



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO E TAXAS DE
DEGRADAÇÃO DE GRAMÍNEAS DO
GÊNERO *CYNODON***

MARCUS VINICIUS GONÇALVES LIMA

2012

MARCUS VINICIUS GONÇALVES LIMA

**CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO E TAXAS DE DEGRADAÇÃO DE
GRAMÍNEAS DO GÊNERO *CYNODON***

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para obtenção do título de “*Mestre*”.

Orientador:

Prof. Dr. Sidnei Tavares dos Reis

**UNIMONTES-MG
MINAS GERAIS – BRASIL
2012**

L732c Lima, Marcus Vinicius Gonçalves.
 Cinética da fermentação e taxas de degradação de
gramíneas do gênero *cynodon* [manuscrito] / Marcus
Vinicius Gonçalves Lima. – 2012.
 62 p.

 Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de
Montes Claros-Janaúba, 2012.
 Orientador: Prof. DSc. Sidnei Tavares
dos Reis.

1. Gramíneas. 2. Produção de gases. I. Reis, Sidnei Tavares dos. II.
Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

MARCUS VINICIUS GONÇALVES LIMA

**CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO E TAXAS DE DEGRADAÇÃO DE
GRAMÍNEAS DO GÊNERO *CYNODON***

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para obtenção do título de “*Mestre*”.

APROVADA em 09 de abril de 2012.

Prof^ª. Dr^ª. Eleuza Clarete Junqueira de Sales - UNIMONTES

Prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira - UNIMONTES

Prof. Dr. – Leonardo David Tuffi Santos - UFMG

Prof. Dr. Sidnei Tavares dos Reis
UNIMONTES
(Orientador)

UNIMONTES
MINAS GERAIS – BRASIL

OFEREÇO

A minha avó Maria Helena, pelo amor, carinho, apoio, incentivo e esforço que me dedicou para minha formação moral e intelectual.

Aos meus pais, Hélio e Rosana, e aos meus irmãos, Pedro Henrique, Gustavo, Lucas, Mateus e Rafael pelo amor, carinho, apoio e incentivo durante essa jornada.

A minha tia/irmã, Roseane, e minha afilhada, Isabella, pelo amor e por todas as palavras de carinho e incentivo.

“Se Deus é por nós, quem será contra nós?”

(Romanos 8: 31-32)

“A dúvida é o princípio da sabedoria.”

(Aristóteles)

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará
ao seu tamanho original.”

(Albert Einstein)

“O único lugar onde o Sucesso vem antes do Trabalho
é no dicionário.”

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

A DEUS por ter me iluminado e me dado forças, e pelas bênçãos recebidas durante essa caminhada.

À Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) pela oportunidade de formação e qualificação profissional, e a todos os professores e funcionários, pelos ensinamentos e atenção.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), por financiar o projeto.

Ao Professor, Dr. Sidnei Tavares dos Reis, pelo acompanhamento, apoio e incentivo durante todo o período do curso e por mais esta conquista.

À Professora, Dr^a. Eleuza Clarete Junqueira de Sales, pela coorientação, amizade, conselhos e toda dedicação durante o período de graduação e no decorrer de minhas atividades durante o período do mestrado.

Aos professores Vicente Ribeiro Junior, João Paulo Sampaio Rigueira e Leonardo David Tuffi Santos, pela valiosa colaboração na conclusão desse trabalho.

Aos Professores do curso de Mestrado em Zootecnia, pela dedicação e ensinamento transmitido em sala de aula.

Aos meus familiares que não mediram esforços para que eu obtivesse mais essa conquista, muito obrigado pelo carinho, compreensão, amor e dedicação.

Aos colegas de turma, pela união, momentos de descontração e companheirismo.

Aos Irmãos de república que proporcionaram muitos momentos felizes.

Aos estagiários: Luiz Henrique, Hellen, Leonardo e Marcell, pela grande ajuda para realização desse trabalho, em especial ao amigo Luiz Henrique por ter abdicado de suas férias para me ajudar a desenvolver este trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento desta dissertação.

Palavras me faltam para agradecer a todos que merecem serem citados. Busco palavras belas, mas a simples beleza não reflete a minha gratidão pelo apoio recebido em todos esses anos dedicando-me a meu curso.

O meu muito obrigado!

BIBLIOGRAFIA

MARCUS VINICIUS GONÇALVES LIMA, filho de Hélio da Silva Lima e Rosana Gonçalves Ferreira, nasceu em Januária, Minas Gerais, em 05 de novembro de 1985.

Em dezembro de 2003 concluiu ensino médio no Colégio CEIVA em Januária, Minas Gerais.

Em dezembro de 2009 graduou-se em Agronomia pela Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), em Janaúba, Minas Gerais.

Em março de 2010 ingressou no programa de Pós-graduação em Zootecnia da UNIMONTES, na área de Forragicultura e Pastagem, e em abril de 2012, defendeu sua dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Caracterização das espécies	4
2.1.1 <i>Coastcross</i>	7
2.1.2 Tifton 68	8
2.1.3 Tifton 85	9
2.2 Técnica <i>in vitro</i> semiautomática de produção de gases	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Local e dados climáticos	17
3.2 Preparo das amostras	19
3.3 Incubação <i>in vitro</i> das amostras	19
3.4 Horários de leitura da pressão e do volume dos gases e a degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DMS)	23
3.5 Cálculo dos parâmetros por meio do modelo matemático.....	25
3.6 Delineamento e análise estatística.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5. CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Reagentes e quantidade utilizada no preparo do meio de cultura descrito por Theodorus <i>et al.</i> (1994)	21
TABELA 2: Parâmetros cinéticos da fermentação ruminal da matéria seca de três gramíneas do gênero <i>Cynodon</i> estimados pelo modelo de France <i>et al.</i> (1993) no Campus da UNIMONTES, Janaúba – MG	31
TABELA 3: Parâmetros estimados pelo modelo de Mehrez e Ørskov (1977) de três gramíneas do gênero <i>Cynodon</i> pela técnica de produção de gás no Campus da UNIMONTES, Janaúba – MG	41

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Frascos de fermentação (A), Balança de precisão (B), Bujão de CO ₂ (C)	20
FIGURA 2: Coleta de líquido ruminal no saco ventral do rúmen (A, B e D), garrafas térmicas aquecidas com água (C), Injeção contínua de CO ₂ (E e H), filtragem do líquido ruminal em camada dupla de gaze (F) e inoculação do líquido ruminal com auxílio de uma seringa plástica (G)	22
FIGURA 3: Injeção contínua de CO ₂ (E e H), filtragem do líquido ruminal em camada dupla de gaze (F) e inoculação do líquido ruminal com auxílio de uma seringa plástica (G)	23
FIGURA 4: Transdutor de pressão datalogger universal – LOGGER AG100 (A e B)	24
FIGURA 5: Dados de pressão e volume obtidos durante o ensaio de produção de gases usando como substrato, gramíneas do gênero <i>Cynodon</i> (*libra por polegada quadrada) no Campus da UNIMONTES, Janaúba – MG	29
FIGURA 6: Produção cumulativa de gases (mL) de três gramíneas do gênero <i>Cynodon</i> no Campus da UNIMONTES, Janaúba – MG	35
FIGURA 7: Taxa de fermentação (μ) da matéria seca de três gramíneas do gênero <i>Cynodon</i> no Campus da UNIMONTES, Janaúba – MG	40

RESUMO

LIMA, Marcus Vinicius Gonçalves. **Cinética da fermentação e taxas de degradação de gramíneas do gênero *Cynodon***. 2012. 62_p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG, Brasil.¹

A técnica *in vitro* de produção de gases é reconhecida como umas das melhores para descrever a cinética fermentativa dos alimentos. A produção de gases é diretamente proporcional à fermentação microbiana do alimento. Objetivou-se avaliar a cinética da fermentação e taxas de degradação de gramíneas do gênero *Cynodon* estimadas pela técnica de produção de gases *in vitro* semiautomática. O experimento foi realizado na UNIMONTES, Janaúba – MG. As forrageiras utilizadas foram: Coastcross, Tifton 85 e Tifton 68. As leituras de pressão foram realizadas nos tempos: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 h. A degradabilidade da matéria seca foi obtida pela porcentagem de matéria seca remanescente após 0, 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação. Foi estabelecida uma relação entre pressão e volume e a equação de regressão obtida foi: $Y = 0,1816 + 5,0998X$. A gramínea Tifton 85 apresentou uma produção total de gases superior. As gramíneas obtiveram sua produção máxima de gases com 72 horas. Maiores taxas de fermentação ocorreram no tempo inicial de fermentação decrescendo com o avançar do tempo. Foi constatado efeito significativo para as gramíneas nas frações: solúvel, insolúvel potencialmente degradável, insolúvel, na degradabilidade potencial e efetiva. As gramíneas Tifton 85 e Tifton 68 apresentaram valores superiores para estas variáveis em relação à gramínea Coastcross. A pesquisa demonstrou o procedimento para obtenção da equação entre volume e pressão, a qual permitiu a instalação da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases no Laboratório de Bromatologia da UNIMONTES. Uma maior produção de gases durante a incubação *in vitro* da matéria seca foi observada para o capim Tifton 85.

Palavras-chave: Produção de gases; técnica semiautomática; *in vitro*.

¹ **Comitê de Orientação:** Prof. D.Sc. Sidnei Tavares dos Reis – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador); Prof. D.Sc. Eleuza Clarete Junqueira de Sales – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Co-orientadora).

ABSTRACT

LIMA, Marcus Vinicius Gonçalves. **Fermentation kinetic and degradation rates of the grasses of the *Cynodon* genus.** 2012. 62_p. Dissertation (Master in Animal Science) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG, Brasil.²

The *in vitro* gas production technique is recognized as one of the best to describe the food fermentation kinetics. The gas production is directly proportional to microbial fermentation of food. This work aimed evaluating the fermentation kinetics and degradation rates of grasses of the *Cynodon* genus estimated by the *in vitro* technique of semiautomatic gas production. The experiment was conducted at UNIMONTES, Janaúba-MG. The fodder plants were *Coastcross*, Tifton 85 and Tifton 68. Pressure readings were taken at times: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 and 96 h. The dry matter degradability (DMD) was obtained for the percentage of dry matter (DM) remaining after 0, 6, 12, 24, 48 and 96 hours of fermentation. It was established a relationship between pressure and volume and the regression equation was: $Y = 0,1816 + 5,0998X$. The total gas production of Tifton 85 grassy was higher than the other grasses. Grasses obtained their maximum gas production at 72 hs. The highest rates of fermentation occurred at initial time of fermentation and it was decreasing with advancing time. Significant effect was found for grasses in the fractions: soluble, insoluble potentially degradable, insoluble, potential and effective degradability. Tifton 85 and Tifton 68 grasses showed higher values for these variables in relation to *Coastcross* grassy. The research demonstrated the procedure to obtain the equation from volume and pressure, which allowed the installation of *in vitro* technique of semiautomatic gas production in the Laboratory of Food Science of UNIMONTES. It was observed a higher gas production during *in vitro* incubation of dry matter for grass Tifton 85.

Keywords: Gases production; semiautomatic technique; *in vitro*.

² **Guidance Committee:** Prof. D. Sidnei Tavares dos Reis – Department of Agricultural Sciences/UNIMONTES (Advisor); Prof. D. Eleuza Clarete Junqueira de Sales – Department of Agricultural Sciences /UNIMONTES (Co-advisor).

INTRODUÇÃO

A produtividade animal é fortemente influenciada pela qualidade da forragem ingerida, particularmente pela digestibilidade da forragem, a qual é inversamente proporcional ao conteúdo da fração fibrosa das plantas (carboidratos fibrosos). A baixa digestão ruminal da forragem ingerida aumenta o tempo de retenção do alimento no rúmen e, conseqüentemente, diminui a taxa de ingestão de matéria seca e o desempenho animal (CRUZ *et al.*, 2010).

Os sistemas de avaliação nutricional para ruminantes indicam a necessidade de diferenciar as frações que compõem os carboidratos e compostos nitrogenados nos alimentos, com o intuito de possibilitar a predição do crescimento microbiano no rúmen, degradação ruminal dos alimentos e o desempenho animal (RODRIGUES e VIEIRA, 2006).

Desse modo, vários métodos de avaliação de alimentos para ruminantes têm sido desenvolvidos nos últimos anos, contribuindo para o aperfeiçoamento de técnicas laboratoriais já existentes, bem como a produção de técnicas mais precisas (MORON *et al.*, 2001).

Até o início da década de 1980, os métodos existentes forneciam apenas uma estimativa da digestibilidade potencial dos alimentos, com pouca referência à dinâmica de fermentação ruminal (VALENTIN *et al.*, 1999).

Atualmente, existem diversas técnicas laboratoriais para avaliação de alimentos destinados a ruminantes, utilizadas principalmente para estimar o seu valor nutritivo. Dentre essas técnicas, destaca-se a técnica *in vitro* de produção de gases pelos microrganismos do rúmen. Essa técnica é simples, de baixo custo, rápida execução, confiabilidade, possibilidade de avaliação de grande quantidade de alimentos por ensaio além de utilizar poucos animais fistulados, sendo de grande importância para a nutrição animal (MAURICIO *et al.*, 1999).

A técnica *in vitro* de produção de gases é reconhecida como umas das melhores para descrever a cinética fermentativa dos alimentos (MAURICIO *et al.*, 1999). A produção de gases é diretamente proporcional à fermentação microbiana do alimento e, como pode ser medida a intervalos frequentes, permite analisar o modo como ocorre o ataque microbiano na degradação do alimento no rúmen.

Esse sistema possibilita, ainda, correlacionar a produção microbiana com a matéria orgânica fermentada. É possível também demonstrar a degradabilidade potencial de um alimento, além de fornecer medidas dos produtos de fermentação (gases), obtendo uma melhor interpretação desse processo (GOBBO, 2001).

A principal fonte de erros da técnica *in vitro* de produção de gases está no uso do inóculo, devido à diferença existente na população microbiana das fases sólidas e líquidas do rúmen (GOBBO, 2001). O uso desses inóculos (população microbiana) gera como produtos finais: ácidos graxos voláteis (AGVs), amônia, gases (dióxido de carbono e metano) e células microbianas.

