

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CONSUMO DE FORRAGEM E EMISSÃO DE METANO POR OVINOS EM  
AMBIENTES PASTORIS**

GLAUCIA AZEVEDO DO AMARAL  
Zootecnista/UFSM  
Mestre em Zootecnia/UFSM

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em  
Zootecnia.  
Área de Concentração Plantas Forrageiras

Porto Alegre (RS), Brasil  
Setembro 2011

## CIP - Catalogação na Publicação

Azevedo do Amaral, Glaucia

Consumo de forragem e emissão de metano por ovinos em ambientes pastoris / Glaucia Azevedo do Amaral. -- 2011.

118 f.

Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho.

Coorientadores: Gilberto Vilmar Kozloski, Horácio Leandro Gonda.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2011.

1. Plantas forrageiras. 2. Consumo de forragem. 3. marcadores . 4. metano ruminal. 5. ovinos. I. Carvalho, Paulo César de Faccio, orient. II. Kozloski, Gilberto Vilmar, coorient. III. Gonda, Horácio Leandro, coorient. IV. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

GLAUCIA AZEVEDO DO AMARAL  
Zootecnista  
Mestre em Zootecnia

## TESE

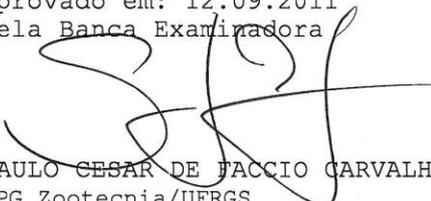
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **DOUTOR EM ZOOTECNIA**

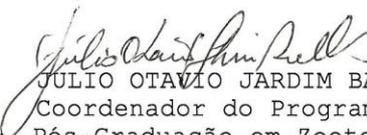
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 12.09.2011  
Pela Banca Examinadora

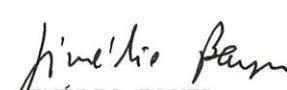
Homologado em: 07.02.2012  
Por



PAULO CESAR DE FACCIO CARVALHO  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador



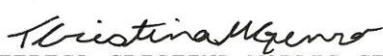
JULIO OTAVIO JARDIM BARCELLOS  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia



CIMÉLIO BAYER  
PPG Solos/UFRGS



HENRIQUE MENDONÇA NUNES RIBEIRO FILHO  
UDESC



TERESA CRISTINA MORAIS GENRO  
Embrapa



PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

*“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto”*

*Albert Einstein*

## DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais Luiz Carlos e Glaci, pelo apoio e compreensão em todas minhas escolhas.*

## AGRADECIMENTOS

Estes 3,6 anos de convivência no Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo (GPEP) foram fundamentais à minha formação profissional e pessoal, por isso agradeço ao Paulo Carvalho, por ter aberto as portas do GPEP, por ser um profissional exemplar e por estar sempre entusiasmado com a pesquisa. Obrigada pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade!

Aos demais professores do PPG, em especial o professor Nabinger. A lone, por ser sempre prestativa. Aos funcionários e direção da EEA pela colaboração nos experimentos.

Os experimentos só foram realizados graças ao esforço dos demais colegas: Diego de David, nossa parceria nos experimentos vem desde 2009, Armindo, pela ajuda no ILP 2010, ao Jean Savian, pela ajuda no ILP e milheto, estes 3 foram meus braços direitos! Eduardo, sempre com suas idéias e críticas!!

Aos bolsistas: Marta, Marquinhos, Luis Henrique, Paulinho, Marcelo, Dutra, Marcio, Fernanda... todos contribuíram de alguma forma. A Líliliana, que veio do Uruguai para fazer estágio aqui e se tornou uma grande amiga!

Carol pela amizade e apoio, além da ajuda fundamental nas análises estatísticas e correções da tese.

Aos demais colegas, pela amizade, agradável convívio e momentos de descontração: Mônica, Cris Wesp, Fran, Mari, Júlio, Lidi, Jean Mezzalira, Jean Fedrigo, Thais, Felipe, Lisi, Fábio, Cassiano, Ian, Taíse, Denise, Chico, Renatinho...

Aos amigos de Tandil (AR): professor Horácio, pela hospitalidade e pelos ensinamentos, Laura e Federico pela colaboração no experimento e por fazerem eu me sentir em casa no período que estava em Tandil. Patrícia, Maricho, Maria, Guillermo, Karen e prof. Roberto Grattón. *Gracias!!!* Ao José, ajuda fundamental no protocolo emissões de GEE.

A Carla Machado, depto de Solos, pela ajuda nas análises em cromatografia.

A Cristina Genro, pela colaboração com as metodologias para estimar consumo.

Ao Sr. Teófilo Garcia, pelo empréstimo dos animais.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

E claro, aos meus pais, meus avós e minha família, meus maiores incentivadores!! Obrigada pela paciência e compreensão quando eu não pude estar presente.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho:

Muito obrigada!!

## **Consumo de forragem e emissão de metano por ovinos em ambientes pastoris<sup>1</sup>.**

Autora: Glaucia Azevedo do Amaral  
Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho

### **RESUMO**

A ingerência antrópica sobre as relações planta-animal que fundamentam os ambientes pastoris passa pelo controle do método de pastoreio, intensidade de pastejo e fertilização. O conjunto de estudos aqui apresentados objetivou abordar o impacto de tais ações pelo principal elo que une o ambiente alimentar e seu dependente, o consumo de forragem. Os três experimentos foram conduzidos na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, entre agosto de 2010 e abril de 2011. No experimento I utilizou-se ovinos em gaiolas de metabolismo e em pastejo, com o objetivo de validar o marcador de produção fecal LIPE<sup>®</sup>. Os tratamentos em gaiolas de metabolismo foram níveis de oferta de pastos de azevém e milheto. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. O experimento II foi conduzido com o objetivo de avaliar o consumo de forragem por ovinos, produção animal e eficiência de utilização em pastos de azevém anual manejados com métodos de pastoreio e intensidades de pastejo contrastantes. Já no experimento III o objetivo foi o de avaliar os efeitos da adubação nitrogenada em pastos de milheto sobre a emissão de metano ruminal por ovinos. O delineamento experimental utilizado nos ensaios em pastejo foi o de blocos ao acaso com três repetições. Os resultados do experimento I indicaram que a produção fecal e o consumo não foram estimados com acurácia pelo indicador LIPE<sup>®</sup>. No experimento II as características relacionadas a estrutura do pasto foram modificadas pela intensidade de pastejo, enquanto que os métodos de pastoreio modificaram a massa de lâminas foliares e altura. As estratégias de manejo do pasto não afetam a eficiência de utilização do pasto e o consumo de forragem por ovinos. Quando o objetivo é aumentar o ganho de peso individual recomenda-se utilizar baixas intensidades de pastejo. Nessas circunstâncias a taxa de lotação é diminuída, mas sem prejudicar o ganho de peso vivo por área. No experimento III o aumento na adubação nitrogenada diminuiu a emissão de metano ruminal por animal, porém, aumentou a emissão por área em consequência da maior taxa de lotação em altos níveis de adubação. Os resultados indicam que pastos de melhor qualidade proporcionam maior desempenho individual, aumentando assim a produtividade, têm potencial

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, (104 p.), Setembro, 2011

mitigador das emissões de metano.

