trabalhosa e tem alto custo financeiro, além de exigir grande quantidade do alimento, o que pode não ser possível quando se trata de programa de avaliação de recursos alimentares para ruminantes (Nocek, 1988; Huntington e Givens, 1995).

A técnica *in situ* com a utilização de sacos de náilon suspensos no rúmen permite estimar a degradabilidade das forrageiras por intermédio do desaparecimento de seus constituintes após diferentes tempos de incubação. Esse método tem sido amplamente recomendado pela sua rapidez na obtenção dos dados, simplicidade e baixo custo econômico, além de requerer pequenas quantidades de amostras dos alimentos (Mehrez e Ørskov, 1977; Franzolin et al., 1995; Huntington e Givens, 1995; Veloso et al., 2000; Molina et al., 2002).

Ainda que inicialmente essa técnica tenha sido utilizada para avaliação da degradabilidade da proteína, a mesma tem sido recomendada para avaliar outros constituintes não protéicos dos alimentos, como as frações fibrosas (Huntington e Givens, 1995; Ørskov, 2002).

O objetivo desse experimento foi avaliar fenos produzidos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina em diferentes idades de crescimento através da técnica de degradabilidade *in situ*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os fenos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina utilizados para ensaio de degradabilidade *in situ* foram os mesmo descritos no capítulo II. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso com arranjo em parcelas subdivididas, sendo que as idades de corte constituíram as parcelas e os tempos de degradação (0, 6, 12, 24, 48 e 96 horas) formaram as subparcelas, com cinco repetições por tratamento (blocos).

Foi utilizado bovino macho da raça Jersey, cedido pelo Departamento de Clínica Veterinária da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

A dieta do animal foi calculada para atender suas exigências de manutenção, sendo a fração volumosa da dieta constituída de feno de Tifton-85 (*Cynodon spp*) e a porção concentrada constituída de ração comercial com 18% de proteína bruta (PB), com a qual o animal foi alimentado.

Foram utilizadas bolsas de náilon com área útil de 225 cm² e tamanho médio dos poros de 50 µm. As bolsas foram identificadas e secas a 55°C por 24h, tendo seus pesos registrados, em seguida foram depositados 4 g de matéria seca (MS) das amostras da forrageira que foram moídas em peneiras com crivos de 5 mm, atendendo as recomendações propostas por Nocek (1997).

Uma argola de metal com aproximadamente dois centímetros de diâmetro foi colocada na extremidade aberta de cada bolsa, sendo o fechamento da abertura realizado com elástico de borracha modelo 18 – Mercury®.

As bolsas foram fixadas em corrente com peso de aproximadamente 800 g. O peso dessa corrente permitiu com que os sacos ficassem em contato permanente com o líquido ruminal e posicionados no saco ventral do rúmen durante o período de incubação.

Os tempos de incubação utilizados foram: 6, 12, 24, 48 e 96 h, sendo incubado um tempo por vez. O número máximo de bolsas dentro do rúmen do animal foi 60, ou seja, fenos de quatro idades de colheita do *Andropogon* x cinco repetições x três réplicas (para os tempos de 24, 48 e 96 h). No caso dos tempos 6 e 12 h foram 40 bolsas, fenos de quatro idades de colheita do *Andropogon* x cinco

repetições x duas réplicas. A estratégia de incubação das bolsas em relação ao animal e ao período experimental pode ser visualizada na Tab. 1.

Tabela 1. Esquema dos tempos de incubação dos sacos de náilon no rúmen.

Dia	Hora	Animal
1	08:00	C 6 h
1	14:00	R 6 h
2	08:00	C 12 h
2	20:00	R 12 h
3	08:00	C 24 h
4	08:00	R 24 h, C 48 h
5	08:00	-
6	08:00	R 48 h, C 96 h
7	08:00	-
8	08:00	-
9	08:00	-
10	08:00	R 96 h

C= colocação das bolsas no tempo estabelecido de; R= retirada das bolsas no tempo estabelecido de.

Uma vez retiradas do rúmen, as bolsas foram mergulhadas em água gelada para cessar o crescimento e a fermentação microbiana. A lavagem das bolsas foi efetuada em máquina de lavar, em dois ciclos de 2 minutos segundo procedimento proposto por Cherney (1990).

Posteriormente as bolsas com o resíduo de incubação foram secas em estufa a 55°C por 72 horas, em seguida colocadas em dessecador durante 30 minutos e então pesados. A partir do peso obtido, subtraiu-se o peso da bolsa vazia (anteriormente registrada), obtendo-se dessa forma a proporção da matéria seca (MS) pré-seca que permaneceu nas bolsas durante a incubação ruminal. Os resíduos de incubação foram homogeneizados (as réplicas dos seus respectivos tratamentos e repetições), processados em moinhos com peneiras dotadas de crivos de 1 mm e acondicionados em frascos de plásticos fechados e identificados, para posteriores análises bromatológicas.

A determinação do tempo zero (t_0) foi feita colocando-se aproximadamente 4 g de MS moídos a 5 mm nas bolsas de náilon e lavando-as seguindo os mesmos procedimentos dos outros tempos de incubação.

Foram realizadas as seguintes análises bromatológicas das amostras dos fenos produzidos com 56, 84, 112 e 140 dias de crescimento do *A. gayanus*, antes e após a incubação ruminal (resíduos): matéria seca (MS) 105 °C de acordo com Official... (1995), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) pelo método sequencial de Van Soest et al. (1991).

Foram realizados os testes de Lilliefors e Bartlett para avaliar a normalidade e homocedasticidade dos dados.

Os parâmetros de degradabilidade *in situ* foram obtidos através do software SAEG® segundo Ribeiro Júnior e Melo (2009) com a utilização dos procedimentos regressão - Gauss-Newton, no qual os dados de degradação foram ajustados ao modelo de Ørskov e McDonald (1979), onde:

$$DP = a + b \times (1 - e^{-ct}) \quad \text{Equação 1}$$

Em que,

DP = degradabilidade potencial após tempo t (em horas) de incubação no rúmen;

a = é o intercepto da curva de degradação no tempo zero que representa o substrato solúvel e completamente degradado;

b = é a degradabilidade potencial do material que permaneceu no saco no tempo zero e que será degradado com o tempo (substrato insolúvel, mas potencialmente degradado);

c = é a taxa fracional constante de degradação deste material (fração b) remanescente, a partir do tempo zero;

t = tempo de incubação (em horas).