Para os ruminantes, os AGVs constituem a maior fonte de energia (65 a 75 % da energia metabolizável ingerida), e a produção de gases que são formados no rúmen está intimamente relacionada com a produção desses AGVs. A fermentação de carboidratos e proteínas resulta em produção de AGVs, além de produção de hidrogênio (Stradiotti Junior *et al.*, 2004).

Devido a região norte de Minas Gerais apresentar altas temperaturas, pode ocorrer uma rápida estruturação da parede celular das plantas forrageiras, acelerando a atividade metabólica das células, resultando em decréscimo do pool de metabólitos no conteúdo celular, além de promover a rápida conversão dos produtos fotossintéticos em componentes da parede celular. Desse modo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a cinética da fermentação e taxas de degradação de gramíneas do gênero *Cynodon* estimadas pela técnica de

produção de gases *in vitro* semiautomática, além de obter uma equação entre volume e pressão que permita a instalação da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases no Laboratório de Bromatologia da UNIMONTES, Campus Janaúba.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização das espécies

O gênero *Cynodon* é o mais amplamente distribuído da tribo *Chorideae*, que engloba oito espécies divididas em quatro grupos: a) sul da Ásia e Oceano Índico-sul das Ilhas do Pacífico: *Cynodon arcuatus* e *Cynodon barberi*; b) leste da África: *Cynodon plectostachyus*, *Cynodon aethiopicus* e *Cynodon nlemfuensis*; c) sul da África: *Cynodon incompletus* e *Cynodon transvalensis*; d) cosmopolita com variedades endêmicas: *Cynodon dactylon*. Porém, as principais cultivares de *Cynodon* em uso, como Tifton-85 e Tifton-68 são originárias de programas de melhoramento genético realizados nas Universidades da Geórgia e da Flórida, nos Estados Unidos (VILELA e ALVIM, 1998).

Os materiais de *Cynodon* dividem-se em dois grupos: as “gramas” ou “bermudas” e as “estrelas”, sendo que as plantas do primeiro grupo apresentam rizomas e estolões, enquanto as do segundo possuem apenas estolões. As duas estruturas constituem tipos de caules modificados e conferem características especiais às plantas, como por exemplo, maior resistência ao pastejo (NASCIMENTO *et al.*, 2002).

O gênero *Cynodon* é composto por forrageiras consideradas bem adaptadas às regiões tropicais e subtropicais. As gramas bermudas são bem adaptadas e resistentes aos invernos moderadamente frios, enquanto as estrelas, por não terem rizomas, são menos resistentes, ainda que bem adaptadas a essas condições (VILELA e ALVIM, 1998).

A espécie *Cynodon dactylon* (L.) Pers. ou grama bermuda, ou grama seda, tem a sua origem mais provável no sudeste da África. A primeira menção sobre a grama bermuda é advinda do diário de Thomas Spalding, que inicia seu relato da seguinte forma: “A grama bermuda foi trazida da Savana africana para

os EUA pelo governador Henry Hellis em 1751”. Ele dizia que “se o pastejo é conveniente e necessário ao país, é preciso procurar encontrar este material para o pastejo”. Escritores, no início de 1807, referiam-se à grama bermuda como uma das mais importantes gramíneas no sul dos EUA (HILL *et al.*, 1998).

Desse modo, a grama bermuda tem participado da agricultura do sudeste e norte dos EUA pelos últimos 250 anos. Os híbridos de grama bermuda com maior capacidade produtiva e elevado valor nutritivo têm desempenhado papel importante na produção animal do sudeste dos EUA por aproximados 60 anos, desde a introdução da “Coastal” bermuda em 1943 pelo Dr. Glenn W. Burton, pesquisador da Coastal Plain Experiment Station, em Tifton, Geórgia (ATHAYDE *et al.*, 2007).

As principais pesquisas com cultivares de *Cynodon* foram originadas nas Universidades da Geórgia e da Flórida, nos Estados Unidos, de uma coleção de *Cynodon*, procedente da África e introduzida naquele país. O programa de melhoramento genético de plantas forrageiras dessas Universidades aproveitou o potencial forrageiro desse gênero, principalmente para produção de forragem, utilizando a variabilidade existente dentro e entre espécies e desenvolveu forrageiras melhor adaptadas às condições subtropicais do Sudeste Americano. Avaliadas criteriosamente, sob corte e pastejo, foram lançadas como híbridos para aquelas regiões (HILL *et al.*, 1998).

No Brasil, não existe registro de onde e como o gênero *Cynodon* foi introduzido. Acredita-se que, por iniciativa privada, em consequência da curiosidade de produtores em avaliar o seu comportamento em condições brasileiras (VILELA e ALVIM, 1998). Ainda, segundo os mesmos autores, as forrageiras do gênero *Cynodon* apresentam elevado potencial de produção de forragem de boa qualidade, sendo usadas tanto na forma de pastejo como na forma de feno.

O gênero *Cynodon* é conhecido há muito tempo pelo caráter colonizador da espécie *Cynodon dactylon*, gramínea invasora cosmopolita, encontrada nas regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre (BURTON e MONSON, 1984). As gramíneas do gênero *Cynodon* são consideradas capazes de proporcionar elevadas quantidades de forragem de alta qualidade e de resistirem aos fatores adversos do clima tropical e subtropical (BURTON e MONSON, 1984). Nas condições tropicais, durante o período seco, a temperatura, a umidade e a luminosidade são inadequadas para se obter um bom desenvolvimento das plantas forrageiras tropicais; ao contrário, no período chuvoso, esses elementos climáticos são adequados e, dependendo das condições de manejo, pode-se obter elevada taxa de produção de matéria seca (MS) das mesmas (PEDREIRA, 1996).

De acordo com Burton e Monson, (1984), há um extenso leque de vantagens das gramíneas do gênero *Cynodon*. Dentre elas estão a sua elevada produtividade por área e a boa qualidade, associadas à elevada capacidade de resposta à fertilização; grande resistência ao pisoteio; boa capacidade de adaptação a diferentes tipos de solos e clima, o que confere boa resistência a solos úmidos e baixas temperaturas. Estes pontos distinguem esse gênero de outros que predominam em condições tropicais e justifica o seu uso, como alternativa promissora, para produtores que buscam eficiência na atividade leiteira por meio da intensificação sustentada da atividade.

Entretanto, segundo Lima e Vilela (2005), é fundamental observar fatores tais como o potencial de fertilidade do solo para a produção de forragem, para que a taxa de lotação seja definida em função da disponibilidade de forragem. Nesse contexto, é importante ressaltar que o uso adequado de fertilizantes eleva o rendimento forrageiro e, conseqüentemente, pode-se adotar maior pressão de pastejo, com resultados positivos na produtividade animal.

Segundo Rodrigues e Rodrigues (1987) as espécies de *Cynodon* são perenes, rizomatosas e estoloníferas ou somente estoloníferas.

2.1.1 Coastcross

É um híbrido estéril, obtido do cruzamento da cultivar Coastal (*Cynodon nlenfuensis*) e o capim-bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), de alta digestibilidade, pouco tolerante ao frio, proveniente do Quênia (BOGDAN, 1977).

Essa cultivar não cobre rapidamente o solo, mesmo tendo estolões vigorosos, o que deixa susceptível a outras espécies ou mesmo por bermuda comum. Possui colmo fino e boa relação folha/colmo, entretanto, essa relação se modifica conforme o manejo. Quando adubado e irrigado adequadamente, produz grande quantidade de forragem de boa qualidade, com boa distribuição ao longo do ano. As folhas são macias, apresentando verde menos intenso do que aquele das gramas estrelas. Essa forrageira é muito indicada para fenação, já que desidrata com facilidade, mas também pode ser usada para pastejo (VILELA e ALVIM, 1996).

Contraopondo o exposto anteriormente, Carneiro (1995) caracteriza o capim-Coastcross como gramínea perene, rasteira, rizomatosa e fortemente estolonífera, que se enraíza facilmente nos nós em contato com o solo úmido; é extremamente agressiva e ocupa totalmente o terreno, sem deixar áreas descobertas, formando um denso e macio relvado, podendo atingir até 0,50 m de altura.

O capim-Coastcross requer temperatura em torno de 37 °C para sua máxima atividade fotossintética, e um período seco com temperatura inferior a 15 °C influencia negativamente a sua produção. Precipitações de, no mínimo 500 mm anuais são necessárias para produções razoáveis de forragens, sendo essa espécie adaptada a climas tropicais e subtropicais, além de apresentar ótima resistência ao pisoteio, fogo, frio (mesmo geadas leves) e seca. Quanto ao solo,

essa exige elevada fertilidade e responde bem a calagem e adubação (DIAS, 1993).

Conforme Dias (1993), o capim-Coastcross cresce em uma variedade de solos bem drenados (arenosos e argilosos). As produções dependem dos nutrientes disponíveis, particularmente, o nitrogênio, e baixas produções são geralmente observadas em solos arenosos pobres.

A propagação do capim-Coastcross é vegetativa, podendo fazer a multiplicação utilizando material enraizado ou material não enraizado (estacas), sendo o fundamental, a existência de boas condições de umidade no momento e após o plantio (DIAS, 1993).

2.1.2 Tifton 68

O capim-Tifton 68 (*Cynodon spp*) é um híbrido entre as introduções PI 255450 e PI 293606, e apresenta: grandes colmos, longos estolões e não possui rizomas. Segundo Pedreira (1996), essa forrageira é um *Cynodon nlenfuensis*, mas é considerada por Burton e Monson (1984) como uma grama-bermuda.

Conforme Mickenhagem (1994), esta cultivar é do tipo gigante, com hastes grossas, estolões muito robustos, folhas largas e compridas, com bastante pilosidade e que não possui rizomas. É uma cultivar muito competitiva, que se propaga rapidamente por via vegetativa. Seus estolões podem crescer até 7,5 cm por dia em condições favoráveis e se bem manejada, em regiões não sujeitas ao frio, mantém uma produção maior que a do Coastcross. É susceptível ao frio, não suportando temperaturas abaixo de 0 °C.

A cultivar Tifton 68 é recomendada para regiões tropicais e subtropicais, onde não há problemas de geadas severas, frio prolongado ou deficit hídrico. Mostra-se uma excelente linhagem para a produção de híbridos de alta digestibilidade. Quando comparada a outros 80 híbridos, o Tifton 68 proporcionou maior produção de matéria seca (14 t ha⁻¹ ano⁻¹) e digestibilidade da matéria seca mais elevada, 64,3 % (BURTON e MONSON, 1984). Segundo

Pedreira (1996), essa gramínea é considerada como boa opção para produção de elevada quantidade de forragem de boa qualidade.

2.1.3 Tifton 85

Essa cultivar foi lançada no ano de 1992 pelo Dr. Glenn W. Burton, na Coastal Plain Experiment Station, da Universidade da Geórgia. Essa forrageira é um híbrido F₁ entre a introdução Sul-Africana (PI 290884) e Tifton 68, sendo considerada o melhor híbrido obtido no programa de melhoramento daquela Universidade. Foi selecionada para produção de matéria seca e alta digestibilidade (BADE, 2005).

De acordo com Burton, Gates e Hill (1993) o Tifton 85 é uma gramínea de porte alto, com colmos maiores, estolões abundantes, de cor verde e tons arroxeados. Possui rizomas mais grossos e desenvolvidos, mas, em quantidade relativamente pequena. Folhas longas com coloração mais escura do que os outros híbridos de bermuda. Por possuir rizomas, torna-se mais resistente ao frio e à seca, apresenta, ainda, relação folha/colmo superior ao Tifton 68, o que lhe confere melhor qualidade, sendo também indicada para fenação. A sua inflorescência é pequena, formada por cinco racemos digitados no ápice da ráquis, não produzindo sementes viáveis, sendo uma planta de propagação é vegetativa.

Num ensaio comparativo de quatro cultivares do gênero *Cynodon*, o capim-Tifton 85 proporcionou maior rendimento anual (média de três anos consecutivos) de matéria seca (10,7 t ha⁻¹) e proteína bruta (1,71 t ha⁻¹), sendo a melhor opção para uso intensivo nos sistemas de produção de leite e carne, na região dos Campos Gerais do Paraná (POSTIGLIONI e MESSIAS, 1998).

Gonçalves *et al.* (2001) ao avaliar a produção de matéria seca (PMS) e composição química em gramíneas do gênero *Cynodon* (Tifton-85, Tifton-44 e Coastcross), concluíram que o aumento da idade de corte promove um incremento na produção de MS de 845,29 kg/corte e aumento nos teores de FDN

e FDA, havendo também decréscimo dos teores de proteína bruta de 14,80 para 8,73 % nas três gramíneas.

Oliveira *et al.* (2000), trabalhando com rendimento e valor nutritivo do capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp), registraram produções de matéria seca variando de 3,1 a 12,3 t ha⁻¹ e teores de PB de 15,6 e 4,5 %. Quanto aos teores de FDN foi alcançado o valor máximo de 79,24 %.

Produções de matéria seca de capim-Tifton 85 na ordem de 17,6 17,6; 17,6 e 21,5 t MS ha⁻¹ foram observadas por CARNEVALLI *et al.* (2001) para alturas de 5, 10, 15 e 20 cm, respectivamente, em solos de alta fertilidade em Piracicaba/SP. Já Hill *et al.* (1993) observaram valores de 25,0 t MS ha⁻¹ por ano, enquanto Gomide (1996) cita produções de 2,25 e 1,55 t MS ha⁻¹ para folhas e hastes, respectivamente.

Comparações entre os *Cynodon* (capim-Tifton 68, capim-Tifton 85, e capim-Coastcross) com avanço estágio fenológico revelam superioridade do capim-Tifton 85 (LIMA, *et al.*, 2000; GONÇALVES *et al.*, 2002; CENDENÕ *et al.*, 2003).

Mandebvu *et al.* (1999) observaram maiores concentrações de FDN e FDA para o capim-Tifton 85 vs. capim-Bermuda, mas os valores de digestibilidade aparente e degradabilidade *in situ* dessas frações foram superiores para o capim-Tifton 85. Este resultado foi atribuído a maior concentração de lignina e menor concentração de açúcares neutros totais, arabinose, glicose e xilose no capim-Coastal.