## **Forage intake and methane emission by sheep in pasture systems<sup>1</sup>**

Author: Glaucia Azevedo do Amaral

Adviser: Paulo César de Faccio Carvalho

### **ABSTRACT**

Mismanagement of plant-animal relations on which pastoral systems are based involve choice of grazing method, grazing intensity and fertilization. The objective of the conducted studies was to evaluate the impact of these choices through the main connecting factor between feed environment and its dependent, the forage intake. This study was carried out at Agricultural Experimental Station of UFRGS in three experiments from August 2010 to April 2011. Experiment I was conducted with sheep in both metabolism cages and pasture, in order to validate the fecal output marker LIPE<sup>®</sup>. The treatments in metabolism cages were of sheep fed with pearl millet and ryegrass in different levels of forage allowance. Experiment I was set up in a completely randomized block design with four replicates. Experiment II was carried out to evaluate forage intake by sheep, animal production and utilization efficiency of annual ryegrass pasture managed with contrasting grazing methods and grazing intensities. Experiment III was carried out with the aim of evaluating the effects of nitrogen fertilization on pearl millet pasture on rumen methane emissions by sheep. Experiment design used in grazing trials was of completely randomized blocks with three replicates. The results of experiment I show that the fecal production and forage intake have not been accurately estimated by the indicator LIPE<sup>®</sup> as compared to the observed data. In experiment II the characteristics related to sward structure were modified by the intensity of grazing, while grazing methods changed the mass of leaf blades and canopy height. Pasture management strategies do not affect the pasture utilization efficiency and forage intake by sheep. When the aim is to increase individual weight gain, it is recommended to use low grazing intensities. In these circumstances the stocking rate is decreased, but without harming the live weight gain per area. In experiment III, the increase in nitrogen fertilization decreased rumen methane emissions per animal, but increased the emission per area as a result of the higher stocking rate in high levels of fertilization. Results indicate that better quality pastures, which provide greater individual performance and thereby increasing productivity, have a potential to mitigate methane emissions.

---

<sup>1</sup> Doctoral thesis in Forage Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, Brazil, (104 p.), September, 2011.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>2</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
2.1.1 Métodos de pastoreio e intensidades de pastejo e suas relações com a produtividade/sustentabilidade.....	4
2.1.2 Consumo de forragem em ambientes pastoris.....	6
2.1.3 Uso de marcadores para estimar o consumo de forragem .....	9
2.1.4 Emissões de gases de efeito estufa (GEE).....	16
2.1.5 Metodologias para estimar as emissões de metano por ruminantes.....	18
<b>3. HIPÓTESES</b> .....	<b>21</b>
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	<b>22</b>
Objetivos gerais.....	22
Objetivos específicos.....	22
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>23</b>
Uso da Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE <sup>®</sup> ) como marcador de produção fecal por ovinos alimentados com espécies forrageiras de clima temperado e tropical .....	24
Introdução.....	25
Material e Métodos .....	27
Resultados e discussão.....	31
Conclusões.....	36
Literatura citada.....	37
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>38</b>
Consumo de forragem por ovinos e eficiência de utilização em pastos manejados com métodos de pastoreio e intensidades de pastejo contrastantes.....	<b>39</b>
Introdução.....	41
Material e Métodos .....	42
Resultados e discussão.....	48
Conclusões.....	53
Literatura Citada .....	55
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>58</b>
Emissões de metano ruminal por ovinos em pastos de milho adubados com nitrogênio mineral .....	59
Introdução.....	60
Material e Métodos .....	62
Resultados e discussão.....	67

Conclusões.....	73
Literatura citada.....	74
<b>5. CAPÍTULO V .....</b>	<b>78</b>
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>
<b>7. APÊNDICES .....</b>	<b>88</b>
<b>8. VITA.....</b>	<b>104</b>

## RELAÇÃO DE TABELAS

<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>38</b>
1 - Composição bromatológica do pasto coletado por simulação de pastejo..	47
2 – Oferta de forragem (kg MS/100 kg PV/dia) e variáveis da estrutura e produção em pastos de azevém anual manejados com diferentes métodos de pastoreio e intensidades de pastejo. ....	50
3 – Ganho médio diário de peso (GMD), taxa de lotação animal (TL), ganho de peso vivo por área (GPV) de ovinos e eficiência de colheita (EC) de pastos de azevém anual manejados com diferentes métodos de pastoreio e intensidades de pastejo.....	51
4– Consumo e digestibilidade por ovinos em pastos de azevém anual manejados com diferentes métodos de pastoreio e intensidades de pastejo.....	52
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>57</b>
1– Médias de massa de forragem (MF), altura do pasto (ALT), ganho de peso médio diário (GMD), consumo de matéria orgânica (CMO), emissão de CH <sub>4</sub> por kg de matéria orgânica consumida (CH <sub>4</sub> CMO) e digestibilidade da matéria orgânica (DMO) e equações de regressão para taxa de acúmulo (TA) carga animal (CA) e ganho de peso vivo (GPV). ....	68

## RELAÇÃO DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>23</b>
1- Relação entre a produção fecal observada e estimada por meio do marcador LIPE <sup>®</sup> de ovinos em gaiolas metabólicas alimentados com azevém anual em estágio pré- florescimento (a) e florescimento (b). ....	32
2 - Relação entre consumo observado e estimado por meio do marcador LIPE <sup>®</sup> de ovinos em gaiolas metabólicas alimentados com azevém anual em estágio pré- florescimento (a) e florescimento (b). ....	32
3 - Relação entre a produção fecal (gMS/dia) observada e estimada por meio do marcador LIPE <sup>®</sup> (a) e consumo observado e estimado (b) por ovinos em gaiolas metabólicas alimentados com milho ..... 34	34
4 - Relação entre a produção fecal observada e estimada por meio do marcador LIPE <sup>®</sup> de ovinos em azevém manejado com diferentes métodos de pastoreio e intensidades de pastejo (a) e em pastos de milho (b). ....	35
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>38</b>
1– Relações entre o consumo de matéria orgânica (CMO) com o ganho de peso médio diário (GMD) de ovinos e eficiência de utilização (EU) de pastos de azevém anual. ....	53
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>57</b>
1- Sistema de coleta de gases em ovinos.....	66
2- Relação entre o consumo de matéria orgânica (g/dia/animal) e emissão de metano ruminal (g/dia/animal) por ovinos em pastagem de milho. ....	70
3- Relação entre a adubação nitrogenada e emissão de metano ruminal (g/dia/animal) por ovinos em pastagem de milho.....	71

4 - Relação entre a adubação nitrogenada e emissão de metano ruminal por área (g/dia/ha) por ovinos em pastagem de milho. ....	72
5- Relação entre o ganho de peso médio diário (GMD) e emissão de metano ruminal por ganho de peso vivo (g/kg/dia) por ovinos em pastagem de milho.....	73

## LISTA DE ABREVIATURAS

AP: altura do pasto  
C: carbono  
CH<sub>4</sub>: metano  
CMO: consumo de matéria orgânica  
CMOD: consumo de matéria orgânica digestível  
CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono  
DMO: digestibilidade da matéria orgânica  
DVF: duração de vida da folha  
EU: eficiência de utilização  
FDN: fibra em detergente neutro  
FDA: fibra em detergente ácido  
GEE: gases de efeito estufa  
GMD: ganho médio diário de peso  
GPV: ganho de peso vivo  
LDA: lignina em detergente ácido  
LIPE<sup>®</sup>: lignina enriquecida e purificada  
MC: massa de colmos  
MF: massa de forragem  
MI: massa de inflorescência  
MLF: massa de lâminas foliares  
MM: matéria mineral  
MMM: massa de material morto  
MO: matéria orgânica  
MOD: matéria orgânica digestível  
MS: matéria seca  
N: nitrogênio  
NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro  
NF: nitrogênio fecal  
N<sub>2</sub>O: óxido nitroso  
OF: oferta de forragem  
PB: proteína bruta  
PBf: proteína bruta fecal  
ppt: partes por trilhão  
ppm: partes por milhão  
PTMS: produção total de matéria seca  
PV: peso vivo (kg)  
SF<sub>6</sub>: hexafluoreto de enxofre  
TA: taxa de acúmulo de forragem  
TL: taxa de lotação  
UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais  
UTM: unidade de tamanho metabólico

## CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas pastoris cobrem cerca de 40% da área terrestre sem considerar a Groelândia e a Antártica (Nabinger & Carvalho, 2009). Inúmeras são as estratégias de manejo que podem ser empregadas na utilização de pastagens objetivando otimizar o aproveitamento do pasto para, conseqüentemente, resultar em bons índices de produção animal (Carvalho et al. 2004). Dentre as intervenções antrópicas destacam-se métodos de pastoreio, (pastoreio contínuo e o rotativo) e o uso de fertilizantes, como por exemplo, adubação nitrogenada, que são utilizados como ferramentas de manejo, tanto em pastagem natural quanto em pastagem cultivada.

O entendimento dos padrões comportamentais dos herbívoros em pastejo e a seleção de dieta são de fundamental importância em sistemas pastoris, pois estes determinam o nível de consumo de nutrientes e produtividade, assim como os impactos sobre a vegetação que está sob pastejo (Prache et al., 1998). Entretanto, no que diz respeito a utilização de ruminantes em pastagens, os desafios em muito se modificaram nos últimos anos. De forma geral, a busca por recordes de produtividade animal dá lugar cada vez mais a necessidades de explicar e justificar o processo produtivo (Carvalho, 2005). Houve tempo em que a produção de ruminantes em pastagens era, por si só, um sistema de produção reconhecido como ecologicamente correto. O Brasil, e seus quase 200 milhões de bovinos,

passaram a estar sob vigilância ecológica mundial, com reflexos evidentes sobre as relações comerciais futuras para a comercialização dos produtos animais oriundos de pastagens (Carvalho et al., 2009a)

A presente tese está composta por cinco capítulos. No capítulo I encontra-se uma revisão bibliográfica dos assuntos abordados nos artigos científicos, sendo finalizado com as hipóteses e objetivos. O capítulo II trata-se de um estudo metodológico com o marcador de produção fecal denominado Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE<sup>®</sup>). O objetivo do estudo do capítulo II foi validar o marcador LIPE em gaiolas de metabolismo e em ensaios em pastejo, comparando os dados observados e estimados de produção fecal por meio do marcador para estimar o consumo por ovinos. O capítulo III trata-se do estudo das relações entre consumo de forragem por ovinos, produção animal e eficiência de utilização em pastos de azevém anual manejados com métodos de pastoreio e intensidades de pastejo contrastantes. O capítulo IV tem como objetivo avaliar os efeitos da adubação nitrogenada em pastos de milho sobre a emissão de metano ruminal por ovinos e identificar possíveis estratégias de mitigação dos Gases de Efeito Estufa. O capítulo V corresponde às considerações finais, onde são apresentados os principais resultados observados e sugestões para trabalhos futuros.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1.1 Métodos de pastoreio e intensidades de pastejo e suas relações com a produtividade/sustentabilidade**

Práticas de manejo comumente adotadas na utilização das pastagens afetam a estrutura do pasto e esta, por sua vez, afeta decisivamente o crescimento vegetal e os padrões de comportamento e consumo de forragem pelos animais. O pastejo necessita ser controlado neste âmbito, pois se por um lado as plantas crescem utilizando energia solar, água e nutrientes fornecidos pelo solo, por outro o crescimento é constantemente influenciado pela ação do animal por meio da remoção de folhas pelo pastejo, seletividade, pisoteio e deposição de dejeções (Carvalho et al., 1999).

Diversos métodos de pastoreio, dentre eles destacam-se o pastoreio contínuo e o rotativo, são utilizados como ferramentas de manejo, tanto em pastagem natural quanto em pastagem cultivada. A principal forma de controle do pastejo no manejo das pastagens tem sido os métodos de pastoreio contínuo e rotativo. Eles se constituem na forma antrópica de interferir na distribuição espaço-temporal do pastejo (Laca, 2009).

Os fatores principais, usados para descrever os métodos de pastoreio são a taxa de lotação, a densidade de lotação e a oferta de forragem (Scarnecchia & Kothmann, 1982), onde o objetivo central é o balanço entre a

demanda e o suprimento de forragem (Laca, 2009). Os métodos de pastoreio contínuo e rotativo são definidos por uma grande variedade de fatores que podem, facilmente, aproximarem-se em termos de frequência e intensidade de desfolhação de plantas e perfilhos individuais (Laca, 2009).

O método de pastoreio contínuo é caracterizado pela permanência dos animais em toda área por um determinado período de tempo. Já o método rotativo é caracterizado pela permanência alternada dos animais em áreas restritas do pasto por curtos períodos de ocupação. Uma vez que as plantas necessitam de um período de descanso pós-desfolha para recuperação de reservas e área foliar, o pastoreio rotativo justifica-se por controlar o intervalo de desfolha das plantas submetidas ao pastejo. A manipulação da desfolha em pastoreio contínuo é possível por meio de ajuste da intensidade de pastejo ao longo do tempo, onde baixas intensidades de pastejo proporcionam intervalos de desfolha maiores.

A intensidade de pastejo corresponde à relação entre a abundância de forragem e a quantidade de animais. Taxas de lotação moderadas podem promover maior produção vegetal por manter alta área foliar, entretanto, menor proporção desta produção é colhida pelos animais, incrementando o fluxo de material que senesce sem ser consumido. Taxas de lotação elevadas reduzem a produção vegetal, mas a quantidade colhida pelos animais por unidade de área “proporcionalmente” aumenta. Altas taxas de lotação são associadas com alta utilização da forragem, mas a produção de forragem é severamente reduzida, não fornecendo quantidades suficientes de forragem para manter elevada produção animal (Briske et al., 2008).

Barbosa et al. (2007) trabalharam com ovinos em pastos de azevém e concluíram que baixa intensidade de pastejo é mais adequada por refletir em melhores desempenhos animais. Já no estudo de Marley et al. (2007), ovinos sob pastoreio rotativo em azevém tiveram melhor desempenho comparado ao método de pastoreio contínuo, entretanto neste estudo não foi avaliado o efeito de intensidades de pastejo.

Briske et al. (2008) avaliaram uma série de estudos e concluíram que 57% dos experimentos não demonstram diferenças no desempenho dos animais entre os métodos de pastoreio contínuo e rotativo com similar taxa de lotação, e 36% reportam maior produção por animal para o método contínuo. O autor conclui que o método de pastoreio tem menor efeito sobre o desempenho animal que a intensidade de pastejo.

### **2.1.2 Consumo de forragem em ambientes pastoris**

O consumo de forragem é regulado basicamente por três mecanismos: fisiológico, onde a ingestão é regulada pela demanda energética do animal, físico, onde a ingestão é limitada por uma restrição da capacidade do trato digestivo ou capacidade de distensão ruminal e regulação psicogênica, que envolve respostas comportamentais a fatores inibitórios ou de estímulo do consumo, não considerados pelos mecanismos fisiológicos e físicos (Mertens, 1994).