A partir desses parâmetros foram efetuadas equações de regressão que foram comparadas pelos testes de paralelismo e identidade descritos por Freese (1970) a 5 % de probabilidade do erro. A degradabilidade efetiva (DE) de cada componente nutricional foi calculada a partir do modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979):

$$DE = a + b [b \times c / (c+k)] \quad \text{Equação 2}$$

Em que,

a, b e c são os mesmos parâmetros definidos na equação 1

k = é a taxa fracional de passagem, sendo considerada para este experimento a taxa de 0,02 hora⁻¹, correspondente ao tempo de permanência no rúmen de 50 horas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 e figuras 1, 2 e 3 são apresentadas as equações e curvas, respectivamente, geradas pelas análises de regressão ao modelo de Ørskov e McDonald (1979) dos dados de degradação ruminal da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

Tabela 2. Equações obtidas pelas análises de regressão ao modelo de Ørskov e McDonald (1979)* através dos dados de degradabilidade da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do feno de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento

Variável	Idade	Equações	R ²
MS	56	DP= 18,9 + 56,8 x (1 - e ^{0,035 x t}) aA	0,99
	84	DP= 20,0 + 52,9 x (1 - e ^{0,042 x t}) aA	0,99
	112	DP= 20,9 + 49,2 x (1 - e ^{0,035 x t}) aB	0,99
	140	DP= 19,1 + 45,5 x (1 - e ^{0,026 x t}) aC	0,99
FDN	56	DP= 11,5 + 64,1 x (1 - e ^{0,035 x t}) aA	0,99
	84	DP= 12,2 + 60,2 x (1 - e ^{0,040 x t}) aA	0,99
	112	DP= 12,7 + 57,0 x (1 - e ^{0,034 x t}) aB	0,99
	140	DP= 13,0 + 58,2 x (1 - e ^{0,021 x t}) aC	0,99
FDA	56	DP= 18,5 + 58,8 x (1 - e ^{0,034 x t}) aA	0,99
	84	DP= 20,8 + 54,1 x (1 - e ^{0,039 x t}) aA	0,99
	112	DP= 22,5 + 50,8 x (1 - e ^{0,031 x t}) aB	0,99
	140	DP= 19,1 + 57,9 x (1 - e ^{0,018 x t}) aC	0,99

*DP = a + b x (1 - e^{-ct}). DP= degradabilidade potencial após tempo t (em horas) de incubação no rúmen; a = substrato solúvel; b = substrato insolúvel; c = taxa de degradação da fração b; t = tempo de incubação (em horas). Equações acompanhadas por letras minúsculas iguais na coluna são paralelas pelo teste de paralelismo de curvas (Freese, 1970) a 5% de probabilidade do erro; Equações acompanhadas por letras maiúsculas iguais na coluna são idênticas pelo teste de identidade de curvas (Freese, 1970) a 5% de probabilidade do erro.

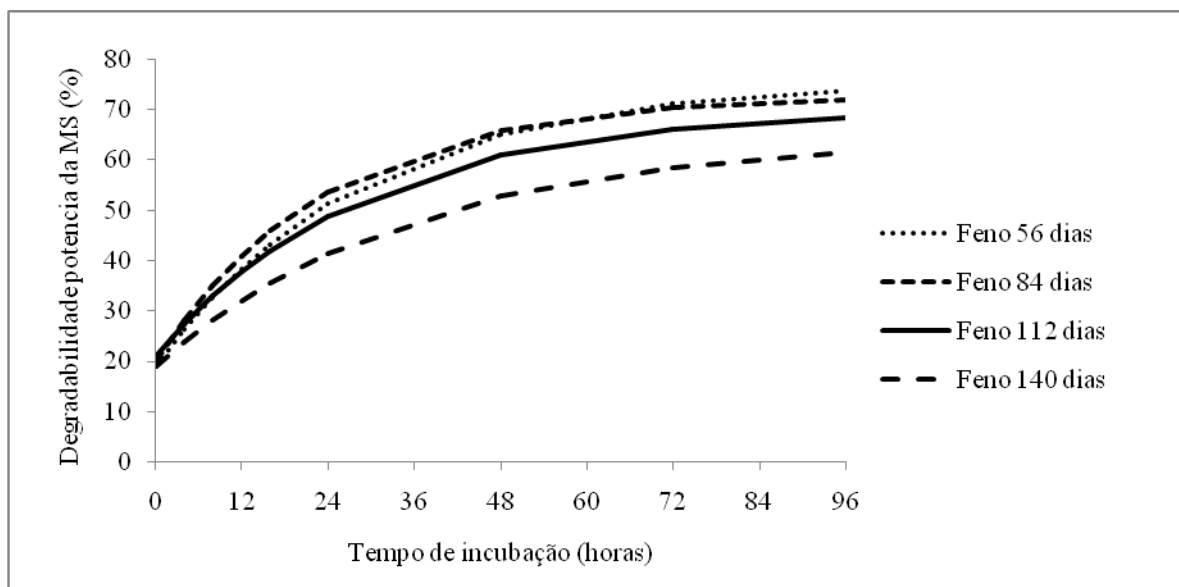


Figura 1. Degradabilidade potencial da matéria seca (MS) do feno de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.

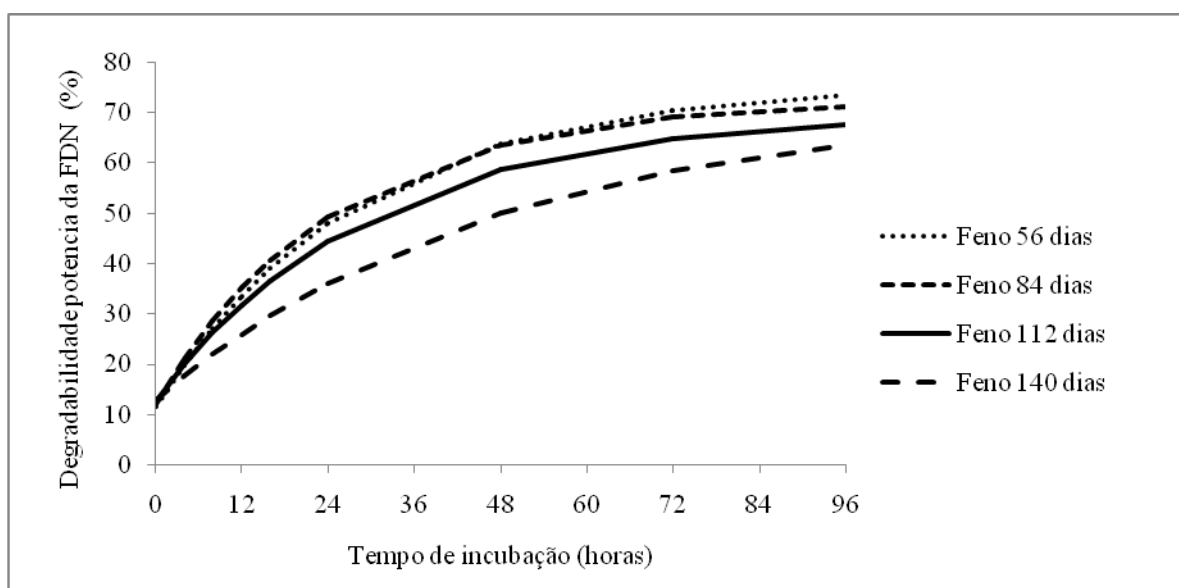


Figura 2. Degradabilidade potencial da fibra em detergente neutro (FDN) do feno de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.