Lima *et al.* (2002) relataram semelhança na composição química entre capim-Tifton 85 e capim-Tifton 68, os quais foram superiores ao capim-Coastcross. Gonçalves *et al.* (2002), estudando a DIVMS e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) das gramíneas capim-Tifton 44, capim-Tifton 85 e capim-Coastcross em três idades diferentes de corte, obtiveram os melhores coeficientes de DIVMS e DIVMO com a idade de 21 dias de rebrota.

Cendenõ *et al.* (2003) comparam os capim-Tifton 68, capim-Tifton 85 e capim-Coastcross com idades de 28, 42, 56, 70 dias e relataram que as reduções nos valores de PB foram mais intensas no capim Tifton 68.

2.2 Técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases

O valor nutritivo de um alimento depende de sua composição química e do nível de aproveitamento dos nutrientes pelos animais. Nos animais ruminantes, a simbiose entre o animal e a microbiota ruminal permite a utilização indireta de carboidratos estruturais refratários à ação enzimática dos mamíferos. Todavia, a quantidade de nutrientes ingeridos que realmente é absorvida depende da taxa de fermentação ruminal e do tempo de permanência ao ataque microbiano, pois a fração efetivamente degradada é em função das taxas de degradação e passagem (MELLO *et al.*, 2006).

Os carboidratos são a principal fonte de energia para o crescimento e a proteína microbianos, a principal fonte de aminoácidos para o hospedeiro, as variações em suas frações, bem como nas taxas de digestão entre e dentro de alimentos, podem afetar o suprimento de proteína microbiana ao intestino delgado e, conseqüentemente, o desempenho animal (CABRAL *et al.*, 2000). Segundo Toro Velásquez *et al.* (2009), o estudo do valor nutritivo da forragem possibilita identificar as principais causas limitantes do nível de produção, o que permite deduzir estratégias de manejo para aumento da produção animal.

Estudos sobre a dinâmica de digestão e fermentação ruminal dos alimentos também são importantes, pois fornecem subsídios aos sistemas de exigências nutricionais (CNCPS e NRC) (MELLO *et al.*, 2006). De acordo com Van Soest (1994), esses sistemas necessitam de estimativas acuradas e precisas das taxas de degradação dos alimentos para balancear adequadamente dietas ou formular rações para ruminantes.

O sistema *The Cornell net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS) classifica os carboidratos totais, em conformidade com suas taxas de digestão,

em fração A (açúcares solúveis), que é prontamente fermentada no rúmen; fração B1 (amido e pectina), que apresenta taxa intermediária de digestão; fração B2 (celulose e hemicelulose), correspondendo à fração lenta e potencialmente digerível da parede celular; e fração C, representada pela porção indigerível ao longo do trato gastrointestinal (TGI) (SNIFFEN *et al.*, 1992).

Os açúcares solúveis em água (amido e pectina) são completamente digeríveis no TGI. Contudo, a celulose e a hemicelulose, basicamente, são lentas e parcialmente disponíveis, além de ocuparem espaço no TGI, uma vez que compreendem os polímeros, que compõem a parede celular vegetal, juntamente com a lignina, desempenhando funções de sustentação e proteção. Por este motivo, poderiam ser classificados como carboidratos não estruturais (CNE) e estruturais (CE), de acordo com o seu comportamento no TGI (MERTENS, 1996).

Em relação à sua solubilidade, os alimentos utilizados nas rações para ruminantes podem ser divididos nas frações solúveis em tampões aquosos ou nas soluções de detergente neutro, bem como nas frações insolúveis nestes solventes (SCHOFIELD e PELL, 1995). A fração solúvel em detergente neutro é constituída de amido, pectina, açúcares simples, compostos nitrogenados, lipídios e minerais, enquanto a fração insolúvel em detergente neutro enquadra a celulose, a hemicelulose e a lignina (VAN SOEST, 1994).

A importância do conhecimento da quantidade e da dinâmica de degradação ruminal dessas frações reside no fato destas proporcionarem diferenças significativas na produção de ácidos graxos voláteis (AGVs) e no crescimento microbiano ruminal (SCHOFIELD e PELL, 1995).

A avaliação de forrageiras tem grande valor prático na alimentação de ruminantes. Como primeiro passo para essa avaliação, foram inicialmente propostos sistemas que propiciam a obtenção de estimativas da digestibilidade (MOTT e MOORE, 1969). Vários métodos foram desenvolvidos com esse

propósito, entre eles, o obtido por mensurações gravimétricas que utilizam tempo único de incubação, como o método da digestibilidade *in vitro*, proposto por Tilley e Terry (1963).

A técnica *in situ* permite o contato íntimo do alimento-teste com o ambiente ruminal, não existindo melhor forma de simulação do ambiente ruminal, embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos (VAN SOEST, 1994). Essa técnica requer a utilização de animais fistulados no rúmen, para que as bolsas sejam incubadas por determinados períodos de tempo. A determinação do valor nutritivo *in situ* permite obter valores mais próximos dos encontrados nos ensaios *in vivo* (MERTENS, 1993). Os maiores problemas encontrados nesse método são: a ação filtrante do tecido de náilon, que permite a passagem de pequenas partículas em ambos os sentidos; a manutenção de animais canulados; além disso, o método *in situ* apresenta maior variação, quando comparado ao sistema *in vitro* (VAN SOEST, 1994).

Para que se obtenham estimativas mais acuradas dos parâmetros digestivos dos alimentos, é necessário obter estimativas das taxas de degradação ruminal destes alimentos (DETMANN *et al.*, 2009). Essas taxas, por sua vez, são inicialmente obtidas por técnicas gravimétricas, que apresentam limitações inerentes por serem laboriosas, apresentarem baixa repetibilidade e não permitirem a obtenção das taxas de digestão da fração solúvel dos alimentos, visto que as alterações nos pesos das amostras incubadas nos tempos iniciais de fermentação são relativamente pequenas, o que dificulta suas mensurações (SCHOFIELD e PELL, 1995).

Pell e Schofield (1993) citaram ainda como limitações inerentes das técnicas *in vitro* com enfoque gravimétrico que: mensuração do resíduo fibroso destrói a amostra, fazendo com que uma nova amostra seja exigida para cada tempo de avaliação; a avaliação nos estágios iniciais de digestão é trabalhosa, em virtude da pequena variação no peso dos resíduos; o papel dos componentes

solúveis não pode ser determinado; e quantidades relativamente grandes de amostras são necessárias, gerando dificuldades na avaliação de materiais disponíveis de forma limitada.

Como alternativa aos procedimentos gravimétricos, técnicas com enfoque metabólico, que priorizam os produtos da fermentação em detrimento ao substrato residual, permitem contornar os entraves descritos anteriormente (DETMANN *et al.*, 2005).

Técnicas de enfoque metabólico, que se baseiam não na mensuração do substrato não degradado, mas nos produtos finais da degradação, foram desenvolvidas com o propósito de reduzir essas limitações. Entre essas técnicas, a de produção cumulativa de gases é uma das mais utilizadas para estimar taxas de degradação ruminal.

A técnica de produção de gases desenvolvida por Theodorou *et al.* (1994) caracteriza-se pela leitura manual do volume de gases produzidos através de uma seringa plástica graduada. Segundo Malafaia *et al.* (1998), as vantagens em utilizar a técnica de produção de gás consistem primeiramente em caracterizar de forma mais adequada as particularidades do alimento, como a contribuição dos carboidratos solúveis, seguida pela rapidez e uniformidade físico-química do meio. Entretanto, a falta de conhecimento sobre a microbiologia de ruminantes e a própria técnica tem limitado os avanços em sua utilização, pois ainda requer validação (CABRAL *et al.*, 2004).

Maurício *et al.* (2003) afirmaram que o uso da seringa restringe o número de amostras analisadas por experimento, diminui o número de leituras e conseqüentemente compromete descrição da curva de fermentação principalmente durante o período inicial de fermentação (*lag-phase*) e muitas vezes compromete a acurácia das leituras devido a erros cometidos pelo operador. Pell *et al.* (1994) também relataram limitações da técnica de produção de gás: a fração dos gases que é oriunda do CO₂ resultante do bicarbonato

contido no meio de cultura; a produção de gás reflete o metabolismo da microbiota ruminal, portanto, os estudos com dietas deficientes em nutrientes essenciais ao crescimento microbiano podem trazer informações distorcidas; e a interpretação dos dados de produção cumulativa de gás é mais difícil, exigindo modelos logísticos complexos, sendo, por conseguinte, mais laboriosa do que a interpretação dos dados gravimétricos de desaparecimento dos nutrientes.

A técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases (MAURICIO *et al.*, 1999) apresenta comprovado potencial em descrever a cinética da fermentação ruminal, fornecer a taxa e a extensão da degradação dos alimentos, bem como medir produtos da fermentação de partes solúveis e insolúveis dos substratos (PELL e SCHOFIELD, 1993). Essa técnica permite, ainda, 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. Além disso, Maurício *et al.* (2003) demonstraram que é possível estimar a curva de degradação da matéria seca por meio de valores da produção cumulativa de gases para grupos específicos de alimentos.

Willians (2003) cita que fatores como preparo das amostras, meio de cultura, líquido ruminal, mistura de tampões, anaerobiose, pH e temperatura podem afetar a fermentação *in vitro*, alterando a produção de gases. Quanto ao preparo de amostras, é importante padronizar o tamanho de partícula da amostra a ser incubada, pois, segundo Mould *et al.* (2000), a redução do tamanho de partículas com o processo de moagem aumenta a taxa de degradação pelo aumento da superfície de contato do substrato disponível para a colonização da microflora ruminal. Desse modo, Maurício *et al.* (1999) recomendam que os substratos empregados nesses ensaios tenham tamanho de 1 mm.

Para garantir a atividade das bactérias celulolíticas, os valores de pH do líquido ruminal não devem ser inferiores a 6,0, tendo como valores ótimos 6,2 a

6,8. Além disso, o controle de temperatura a 39 °C deve ser feito de forma criteriosa, visto que a atividade microbiana, o volume de gases produzidos e a pressão são influenciados diretamente pela temperatura (SCHOFIELD, 2000).

Em relação ao líquido ruminal, é importante descrever as condições em que este foi obtido, uma vez que esse pode variar em qualidade e homogeneidade de acordo com a espécie, raça, dieta, condição fisiológica, sexo e hora de coleta em relação ao horário de alimentação (PEREIRA, 2003) e esses fatores podem afetar o perfil de degradação dos substratos incubados (SCHOFIELD, 2000).

As avaliações da qualidade dos alimentos ofertados aos animais utilizando ensaios *in vivo* ainda são os métodos mais precisos. Entretanto, devido à grande quantidade de animais necessários, o alto custo com alimentação, medicamentos e mão de obra utilizada e, ainda, em função da crescente resistência imposta pela sociedade ao uso de animais em experimentos, nota-se grande interesse pela utilização de métodos *in vitro*, como a técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases, que apresenta alta correlação com os resultados obtidos *in vivo* (JAYME *et al.*, 2009).

Segundo Sandoval Castro *et al.* (2003) o método *in vitro* para avaliação de alimentos é uma importante ferramenta, pois permitiu uma avaliação rápida do valor nutritivo e o potencial da atividade deletéria de um composto anti nutricional presente nos materiais. A técnica de produção de gás *in vitro* simula a fermentação ruminal e é semelhante à fermentação do rúmen, já que gases são produzidos no processo (CO₂ e CH₄) a partir da fermentação de carboidratos. Stradiotti Jr. *et al.* (2004) relatam que, em ruminantes, a fermentação de alimentos ingeridos produz ácidos graxos voláteis (AGVs), amônia, gases (dióxido de carbono e metano) e células microbianas.

A fermentação de nutrientes (principalmente carboidratos) no rúmen produz uma mistura de gases entre os quais: o dióxido de carbono, hidrogênio,

nitrogênio e metano. Este último encontra-se entre 15 e 30 % da mistura gasosa total, quando fermentados alimentos fibrosos (GEERKEN *et al.* 1980), sua concentração será maior com a diminuição do valor nutricional destes alimentos.

Existem vários fatores que afetam a fermentação dos alimentos pelos microrganismos ruminais e, conseqüentemente, a produção de gás. Anaerobiose, temperatura, pH e tamponamento adequados são fatores importantes na fermentação *in vitro* (GETACHEW *et al.*, 1998).

A digestão anaeróbia da celulose e de outros tipos de fibras é derivada da fermentação dos carboidratos nos compartimentos fermentativos (retículo-rúmen) dos ruminantes, onde produzem ácidos graxos voláteis (AGV), succinato, formato, lactato, etanol, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e traços de hidrogênio (H₂). Os AGV reagem com o bicarbonato tampão, liberando CO₂ e produzindo os gases simultaneamente à digestão da fibra (BLUMMEL e ORSKOV, 1993).

Segundo Blummel e Orskov (1993), as produções molares de diferentes ácidos graxos de cadeia curta (AGCC – acetato, propionato e butirato) são dependentes do tipo de substrato. De acordo com Blummel e Orskov (1993), para volumosos, quando se utiliza o tampão bicarbonato, cerca de 50% do gás total é oriundo do tamponamento dos AGCC e o restante é resultado direto da fermentação. Já em dietas ricas em concentrados, que resultam numa fermentação com alta proporção molar de propionato, a quantidade de CO₂ gerada pelo tamponamento de AGCC é cerca de 60 % da produção total de gases.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Dados Climáticos

O experimento foi realizado no Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros, Campus Avançado de Janaúba – MG no período de 26 de dezembro de 2011 a 27 de janeiro de 2012. O clima é tropical mesotérmico, quase megatérmico, em função da altitude, com média de 520 metros, apresenta-se subúmido e semiárido com chuvas irregulares, ocasionando longos períodos de seca, tendo duas estações definidas: seca de março a outubro e chuvosa de novembro a fevereiro. A precipitação anual média é de 800 mm com temperaturas máximas e mínimas de 25 e 22 °C, respectivamente.

As forrageiras utilizadas (Coastcross, Tifton 85 e Tifton 68), foram amostradas em área já instalada no setor de Forragicultura e Pastagem do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros – MG, sendo que essas depois de cortadas e moídas foram armazenadas em potes plásticos para posteriores análises.