Entretanto em ambientes pastoris há particularidades quanto ao processo ingestivo, onde outros parâmetros e relações são tão ou mais importantes nas estimativas de consumo do que a mera quantificação da

concentração de nutrientes no alimento, e dos processos que ocorrem já no ambiente ruminal (Carvalho et al., 2011). As teorias e predições, de forma geral, não tomaram em conta os efeitos da quantidade de forragem disponível na regulação do consumo (Cangiano, 1999), e tampouco abordaram devidamente a influência de fatores associados à estrutura do pasto defrontada pelo ruminante em pastejo (Carvalho, 1997).

Desta forma, o entendimento de padrões comportamentais dos herbívoros em pastejo e a seleção de dieta são de fundamental importância em sistemas pastoris, pois estes determinam o nível de consumo de nutrientes assim como os impactos sobre a vegetação que está sob pastejo (Prache et al., 1998). Entretanto, consumo de matéria seca por animais em pastejo é fortemente influenciado pela estrutura do dossel forrageiro, uma vez que a forma com que as plantas estão arranjadas pode dificultar ou facilitar a apreensão do pasto.

Em sistemas exclusivamente pastoris o consumo diário é o resultado final do processo de pastejo, que por sua vez depende da busca, da seleção e a captura da forragem que o animal exerce no ambiente pastoril. A construção do bocado é decisivo para o sucesso no processo de pastejo, pois sua massa e respectiva concentração de nutrientes constituem a unidade básica do consumo diário de forragem (Carvalho et al., 2009).

Aumentos em altura dos pastos, desde que o valor nutritivo da forragem não decresça significativamente, e desde que não impliquem em aumentos também significativos no tempo de formação do bocado (Carvalho et al., 2001) proporcionam maior consumo de matéria seca e desempenho animal

(Hodgson, 1990). Assim, mudanças no processo de pastejo mediante modificações na estrutura do dossel podem influenciar o consumo de forragem.

Allden & Whittaker (1970) descreveram mecanisticamente o consumo diário em condições de pastejo como produto entre o tempo diário de pastejo e a taxa de bocados. Rook (2000) propôs o consumo como sendo o produto da massa do bocado, da taxa de bocado, do tempo de duração das refeições e do número de refeições ao longo do dia. Desta forma, o consumo diário pode ser influenciado por variações em qualquer um desses parâmetros. Segundo Carvalho (2009a), a diminuição da massa de forragem promove incremento da taxa de bocados, pois à medida que aumenta a dificuldade de apreender a pastagem, o tamanho do bocado diminui. Em um mecanismo compensatório, o animal pode aumentar a taxa de bocados e o tempo de pastejo, variáveis fortemente influenciadas pela estrutura da pastagem, contudo, os mecanismos compensatórios apresentam limites de manipulação pelos animais.

À medida que a disponibilidade de forragem decresce, a massa do bocado declina. Nestas condições, os animais aumentam o tempo de pastejo e a taxa de bocados (Carvalho, 1999; Davies & Southey, 2001). No entanto, o consumo diminui na medida em que a diminuição da massa de bocado não consegue ser compensada pelo aumento na taxa de bocados (Carvalho, 1999).

Ainda tratando da influência da condição do pasto sobre o comportamento ingestivo dos ruminantes em pastejo, Pedreira et al. (2001) constataram que o modo seletivo com que o animal pasteja é regulado pela intensidade de pastejo. O aumento da intensidade de pastejo, por meio da

elevação da taxa de lotação, acarreta numa menor oferta de forragem para o animal, tornando-o menos seletivo. Segundo Carvalho et al. (2001), o processo de apreensão da forragem é pouco influenciado pelo método de pastoreio. Wade & Carvalho (2000) argumentam que a desfolhação em nível de perfilhos individuais é função direta das densidades de animais empregadas (i.e., intensidade de pastejo), sendo indiferente aos métodos de pastoreio empregados.

A qualidade da dieta consumida pelos animais depende da possibilidade e capacidade do animal em selecionar uma dieta de alto valor nutritivo (Prache & Peyraud, 1997). Há relatos na literatura que ovinos podem selecionar componentes de melhor qualidade do dossel (Garcia et al., 2003; Rook et al., 2004; Laca, 2010), ou aumentar o tempo de pastejo diário (Prache & Peyraud, 2001) para compensar a baixa qualidade ou acessibilidade do pasto, respectivamente. De qualquer forma, a qualidade e quantidade de material ingerido estão correlacionadas.

### **2.1.3 Uso de marcadores para estimar o consumo de forragem**

Os métodos atualmente utilizados para medir o consumo de forragem realizado pelos animais em pastejo não permitem determiná-lo de forma direta. Portanto, esforços científicos têm sido empregados para desenvolver metodologias acuradas e eficazes para estimá-lo. Existe uma gama de metodologias disponíveis para medir consumo de forragem, entretanto, cada uma apresenta vantagens e desvantagens que devem ser

consideradas para a escolha de um ou outro método.

A forma mais comum de estimar o consumo por animais em pastejo é utilizar as variáveis de produção fecal e digestibilidade, aplicadas à seguinte fórmula:  $Consumo = produção\ fecal\ (g/dia) / (1 - digestibilidade)$ . Logo, o sucesso da estimativa do consumo está diretamente relacionado à acurácia dessas medidas (Penning, 2004).

A produção fecal de herbívoros domésticos em pastejo pode ser determinada com a utilização de bolsas coletoras, onde realiza-se a coleta total de fezes produzida durante 24 horas. Segundo Penning (2004) essa técnica tem como principais vantagens ser relativamente simples e poucas análises laboratoriais são necessárias. Entretanto, o mesmo autor cita algumas desvantagens: trabalhosa, devido à elevada quantidade de material a ser manipulado; pode alterar o comportamento animal; dificulta a coleta em fêmeas, devido à mistura das fezes com a urina e a maior possibilidade de perda de material, subestimando as medidas. Segundo Hatfield et al. (1993) a utilização de bolsas ou a dosagem de marcadores não afetam as estimativas de produção fecal de ovinos em pastejo ou mantidos em confinamento. Além disso, os autores salientam que as bolsas não causam danos que podem ser considerados prejudiciais ao bem-estar dos animais.

Entretanto, a forma mais comum de estimar a produção fecal em situações de pastejo é por meio de marcadores fecais. Os marcadores podem ser classificados como internos, representados por substâncias indigestíveis presentes naturalmente em componentes da dieta, ou externos, quando adicionados à dieta ou fornecidos via oral ou ruminal aos animais. Um

marcador ideal deve apresentar algumas propriedades, tais como: inerte e não tóxico, permanecer uniformemente distribuído na digesta, não deve ser absorvido, não afetar, nem ser afetado pelo trato digestório e pela população microbiana e ter método de análise específico e fácil (Owens & Hanson, 1992, Rodriguez et al., 2006).

Os erros associados ao uso de indicadores consistem na recuperação incompleta e a variação diurna na excreção, além de problemas pertinentes a análises laboratoriais.

Os marcadores internos são representados pela Sílica, Lignina, Nitrogênio fecal, Cromogênio, FDN e FDA Indigestíveis, Cinza Insolúvel em Ácido e os N-alcanos. E os indicadores externos, que consistem numa variedade de compostos inertes como o óxido crômico, os elementos terras raras e mais recentemente (2003) a Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE<sup>®</sup>).