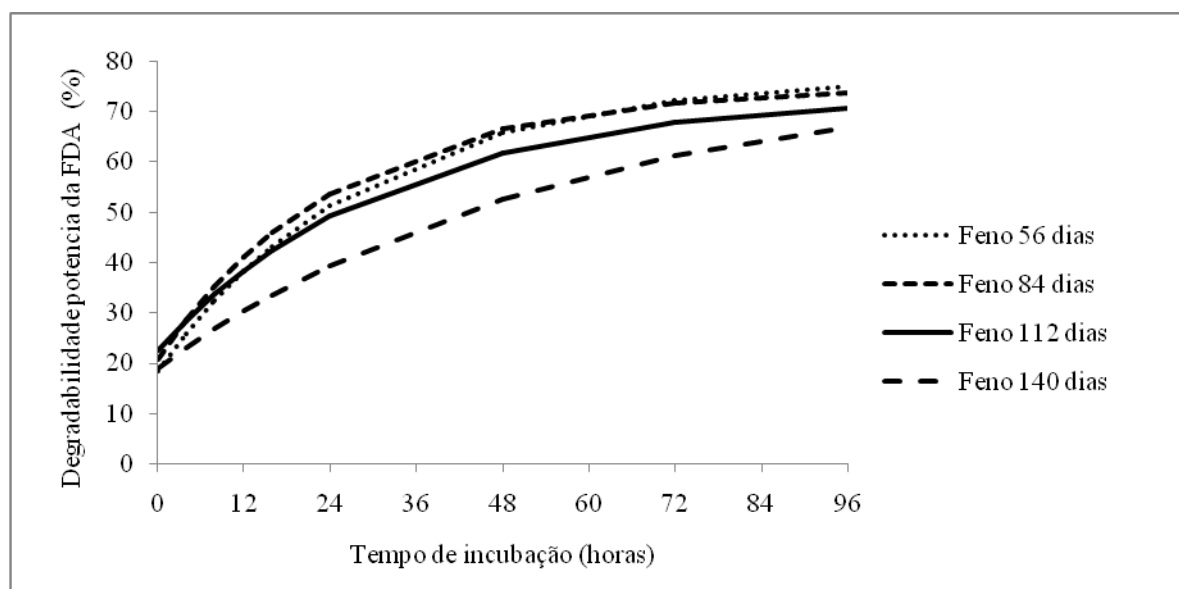


Figura 3. Degradabilidade potencial da fibra em detergente ácido (FDA) do feno de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.

A fração solúvel (*a*) da MS, FDN e FDA foram semelhantes entre os fenos, com diferenças entre os mesmo menores que 5%, isso demonstra que o avançar da idade de colheita do *Andropogon* para confecção dos fenos não afetou esse parâmetro. Os valores da fração solúvel da FDN encontrados nesse experimento podem ser considerados perda de partículas durante a lavagem, pois essa fração não é solúvel em água, como foi anteriormente observado por Stensig et al. (1994).

A fração insolúvel (*b*) é aquela dependente do tempo de permanência da digesta no rúmen. Sua degradabilidade pode variar de pouco à completamente degradável (Santos, 2001). Observou-se diminuição da fração insolúvel da MS dos fenos com o avançar da idade de corte da planta. Entretanto observou-se diminuição da fração insolúvel da FDN e FDA nos fenos do *Andropogon* colhido dos 56 aos 112 dias.

Segundo Sampaio (1988) taxa de degradação da fração *b* (*c*) menores que 0,01 indicam inadequação do modelo adotado aos valores de degradabilidade observados ou respostas atípicas (erro experimental). Como os valores observados foram maiores que 0,01 para *c*, pode-se concluir que os valores observados de degradabilidade se adequaram ao modelo de Ørskov e McDonald (1979). Os valores observados de *c* encontrados nesse trabalho estão dentro do intervalo observado por Sampaio (1992) em fenos de gramíneas tropicais que observou valores de 0,03 a 0,05.

Com relação às curvas e equações, o teste de paralelismo não demonstrou diferença ($p > 0,05$) entre as curvas de degradação da MS, FDN e FDA, ou seja, as diferentes idades apresentaram o mesmo comportamento cinético de degradação dessas frações.

Contudo o teste de identidade de curvas observou que as equações dos fenos do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina colhido com as plantas cortadas aos 56 e 84 dias são idênticas e diferentes das demais, ou seja, apresentaram maior ($p < 0,05$) degradação da MS, FDN e FDA.

A degradabilidade efetiva (DE) da MS, FDN e FDA do feno de *A. gayanus* cv. Planaltina cortado em diferentes idades são observados na tabela 3.

Tabela 3. Degradabilidade efetiva (DE) a 2%/hora da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do feno de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento

Variáveis	Idades de cortes			
	56	84	112	140
MS	55,0	55,9	52,2	44,8
FDN	52,1	52,2	48,1	42,0
FDA	55,6	56,2	52,7	45,5

Segundo Agricultural... (1992) a taxa de passagem de 2 %/h é adotada para bovinos e ovinos alimentados sob exigência de manutenção. Para Ørskov e McDonald (1979), a degradabilidade efetiva (DE) pode ser estimada assumindo-se valor de taxa de passagem, ou estimando-se a taxa de passagem das partículas pequenas (k).

A degradabilidade efetiva (DE) da MS, FDN e FDA foram semelhantes nos fenos de *A. gayanus* colhidos aos 56 e 84 dias de idade da forragem. As variações entre os parâmetros de degradação ruminal (a, b e c) para os tratamentos avaliados provavelmente foram os responsáveis pelas respostas encontradas. Esses resultados estão de acordo a Rodrigues et al. (2004) que observaram diminuição da DE da MS no capim *A. gayanus* com o avançar da idade de corte.

4. CONCLUSÃO

Os parâmetros de cinética, extensão da degradabilidade e DE estimados pela técnica *in situ* indicam que os melhores fenos de *Andropogon gayanus* são obtidos com plantas cortadas nos intervalos de 56 a 84 dias.

CAPÍTULO IV

Avaliação de fenos produzidos com a gramínea *Andropogon gayanus* cv. Planaltina colhido em diferentes idades de crescimento através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases

Resumo

Nesse estudo foram utilizados fenos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento (56, 84, 112 e 140 dias) para ensaio de degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DEIVMS) através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso com arranjo em parcelas subdivididas, sendo que as idades de corte constituíram as parcelas e os tempos de degradação (6, 12, 24, 48 e 96 horas) as subparcelas, com cinco blocos. Os dados de DEIVMS foram utilizados para confecção de equações que foram comparadas pelos testes de paralelismo e identidade de curvas. A comparação entre os fenos do *A. gayanus* colhidos em diferentes idades de crescimento pelo teste de paralelismo demonstrou que as curvas de DEIVMS são paralelas, ou seja, as curvas apresentaram o mesmo comportamento cinético de DEIVMS. Contudo quando foram comparados os fenos do *A. gayanus* colhidos em diferentes idades de crescimento pelo teste de identidade de curvas, observou-se que os fenos do *A. gayanus* colhido com as plantas cortadas aos 56 e 84 dias são idênticas, apresentaram maior DEIVMS. Os resultados observados indicam que os melhores fenos de *A. gayanus* são obtidos com plantas cortadas nos intervalos de 56 a 84 dias.

Palavras-chave: cinética ruminal, degradabilidade, forragem conservada

Evaluation of hays produced with *Andropogon gayanus* cv. Planaltina grass at different ages using semi-automated *in vitro* gas production technique

Abstract

In this study were utilized *Andropogon gayanus* cv. Planaltina hays produced at different ages of growth (56, 84, 112 and 140 days) for assay of degradability of *in vitro* dry matter using semi-automated *in vitro* gas production technique. The statistical design was randomized blocks with split plots. The ages of growth were parcels and degradation time (6, 12, 24, 48 and 96 hours) were subparcels, with five blocks. The data of *in vitro* dry matter degradation were used for fabrication of equations and used for comparasion by test of parallelism and identification of curves. The comparison between the *A. gayanus* hays harvested at different ages of growth by parallelism test showed that degradability *in vitro* dry matter curves are parallel. The similar curves showed kinetic behavior for *in vitro* dry matter degradability. When compared the *A. gayanus* hays harvested at different ages of growth through identification curves test, were observed that *A. gayanus* hays harvested between 56 and 84 days are similar and had higher *in vitro* dry matter degradability. The observed results indicated that the best hay of *A.gayanus* are obtained from plants cutted in between 56-84 days of growth.