No início do experimento, realizou-se o corte de uniformização e, de acordo com os resultados da análise de solo e exigência da cultura, realizou-se a adubação de manutenção segundo recomendações de Cantarutti *et al.* (1999).

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, sendo constituído de três forrageiras (Tifton 85, Tifton 68 e Coastcross) em 10 repetições.

A área foi irrigada, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo.

3.2 Preparo das amostras

Foram realizados três cortes consecutivos aos 42 dias de idade. Após o corte, as amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C durante 72 h. Após a pré-secagem, o material foi moído em moinhos de facas tipo “Wiley” em peneira com crivos de 1 mm de diâmetro.

3.3 Incubação *in vitro* das amostras

Para condução deste ensaio, 1 g de amostra foi pesado em balança digital de precisão e colocado dentro dos frascos de fermentação (160 mL) previamente injetados com CO₂ (FIGURA 1). Foram utilizados (cento e vinte frascos por amostras) doze frascos por amostra, com dez repetições.

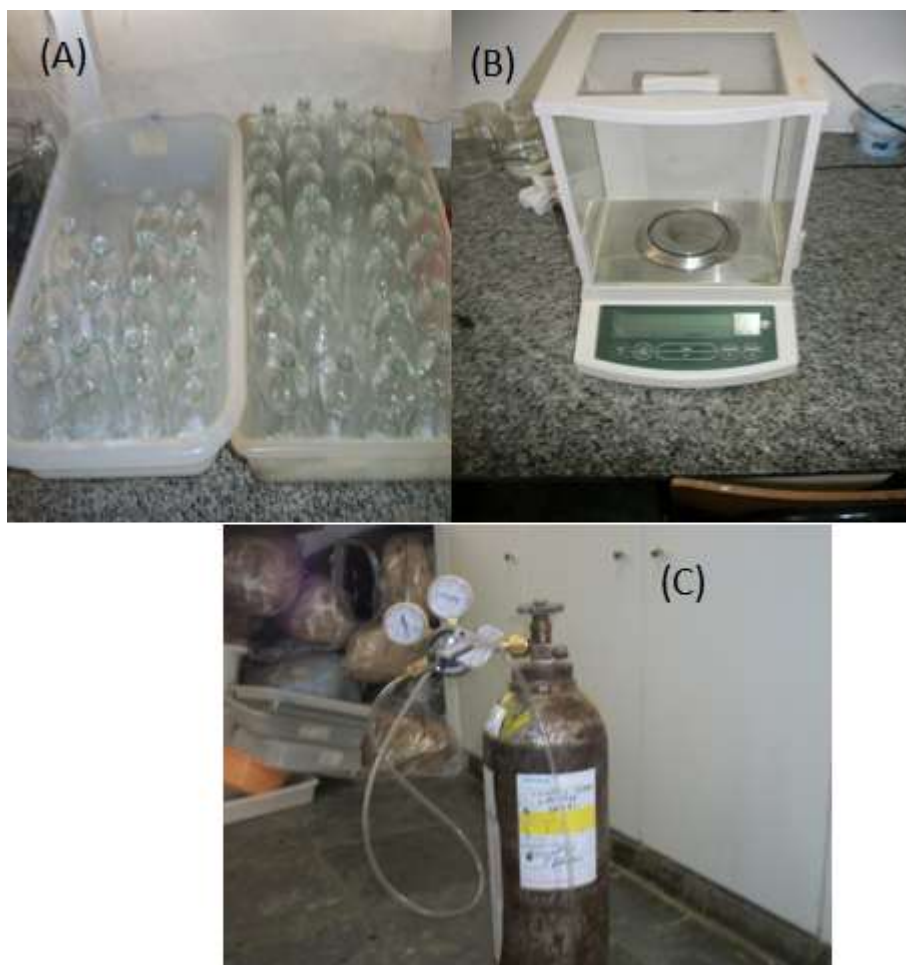


FIGURA 1: Frascos de fermentação (A), Balança de precisão (B), Bujão de CO₂ (C)

O meio utilizado foi o “tampão de McDougal” (McDOUGAL, 1949; MAURICIO *et al.*, 2001). Depois de preparada, a solução-tampão foi colocada em banho maria e adicionada uma solução redutora, preparada momentos antes. A solução foi então borbulhada com CO₂, para atingir pH entre 6,8 – 6,9.

Depois de misturada as soluções, estas foram colocadas dentro dos frascos; para cada frasco, foram adicionados 90 mL de meio de cultura (minerais

e tamponantes) com auxílio de uma proveta, sendo esses frascos então vedados com rolhas de borracha sintética.

O meio de cultura foi preparado no dia anterior à incubação. Para evitar que qualquer tipo de fermentação ocorresse, os frascos foram mantidos a 4 °C em geladeira, durante a noite.

Os reagentes utilizados, bem como suas respectivas quantidades estão apresentados na tabela abaixo (TABELA 1).

TABELA 1. Reagentes e quantidade utilizada no preparo do meio de cultura descrito por Theodorus *et al.* (1994).

Reagentes	Formula química	Quantidade (g L ⁻¹)	Quantidade para 1 L de solução de meio de cultura (mL)
Água destilada	H ₂ O		520,2
1 – Solução Tampão			208,1
Bicarbonato de Amônio	NH ₄ HCO ₃	4,00	
Bicarbonato de Sódio	NaHCO ₃	35,00	
2 – Solução Macromineral			208,1
Fosfato de Sódio	NaHPO ₄	9,45	
Fosfato de Potássio	KH ₂ PO ₄	6,20	
Sulfato de Magnésio	MgSO ₄	0,60	
3 – Solução Micromineral			0,1
Cloreto de Cálcio	CaCl ₂	132,00	
Cloreto de Manganês	MnCl ₂	100,00	
Cloreto de Cobalto	CoCl ₂	10,00	
Cloreto férrico	FeCl ₃	80,00	
4 – Solução de Meio B			62,4
Cisteína	C ₃ H ₈ NO ₂ SCl.H ₂ O	6,25	
Hidróxido de Sódio 1M	NaOH	40 (mL)	
Sulfeto de sódio	Na ₂ S.9H ₂ O	6,25	
5 – Solução de Resazurina	Resazurina	0,01	1,0
Total			1.000

Cinco horas antes da inoculação do líquido ruminal, os frascos foram retirados da geladeira e mantidos em estufa a 39 °C, após ter realizado esse procedimento, no dia seguinte, foi realizada a coleta de líquido ruminal no saco ventral do rúmen, quatro horas após a alimentação. Foram coletados aproximadamente 1,5 litros de conteúdo ruminal de bovinos (três animais) fistulados no rúmen (0,5 litro por animal, para evitar variações individuais), sendo este, acondicionado em garrafas térmicas previamente aquecidas com água (39 °C), que foi aquecida em uma chapa aquecedora, sendo que a temperatura era controlada com o auxílio de um termômetro. Imediatamente, após a coleta, o líquido ruminal armazenado dentro da garrafa térmica foi levado ao laboratório e infundido com CO₂ para evitar fermentação aeróbica quando então se procedeu à filtragem do conteúdo em camada dupla de gaze, sob injeção contínua de CO₂ e mantido em banho-maria a 39 °C (FIGURA 2).



FIGURA 2: Coleta de líquido ruminal no saco ventral do rúmen (A, B e D), garrafas térmicas aquecidas com água (C).

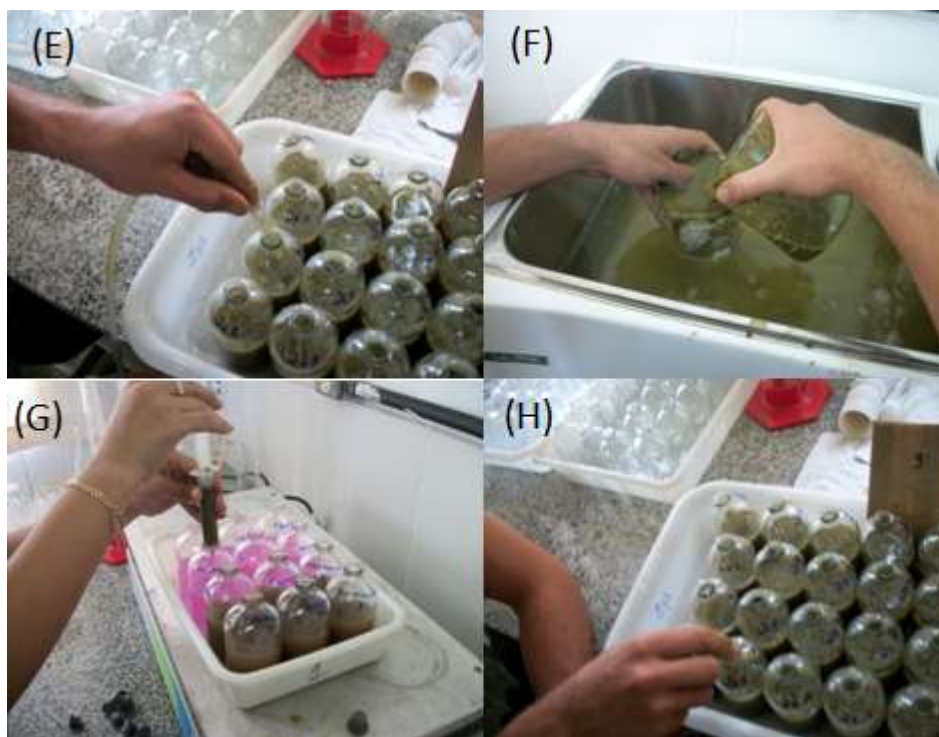


FIGURA 3: Injeção contínua de CO₂ (E e H), filtragem do líquido ruminal em camada dupla de gaze em banho-maria a 39 °C (F) e inoculação do líquido ruminal com auxílio de uma seringa plástica (G).

A inoculação foi feita com auxílio de uma seringa plástica, injetando-se cuidadosamente, em cada frasco 10 mL de líquido ruminal filtrado. Frascos contendo somente líquido ruminal e meio de cultura (tampão) foram usados como controle (FIGURA 3).

3.4 Horários de leitura da pressão e do volume dos gases e a degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DMS)

A pressão originada pelos gases acumulados na parte superior dos frascos, foi medida por intermédio de um transdutor de pressão datalogger universal – LOGGER AG100, um equipamento de bancada, dotado de entrada analógica onde foi conectado o manípulo com uma agulha (0,6 mm) fixada em

sua ponta para perfurar as rolhas de borrachas sintéticas encaixadas na “boca” dos frascos (FIGURA 4).



FIGURA 4: Transdutor de pressão datalogger universal – LOGGER AG100 (A e B)

Esse equipamento possui um botão de disparo na parte superior do manípulo para que, assim que se perfure a rolha no frasco, seja acionado e então o registro da pressão (psi) seja efetuado.

Imediatamente após a inoculação, foi realizada a leitura inicial com o objetivo de padronizar a pressão e descartar o volume dos gases em todos os tubos. As leituras de pressão foram realizadas com maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 h). A partir da inserção da agulha na rolha de borracha sintética, a pressão produzida no interior dos frascos foi verificada no leitor digital. O volume foi medido por meio de uma seringa graduada (20 mL) nos tempos predeterminados (0, 6, 12, 24, 48 e 96 horas). Feito a leitura da pressão, a obtenção do volume de gases foi realizada puxando-se o êmbolo da seringa até que a pressão do transdutor de pressão retornasse ao valor zero.

Para quantificar a produção de gases provenientes do tampão e do líquido do rúmen, foram incubados dois frascos contendo apenas esses componentes (branco). Para cada tempo de leitura, o volume de gás dos frascos

com amostra foi subtraído do volume obtido nos frascos sem amostras. Ao serem obtidos os valores de pressão e de volume em cada tempo, esses foram somados aos valores das leituras anteriores, possibilitando assim a construção da curva correspondente à fração solúvel para cada tempo de incubação.

A degradabilidade da matéria seca (DMS) foi obtida pela porcentagem de matéria seca (MS) remanescente após 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas de fermentação, por filtragem do conteúdo de cada frasco em cadinhos de porosidade 1 e posterior secagem em estufa a 105 °C até se obter peso constante.

3.5 Cálculo dos parâmetros por meio do modelo matemático

Para implantação da técnica semiautomática de produção de gases em diferentes laboratórios, faz-se necessária a obtenção de uma equação para predição do volume através da pressão. Como foi demonstrado por Maurício *et al.* (1999), a obtenção do volume de gases produzidos pela lei de Boyle e Gay-Lussac não seria capaz de prever o volume de gases produzidos durante a fermentação, e a solução encontrada foi obter uma equação a partir de dados experimentais.

As leituras de pressão e volume oriundos da fermentação de três gramíneas do gênero *Cynodon* resultaram na obtenção individual de 5.400 dados, sendo utilizados doze frascos por amostra com dez repetições (cento e vinte frascos por amostra), em 15 tempos de leituras para cada gramínea (três gramíneas).

O modelo de France *et al.* (1993) foi adotado para descrever a curva de produção de gases em termos de taxa de produção de gases, *lag time* e potencial de produção de gases, onde:

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

Y = produção cumulativa de gases (mL);

A = assíntota ou potencial máximo de produção de gases;

L = tempo de colonização (*lag time*);

b (h^{-1}) e c ($\text{h}^{-0.5}$) = taxas fracionais constantes.

A taxa fracional (h^{-1}) combinada à produção de gases (μ) foi calculada sendo:

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

μ = taxa de produção de gases (h^{-1});

b e c = parâmetros semelhantes ao da equação;

t = tempo de incubação em horas.

Para ajustar os dados de degradabilidade às 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, foram utilizados os modelos matemáticos propostos por Mehrez e Ørskov (1977) e Ørskov e McDonald (1979), que possibilitaram estimar as degradabilidades, potencial (DP) e efetiva (DE):

$$DP = A \rightarrow t \leq L$$

$$DP = a + b (1 - e^{-c \cdot t}) \rightarrow t > L,$$

Em que:

DP = degradabilidade do alimento (%) no tempo t (horas);

A = fração prontamente solúvel (%);

a e b = parâmetros do modelo, cuja soma (a+b) corresponde numericamente à degradabilidade potencial do alimento; e

c = taxa de degradação (%/hora).