Outro aspecto importante para estimar o consumo de forragem por ruminantes em pastejo é conhecer a digestibilidade da dieta. Esta pode ser determinada pela relação entre as concentrações de uma substância indigestível presente naturalmente na dieta e nas fezes excretadas. Dessa forma, erros associados ao nível de consumo e taxa de passagem do alimento pelo sistema digestivo seriam minimizados (Dove & Mayes, 1991). Porém, quando se utiliza algum marcador externo para estimar a produção fecal, a digestibilidade normalmente deve ser estimada pelo método *in vitro*. Esta é estimada com amostras da forragem aparentemente consumida, obtidas normalmente por simulação de pastejo (De Vries, 1995). A técnica apresenta dificuldades para amostrar qual parte da planta ou espécie forrageira o animal

está ingerindo, além de desconsiderar as diferenças inerentes a cada animal em seu metabolismo ao ser necessário utilizar um mesmo valor de digestibilidade para todos os animais.

### **2.1.3.1 Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®)**

Diante da complexidade da avaliação do consumo a pasto, alguns indicadores vêm sendo desenvolvidos para promover estimativas qualitativas e quantitativas da fisiologia animal.

Pesquisas relacionadas à Lignina se iniciaram a partir dos trabalhos realizados no Departamento de Química, da UFMG, onde um grupo de pesquisadores (Moraes et al., 1991; Moraes et al., 1994) conseguiram extrair e caracterizá-la estruturalmente a partir do eucalipto. Outro grupo de pesquisa da UFMG, do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária, também iniciava pesquisas usando a lignina da palha de milho e soja com o objetivo de utilizá-la como marcador em estudos de metabolismo em ruminantes (Saliba, 1998).

Saliba et al. (2003a) isolaram a lignina do *Eucalyptus grandis* e a enriqueceram com grupamentos fenólicos não comumente encontrados na lignina da dieta animal. Esse trabalho deu origem a um hidroxifenilpropano modificado e enriquecido, denominado Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®).

Uma série de experimentos foi conduzida para investigar o uso da LIPE® como marcador externo em diferentes espécies animais: coelhos, ovinos, aves, suínos e equinos. A LIPE® foi inicialmente utilizada em estudos

de consumo e digestibilidade comparada à técnica de coleta total das fezes produzidas por coelhos (Rodriguez et al., 2006). Comparou-se a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, consumo voluntário e produção fecal pelo uso deste marcador e a coleta total de fezes, não sendo encontradas diferenças estatísticas entre os indicadores para os parâmetros estudados.

Em seguida, o LIPE<sup>®</sup>, foi comparado com a coleta total de fezes em experimento de avaliação do feno de Tifton85 para ovinos (Saliba et al., 2003b). Os resultados de digestibilidade e produção fecal obtidos pela técnica *in vivo* foram estatisticamente semelhantes aos encontrados pelo uso do indicador externo LIPE<sup>®</sup>. Sendo os valores de coeficiente médio de digestibilidade de 63,23% e 64,78% e produção fecal de 365,39 g/dia e 383,07 g/dia, respectivamente.

Os trabalhos mostrando a eficácia da LIPE<sup>®</sup> como marcador em estudos de digestibilidade e consumo por ruminantes (Ferreira et al., 2009, Moraes et al., 2010, Silva et al., 2010) têm sido publicados em anais de congressos e reuniões científicas, entretanto mais estudos de validação com ruminantes e com um número elevado de observações ainda necessitam ser realizados.

### **2.1.3.2 Uso do nitrogênio fecal como marcador**

A estimativa de consumo diário de forragem por meio do uso da concentração de nitrogênio nas fezes assume o pressuposto de que sua excreção é diretamente proporcional à excreção de matéria seca fecal (Lancaster, 1949), portanto é diretamente proporcional ao consumo de um

determinado alimento.

A utilização do nitrogênio fecal como marcador em estimativas de consumo foram menos exploradas na literatura, comparado à estimativa da digestibilidade, mas os trabalhos que o avaliaram (Boval et al., 1996; Peripolli et al., 2011) comprovaram sua boa acurácia.

Considerando que a relação entre a concentração nitrogênio das fezes e a digestibilidade e o consumo não são constantes e variam de acordo com a espécie forrageira e o estágio fenológico da planta (Coates & Penning, 2000). Dessa forma, sua melhor utilização é alcançada quando se criam modelos específicos para cada situação. Os modelos são gerados por meio de ensaios de digestibilidade *in vivo* em gaiolas de metabolismo, através do fornecimento de dietas mais próximas possíveis às que os animais serão submetidos nos ensaios em pastejo. Carvalho et al. (2007) consideram que fatores como a espécie forrageira, nível de adubação nitrogenada e ciclo vegetativo podem acarretar na variação das relações entre consumo e o nitrogênio excretado nas fezes. De acordo com os autores, o conjunto destes fatores são determinantes para a necessidade de gerar modelos para situações particulares.

Como vantagens do método em relação aos demais marcadores, citam-se: não necessita ser indigestível, não é preciso dosar os animais com marcador, não é necessário realizar amostragem do alimento e se quantifica o consumo diretamente em função do modelo gerado a partir do ensaio em gaiolas metabólicas. A principal desvantagem está na necessidade da quantificação da produção total de fezes por meio de um marcador externo ou

por bolsas coletoras. Caso opte por realizar coletas pontuais (e.g., *per rectum*), se assume um padrão diurno uniforme de excreção do nitrogênio (Penning, 2004), o que pode incurrir algum tipo de erro no método. O conteúdo de nitrogênio excretado nas fezes pode ser utilizado tanto na estimativa da digestibilidade do alimento ingerido pelo animal, quanto na estimativa do consumo de alimento.

Em estudo realizado com dados de 58 experimentos com diversas forragens com ovinos, Peripolli et al. (2011) constataram relação linear entre o consumo de matéria orgânica e a excreção fecal de nitrogênio ( $CMO = 216,17 + 11,09NF$ ,  $R^2 = 0,71$ ). Os dados foram também separadamente analisados em função do nível de digestibilidade, tipo de forragem e ciclo de produção, resultando em menor variabilidade e maior precisão dos modelos gerados.

Azevedo (2011) avaliou a utilização do conteúdo de nitrogênio nas fezes como marcador para estimativa de consumo e digestibilidade de ovinos em pastos de azevém anual. Para gerar os modelos, o autor utilizou dados provenientes de sete ensaios com ovinos alimentados em gaiolas metabólicas com forragem de azevém anual em diferentes estádios fenológicos. Abaixo a relação entre o conteúdo fecal de nitrogênio diário (g/d) e o consumo de matéria orgânica (CMO, g/d) por ovinos alimentados com azevém anual de acordo com os estádios fenológicos:

Vegetativo:  $CMO = 132,51 + 84,40NF$ ;  $P < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,92$ ;

Pré-florescimento:  $CMO = 138,15 + 86,98 NF$ ;  $P < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,92$

Abaixo a relação entre o conteúdo fecal de nitrogênio diário (g/d), fibra em detergente ácido fecal (FDA) e a digestibilidade da matéria orgânica

(DMO):

$$\text{DMO} = 1,11581 - 23,4416/\text{PBf} - 0,000590151\text{FDAf}; R^2=0,83, \text{ onde:}$$

PBf = proteína bruta fecal; FDAf = fibra em detergente ácido fecal

Verifica-se que o nitrogênio fecal tem ótimo potencial de uso para estimativa de consumo por ovinos em pastos de azevém anual.

#### **2.1.4 Emissões de gases de efeito estufa (GEE)**

Os principais GEE são: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), com potencial de aquecimento global 320 x mais que o  $\text{CO}_2$  e metano ( $\text{CH}_4$ ), com potencial de aquecimento 25x mais que o  $\text{CO}_2$ . O uso intensivo do solo, queima de resíduos agrícolas, cultivo de arroz em áreas inundadas, criação de ruminantes são algumas das atividades agrícolas que contribuem para as emissões de GEE. Bellarby et al. (2008) estimaram as emissões globais de GEE da agricultura (incluindo as emissões por mudanças no uso da terra) entre 8,5 e 16,5 gigatonnes (Gt) de  $\text{CO}_2$  e (equivalente dióxido de carbono)/ ano ou entre 17% e 32% de toda emissão humana global.