Keywords: conservation forage, degradability, kinetics rumen

1. INTRODUÇÃO

A cultivar Planaltina de *Andropogon gayanus* Kunt var. biquamulatus foi introduzida no Brasil pelo Centro de Pesquisa Agropecuário dos Cerrados (EMBRAPA-CPAC) (Pizarro, 1984) (Thomas et al., 1981), uma de suas características é concentrar a maior parte de sua produção de matéria seca durante a estação quente e chuvosa do ano (Pedreira e Matos, 1981). Para aproveitar esse potencial a fenação constitui uma das alternativas recomendáveis.

Entretanto a qualidade do feno está associada a fatores relacionados com as plantas tais como: espécie e idade; no processo de produção fatores como: manejo do corte, que visa desidratação adequada; condições climáticas durante a secagem e sistema de armazenamento empregado são fatores que interferem diretamente na qualidade bromatológica e sanitária dos fenos, bem como nas perdas no processo de produção (Reis et al., 2001).

Ensaio *in vivo* envolvendo produção animal e digestibilidade são os métodos mais adequados para determinar o valor nutricional dos alimentos utilizados na nutrição dos ruminantes. Entretanto, os mesmos requerem considerável uso de animais, alimentos, mão-de-obra, tempo e alto custo financeiro, limitando assim a sua aplicabilidade. Como consequência, várias técnicas *in vitro* vêm sendo utilizadas como opção, devido ao baixo custo e rápida execução (Maurício et al., 2003a).

As técnicas *in vitro* de produção de gases são capazes de simular o ambiente ruminal e a digestão enzimática (Theodorou et al., 1994), apresentam comprovado potencial em descrever a cinética da fermentação no rúmen e estimar o consumo (Blümmel e Ørskov, 1993), fornecer a taxa e extensão da degradação das forrageiras (Getachew et al., 1998), bem como medição dos produtos da fermentação de partes solúveis e insolúveis dos substratos (Pell e Schofield, 1993). Essa técnica permite avaliar grande número de substratos por experimento, apresentando alta acurácia nas medições, simplicidade no manuseio de equipamentos e baixo custo na implantação e por amostra analisada (Maurício et al., 1999).

Dessa forma, as técnicas *in vitro* de produção de gases têm se tornado opções para estudos de forrageiras para alimentação animal (Getachew et al., 1998).

Portanto, o objetivo desse ensaio foi avaliar os fenos produzidos com *Andropogon gayanus* cv. Planaltina colhido em diferentes idades de crescimento através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Nesse estudo foram utilizados fenos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento (56, 84, 112 e 140 dias) para ensaio de degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e cinética de fermentação ruminal através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso com arranjo em parcelas subdivididas, sendo que as idades de corte constituíram as parcelas e os tempos de degradação e cinética de fermentação ruminal formaram as subparcelas, com cinco repetições por tratamento (blocos).

Amostras dos fenos (descritos no capítulo II) foram processadas em moinhos com peneira dotadas de crivos de 1 mm. Em seguida foi pesado 1 g de cada amostra, que foi adicionado ao frasco de fermentação com capacidade de 160 mL, previamente injetado com gás carbônico (CO₂) e posteriormente 90 mL de meio de cultura segundo Theodorou et al. (1994). Os frascos foram vedados com rolha de silicone e levados para a geladeira com temperatura de 4°C, onde os frascos permaneceram durante oito horas. Posteriormente, os mesmos foram colocados em estufa a 39°C onde permaneceram até a inoculação.

O inóculo ruminal foi obtido e colhido de bovino macho da raça Jersey fistulado no rúmen, antes do fornecimento da alimentação matinal. A dieta do animal foi calculada para atender as exigências de manutenção e peso constante, tendo como volumoso, o feno de Tifton-85 (*Cynodon spp*) e como concentrado, uma ração comercial com 18% de proteína bruta (PB).

Os frascos contidos na estufa foram retirados e inoculados com 10 mL de líquido ruminal por frasco. Após a inoculação os frascos foram vedados com rolha de silicone e os gases residuais presentes (tempo zero) foram eliminados com o auxílio de agulhas. Os frascos foram novamente mantidos na estufa a 39°C.

Frascos sem substratos (amostras de forrageiras), denominados brancos, contendo apenas inóculo e meio de cultura, foram incubados para correção dos gases e desconto de eventuais contaminações provenientes da fermentação do inóculo.

O total de frascos utilizados no experimento foram de 315, ou seja, 4 épocas de corte (idades do feno de 56, 84, 112 e 140 dias) x 5 repetições x 5 tempos de degradação (6, 12, 24, 48 e 96 horas) x 3

réplicas e 15 brancos correspondentes a cada tempo de degradação (3 réplicas x 5 tempos de degradação).

As leituras de pressão foram realizadas em intervalos de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas inserindo uma agulha fixada ao transdutor de pressão.

As leituras de pressão realizadas foram transformadas em volume de gases pela equação definida por Maurício et al. (2003b), descrita abaixo:

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

Em que:

V = volume de gases (mL);

P = pressão em polegada por cm²

Os frascos referentes aos tempos 6, 12, 24, 48, 96 horas e seus respectivos brancos foram retirados da estufa e resfriados com água fria para interromper a fermentação, em seguida armazenados sob refrigeração a 4°C, até a realização do processo de filtração. A degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em cada tempo foi obtida pela filtração do conteúdo dos frascos sob vácuo, em cadinhos de filtração de borossilicato, porosidade 1 revestidos internamente com de lã de vidro. Os cadinhos foram previamente pesados. O resíduo de incubação foi mantido por 24 horas em estufa a 105°C e pesado.

A partir dos dados de degradação foram confeccionadas equações de regressão que foram comparadas pelos testes de paralelismo e identidade descritos por Freese (1970) a 5 % de probabilidade do erro.

Os volumes acumulados de gases foram ajustados ao modelo proposto por 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 = tempo de colonização (h);

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

t = tempo (horas).

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

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

Onde:

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

Os demais termos foram definidos anteriormente.

As equações oriundas dessas análises de regressão foram comparadas pelos testes de paralelismo e identidade descritos por Freese (1970) a 5 % de probabilidade do erro.

Os dados de degradabilidade efetiva (DE) foram estimados através dos dados de produção de gases e degradabilidade *in vitro* com 96 horas de incubação, utilizando-se o programa Maximun Likelihood Program (MLP) segundo Ross (1980). A taxa de passagem para o cálculo da DE foi k=0,02; sendo essa indicada para alimentos volumosos (Ørskov et al., 1980).

Correlação de Pearson foi empregada para avaliação das associações entre DE com os teores de LIG.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 e figura. 1 estão expressas as equações e curvas de regressão da degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DEIVMS) nos fenos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina colhidos em diferentes idades de crescimento.