Calculou-se também a fração solúvel potencialmente fermentescível do alimento (B):

$$B = (a + b) - A \text{ ou } 100 - (A+C),$$

Em que:

C = fração indegradável (calculada como 100-DP).

A degradabilidade efetiva (DE) dos alimentos foi calculada da seguinte forma:

$$DE = (a+b)/[c/(c+kp)],$$

Em que:

kp = taxa de passagem do alimento (%/hora) pelo rúmen e foi considerada como 5 %/hora.

As estimativas dos parâmetros descritos no modelo matemático foram realizadas utilizando-se métodos iterativos não lineares. Esses resultados ajustados, por estimativas de quadrados mínimos, foram obtidos a partir do uso do método Gauss – Newton, adotando-se um procedimento NLIN, com o auxílio do programa SAS (SAS INSTITUTE, 2000).

Para obtenção dos modelos estatísticos que mede a relação entre o volume de gás produzido durante a fermentação e a pressão (psi), utilizou-se o estudo de correlação por meio da linha de comando MANOVA do procedimento GLM de SAS. Uma vez detectada a correlação satisfatória (acima de 85 %) e significativa entre o volume e a pressão, empregou-se a opção SELECTION=STEPWISE na linha de comando MODEL do procedimento GLM da SAS, para que a seleção do melhor modelo fosse feita automaticamente entre os modelos testados (linear, quadrático e cúbico) (SAS INSTITUTE, 2000).

3.6 Delineamento e análise estatística

Após obter os valores do volume acumulado de gás, taxa de degradação, tempo de colonização, degradabilidade efetiva e potencial do alimento, fração prontamente solúvel, fração solúvel potencialmente fermentescível e fração indegradável os mesmos foram submetidos à análise de variância segundo um

delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições por meio do Sistema de Análises de Variância para dados balanceados (SISVAR), descrito por Ferreira (2011). Quando esta apresentou significância para o teste de “F”, as médias de tratamentos (gramíneas) foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, conforme o modelo estatístico a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + F_i + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = Observação referente à forrageira **i**, na repetição **j**;

μ = Média geral;

F_i = Efeito da forrageira **i**, com **i**= 1, 2 e 3;

e_{ij} = O erro experimental associado aos valores observados (Y_{ij}) que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre pressão e volume foi obtida através dos dados coletados neste experimento (FIGURA 5). Os dados de pressão variaram de 0 a 7,76 psi (libra por polegada quadrada) e os de volume ficaram entre 0 e 42,0 mL. Os tempos de leitura permitiram a obtenção de valores de pressão acima de 7,0 psi. Segundo Theodorou *et al.* (1994), valores de pressão acima de 7,0 psi causam instabilidade na correlação entre as variáveis e alterações no crescimento microbiano. Embora os valores obtidos nesta pesquisa tenham sido superior a 7,0 psi, ainda foi encontrada uma alta correlação.

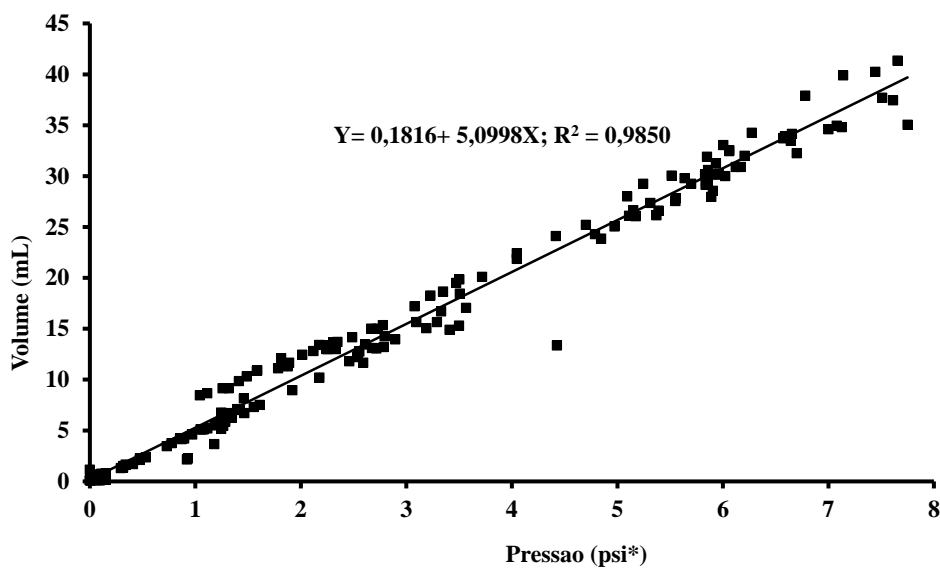


FIGURA 5. Dados de pressão e volume obtidos durante o ensaio de produção de gases usando como substrato, gramíneas do gênero *Cynodon* (* libra por polegada quadrada).

A equação de regressão afirma que cada psi de pressão equivale a 5,0998 mL de gás. Essa equação permite a utilização da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases no Laboratório de Bromatologia do Departamento de

Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Estadual de Montes Claros, campus Janaúba.

Ela difere da equação obtida em Reading na Inglaterra (MAURÍCIO *et al.*, 1999): $V \text{ (ml)} = 0,08 P^2 \text{ (s.e. 0,007)} + 3,69 P \text{ (s.e. 0,052)} + 0,18 \text{ (s.e. 0,08)}$, ($R^2 = 0,99$). Essa diferença, provavelmente, está diretamente relacionada à altitude de cada laboratório: 520 m em Janaúba e 66 m em Reading. Os resultados da pesquisa demonstram que para cada psi de pressão o valor de volume estimado foi de 5,10 mL, já em Reading, Maurício *et al.* (1999) encontraram valores de 3,95 mL de volume para cada psi de pressão. Nos dois locais de estudo a proporcionalidade entre volume e altitude foi mantida, ou seja, maior altitude maior volume de gases.

Maurício *et al.* (2003b) estabeleceram equação para estimação do volume de gases produzidos nos frascos, com a utilização da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases, por meio dos dados de pressão e volume obtidos manualmente, durante a fermentação de diferentes substratos, com base em 1036 dados de pressão e volume: $V = -0,004 \text{ (s.e. 0,06)} + 4,43P \text{ (s.e. 0,043)} + 0,051 P^2 \text{ (s.e. 0,007)}$, com $r^2 = 0,99$.

A equação estimada nessa pesquisa apresentou um comportamento linear, como o encontrado por Araújo Neto *et al.* (2006) trabalhando com casca de coco na alimentação de ovinos, porém o volume predito de 4,96 mL para cada psi foi próximo.

A alta correlação ($r^2 = 0,9850$) observada refletiu a acurácia na estimativa do volume de gases produzidos a partir dos valores de pressão gerados durante o processo fermentativo.

Maurício *et al.* (2003b) obtiveram elevados coeficientes de correlação (BR700 $r^2 = 0,99$; BR701 $r^2 = 0,99$; BR601 $r^2 = 0,99$; AG2002 $r^2 = 0,98$) ao trabalharem com silagens de sorgo. O volume de gases produzidos durante a fermentação de substratos utilizando-se a técnica *in vitro* semiautomática de

produção de gases foi estimado satisfatoriamente a partir dos dados de pressão, potencializando o uso dessa técnica na avaliação de alimentos para ruminantes.

A equação relacionando volume e pressão encontrada nesta pesquisa, comparada às demais, demonstra que a instalação da técnica semiautomática requer a obtenção de equações específicas para cada local e respectiva altitude. Essa prática permite maior rapidez nas leituras durante a fermentação e menor intervalo entre as leituras, favorecendo assim a maior acurácia na descrição do perfil de fermentação ruminal simulado pela técnica e incrementando o número de amostras por experimento.

Os parâmetros de produção de gases estimados pelo modelo de France *et al.* (1993), produção total de gás (A), Tempo de colonização (L), e o potencial de produção de gás (μ) após 96 horas de incubação são mostrados na TABELA 2.

TABELA 2. Parâmetros cinéticos da fermentação ruminal da matéria seca de três gramíneas do gênero *Cynodon* estimados pelo modelo de France.

Parâmetros	Gramíneas			CV(%) ⁴
	Tifton 85	Tifton 68	Coastcross	
A (mL/g) ¹	246,08a	192,55c	209,82b	5,93
L (h) ²	1,064c	0,871b	0,222a	22,72
μ (h ⁻¹) ³	0,015a	0,011b	0,013a	21,34

Letras minúsculas distintas em uma mesma coluna diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Scott-Knott.

¹Produção total de gás; ²Tempo de colonização; ³Taxa de fermentação; ⁴Coefficiente de variação.

A gramínea Tifton 85 apresentou uma produção total de gases superior (p<0,05) às demais gramíneas, demonstrando que esse material foi o que expressou a maior degradação ruminal. Esses valores são próximos aos encontrados por Velásquez *et al.* (2009) que, trabalhando com capim-Tifton 85

e capim-Tanzânia constataram 246,15 e 247,61 mL.g⁻¹ respectivamente, para a produção total de gás. As taxas de produção de gases obtidas nessa pesquisa foram semelhantes ($p>0,05$) para as gramíneas Tifton 85 e Coastcross (0,015 e 0,013mL.g⁻¹ de MS.h⁻¹, respectivamente) (TABELA 2).

Carvalho (2012), avaliando a cinética de fermentação ruminal *in vitro* dos fenos de Tifton 85 em diferentes idades de corte, constatou que o potencial máximo de produção de gases reduziu com o avançar da idade de colheita, variando de 196,66 a 189,42 mL.g⁻¹ de MS.

Maurício *et al.* (2003a) observaram menores taxa de produção total de gases (Br700 = 179 mL.g⁻¹; Br701 = 179 mL.g⁻¹; Br601 = 194 mL.g⁻¹; AG = 166 mL.g⁻¹) comparado aos resultados obtidos neste experimento. Eles comparam os resultados obtidos *in vitro* (Produção Total de Gás = PTG) com os obtidos *in vivo* (DMS *in vivo*) e puderam constatar proximidade dos valores *in vitro* em relação aos *in vivo*.

Moreira *et al.* (2010), avaliando a produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semiautomática *in vitro* de fontes de carboidratos de ruminantes, verificaram que os tratamentos que continham cana-de-açúcar (CADE, CADU e CAPC) tenderam a apresentar valores numericamente superiores. Eles justificam que, provavelmente, isso ocorreu devido à maior disponibilidade e à maior quantidade de carboidratos prontamente fermentáveis da cana-de-açúcar.

Quanto aos parâmetros de France *et al.* (1993), os quais descrevem numericamente a cinética de fermentação ruminal, nota-se um menor tempo de colonização ($p<0,05$) para a gramínea *Coastcross*, sendo seguido pela gramínea Tifton 68 (0,222 e 0,871 horas, respectivamente), o Tifton 85 apresentou um maior tempo de colonização dentre os materiais estudados (1,064 horas) (TABELA 2), porém esse maior tempo de colonização não influenciou para uma maior produção total de gás por essa gramínea.

O tempo de colonização (L) representa o tempo compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre a amostra testada. As reduções no tempo de colonização são favorecidas pela presença de substratos prontamente fermentáveis, ausência de fatores antinutricionais e por características físicas e químicas da parede celular da amostra.

Hill *et al.* (1998) caracterizaram o Tifton 85 como sendo uma gramínea de alta qualidade, tanto para pastejo como para produção de feno, apresenta altos teores de fibra em detergente neutro sem, contudo, alterar a sua digestibilidade. Todavia, o tempo de colonização obtido nas três gramíneas, foram inferiores aos valores reportados por Bueno *et al.* (2005) de 8,92 e 6,79 horas para feno de *B. decumbens* cv. Basilinsk aos 28 ou 56 dias de rebrota, respectivamente. Uma justificativa quando se tem um alto tempo para colonização das bactérias (L) pode ser devido ao tipo de inóculo, à alimentação do animal doador, ao ambiente ruminal e à manipulação do líquido.

O tempo de colonização também foi inferior ao obtido por Maurício *et al.* (2003a). Eles descrevem que, apesar da proximidade dos valores das *lag phase*, o híbrido BR601 apresentou a maior taxa de fermentação (μ), fato provavelmente associado aos maiores teores de substratos prontamente fermentáveis na silagem desse híbrido.

Moreira *et al.* (2010) observaram variabilidade entre os tratamentos, e as associações compostas por capim-elefante + milho duro ou dentado (CEDU e CEDE) resultaram em tempos numericamente maiores de *Lag* provavelmente devido à proteção da matriz proteica, bem como ao tipo do amido presente, o que não favoreceu a rápida colonização dos carboidratos pelos microrganismos. Os tratamentos que continham polpa cítrica apresentaram menores tempos, com exceção da associação com cana-de-açúcar.

Evitayani *et al.* (2005), analisando a produção de gases em *B. decumbens* encontraram valores de 36,1 mL para 200 g de MS, ou seja, em torno de 180,5

mL para 1 g de MS. Esses valores estão abaixo dos valores obtidos nesta pesquisa. Já Campos *et al.* (2001), avaliando volumosos exclusivos ou combinados, encontraram para o capim-elefante, com 60 e 180 dias, valores de 1,6 e 1,4 por hora e 16,9 e 11,7 mL, respectivamente, para as frações dos parâmetros cinéticos: tempo de colonização e produção total de gases, para 100 mg de MS, obtidos pelo método de digestibilidade *in vitro*/gases no período total de 48 horas. Esses valores convertidos para 1 g de amostra correspondem a 16 e 14 por hora e 169 e 117 mL, respectivamente.

Ramirez (2011) relatou valores de produção total de gases variando de 185,5 a 168,5 mL g⁻¹ de MS, e taxas de fermentação variando de 0,0435 a 0,0386 mL g⁻¹ de MS por hora.