Segundo as novas estimativas (CAIT, 2010) de emissões globais de GEE são na ordem de 43,6 bilhões de toneladas para o ano de 2005 (foram considerados os gases  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  e foram incluídas as emissões referentes à aviação internacional e transporte).

O Brasil tem um importante papel neste cenário, pois detém um rebanho bovino de 200 milhões de cabeças que produzem cerca de 61% do metano (Brasil, 2009).

Os sistemas pastoris utilizados na produção de ruminantes convivem

continuamente com GEE como metano e óxido nitroso, originados de processos metabólicos nos animais e de aplicação de fertilizantes nitrogenados, respectivamente. Entretanto, o ecossistema pastoril, com manejo adequado, tem recebido destaque por seu papel no combate ao aumento do efeito estufa, ao atuar em favor do sequestro de carbono (C), pois emissões prejudiciais de GEE são frequentemente compensadas pelo sequestro de C no solo. Durante a fotossíntese, as plantas transformam o carbono atmosférico em formas úteis de energia para o crescimento (Paulino &Teixeira, 2009).

A condição de fertilidade do solo afeta a produção de biomassa aérea e radicular, que por sua vez afeta diretamente a quantidade de resíduos depositados no solo e conseqüentemente o sequestro de C. Estudos realizados em diversas partes do mundo estimaram que as práticas de manejo da fertilidade do solo em pastagens podem aumentar de 50 a 150 kg/hectare a quantidade de carbono sequestrada. Por outro lado, a ausência de N e a utilização menos frequente da pastagem resultaram em perda para a atmosfera de 57 g C/m<sup>2</sup> por ano. Os autores concluíram que a conversão de terras aráveis em pastagens perenes teve efeito positivo sobre o balanço de C no sistema, embora o efeito tenha sido mais pronunciado nos três primeiros anos após a conversão (Paulino &Teixeira, 2009).

Os valores padrões de produção de metano por um bovino adulto sob pastejo, podem variar de 40 a 70 kg/animal/ano, o que equivale a 0,92 a 1,61 t/animal/ano de CO<sub>2</sub> equivalente. No entanto, a expectativa de fixação de CO<sub>2</sub> proveniente da atmosfera pelas plantas forrageiras são bem maiores, considerando o potencial de produção de matéria seca das plantas de clima

tropical (Pedreira & Primavesi, 2008).

### **2.1.5 Metodologias para estimar as emissões de metano por ruminantes**

As técnicas para estimar a emissão de gases por ruminantes são relativamente antigas, porém pesquisadores, principalmente na área de nutrição, quantificavam a emissão de metano com o objetivo de calcular as perdas energéticas do alimento ingerido. Recentemente os objetivos modificaram-se, pois o metano de origem animal tem sido apontado como um dos causadores do aquecimento global.

Para animais criados em sistemas pastoris, Johnson et al. (1994) desenvolveram uma técnica empregando o marcador hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ). A técnica consiste no uso de pequena cápsula de permeação com  $\text{SF}_6$ , com taxa de liberação conhecida, que é inserida no rúmen do animal. A seguir, uma estrutura de PVC em formato de canga, previamente esvaziada a vácuo com tubo capilar, é ajustada na cabeça do animal. A válvula fixada na canga é aberta, para iniciar a coleta do ar em torno do focinho e das narinas do animal, a uma taxa constante de aspiração. O sistema é calibrado para um período de coleta predeterminado (normalmente 24 h). A regulagem do tempo de amostragem é realizada variando-se o comprimento ou o diâmetro do tubo capilar. Após a amostragem, a pressão na canga é medida precisamente, com medidor digital, e a canga é pressurizada com nitrogênio de alta pureza. Essa pressurização é necessária para a diluição das amostras coletadas e sua

injeção no equipamento de análise. As concentrações de  $\text{CH}_4$  e de  $\text{SF}_6$  são determinadas por cromatografia gasosa. A taxa de emissão de  $\text{CH}_4$  é o produto da taxa de emissão da cápsula de permeação, localizada no rúmen, pela razão das concentrações de  $\text{CH}_4$  e de  $\text{SF}_6$  na amostra.

Como os ruminantes eructam e respiram a maior parte do  $\text{CH}_4$ , a coleta de ar em torno do focinho e das narinas deve resultar em estimativa precisa da produção de  $\text{CH}_4$  pelo animal. Grande parte do  $\text{CH}_4$  presente no intestino posterior é absorvida pela corrente sanguínea e expirada, sendo, portanto, também medida pela técnica do  $\text{SF}_6$  (Westberg et al., 1998).

Segundo Johnson et al. (2007), para que o marcador seja eficiente na medição da emissão de  $\text{CH}_4$ , ele deve preencher algumas condições: 1) a taxa de liberação da cápsula de permeação necessita ser constante e previsível; 2) o traçador não pode influir na fermentação ruminal; 3) o traçador precisa ser detectado em concentrações baixas; 4) o traçador necessita ser inerte e não pode ser tóxico. Esses requisitos passaram por ensaios de validação e concluiu-se que o  $\text{SF}_6$  atende a essas exigências. Lassey et al. (2001) concluíram que as cápsulas de permeação de  $\text{SF}_6$  é uma ferramenta válida para estimar as emissões de metano por ruminantes em pastejo.

Alguns trabalhos mostram que a taxa de permeação cápsula de  $\text{SF}_6$  pode ser uma fonte de variação na emissão de metano entre animais (Vlaming et al., 2005; Pinares-Patiño et al., 2008). É possível, que o  $\text{SF}_6$  não seja liberado do rúmen de forma contínua, acumulando-se e posteriormente liberado bruscamente. Em períodos de coleta curtos, por exemplo, 24 horas, podem-se

cometer erros. Recentemente a equipe liderada pelo Dr. Roberto Grattón<sup>1</sup> propôs algumas modificações quanto ao uso de alguns equipamentos, por exemplo, o tubo coletor é confeccionado de aço inoxidável e o tubo capilar foi substituído por regulador de ingresso confeccionado de cobre. A regulagem do tempo de amostragem dos reguladores de ingresso para o período de amostragem é realizada por meio de esferas metálicas (Gere & Gratton, 2010). A equipe sugeriu tempo de coleta maior (5 dias consecutivos) para diminuir os erros referentes à liberação do marcador, além de variações climáticas que podem afetar a coleta de ar. As modificações na técnica foram comparadas ao sistema tradicional, o qual utiliza cangas de “PVC” com períodos de coleta de 24 hs, concluiu-se que o sistema utilizando tubos de aço inoxidável com período de coletas de 5 dias foi eficiente (Pinares-Patiño et al., 2010).

---

<sup>1</sup>PPG Física, *Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires* (UNCPBA), especialista em Mecânica de Fluidos/emissão de metano.

### **3. HIPÓTESES**

O protocolo experimental testou a hipótese de que a intervenção antrópica, por meio da aplicação de diferentes sistemas pastoris em pastagens cultivadas pode resultar:

- os métodos de pastoreio contínuo e rotativo apresentam impactos diferenciados sobre a estrutura do pasto utilizados pelos animais e sobre os horizontes de pasto utilizados, resultando em padrões distintos de consumo de forragem.