Tabela 1. Equações de regressão da degradabilidade *in vitro* da matéria seca (MS) do feno de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento

Variável	Idade	Equações	R ²
MS	56	$Y = 2,27 + 1,64 T - 0,01 T^2$ aA	0,99
	84	$Y = 2,95 + 1,59 T - 0,01 T^2$ aA	0,99
	112	$Y = 4,18 + 1,39 T - 0,01 T^2$ aB	0,99
	140	$Y = 2,45 + 1,11 T - 0,01 T^2$ aC	0,99

Equações acompanhadas por letras minúsculas e maiúsculas iguais na coluna são paralelas e idênticas respectivamente segundo Freese (1970) a 5% de probabilidade do erro.

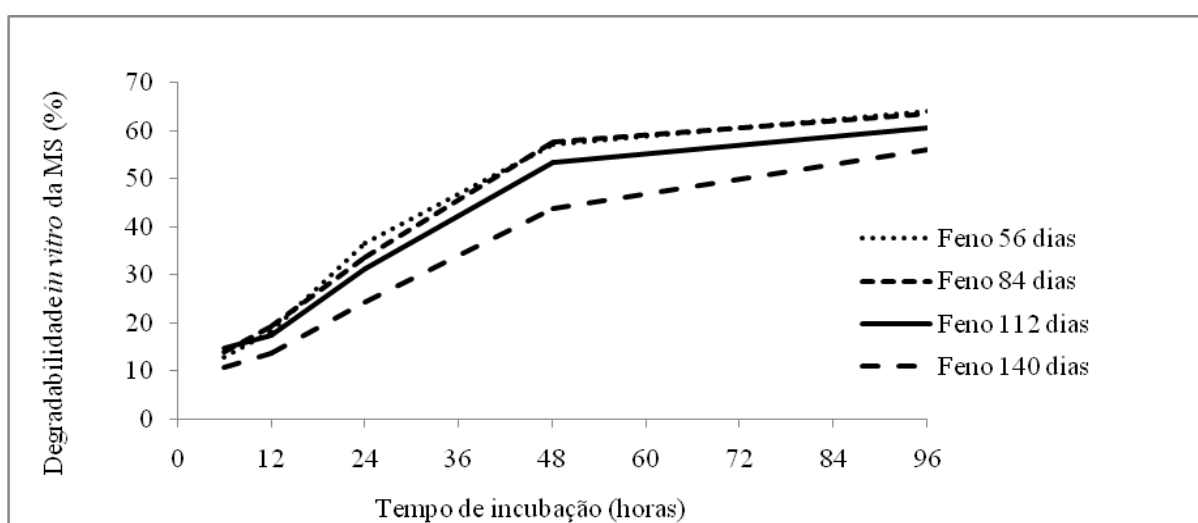


Figura 1. Degradabilidade *in vitro* da matéria seca (MS) do feno de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.

O teste de paralelismo de curvas não demonstrou diferença ($p > 0,05$) entre as equações e curvas de DEIVMS para o feno de *Andropogon* produzido de plantas colhidas em diferentes idades, ou seja, as diferentes idades apresentaram o mesmo comportamento cinético de DEIVMS.

Contudo o teste de identidade de curvas observou que as equações e curvas dos fenos do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina colhido com as plantas cortadas aos 56 e 84 dias são idênticas e diferentes das demais, ou seja, apresentam maior ($p < 0,05$) DEIVMS.

Na tabela 2 e figura 2 estão expressos as equações e curvas gerados pelas análises regressão ao modelo de France et al. (1993) nos fenos de *A. gayanus* colhidos em diferentes idades de crescimento.

Tabela 2. Equações geradas pelas análises de regressão ao modelo de France et al. (1993) nos fenos de *A. gayanus* colhidos em diferentes idades de crescimento

Idade	Equações	R ²
56	$Y = 229,72 \times \{1 - \exp^{[-(0,0611) \times (t - 4,61) - (-0,2625) \times (\sqrt{t} - \sqrt{4,61})]}\}$ a A	0,99
84	$Y = 228,62 \times \{1 - \exp^{[-(0,0543) \times (t - 3,38) - (-0,2100) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,38})]}\}$ a A	0,99
112	$Y = 221,29 \times \{1 - \exp^{[-(0,0552) \times (t - 4,04) - (-0,2219) \times (\sqrt{t} - \sqrt{4,04})]}\}$ a B	0,99
140	$Y = 213,07 \times \{1 - \exp^{[-(0,0457) \times (t - 4,66) - (-0,1977) \times (\sqrt{t} - \sqrt{4,66})]}\}$ a C	0,99

Equações acompanhadas por letras minúsculas e maiúsculas iguais na coluna são paralelas e idênticas respectivamente segundo Freese (1970) a 5% de probabilidade do erro.

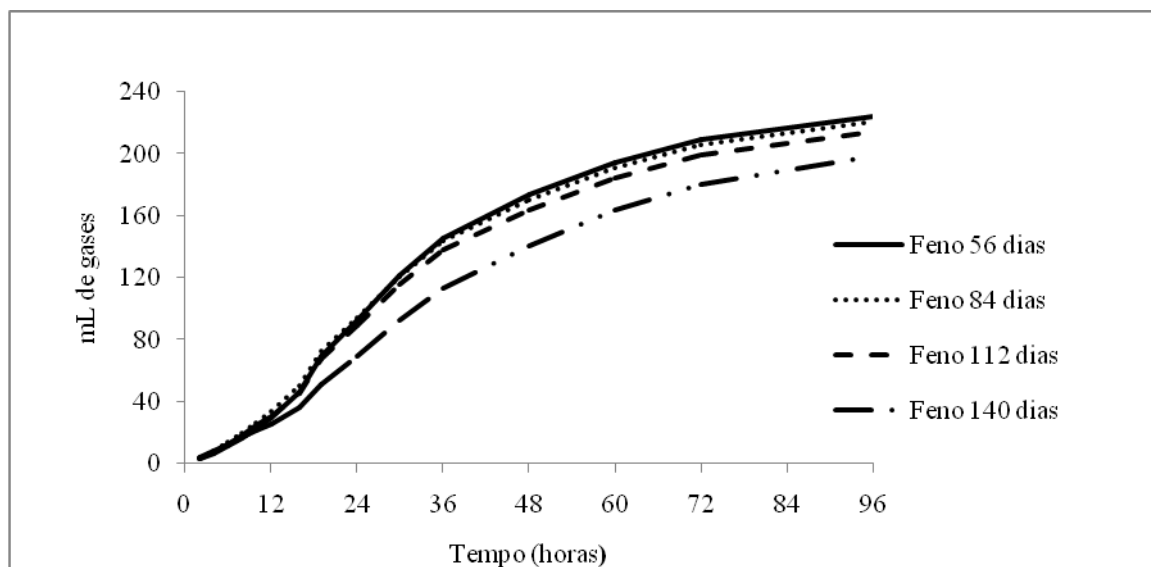


Figura 2. Produção acumulada de gases (mL) nos fenos de *A. gayanus* colhidos em diferentes idades de crescimento obtidos pelas análises regressão ao modelo de France et al. (1993).

A comparação entre os fenos do *A. gayanus* colhidos em diferentes idades de crescimento pelo teste de paralelismo demonstrou que as curvas de produção acumulada de gases são paralelas ($p > 0,05$), ou seja, as curvas apresentaram o mesmo comportamento cinético de fermentação ruminal.