Malafaia (1997) encontrou os seguintes valores para as frações: tempo de colonização (L) = 10,40 por hora e produção de gás = 58,37 mL para 360 mg de amostra na matéria seca, para a *B. brizantha* cortada aos 60 dias de rebrota. Mesmo fazendo a conversão para 1 g de amostra, que foi a quantidade utilizada nesta pesquisa, os valores obtidos foram: 28,88 por hora e 162 mL para as frações: tempo de colonização e produção de gás, respectivamente, sendo observado valor muito acima do encontrado nessa pesquisa em relação ao tempo de colonização e muito abaixo em relação à produção de gás. Essas variações também podem ser atribuídas aos diferentes tipos de inóculo utilizado pelo autor, além das variações ligadas aos doadores de inóculo ruminal que, dependendo da categoria, sexo e estado fisiológico, poderão apresentar diferenças no potencial fermentativo do inóculo (CAMPOS *et al.*, 2000).

Moreira *et al.* (2010) reportaram que os tratamentos com cana-de-açúcar apresentaram taxas fracionais de produção de gases (μ) numericamente mais altas, o que mostra a rapidez de fermentação e conseqüentemente produção de gases, seguidos pelos tratamentos com polpa cítrica. A presença da pectina na polpa cítrica e o conteúdo de carboidratos prontamente fermentescíveis na cana-

de-açúcar disponibilizados prontamente produzem taxas de degradação fracional mais altas. O milho dentado, devido à presença de matriz proteica menos resistente, permite o acesso da microbiota ao amido e, conseqüentemente, gera taxas fracionais consideráveis. Faria *et al.* (2008) mencionam que a correlação entre produção cumulativa de gases e degradação dos carboidratos totais é elevada, entretanto, algumas diferenças em relação à magnitude dessa correlação podem ser observadas em função da técnica adotada.

Fahtine (2006) relatou valores médios do potencial máximo de produção (A), tempo de colonização (L), taxa de produção de gases (μ) de 164,55 mL.g⁻¹ MS; 5,62 horas e 0,06 por hora, respectivamente, em feno de Coastcross inoculado com líquido ruminal.

Velasco (2011) encontrou valores do potencial máximo de produção de gases para *B. decumbens* verde cortada aos 56 dias de 194,01 mL.g⁻¹ de MS.

As curvas de produção cumulativa de gases da MS, das gramíneas estudadas são apresentadas na FIGURA 6.

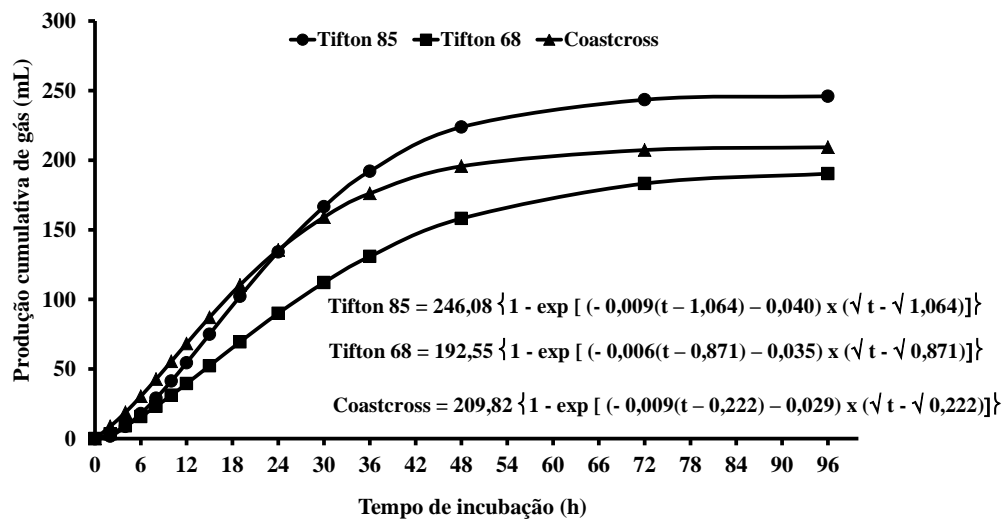


FIGURA 6. Produção cumulativa de gases (mL) de três gramíneas do gênero *Cynodon* no Campus da UNIMONTES, Janaúba – MG.

Nos tempos iniciais de incubação (até às 6 horas), os capins apresentaram taxas de produção cumulativa de gases próximas, porém a partir das 30 h de fermentação a gramínea Tifton 85 apresentou uma maior produção cumulativa de gás em relação às outras gramíneas (FIGURA 6). As gramíneas obtiveram sua produção máxima de gases com 72 horas, com o Tifton 85 apresentando 243,45 mL de gás e o *Coastcross* 207,29 mL. O Tifton 68 apresentou menores valores (183,23 mL) de produção cumulativa de gás. Uma semelhança existente entre essas gramíneas é que próximo às 72 horas elas atingiram seu potencial máximo de produção e estabilizaram a produção de gás (FIGURA 6).

As mudanças nas produções acumulativas de gases em cada período de fermentação estão associadas à degradação das diferentes frações dos nutrientes presentes nas gramíneas. Essas são importantes durante a formulação de dietas para ruminantes, pois permitem um suprimento de nutrientes a partir da fermentação ruminal por período maior, suprimindo também as necessidades dos micro-organismos ruminais (CARVALHO, 2012).

Carvalho (2012), avaliando a cinética de fermentação ruminal *in vitro* dos fenos de Tifton 85 aos 43 dias de idade de corte, registrou valores de 14,53 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 6 horas, 43,65 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 12 horas, 112,78 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 24 horas, 173,16 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 48 horas, 188,13 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 72 horas e 194,73 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 96 horas.

Sá *et al.* (2011), avaliando os parâmetros da cinética de degradação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu verde, cortadas aos 54 dias, pela técnica *in vitro* de produção de gases, relataram valor da produção cumulativa de gases no período de fermentação de 96 horas de 160,0 mL.g⁻¹ de MS. Esse

valor foi inferior aos encontrados neste experimento para as diferentes gramíneas avaliadas.

As diferenças entre as produções acumulativas de gases para forrageiras com idades semelhantes podem estar relacionadas às condições ambientais diferentes (temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de nutrientes) em que essas plantas foram submetidas e aos fatores fisiológicos (tipos e concentrações dos hormônios envolvidos no crescimento vegetativo, produção de sementes e processo de senescência) característicos de cada espécie (CARVALHO, 2012).

Ramires (2011), analisando o valor nutricional do feno de *B. decumbens* em diferentes idades encontrou valores de 12,4 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 6 horas, 33,5 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 12 horas, 92,7 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 24 horas, 142,3 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 48 horas e 177,1 mL.g⁻¹ de MS para o período de fermentação de 96 horas, aos 56 dias de idade de corte. Ele relata que os menores valores apresentados podem estar relacionados à menor digestibilidade das frações fibrosas associada à baixa disponibilidade de nitrogênio no ambiente ruminal.

Cruz *et al.* (2010), avaliando a cinética da fermentação ruminal *in vitro* dos carboidratos de cinco variedades de cana-de-açúcar observaram valores próximos aos encontrados neste experimento para os três genótipos de *Cynodon* com 96 horas de incubação (Java = 236,4; RB72454 = 225,9; RB765418 = 201,6; SP79-1011 = 241,2; SP80-1842 = 220,0).

Velasco (2011), trabalhando com *B. decumbens* verde colhida aos 56 dias, encontrou valores para as produções acumulativas de gases no período de fermentação de 96 horas de 196,41 mL.g⁻¹ de MS.

Castro *et al.* (2007), pesquisando a cinética de fermentação ruminal do capim-braquiaraõ cortado aos 56 dias de rebrota por meio da técnica *in vitro*

semiautomática de produção de gases, relataram valor da produção acumulativa de gases no período de fermentação de 96 horas de 241,3mL.g⁻¹ de MS, sendo que estes valores foram próximos aos apresentados na FIGURA 6 deste experimento para a gramínea Tifton 85.

Faftine (2006) encontrou valores médios da produção acumulada de gases após 72 horas de incubação de 138,39 mL em feno de *Coastcross* inoculado com líquido ruminal, que foi inferior aos obtidos nesta pesquisa.

De acordo com Tomich (2003), partindo do princípio de que os gases produzidos refletem a degradação da amostra testada, a taxa e o potencial máximo de produção de gases são, provavelmente, os principais parâmetros para avaliar a qualidade de forrageiras testadas pelas técnicas de produção de gases.

Moreira *et al.* (2010), analisando diferentes fontes de carboidratos para ruminantes, constataram maior produção cumulativa de gases nos tratamentos compostos por Silagem de sorgo + Silagem de resíduo de milho associado ao milho duro, milho dentado ou polpa cítrica (SRDU, SRDE e SRPC), que apresentaram curvas similares.

Nogueira *et al.* (2006), comparando substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases, obtiveram valores médios de produção acumulada de gases ao término do período de incubação *in vitro* para a cana-de-açúcar de 263 mL.

Azevêdo *et al.* (2003), avaliando a produção cumulativa de gases em diferentes variedades de cana-de-açúcar, observaram que as variedades de ciclo precoce foram inferiores, sendo as variedades de ciclo de produção médio-tardia (SP79-1011 e RB845257) as que apresentaram produção cumulativa de gases superior em relação às de ciclo de produção precoce (SP80-1842). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de as variedades de ciclo de produção médio-tardia poderem fornecer mais energia para os microrganismos que

fermentam os carboidratos não fibrosos (CNF), apresentando-se mais eficientes na síntese de proteína microbiana.

Segundo Velásquez *et al.* (2010), alguns alimentos podem gerar alta concentração de ácidos graxos voláteis proporcionalmente ao baixo crescimento microbiano, o que pode levar a alterações na relação da produção de gases em função da degradabilidade da matéria seca. No entanto, se essa relação variar durante o curso de incubação, a taxa de produção de gases pode não representar com eficiência a taxa de substrato degradado, podendo ocorrer em forrageiras com baixas concentrações de proteína. Do mesmo modo, quando a fração de degradação mais lenta das proteínas é alta, representada principalmente pela fração de nitrogênio ligada às fibras insolúveis em detergente neutro e ácido, podendo ocorrer em forrageiras com estágio vegetativo mais avançado.

A taxa de fermentação (μ) é um parâmetro que depende do tempo de incubação, ou seja, assume que a degradação do alimento no decorrer do tempo, ocorre a diferentes taxas. Os valores encontrados para taxa de fermentação (μ) após 6 horas de incubação para o capim-Tifton 85, Tifton 68 e Coastcross foram de 0,017; 0,015 e 0,013 por hora, respectivamente (FIGURA 7). As maiores taxas de fermentação ocorreram no tempo inicial de fermentação, decrescendo com o avançar do tempo, o que corrobora Bueno *et al.* (2005) que afirmaram que uma maior concentração de conteúdo celular resulta em maior taxa de fermentação e que com o transcorrer do tempo esses componentes tornam-se escassos e as fontes de energia para fermentação restante são fermentescíveis com menor velocidade. Esses valores são próximos aos relatados por Nogueira Filho *et al.* (2000) para *B. humidicola* e *C. dactylon* de 0,016 e 0,022 por hora, respectivamente, após 6 horas de incubação. Porém Velásquez *et al.* (2009), trabalhando com taxa de fermentação após 6 horas de incubação, observaram taxa de fermentação superior para o capim Tifton-85 aos 42 dias e capim-Tanzânia aos 28 dias (0,052; 0,050 h⁻¹).

Maurício *et al.* (2003a), avaliando o potencial da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo, relataram que o híbrido BR601 apresentou a maior taxa de fermentação (μ), fato provavelmente associado aos maiores teores de substratos prontamente fermentáveis.

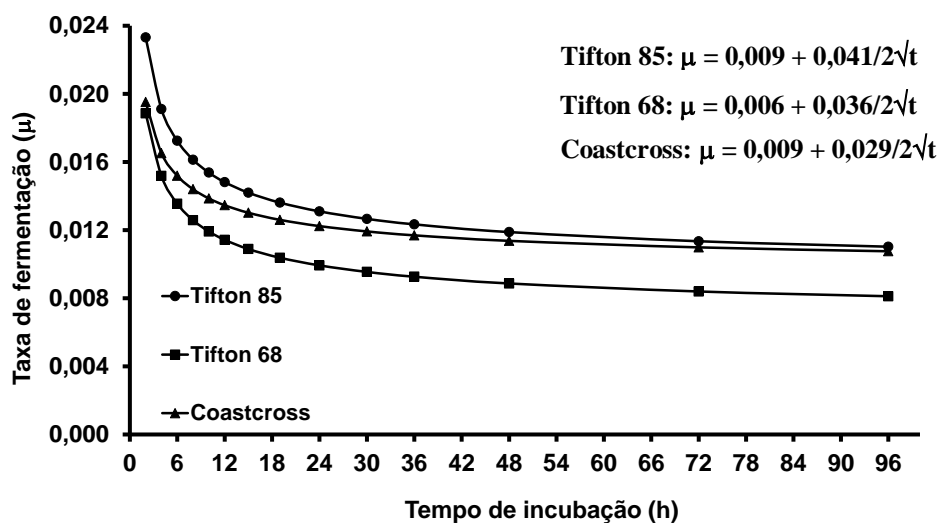


FIGURA 7. Taxa de fermentação (μ) da matéria seca de três gramíneas do gênero *Cynodon* no Campus da UNIMONTES, Janaúba – MG.

Conforme Blummel & Ørskov (1993) e Maurício *et al.* (2003a), os parâmetros obtidos pelo modelo de France *et al.* (1993), principalmente a taxa de fermentação (μ), proporcionam coeficientes de correlação de consumo superiores aos obtidos a partir de experimentos de digestibilidade aparente.

Foi constatado efeito significativo para as gramíneas ($P < 0,05$) na fração solúvel (A), na fração insolúvel potencialmente degradável (B), na fração insolúvel (FI), na degradabilidade potencial (DP) e na degradabilidade efetiva a taxa de passagem de 5 %/hora (DE) (TABELA 3). As gramíneas Tifton 85 e Tifton 68 apresentaram valores superiores ($p < 0,05$) para as variáveis citadas em

relação à gramínea Coastcross. Não foi observado diferença ($p>0,05$) em relação à taxa de degradação (c) nas gramíneas estudadas.

TABELA 3. Parâmetros estimados pelo modelo de Mehrez e Ørskov (1977) de três gramíneas do gênero *Cynodon* pela técnica de produção de gás.