- as intensidades de pastejo afetam a estrutura e abundância do alimento oferecido que por sua vez determinam os níveis de consumo e eficiência de utilização. Intensidades de pastejo elevada promovem menor eficiência de utilização

- a adubação nitrogenada influencia a qualidade do pasto, podendo diminuir a emissão de metano por animal. Embora as emissões de metano por área sejam aumentadas as emissões de metano por quilo de produto animal é reduzida.

## **4. OBJETIVOS**

### **Objetivos gerais**

O experimento 1 foi desenvolvido com o objetivo de avaliar como diferentes estratégias de manejo afetam a produtividade da pastagem, o desempenho animal, o consumo e a eficiência de utilização do pasto por ovinos em pastejo.

O experimento 2 foi desenvolvido com o objetivo de estudar a influência da adubação nitrogenada em pastos de milho sobre a emissão de metano por ovinos.

### **Objetivos específicos**

- Validar a metodologia da Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE<sup>®</sup>) para estimar a produção fecal de ruminantes em pastejo;
- Avaliar o consumo, digestibilidade, produção animal/vegetal e eficiência de utilização por ovinos em pastos de azevém anual manejados sob dois métodos e duas intensidades de pastejo;
- Avaliar os efeitos da adubação nitrogenada em pastos de milho sobre a emissão de metano ruminal por ovinos.

## **CAPÍTULO II**

### **Uso da Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE<sup>®</sup>) como marcador de produção fecal por ovinos alimentados com espécies forrageiras de clima temperado e tropical<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo Elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia (Apêndice 1)

**Uso da Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE<sup>®</sup>) como marcador de produção fecal por ovinos alimentados com espécies forrageiras de clima temperado e tropical**

**RESUMO** - O objetivo do presente estudo foi avaliar a utilização do marcador Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE<sup>®</sup>) para estimar a produção fecal em ovinos. Para a validação do marcador LIPE<sup>®</sup> foram realizados experimentos em gaiolas de metabolismo e em sistema pastoril utilizando pastos de azevém anual (*Lolium multiflorum*, Lam.) e milho (*Penissetum americanum* L Moench). Foram realizados três ensaios em gaiolas de metabolismo utilizando-se o delineamento experimental completamente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram níveis de oferta de pasto cortado diariamente, sendo eles: 1,5; 2,0; 2,5% do peso vivo de matéria seca e *ad libitum* onde procurou-se manter 20 % de sobras. Os experimentos em pastejo ocorreram utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos em pastos de azevém foram métodos de pastoreio e intensidades de pastejo contrastantes e em pastos de milho foram doses de adubação nitrogenada. Foram realizadas medidas de consumo de matéria seca (CMS), por meio da diferença entre oferecido e sobras nos experimentos em gaiolas de metabolismo. A coleta total de fezes foi determinada por cinco dias nos experimentos em gaiolas de metabolismo e em pastejo, sendo retirada uma subamostra para análise da LIPE<sup>®</sup>. Os resultados de produção fecal e consumo observados nos experimentos em gaiolas de metabolismo não foram estimados com acurácia pelo indicador LIPE<sup>®</sup>. Da mesma forma, os resultados de produção fecal em ensaio em pastejo não apresentaram relação com a produção fecal observada.

**Palavras-chave:** estimativas de consumo, forragem, lignina, ruminantes

## **Use of Purified and Enriched Lignin (LIPE) as fecal production marker for sheep fed with temperate and tropical forages**

**ABSTRACT** – The goal of this study was to evaluate the use of Purified and Enriched Lignin (LIPE<sup>®</sup>) marker to estimate fecal output in sheep. To validate the LIPE<sup>®</sup> marker tests were carried in metabolism cages and grazing system using ryegrass (*Lolium multiflorum*, Lam) and pear millet (*Penisetum americanum* L Moench) pastures. Three trials were set up in metabolism cages in a completely randomized design with four treatments and four replicates. Treatments used were four levels of forage allowance: 1.5, 2.0 and 2.5% of live weight in dry matter and *ad libitum*, where 20% of forage waste was maintained. The grazing experiments were set up in a completely randomized block with three replicates. Treatments in ryegrass pasture were of contrasting grazing methods and intensities. In pear millet, treatments were of different nitrogen application rates. Measurements of dry matter intake (DMI) were made using the difference between forage offered and wasted in the metabolism cages experiments. Total feces collections were made for five days in both the metabolism cages and grazing experiments, from which a subsample was taken to analyze LIPE<sup>®</sup>. Result of fecal production and intake observed in metabolism cages were not accurately estimated by the LIPE<sup>®</sup> marker. Similarly, results from fecal production in grazing trials did not show a relation with observed fecal production.

**Key words:** intake prediction, forage, lignin, ruminants

### **Introdução**

O consumo de matéria seca é considerado o parâmetro nutricional mais importante em sistemas pastoris, uma vez que constitui o primeiro ponto determinante do ingresso de nutrientes no trato gastrointestinal. Outra variável importante é a determinação da digestibilidade em experimentação *in vivo*, que indica a disponibilidade dos nutrientes dos alimentos no trato gastrointestinal dos animais,

envolvendo mensurações de consumo e da excreção fecal. Segundo Merchen, (1993) os marcadores tem sido utilizados como ferramenta experimental para estimar estas variáveis e um amplo número de substâncias foi avaliado para estudar a função digestiva dos ruminantes.

Marcadores são substâncias indigestíveis, geralmente administradas com o alimento ou diretamente infundidas em algum segmento do trato digestivo, podendo posteriormente ser identificadas e quantificadas nas fezes ou ao final do segmento em estudo (Warner, 1981). Porém, segundo Merchen (1993), nenhuma das substâncias usadas como marcador atende a todas as características, mas várias são adequadas para fornecer dados significativos. Portanto, a procura por melhores marcadores constitui um dos assuntos de grande interesse na pesquisa de técnicas que facilitem estudos com ruminantes.

Diante da complexidade da avaliação do consumo a pasto, alguns compostos vêm sendo desenvolvidos para promover estimativas qualitativas e quantitativas da fisiologia animal.

Saliba et al. (2004), caracterizaram a composição estrutural da LIPE<sup>®</sup>, lignina isolada, purificada e enriquecida do *Eucalyptus grandis*, antes e após a sua passagem pelo trato gastrointestinal de ovinos e verificaram que as amostras da lignina fecal mostraram espectros similares aos do LIPE<sup>®</sup>. Através deste experimento, os autores demonstraram que este indicador não foi digerido ou absorvido durante a passagem pelo trato gastrintestinal, sendo totalmente recuperado nas fezes. Estas características de indigestibilidade admitem maiores investigações sobre o real potencial deste produto como indicador externo de consumo de MS, produção fecal e digestibilidade.

Desta forma, uma série de estudos foi conduzida em diferentes situações alimentares com o objetivo de avaliar as metodologias da LIPE<sup>®</sup> para estimar a produção fecal.

### **Material e Métodos**

Para a validação do marcador LIPE<sup>®</sup> foram realizados três ensaios utilizando pastos de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e dois ensaios utilizando pastos de milho (*Penissetum americanum* L Moench) na Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS/Eldorado do Sul – RS nos anos de 2010 e 2011, estruturados da seguinte forma:

#### *Ensaio 1 – Ensaio em gaiolas de metabolismo utilizando pastos de azevém anual*

Os ensaios em gaiolas de metabolismo utilizando azevém anual foram conduzidos em dois diferentes estádios fenológicos: pré-florescimento, no período de 28/08 a 13/09/2010 e o florescimento (16/10 a 01/11/2010).