Contudo quando foram comparados os fenos do *A. gayanus* colhidos em diferentes idades de crescimento (56, 84, 112 e 140 dias) pelo teste de identidade de curvas, observou-se que os fenos do *A. gayanus* colhido com as plantas cortadas aos 56 e 84 dias são idênticas, produziram maior quantidade de gases por unidade de matéria orgânica fermentada, ou seja, essas idades foram mais degradadas.

Na tabela 3 são observados a taxa de produção de gases (μ) e a degradabilidade efetiva (DE) dos fenos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento.

Tabela 3. Taxa de produção de gases (μ) e degradabilidade efetiva (DE) dos fenos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento

Parâmetros	Idade de corte			
	56	84	112	140
μ (hora-1)	0,035	0,034	0,034	0,025
DE (2%)	58,4	58,8	55,4	56,4

A taxa de produção de gases (μ) foram próximos nos fenos do *A. gayanus* colhido aos 56, 84 e 112 dias. Os resultados observados nesse estudo com relação ao μ confirmam observações feitas anteriormente por Castro et al. (2007) que observaram diminuição na μ com o avanço da idade de corte da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

A degradabilidade efetiva (DE) foi semelhante nos fenos do *A. gayanus* colhidos aos 56 e 84 dias de idade, intermediário aos 112 e inferior no feno do *A. gayanus* colhido aos 140 dias. Provavelmente as maiores DE observadas para os fenos da forragem colhida aos 56 e 84 estão relacionadas à correlação observada (Tab 4) entre a DE com o teor de LIG, pois segundo Jung e Allen (1995) a composição e a concentração de LIG podem afetar a taxa de degradação. Como o teor de lignina aumentou com a idade de colheita do *A. gayanus* (equação de regressão da Tab. 2 do capítulo 2) e a correlação entre DE com LIG é negativa, o aumento do teor de lignina diminuiu a DE.

Tabela 4. Correlação entre degradabilidade efetiva (DE) com lignina (LIG)

Parâmetro	LIG
DE	-0,90**

** ($p < 0,01$).

4. CONCLUSÃO

Os resultados observados indicam que os melhores fenos de *A. gayanus* são obtidos com plantas cortadas nos intervalos de 56 a 84 dias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram avaliadas as técnicas *in vitro*, *in situ* e gás às 48 horas. Nesse estudo foram utilizados fenos de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina produzidos em diferentes idades de crescimento (56, 84, 112 e 140 dias).

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso em arranjo fatorial 3 x 5 (três técnicas e quatro idade de corte), com cinco repetições por tratamento (blocos). Não houve interação entre técnicas e fenos de *A. gayanus* produzidos em diferentes idades de crescimento, ou seja, houve diferença entre as técnicas, entretanto independentemente da técnica utilizada os fenos produzidos com as plantas colhidas aos 56 e 84 dias apresentam maior degradação (tabela 1).

Tabela 1. Degradação da matéria seca (%) às 48 horas de fermentação de fenos de *Andropogon gayanus* produzidos em diferentes idades de crescimento através das técnicas *in vitro*, *in situ* e gás

Técnica	Idade				Média
	56	84	112	140	
<i>in situ</i>	-	-	-	-	59,3 a
<i>in vitro</i>	-	-	-	-	56,2 b
gás	-	-	-	-	52,9 c
Média	60,5 a	60,7 a	55,9 b	47,6 c	

Médias seguidas de letras diferentes na linha e coluna representam diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro.

Foram feitas correlações entre as técnicas descritas acima: os resultados foram podem ser observados na tabela 2:

Observou-se alta correlação entre as técnicas, ou seja, essas podem descrever igualmente o comportamento de degradação.

Tabela 2. -Correlações entre as técnicas *in situ*, *in vitro* e gás às 48 horas de degradação da matéria seca

Técnica	<i>in situ</i>	<i>in vitro</i>	gás
<i>in situ</i>	1,00**	0,97**	0,95**
<i>in vitro</i>	0,97**	1,00**	0,96**
gás	0,95**	0,96**	1,00**

** (p<0,01)

As respostas nutricionais encontradas apontam maior potencial de utilização de fenos produzidos com *A. gayanus* colhido nos intervalos de 56 a 84 dias de crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL and Food Research Council: Technical committee on responses to nutrients: Nutritive requirements of ruminant animal protein. *Nutr. Abst. Rev.*, v. 68, n. 9, p. 65-71, 1992.

ALVES DE BRITO, C. J. F.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. et al. Anatomia quantitativa e degradação *in vitro* de tecidos em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). *R. Bras. Zootec.*, v. 28, n. 2, p. 223-229, 1999.

ALVES DE BRITO, C. J. F.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. Perfil Químico da Parede Celular e suas Implicações na Digestibilidade de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. *R. Bras. Zootec.*, v. 32, n. 6, p. 1835-1844, 2003 (Supl. 2).

ATAÍDE JÚNIOR, J. R.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo do feno de capim Tifton-85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota, em ovinos. *R. Bras. Zootec.*, v. 29, n. 6, p. 2193-2199, 2000. (suplemento 2).

BARBI, J. H. T. *Avaliação da degradabilidade ruminal de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte pela técnica in situ*. 1991. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

BARBOSA, G. S. S. C. *Influência das condições experimentais sobre a estimativa de parâmetros do modelo de Orkov para avaliação de digestibilidade em ruminantes*. 1996. 74 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BARCELLOS, A. O.; VILELA, L.; LUPINACCI, A. V. Desafios da pecuária de corte a pasto na região dos cerrados. *Documentos*, EMBRAPA – CNPQC, n. 31, 2001.

BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. Baetí - EMBRAPA 23, uma nova cultivar do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth). *R. Soc. Bras. Zootec.*, v. 24, n. 2, p. 204-213, 1995.

BEEVER, D. E. Rumen function. In: FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Ed) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Wallingford: CAB International Publishing, 1993. p. 187-215.

BEEVER, D. E.; MOULD, F. L. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. In: GIVENS, D. I.; OWEN, E.; AXFORD, R. F. E. et al. (Ed) *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford: CAB International Publishing, 2000. p. 15-42.

BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revisited. *J. Anim. Physiol. Nutr.*, v. 77, p. 24-34, 1997.

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

BOWDEN, B. N. Studies on *Andropogon gayanus* Kunth. I The use of *Andropogon gayanus* in agriculture Empire. *J. Exper. Agric.*, v. 31, n. 123, p. 267-273, 1963.

BRESSANI, R.; JARQUIM, R.; ELIAS, L.G. Composicion química e digestibilidade de siete plantas forrajeras em Guatemala. *Turrialba*, v. 8, n. 9, p. 117-122, 1968.

BRODERICK, G. A.; COCHRAN, R. C. *In vitro* and *in situ* methods for estimating digestibility with reference to protein degradability. In: GIVENS, D. L.; OWEN, E.; AXFORD, R. F. E. et al. (Ed.) *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. London - England: CAB international, 2000. Cap. 3, p. 53-79.

BURNS, J. C.; POND, K. R.; FISHER, D. S. et al. Changes in forages quality, ingestive mastication and digesta kinetics resulting from switchgrass maturity. *J. Anim. Sci.*, v. 75, p. 1368-1379, 1997.