Gramíneas	Parâmetros					
	A ¹	B ²	c ³	FI ⁴	DP ⁵	DE ⁶
Tifton 85	10,37a	61,69a	0,026a	27,98a	72,02a	31,25a
Tifton 68	11,76a	63,90a	0,023a	24,34a	75,66a	30,71a
Coastcross	8,03b	50,62b	0,031a	41,35b	58,65b	26,40b
CV(%) ⁷	22,72	12,08	29,55	26,99	12,25	4,87

Letras minúsculas distintas em uma mesma coluna diferem entre si ($p<0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

¹Fração solúvel (%); ²Fração potencialmente degradável (%); ³Taxa de degradação (%/h); ⁴Fração insolúvel (%); ⁵Degradabilidade potencial (%); ⁶Degradabilidade efetiva da taxa de passagem a 5%/hora (%); ⁷Coefficiente de variação. (%);

Na literatura, os valores relatados de degradabilidade efetiva para gramíneas do gênero *Cynodon* são obtidos por intermédio da técnica *in situ*, sendo geralmente superiores aos encontrados neste experimento pela técnica de produção de gases para a mesma taxa de passagem (5 % por hora).

Carvalho (2012) constatou que houve uma redução com o avançar da idade de corte, variando de 79,32 a 66,01 % para a fração potencialmente degradável da matéria seca (A), para os fenos produzidos nas idades de corte de 27 e 43 dias.

Ramirez (2011) encontrou valores para fração potencialmente degradável no rúmen da matéria seca variando de 58,9 a 51,2 %. As taxas de degradação da matéria seca (3,65 a 2,68 %/h) e degradabilidade efetiva da matéria seca com taxa de passagem de 5 %/h (43,2 a 36,2 %).

Para a taxa de degradação da matéria seca (c), Carvalho (2012) verificou uma taxa de degradação de 2,8 %/h para o feno referente à idade de corte de 43 dias.

Carvalho (2012) descreve uma variação na fração A de 79,31 a 66,19, ocorrendo uma redução com o avançar da idade de corte. O mesmo comportamento foi encontrado para a fração B, variando de 70,96 a 55,66 %.

Assis *et al.* (1999), estudando a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO) e parede celular (PC) de três gramíneas do gênero *Cynodon* verde (Tifton 44, Tifton 85, Estrela de Porto Rico) com e sem adubação nitrogenada cortadas aos 35 dias, encontraram valores referentes à fração potencialmente degradável no rúmen da matéria seca para o Tifton 85 de 68,30 e 69,65 %, sem e com adubação nitrogenada, respectivamente.

Assis *et al.* (1999), avaliando a degradabilidade *in situ* do Tifton 85 verde registraram valor médio da fração potencialmente degradável no rúmen de 72,66 %. Esses mesmos autores relataram taxa de degradação média da matéria orgânica de 2,71 %/h. Para a degradabilidade efetiva na taxa de passagem de 5 por hora esses autores verificaram valores médios para o Tifton 85 de 37,63 %.

Em relação ao tempo de colonização (LAG) médio da matéria seca, Assis *et al.* (1999) encontraram um valor de 3,6 horas. Esses autores constataram valores médios das taxas de degradação do Tifton 85 de 2,85 e 2,55 %/h, sem e com adubação, respectivamente. Para a degradabilidade efetiva da matéria seca do Tifton 85 na taxa de passagem de 5 %/h encontraram valores médios de 39,89 %, respectivamente.

Sarmiento *et al.* (2010), analisando a degradabilidade ruminal da matéria seca de gramíneas do gênero *Cynodon* através da técnica da degradabilidade *in situ*, verificaram valores de 8,22; 9,56; e 9,86 para a fração solúvel (A), 64,02; 55,10; e 49,93 para a fração potencialmente degradável (B), 0,02; 0,03; e 0,05

para a taxa de degradação (c), 27,76; 35,42; e 40,21 para fração insolúvel e 26,72; 29,32; e 35,11 para a degradabilidade efetiva (DE) das gramíneas Tifton 85, Tifton 68 e *Coastcross*, respectivamente.

Ramirez (2011) relatou valores da fração potencialmente degradável no rúmen de 61,4 a 53,5 %. Já em relação à taxa de degradação da matéria orgânica, os valores variaram de 3,49 a 2,63 %/h.

Ferreira *et al.* (2005), avaliando a degradabilidade da MS de três forrageiras do gênero *Cynodon* (Tifton 44, Tifton 85 e *Coastcross*), colhidas com idades de 21, 42 e 63 dias no verão, verificaram uma redução dos valores da fração potencialmente degradável no rúmen com o aumento da idade de corte, e não encontraram efeito do momento de colheita sobre as taxas de degradação da matéria seca com valores médios de 2,4 %/h para o Tifton 85, 2,7 %/h para o Tifton 44 e 5,8 %/h para o *Coastcross*.

A taxa de degradação das frações degradáveis no rúmen dos alimentos pode ser considerada como característica intrínseca do alimento, dependendo de fatores como a composição química das forragens (presença de fatores antinutricionais), da proporção dos diferentes tecidos da planta, influenciados pelo estágio de maturação e pelo desenvolvimento da parede celular (Van Soest, 1994).

Para a *Brachiaria decumbens* verde cortada aos 56 dias, Velasco (2011) relatou valores da taxa de degradação, tempo de colonização e DEMS com taxa de passagem de 5 % de 0,0454 mL.g⁻¹ de MS por hora, 1:27 h:min, 60,52 %, respectivamente.

Carvalho *et al.* (2006), analisando a degradabilidade ruminal da matéria seca do feno de Tifton (*Cynodon dactylon*) através da técnica da degradabilidade *in situ* registraram valores de 71,38 e 41,57 para degradabilidade potencial (DP) e para degradabilidade efetiva (5 %/h), respectivamente.

Carvalho (2012) constatou que o feno de Tifton 85 produzido aos 43 dias de rebrota apresentou valores de 58,00 % para a degradabilidade efetiva da matéria seca com uma taxa de passagem de 5 % por hora.

Rodrigues *et al.* (2002), avaliando silagens de quatro genótipos de sorgo pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gás, encontrou valores para degradabilidade efetiva a 5 %/h de 30,3; 21,6; 24,5; 17,8 % para os genótipos CMSXS165; CMSXS114; BR700 e BR601. Na literatura, os valores relatados de degradabilidade efetiva para silagem de sorgo são obtidos por intermédio da técnica *in situ*, sendo geralmente superiores aos encontrados pela técnica *in vitro* de produção de gases. Utilizando a técnica *in situ*, Rabelo (1997) encontrou para híbridos de sorgo com altos teores de tanino, valores de 51,03, 40,17 e 35,42 %, próximos aos reportados por Molina *et al.* (2002), utilizando a mesma técnica, que foram de 52,80, 39,12 e 32,51 % para o híbrido BR700. Esses resultados sugerem que sejam realizados novos experimentos comparando a degradabilidade efetiva obtida por intermédio das técnicas *in situ* e a produção de gases.

Tomich (2003), analisando o potencial forrageiro, avaliados em regime de corte pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gás, encontrou valores para cana-de-açúcar e capim-elefante de 33,5 e 0,033; 71,1 e 0,054 para a fração potencialmente degradável (B) e para taxa de degradação (c), respectivamente.

Maurício *et al.* (2001), avaliando silagens de girassol obtidas em diferentes épocas de ensilagem pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases, descreveu valores para degradabilidade efetiva (5 %/h) de 29,49; 25,73; 23,46; 21,44 para as silagens de girassol do híbrido M734 ensilados aos 30, 37, 44 e 51 dias após o florescimento.

Martins *et al.* (2007), avaliaram a degradabilidade *in situ* de volumosos em bovinos suplementados com e sem enzimas fibrolíticas exógenas e obtiveram

DP da massa seca para o Tifton 85 aos 30 dias de idade de 76,65 %. Esse resultado é superior aos obtidos neste trabalho que foi de 72,02 %. Provavelmente essa diferença está relacionada com a técnica utilizada promovendo pequenas alterações nos resultados e também relacionada a idade de corte das gramíneas, pois, quanto maior idade de corte menor é a degradabilidade potencial e efetiva.

Segundo Sampaio (1988), os parâmetros A (fração potencialmente degradável) e C (taxa de degradação) seriam os principais parâmetros a serem considerados na qualificação de uma forrageira, de forma que, ao se comparar diferentes equações, um maior valor de A indicaria material mais degradável e um menor valor de C implicaria menor tempo para o desaparecimento da fração imediatamente degradável. As forragens mais digestíveis apresentariam valores altos de A, mas necessitariam também de altos valores de C, concluindo-se que alcançariam o potencial máximo de degradação em menor tempo.

Os resultados deste experimento demonstraram o potencial da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases para avaliação de forrageiras, visto que apresenta baixo custo, alta repetibilidade, capacidade de avaliar elevada quantidade de substratos e ainda possibilita estimativas acuradas de experimentos *in vivo*.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou o procedimento para obtenção da equação entre volume e pressão, a qual permitiu a instalação da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases no Laboratório de Bromatologia da UNIMONTES, Campus Janaúba.

Uma maior produção de gases durante a incubação *in vitro* da matéria seca foi observada para o genótipo Tifton 85.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, M. J. *et al.* Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do “Coastcross”. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa - CNPGL, 1996. p. 45-55.

ALVIM, M. J. *et al.* Resposta do Tifton 68 a dose de nitrogênio e a intervalos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 35, n. 09, p. 1875-1882.

ARAÚJO NETO, J. C. A. *et al.* Produção de gases durante a fermentação da casca do coco por meio da técnica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.

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

ATHAYDE, A. A. R. *et al.* **Gramíneas do gênero *Cynodon* – cultivares recentes no Brasil**. Lavras–MG: UFLA, 2007. p. 1- (Boletim Técnico 14).

AZEVÊDO, J. C. G. *et al.* Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 6, p. 1443-1453, 2003.

BADE, D. H. Bermuda grass varieties – Tifton 85, Jiggs, World Feeder. In: SOUTHERN PASTURE AND FORAGE CROP IMPROVEMENT CONFERENCE, 55., 2005, Raleigh. **Proceedings...** Raleigh, NC.USA: North Carolina State University, 2005. p. 107-116.

BEUVINK, J. M. W. *et al.* An automated method for measuring time-course of gas production of feedstuffs with buffered rumen fluid. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, [s.l.], v. 40, p. 401-407, 1992.

BLUMMEL, M.; ORSKOV, E. R. Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 40, n.1, p.109-119, 1993.

BOGDAN, A.V. **Tropical pasture and fodder plants**. London: Longman, 1977, 475 p.

BUENO, I. C. S. *et al.* Influence of inoculum source in a gas production method. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 123-124, p. 95-105, 2005.

BURTON, G. W. Tifton 85 bermudagrass-Early history of its creation, selection and evaluation. **Crop Science**, Madison, v. 41, p.5-6, 2001.

BURTON, G. W. *et al.* Registration of Tifton 85 Bermudagrass. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 3, p. 644-645, 1993.

BURTON, G.W.; MONSON, W.G. Registration of Tifton 68 bermudagrass. **Crop Science**, Madison, v.24, n.6, p.1211, 1984.

CABRAL, L. S.; *et al.* Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, n. 6, p.1573-1580, 2004.

CABRAL, L. S. *et al.* Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n.6, p. 2087-2098, 2000.

CAMPOS, F. P. *et al.* Digestibilidade in vitro/gás de volumosos exclusivos ou combinados avaliados pelo resíduo remanescente da digestão da matéria seca e produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p.1579-1589, 2001.

CAMPOS, F. P. *et al.* Avaliação do Sistema de Monitoramento Computadorizado de Digestão *In Vitro* Desaparecimento da Matéria Seca e/ou FDN pela Produção de Gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 537-544, 2000.

CANTARUTTI, R. B. *et al.* **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 13-20.

CARNEIRO, A. M. **Forragicultura**. Belo Horizonte: UFMG, 1995. 86 p. (Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG, 2).

CARNEVALLI, R. A. *et al.* Desempenho de ovinos e respostas de pastagens de capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) sob lotação contínua. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n.1, p.7-15, 2001.

CARVALHO, W.T.V.; **Valor nutricional do feno de tifton 85 em diferentes idades de corte**. 2012. 184 p. Tese (Doutorado). Escola de Veterinária – UFMG, Belo Horizonte, 2012.

CARVALHO, G. G. P. *et al.* Degradabilidade Ruminal do Feno de Forrageiras Tropicais. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 81-85, 2006.

CASTRO, G.H.F. *et al.* Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu colhida em diferentes idades de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 6, p. 1538-1544, 2007.

CEDENÕ, J. A. G. *et al.* Efeito da idade de corte na performance de três forrageiras do gênero *Cynodon*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 462-470, 2003.

CRUZ, P. G. *et al.* Fracionamento e cinética da fermentação ruminal *in vitro* dos carboidratos de cinco variedades de cana-de-açúcar. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 4, p. 784-793, 2010.

DETMANN, E. *et al.* Cinética da degradação ruminal dos carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada: Técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n.1, p.149-158, 2009.

DETMANN, E. *et al.* Simulação e validação de parâmetros da cinética digestiva em novilhos mestiços suplementados a pasto, por intermédio do sistema *in vitro* de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 34, n. 6, p.2112-2122, 2005.

DIAS, P. F. **Efeito da adubação nitrogenada sobre o rendimento, composição bromatológica e digestibilidade “in vitro” de três gramíneas forrageiras tropicais**. 1993. 150 p. Dissertação (Mestrado em Forragicultura e Pastagens), ESAL, Lavras, 1993.

DOANE, P. H. *et al.* The effect of preservation method on the neutral detergent soluble fraction of forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, n. 4, p.1140-1148, 1997.

EVANGELISTA, A. R.; ROCHA, G. P. **Princípios de manejo de pastagens e conservação de forrageiras**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 140 p.

EVITAYANI, L. *et al.* Nutritive value of selected grasses in North Sumatra, Indonesia. **Animal Science Journal**, Madison, v. 76, p. 461-468, 2005.