CÂNDIDO, M. J. D.; JUNIOR CUTRIM, J. A. A.; SILVA, R. G. et al. *Técnicas de fenação para a produção de leite*. Disponível em: www.neef.ufc.br/tec.fen.prodleite.pdf. Acesso em 10 jan. 2010.

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

CENTRO Internacional de Agricultura Tropical. Beef Program. In: Annual Report 1978. Cali, Colômbia, 1979. p. B-1 a B-174.

CENTRO Internacional de Agricultura Tropical. Tropical Pasture Program annual report 1979. Cali, Colômbia, 1980. 156 p.

CHERNEY, D. J. R.; PATTERSON, J. A.; LEMENAGER, R. P. Influence of *in situ* rising technique on determination of dry matter disappearance. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.391-397, 1990.

COSENZA, G. W.; ANDRADE, R. P.; GOMES, D. T. et al. *O controle integrado das cigarrinhas das pastagens*. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1981. 6 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 17).

DE BOER, G.; MURPHY, J. J.; KENNELLY, J. J. A modified method for determination of *in situ* rumen degradation of feedstuffs. *Canad. J. Anim. Sci.*, v. 67, p. 93-102. 1987.

DESCHAMPS, F. C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim elefante. *R. Bras. Zootec.*, v. 28, n. 6, p. 1178-1189, 1999.

FERGUSON, J. E. Perspectivas da produção da semente de *Andropogon gayanus*. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 3, n. 1, p. 175-193, 1981.

FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theor. Biol.*, v. 163, n. 1, p. 99-111, 1993.

FRANZOLIN, R.; HERLING, V. R.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M. Degradabilidade *in situ* de gramíneas e leguminosas em búfalos sob pastejo. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 24, n. 1, p. 8-19, 1995.

FREESE, F. *Métodos estatísticos elementares para técnicos forestales*. Buenos Aires - Argentina: Centro Regional de Ayuda técnica; Agencia para el desarrollo internacional (AID), 1970. 105 p. (Manual da Agricultura, 317).

GARCIA, R.; OBEID, J. A.; CARVALHO, L. A. et al. Efeito do sistema de produção sobre a composição química do feno de capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal. de Beauv.) armazenado sob a forma de fardo ou de meda. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v. 20, n. 1, p. 100-110, 1991.

GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H. P. S. et al. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 72, p. 261-281, 1998.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. *Forage fiber analyses (Apparatus, reagents, procedures, and some applications)*. Washington: USDA, 1975. 20 p.

GROOT, J. C. J.; CONE, J. W.; WILLIAMS, B. A. et al. Multiphasic analysis of gas production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 64, p. 77-89, 1996.

HATFIELD, R. D. Cell wall polysaccharides interaction and degradability. In: JUNG, H. G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R. D. et al. (Ed.) *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison:Wisconsin:ASA/CSSA/SSSA, 1993. p. 285-313.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds. *J. Dairy Sci.*, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.

HUNGATE, R. E. *The rumen and its microbes*. New York: Academic Press, 1966. 533 p.

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. Studies on in situ degradation of feeds in the rumen: 1. Effect of species, bag mobility and incubation sequence on dry matter disappearance. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 64, n. 1, p. 227-241, 1997.

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

JONES, C. A. The potencial of Andropogon gayanus Kunth in the Oxisol and Ultisol Savanas of Tropical America. *Herbage Abstracts*, v. 49, n. 1, p. 1-8, 1979.

JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.*, v. 73, p. 2774-2790, 1995.

JUNG, H. G.; DEETZ, D. A. Cell wall lignification and digestibility. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R.D. et al. (Ed.) *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: Wisconsin:ASA/CSSA/SSSA, 1993. p. 315-346.

KOZLOSKI, G. V. *Bioquímica dos ruminantes*. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 140 p.

LINDBERG, J. E. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the in sacco technique and various in vitro methods. A review. *Acta Agric. Scand.*, v. 25, p.64-97, 1985.

LINDBERG, J. E. The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogen and cell walls in nylon bags. *Swed. J. Agric. Res.*, v. 11, p. 159-169, 1981.

MABJEESH, S. J.; COHEN, M.; ARIELL, A. In vitro methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: comparison of methods and inoculum source. *J. Dairy Sci.*, v. 83, n. 10, p. 2289-2294, 2000.

MACKIE, R. I.; GILCHRIST, F. M. Changes in lactate producing and lactate utilizing bacteria stepwise adaptation to a high concentration diet. *Appl. Environ. Microbiol.*, v. 38, p. 422, 1979.

MAURÍCIO, R. M.; MOULD, F.; DHANOA, M. S. et al. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 79, n. 4, p. 321-330, 1999.

MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C. et al. Potencial da técnica in vitro semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench). *R. Bras. Zootec.*, v. 32, n. 4, p. 1013-1020, 2003a.

MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C. et al. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica in vitro semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 55, n. 2, p. 56-61, 2003b.

McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci.*, v. 96, n. 1, p. 251-252, 1981.

- MCDOUGALL, E. I. Studies on ruminant saliva – The composition and output of sheep's saliva. *Biochem. J.*, v. 43, p. 99-109, 1948.
- MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Anim. Sci.*, v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.
- MENKE, K. H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. et al. The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminal feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. Agric. Sci.*, v. 93, n. 3, p. 217-222, 1979.
- MERTENS, D. R. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. In: JUNG, H. G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R. D. et al. (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and the Soil Science Society of America, 1993. p. 535–570.
- MICHALET-DOREAU, B.; OULD-BAH, M. Y. In vitro and in sacco methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, v. 40, p. 57–86, 1992.
- MICKENHAGEN, R. Produção de feno ao nível do produtor. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1., 1996, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora : EMBRAPA-CNPGL, 1996. p. 69-75.
- MILES, J. W. *Initiation of a plant breeding program in Andropogon gayanus Kunth. (s. se.06-80) 1980*. Cali: CIAT, 1980. 14 p. (Seminários internos).
- MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. et al. Degradabilidade in situ das frações fibrosas de silagens de seis genótipos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) em diferentes estádios de maturação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 54, n. 2, p. 169-179, 2002.
- MOSELEY, G.; JONES, J. R. The physical digestion of perennial ryegrass (Lolium perenne) and white clover (Trifolium repens) in the fore-gut of sheep. *Br. J. Nutr.*, v. 52, p. 381, 1984.
- MURPHY, M. R.; NICOLETTI, J. M. Potential reduction of forage and rumen digesta particle size by microbial action. *J. Dairy Sci.*, v. 67, p. 1221, 1984.
- NOCEK, J. E. *In situ and other methods to estimate ruminal protein energy digestibility: A review*. In: TEIXEIRA, J. C. (Ed.). *Digestibilidade em ruminantes*. Lavras: UFLA – FAEPE, 1997. p. 197-240.
- NOCEK, J. E. *In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review*. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2051-2069, 1988.
- NOCEK, J. E. *In situ and other methods to estimates ruminal protein and energy digestibility: a review*. *J. Dairy Sci.*, v. 60, n. 5, p. 1347-1358, 1985.
- NOCEK, J. E.; HERBEIN, J. H.; POLAN, C. E. Total amino acid release rates of soluble and insoluble protein and concentrate feedstuffs by streptomyces griseus. *J. Dairy Sci.*, v. 66, p. 1663, 1983.
- NOCEK, J. E.; KOHN, R. A. In situ particle size reduction of alfalfa and timothy hay as influenced by form and particle size. *J. Dairy Sci.*, v. 71, p. 932–945, 1988.
- NOCEK, J. E.; POLAN, C. E. Influence of ration form and nitrogen availability on ruminal fermentation patterns and plasma of growing bull calves. *J. Dairy Sci.*, v. 67, p. 1083-1095, 1984.

OFFICIAL Methods of Analysis of the AOAC International. 16. ed. Virginia: AOAC, 1995. v.1.

ØRSKOV, E. R. *Dynamics of nitrogen in the rumen. In: Protein nutrition in ruminants.* 2. ed. London: Academic Press, 1992. p. 43-93.

ØRSKOV, E. R. *Trails and trails in livestock research.* Aberdeen - United Kingdom: Garamond, 2002. 204 p.

ØRSKOV, E. R.; HOVELL, F. D. B.; MOULD, F. The use of the nylon bag technique for evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Produc.*, v. 5, n. 3, p. 195-213. 1980.

ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

ØRSKOV, E. R.; REID, G. W.; KAY, M. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Anim. Prod.*, v.46, p.29-34, 1988.

PEARCE, G. R.; MOIR, R. J. Ruminations in sheep. I. The influence of ruminants and grinding upon the passage and digestion of food. *Australian. Agr. Res.*, v. 15, p. 635, 1964.

PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS, H. B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ou variedades de capins. *Boletim da Indústria Animal*, v. 30, n. 1, p. 117-143, 1981.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, v. 6, n. 5, p. 1063- 1073, 1993.

PIRES, M. B. G.; FREITAS, E. A. G.; TRINDADE, D. S. et al. Estabelecimento de um sistema de digestibilidade in vitro no Laboratório da Equipe de Pesquisa em Nutrição Animal da Secretaria da Agricultura. *Anuário Técnico do IPZFO*, v. 6, p. 345-385, 1979.

PIZARRO, E. A. Introduction. In: MEJIA, M. M. *Andropogon gayanus* Kunth: *Bibliografia Analítica*. Cali: CIAT, 1984. 196 p.

QUIN, J. I.; VAN DER WATH, J. G.; MYBURGH, S. Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. IV. Description of experimental technique. *Onders. J. Veterin. Sci. Anim. Industr.* v. 11, p. 341-360, 1938.

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. 1-19.

REIS, S. T. *Valor nutricional de gramíneas tropicais em diferentes idades de corte, Lavras.* 2000. 99 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em nutrição animal) – curso de zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIBEIRO JUNIOR, G. O. *Características agronômicas e qualidade das silagens do capim Andropogon gayanus em quatro idades de corte e perfil de fermentação da silagem aos 56 dias de crescimento* 2009. 43 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; MELO, A. L. P. *Guia prático para utilização do SAEG.* 1. ed. Viçosa: Folha Artes Gráficas Ltda, 2009. 288 p.

RODRIGUES, A. L. P.; SAMPAIO, I. B.; CARNEIRO, J. C. 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.; BORGES, A. J. S. Avaliação da melhor idade para fenação do capim *Andropogon (Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus* cv. Planaltina). I. COMPOSIÇÃO QUÍMICA. *Anais da Escola de Agronomia e Veterinária*. v. 20, n. 1, p. 65-72, 1990.

ROSS, G. J. S. *Maximum Likelihood Program (A Manual)*. Oxford - England: Numerical Algorithms Group Ltd. 1980. 130 p.

SAMPAIO, I. B. M. Avaliação do efeito do tratamento químico com hidróxido de rádio sobre a digestibilidade de gramíneas tropicais fenadas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 29, 1992, Lavras, *Anais...* Lavras: RBZ, 1992. p. 161.

SAMPAIO, I. B. M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forrageiras quando avaliada *in situ*. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: SBZ, 1994. p.81-88.

SAMPAIO, I. B. M. *Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in the rumen and growth of ruminants*. 1988. 228 f. Thesis (PhD) – University of Reading, Reading - UK.

SAMPAIO, I. B. M. Métodos estatísticos aplicados a determinação de digestibilidade *in situ*. In: TEIXEIRA, J. C. (Ed.) *Digestibilidade em ruminantes*. Lavras: UFLA- FAEPE, 1997. p.165-178.

SANTOS, G. T.; ASSIS, M. A.; GONÇALVES, G. D. et al. Determinação da digestibilidade *in vitro* de gramíneas do gênero *Cynodon* com uso de diferentes metodologias. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v. 22, n. 3, p. 761-764, 2000.

SANTOS, R. S. *Comparação das técnicas *in situ* e produção de gás na avaliação de alimentos para ruminantes*. 2001. 100 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Federal de Lavras, Lavras, MG.

STENSING, T., WEISBJERG, M. R., HVELPLUND, T. Estimation of ruminal digestibility of NDF from *in sacco* degradation and rumen fractional outflow rate. *Acta Agric. Scand.*, n. 2, p. 96-109, 1994.

TEIXEIRA, J. C. Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes. In: TEIXEIRA, J. C. (Ed.) *Digestibilidade em ruminantes*. Lavras: UFLA- FAEPE, 1997. p. 7-28.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 48, n. 3-4, p. 185-197, 1994.

THIAGO, L. R. L. Utilização da técnica de degradabilidade *in situ* para avaliação de forragens e alimentos concentrados. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forrageiras quando avaliada *in situ*. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: SBZ, 1994. p. 89-93.

THOMAS, D.; ANDRADE, R. P.; COUTO, W. et al. *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus* cv. Planaltina: Principais características forrageiras. *Pesq. Agrop. Bras.*, v. 16, n. 3, p. 347-355, 1981.

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

VALADARES FILHO, S. C.; COELHO DA SILVA, S. F.; LEÃO, M. I. et al. Degradabilidade in situ da matéria seca e proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v. 19, n. 6, p. 512-522, 1990.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H.; MOORE, L. A. Estimation of the digestibility of forages by in vitro digestion of cell walls. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 10, 1966, Helsinki. *Proc...* Helsinki, 1983. p. 438-441.

VARVIKKO, T.; LINDBERG, J. E. Microbial nitrogen in nylon bag residues quantified by feed 15n dilution. *Br. J. Nutr.*, v. 54, p. 473, 1985.

VAZANT, E. S.; COHRAN, R. C.; TITGEMEYER, E. C. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *J. Anim. Sci.*, v.76, p 2717-2729, 1998.

VELOSO, C. M.; RODRIGUEZ, N. M.; SAMPAIO, I. B. M. et al. pH e amônia ruminais, relação folhas:hastes e degradabilidade ruminal da fibra de forrageiras tropicais. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 29, n. 3, p. 871-879, 2000.

VILLARREAL, M. Valor nutritivo de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos. *Pasturas Tropicales.*, v.16, n. 1, p.27-31, 1994.

WEAKLEY, D. C., STERN, M. D. SATTER, L. D. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. *J. Anim. Sci.*, v. 56, p. 493-507, 1983.

WEISS, W. P. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: FAHEY Jr., G.C; COLLINS, M.; MERTENS, D.R. et al. *Forage quality, evaluation and utilization*. Nebraska: American Society of Agronomy, 1994. Cap 16, p. 644-681.

WOLIN, M. J. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.*, v. 43, p. 1452-1459, 1960.