FAFTINE, O. L. J. **Efeito da salinomicina no consumo, degradação no rúmen e *in vitro*, taxas de produção de gases e fermentação *in vitro* de dietas**

compostas por feno de capim-Coastcross (*Cynodon dactylon*) e sal proteinado. 2006. 65 p. Tese (Doutorado). USP, Pirassununga–SP:

FARIA, B. N. *et al.* Efeitos da adição de propilenoglicol ou monensina à silagem de milho sobre a cinética de degradação dos carboidratos e produção cumulativa de gases *in vitro*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 4, p.177-182, 2008.

FERREIRA, G. D. G. *et al.* Composição química e cinética da degradação ruminal de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades de corte. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 189-197, 2005.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer Statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANCE, J. *et al.* A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v. 163, p. 99-111, 1993.

GEERKEN, C. *et al.* Producción ruminal de metano *in vitro* con hierba bermuda cruzada No 1 (*Cynodon dactylon*). **Revista Cubana de Ciencias Agrícola**, La Habana, v14, p. 279, 1980.

GETACHEW, G. *et al.* *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 72, p. 261-281, 1998.

GOERING, H. R.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analyses: apparatus, reagents, procedures and some applications.** USA.; Department of Agriculture, Agr. Handbook 379p, 1970.

GOBBO, S. P. **Comparações entre procedimentos laboratoriais das técnicas de produção de gases e incorporação de radiofósforo pelos microrganismos na avaliação *in vitro* de alimentos para ruminantes.** 2001. 60 p. Dissertação (Mestrado em ciências) USP, Piracicaba, 2001.

GOMIDE, C. C. C. **Algumas características fisiológicas e químicas de cinco cultivares de *Cynodon***. 1996. 77 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal – SP, 1996.

GONÇALVES, G. D. *et al.* Produção e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades ao corte durante o ano. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1163-1174, 2002.

GONÇALVES, G. D. *et al.* Estimativas de produção e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades de corte colhidas no outono. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 61-62.

HILL, G. M. *et al.* Pesquisa com capim Bermuda cv. Tifton 85 em ensaios de pastejos e de digestibilidade de feno com bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1998. p. 7-22.

HILL, G. M. *et al.* Forage quality and grazing steer performance from Tifton 85 and Tifton 78 bermudagrasses pastures. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n.12, p. 3219-3225, 1993.

JAYME, D. G. *et al.* Avaliação pela técnica semiautomática de produção de gases das silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus*) (Rumbosol 91, Victoria 627, Victoria 807 e Mycogen 93338). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 6, p.1403-1410, 2009.

LAVRENCIC, A. *et al.* An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. **Animal Science**, Champaign, v. 64, p. 423-431, 1997.

LIMA, J. A.; VILELA, D. Formação e manejo de pastagens de *Cynodon*. In: VILELA, D.; RESENDE, J. C.; LIMA, J (Ed.). ***Cynodon, forrageiras que estão***

revolucionando a pecuária brasileira. 1. ed. Juiz de Fora: Ed. Embrapa Gado de Leite, 2005. p.11-32.

LIMA, J. A. *et al.* Rendimento de matéria seca e teores de minerais de algumas gramíneas do gênero *Cynodon*. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, . **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.

MALAFAIA, P.A.M. *et al.* Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 27, p. 370-380, 1998.

MALAFAIA, P. A. M. **Taxas de digestão das frações proteicas e de carboidratos de alimentos por técnicas *in situ*, *in vitro* e de produção de gases.** 1997. 85 p. Tese (Doutorado). UFV, Viçosa–MG, 1997. MALAFAIA, P. A. M. *et al.* Avaliação de alguns volumosos através da técnica de produção de gás e da subtração de curvas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 103-105,

MANDEBVU, P. *et al.* Comparison of Tifton 85 and Coastal bermudagrass for yield, nutrient traits, intake, and digestion by growing beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 6, p. 1572-1586, 1999.

MARTINS, A. S. *et al.* Degradabilidade *in situ* e observações microscópicas de volumosos em bovinos suplementados com enzimas fibrolíticas exógenas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p. 1927-1936, 2007.

MARTINS, A. S. *et al.* Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte proteica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, p. 269-277, 2000.

MAURÍCIO, R. M. *et al.* Potencial da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 4, p. 1013-1020, 2003a.

MAURÍCIO, R. M. *et al.* Relação entre pressão e volume para implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 2, p. 216-219, 2003b.

MAURÍCIO, R. M. M. *et al.* Obtenção da equação quadrática entre volume e pressão para a implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gás para avaliação de forrageiras tropicais. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1345-1346.

MAURÍCIO, R.M. *et al.* Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for evaluating forages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 89, p. 33-48, 2001.

MAURICIO, R. M. *et al.* A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, n. 4, p. 321-330, 1999.

MARTINS, A.S. *et al.* Degradabilidade *in situ* e observações microscópicas de volumosos em bovinos suplementados com enzimas fibrolíticas exógenas, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p. 1927-1936, 2007

McDOUGAL, E. I. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, Cambridge, v. 43, n. 1, p. 99-109, 1949.

MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 88, p. 645-650, 1977.

MELLO, R.; *et al.* Composição química, digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 4, p.1523-1534, 2006.

MERTENS, D. R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGES INDUSTRIES, 1996, USA. **Proceedings...** 1996. p. 81-92.

MERTENS, D. R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J. M., FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge, England: Commonwealth Agricultural Bureaux, Cambridge University Press, 1993. p. 13-51,

MERTENS, D. R.; ELY, L. O. A dynamic modelo fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 49, n. 4, p. 1085, 1979.

MICKENHAGEN, R. **Elementos sobre pastagens das gramíneas Tifton 68 e Tifton 85**. São Paulo, 1994. 1ª ed. 27 p.

MOLINA, L. R. *et al* . Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, ensilados no estágio de grão farináceo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 39, n. 5, 2002.

MOREIRA, P. C. *et al* . Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semiautomática *in vitro* de fontes de carboidratos de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 452-462, 2010.

MORON, I. R. *et al* . Cinética de degradação ruminal da matéria seca de alimentos concentrados e volumosos através das técnicas *in vitro* e *in situ*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p.1185-1194, 2001.

MOTT, G. O.; MOORE, J. E. Forage evaluation in perspective. In: BARNES, R.F. *et al* . (Eds.). **Forage quality evaluation and utilization**. Lincoln: Nebraska University, 1969. p. 7-51.

MOULD, F. L., MAURÍCIO, R. M., OWEN, E. Cumulative and rate of gas release of pure carbohydrates fermented *in vitro* using Reading Pressure Technique. In: GAS PREDICTION: FERMENTATION KINETICS FOR FEED EVALUATION AND TO ASSESS MICROBIAL ACTIVITY, 2000, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: EAAP, 2000. p. 27-28.

NIPPERT, J. B.; FAY, P. A.; KNAPPA, A. K. Photosynthetic traits in C3 and C4 grassland species in mesocosm and field environments. **Environmental and Experimental Botany**, Quebec-Canadá, v. 60, p. 412-420, 2007.

NOGUEIRA, U. T.; MAURÍCIO, R. M.; GONÇALVES, L. C. Comparação de substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 4, p. 633-641, 2006.

NOGUEIRA, R.R. *et al.* Utilização da técnica de produção de gás para determinar a cinética de fermentação dos carboidratos estruturais e não estruturais em sorgo para forragem. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 17, n. 5, 2005.

NOGUEIRA FILHO, J. C. M. *et al.* *In vitro* microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 83, n. 2, p.145-157, 2000.

NOZELLA, E. F. *et al.* Caracterização de forrageiras do Nordeste utilizando a técnica de produção de gases, composição química e quantificação de taninos. 1. plantas do estado da Bahia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006.

OLIVEIRA, M.A. *et al.* Rendimento e valor nutritivo do capim-tifton-85 (*Cynodon spp*) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 1949-1960, 2000.

ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage.

Journal of Agricultural Science, Toronto, v. 92, p. 499-503, 1979.

PEDREIRA, C. G. S. Avaliação de novas gramíneas do gênero *Cynodon* para a pecuária dos Estados Unidos. In: ALVIM, M. J. *et al.* (Eds.) **Anais do**

Workshop sobre potencial forrageiro do gênero *Cynodon*. EMBRAPA - CNPGL, Juiz de Fora-MG, 1996. p. 111-126.

PEEL, A. N.; SCHOFIELD, P.; STONE, W.C. Rates of digestion of feeds measured *in vitro* with computers. In: PROCEEDINGS CORNELL

NUTRITION FOR CONFERENCE, 1994, New York. **Proceedings...** New York: Cornell University, 1994. p. 74-81.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 9, p.1063-1073, 1993.

PEREIRA, L. G. R. **Potencial forrageiro da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) para a produção de silagem**. 2003. 134 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.

POSADA, S. L.; NOGUEIRA, R. R. Técnica *in vitro* de producción de gases: Uma herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. **Livestock**

Research for Rural Development, Cali, v. 4, p.1-17, 2005.

POSTIGLIONI, S. R., MESSIAS, D. C. Potencial forrageiro de quatro cultivares do gênero *Cynodon* na região dos Campos Gerais do Paraná. In: REUNIÃO

ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 439-441.

RAAD, L.; CAFANTARIS, B.; JILG, T. Rumen protein degradation and biosynthesis: 1. A new method for determination of protein degradation in the rumen fluid *in vivo*. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 50, n. 3, p. 569-582, 1983.

RABELO, E. **Degradabilidade in situ das silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) de porte médio com diferentes teores de taninos e suculência no colmo.** 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

RAMIREZ, M. A. **Valor nutricional do feno de *Brachiaria decumbens* em três idades.** 2011. 106 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Escola de Veterinária–UFMG, , Belo Horizonte, 2011.

REIS, S. T. **Fracionamento e degradabilidade ruminal de proteína e carboidratos de forrageiras do gênero *Cynodon*.** 2005. 70 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2005.

RESENDE, H.; ALVIM, M. J. Estabelecimento e manejo sob corte do capim “*Coastcross*”. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 1996. p. 37.

ROCHA, G.P., *et al.* Digestibilidade e fração fibrosa de três gramíneas do gênero *cynodon*. **Revista Ciência e Agrotécologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p.396-407, mar./abr., 2001.

RODRIGUES, M. T.; VIEIRA, R. A. M. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: RODRIGUES, M. T. *et al.* **Nutrição de ruminantes.** Jaboticabal: Funep, 2006. 583 p.

RODRIGUES, J. A. S. *et al.* Avaliação das Silagens de Quatro Genótipos de Sorgo pela Técnica "In Vitro" Semi-automática de Produção de Gases. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis – SC: SBZ, 2002. p. 3.

RODRIGUES, L. R. de A.; RODRIGUES, T. de J. D. Ecofisiologia de Plantas Forrageiras. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da Produção Agrícola.** Piracicaba: Potafos, 1987. p. 203-230

RUSSELL, J. B., DOMBROWSKI, D. B. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. **Applied And Environmental Microbiology**, Washington, v. 39, p. 604-610, 1980.

SÁ, J. F. *et al.* Cinética da fermentação *in vitro* do capim-Marandu em diferentes idades de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 225-231, 2011.

SANDOVAL CASTRO, C. A. *et al.* In vitro gas production and digestibility of mucuna bean. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Yucatan, v. 1, n. 2-3, p. 77-80, 2003.

SAMPAIO, I.B.M. **Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants.** 1988. 214 p. Tese (Doutorado em Fisiologia), University of Reading, Reading, 1988.

SARMENTO, N. L. A.F. *et al.* Degradabilidade ruminal da matéria seca em gramíneas do gênero *Cynodon*. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2010, Montes Claros. **Anais....** Montes Claros: UNIMONTES, 2010. p. 03. SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's guide.** Version 8. Cary, NC, 2000.

SCHOFIELD, P. Gas production methods. In: MELLO, J. P. F. (Ed.) **Farm Animal Metabolism and Nutrition.** Wallingford: Cab Publishing, 2000. cap. 10. p. 209-232.

SCHOFIELD, P.; PELL, A. N. Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 3455-3463, 1995.

SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992.

STEFANON, B.; PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Effect of maturity on digestion kinetics of water-soluble and water-insoluble fractions of alfalfa and brome hay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 5, p. 1104-1115, Apr. 1996.

STRADIOTTI JÚNIOR, D. *et al.* Ação do extrato de própolis sobre a fermentação *in vitro* de diferentes alimentos pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, n. 4, p. 1093-1099, 2004.

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

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, Kenilworth, v. 18, p. 104-111, 1963.

TOMICH, T.R. **Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim Sudão avaliados em regime de corte**. 2003: 88f. Tese (Doutorado) Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2003..

TORO VELÁSQUEZ, P.A. *et al.* Cinética da fermentação e taxas de degradação de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte estimadas pela técnica de produção de gases *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 9, p.1695-1705, 2009.

TREI, J.; HALE, W. H.; THEURER, H. Effect of grain processing on gas production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 30, n. 5, p. 825-831, May 1970.

VALENTIN, S.F. *et al.* Comparison of the *in vitro* gas production technique and the nylon bag degradability technique to measure short and long-term processes of degradation of maize silage in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Philadelphia, v. 78, p. 81-99, 1999.

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

VAREL, V.H.; KREIKEMEIER, K.K. Technical note: comparison of in vitro and In situ digestibility methods. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 578-582, Feb. 1995.

VELASCO, F. O. **Valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* em três idades**. 2011. 98 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Escola de Veterinária – UFMG, Belo Horizonte – MG, 2011..

VELÁSQUEZ, P. A. T. *et al.* Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 39, n. 6, p. 1206-1213, 2010.

VELÁSQUEZ, P. A. T.; Cinética da fermentação e taxas de degradação de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte estimadas pela técnica de produção de gases *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 9, p. 1695-1705, 2009.

VILELA, D.; ALVIM, M. J. Manejo de pastagens do gênero *Cynodon*: Introdução, caracterização e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1998. p. 23.

VILELA, D.; ALVIM, M. J. Produção de leite em pastagens de *Cynodon dactylon*, (L.) Pers, cv. Coastcross. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de fora, 1996. p. 77-91.

WILLIAMS, B. A. Cumulative Gasproduction Techniques for Forage Evaluation. In: GIVENS, D. I., OWEN, E., OMED, H. M. *et al.* (eds.). **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. Wallingford: CAB International, 2000. 475 p.

WOLIN, M, J. A theoretical rumen fermentation balance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 43, n. 10, p. 1452-1459, Oct. 1960.