Em cada experimento utilizou-se 16 ovinos machos da raça Texel, com 12 meses de idade e peso médio (PV) de  $27,1 \pm 4,10$  kg no ensaio onde o azevém encontrava-se no estádio de pré-florescimento. No estádio de florescimento do azevém, os animais apresentavam  $32,2 \pm 3,97$  kg,

#### *Ensaio 2 – Ensaio em gaiolas de metabolismo utilizando pastos de milho*

O ensaio em pastos de milho foi conduzido no período de 04 a 20/12/2010. Foram utilizados 16 ovinos machos da raça Texel, com 12 meses de idade e peso médio (PV)  $34,0 \pm 5,30$  kg.

#### *Protocolo experimental em gaiolas de metabolismo:*

Os experimentos foram estruturados em ensaios de digestibilidade *in vivo* com uma fase de adaptação de 10 dias, e mais cinco dias para a coleta de fezes e medidas do consumo.

Em cada experimento os animais foram sorteados para as baias e tratamentos ao início do período e alocados em quatro tratamentos, sendo esses representados por quatro níveis de oferta de forragem: 1,5; 2,0; 2,5 kg de matéria seca para cada 100 kg de PV (ou % PV) e *ad libitum*, com ao menos 20% de sobras diárias. O delineamento experimental foi completamente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições (animais) por tratamento.

O volumoso foi cortado instantes antes do fornecimento aos animais, sendo fornecido pela manhã (9:00) e pela tarde (18:00), coletando-se a metade superior das plantas com o intuito de simular o material que seria apreendido pelos animais. No experimento com milho, teve-se o cuidado para coletar apenas folhas.

Para realizar os cálculos de consumo, durante os cinco dias de coleta, pesou-se o oferecido e as sobras de alimento, coletando-se amostras diárias. Do alimento oferecido, retirou-se uma amostra diária de aproximadamente 500 gramas que foi seca em estufa a 55°C. Posteriormente juntou-se as amostras de alimento oferecido dos cinco dias sendo preparada para moagem e posterior análise laboratorial. O cálculo do consumo foi realizado mediante a diferença entre o alimento oferecido e as sobras. A digestibilidade foi calculada como a diferença entre o consumido e o excretado, dividido pelo consumido.

Por fim, realizou-se a regressão entre o a produção fecal observada e a produção fecal estimada e entre o consumo observado e o consumo estimado por meio do marcador LIPE<sup>®</sup>.

*Ensaio 3 - Ovinos em pastejo de azevém anual manejados com métodos de pastoreio e intensidades de pastejo contrastantes.*

O período experimental foi de 31/07 a 25/10/2010, totalizando 85 dias de utilização da pastagem. Este foi subdividido em três ciclos de pastejo, de 36, 26 e 22 dias, respectivamente para o ciclo 1, 2 e 3, sendo o ciclo 1 destinado à formação dos tratamentos. Os tratamentos foram compostos por manejos de pastos de azevém com dois métodos de pastoreio (pastoreio contínuo e pastoreio rotativo) e duas intensidades de pastejo (moderada e baixa). As intensidades de pastejo foram definidas pelas ofertas de forragem de duas vezes e meio (intensidade de pastejo moderada) e de cinco vezes (intensidade de pastejo baixa) o potencial de consumo de forragem dos animais, baseando-se no NRC (1985) denominados então: pastoreio contínuo em azevém ofertando duas vezes e meio o potencial de consumo de cordeiros; pastoreio contínuo em azevém ofertando cinco vezes o potencial de consumo de cordeiros; pastoreio rotativo em azevém ofertando duas vezes e meio o potencial de consumo de cordeiros; pastoreio rotativo em azevém ofertando cinco vezes o potencial de consumo de cordeiros

As unidades experimentais foram constituídas por 12 piquetes com área média de 0,27ha. Foram utilizados três animais teste por unidade experimental da raça Texel, com peso vivo médio de  $28 \pm 4,5$  kg ao início do trabalho.

Finalmente, realizou-se a regressão entre o a produção fecal observada e estimada por meio dos marcadores LIPE<sup>®</sup>.

*Ensaio 4 – Ovinos em pastejo de milho com níveis de adubação nitrogenada*

O período experimental foi de fevereiro a abril de 2011, totalizando 70 dias de utilização da pastagem.

Os tratamentos corresponderam a níveis de adubação nitrogenada (50, 100, 200 e 400 kg/ha de N) aplicados em dose única na forma de uréia. As unidades experimentais foram constituídas por 12 piquetes com áreas variando entre 800 e 1200 m<sup>2</sup> para as doses mais baixa e alta, respectivamente. Foram utilizados três animais teste por unidade experimental da raça Texel, com peso vivo médio de 19,9±1,7 kg<sup>2</sup> ao início do trabalho e idade média de 5 meses.

Realizou-se a regressão entre o a produção fecal observada e a produção fecal estimada por meio do marcador LIPE<sup>®</sup>.

#### *Protocolo experimental em sistema pastoril*

Realizou-se coleta total de fezes por meio de bolsas coletoras presas aos animais. As coletas foram realizadas uma vez ao dia em cada animal-teste, por cinco dias consecutivos. Após a coleta no campo, as fezes foram pesadas e foi retirada uma sub-amostra de 20% do total, a qual foi seca em estufa à 60°C por 72 horas, para determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram agrupadas por animal, moídas e encaminhadas para as análises laboratoriais.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com três repetições. Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão. Foi testada a interação entre os tratamentos x métodos (produção fecal estimada e observada). Utilizou-se o procedimento Mixed do pacote estatístico SAS versão 8.02 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

#### *Metodologias comuns aos ensaios em gaiolas de metabolismo e sistema pastoril*

Os animais teste foram dosados com cápsulas contendo 250 mg de LIPE<sup>®</sup> por um período de sete dias, sendo que a coleta total das fezes iniciaram no terceiro dia de dosagem. As coletas foram realizadas uma vez ao dia em cada animal-teste, por cinco

dias consecutivos. Após a coleta as fezes foram pesadas e foi retirada uma sub-amostra de 20% do total, a qual foi seca em estufa à 60°C por 72 horas, para determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram agrupadas por animal, moídas e encaminhadas para as análises laboratoriais.

Nas amostras de pasto e fezes determinou-se o teor de matéria seca por secagem em estufa à 105°C por 12 horas; a matéria orgânica após queima em mufla à 550°C e conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990), sendo a proteína bruta obtida pela multiplicação do N por 6,25. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra e detergente ácido (FDA) foram determinados conforme proposto por Van Soest & Robertson (1985). Para a análise do LIPE® nas fezes, foi usado o espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Furrier (FTIV), o equipamento utilizado é um VARIAN 800. A concentração do LIPE® nas fezes foi determinada com base em uma curva do padrão LIPE®.

### **Resultados e discussão**

Nas figuras 1 e 2 são apresentadas as análises de regressões estimadas e observadas para produção fecal (g/dia) e consumo de matéria seca (%PV), respectivamente, pelo indicador externo LIPE®, por ovinos alimentados com azevém anual em diferentes estádios fenológicos em gaiolas de metabolismo. Pode-se observar através das equações que a produção fecal e o consumo não foram estimados com acurácia pelo indicador LIPE®. Era esperado um incremento linear na produção fecal estimada em relação a observada, entretanto a técnica resultou em valores de produção fecal na ordem de 250 g/dia de matéria seca de fezes, independente do estágio fenológico. Da mesma forma, o consumo estimado não aumentou linearmente,

apresentando alta variação e resultando em subestimativas ou superestimativas do consumo.

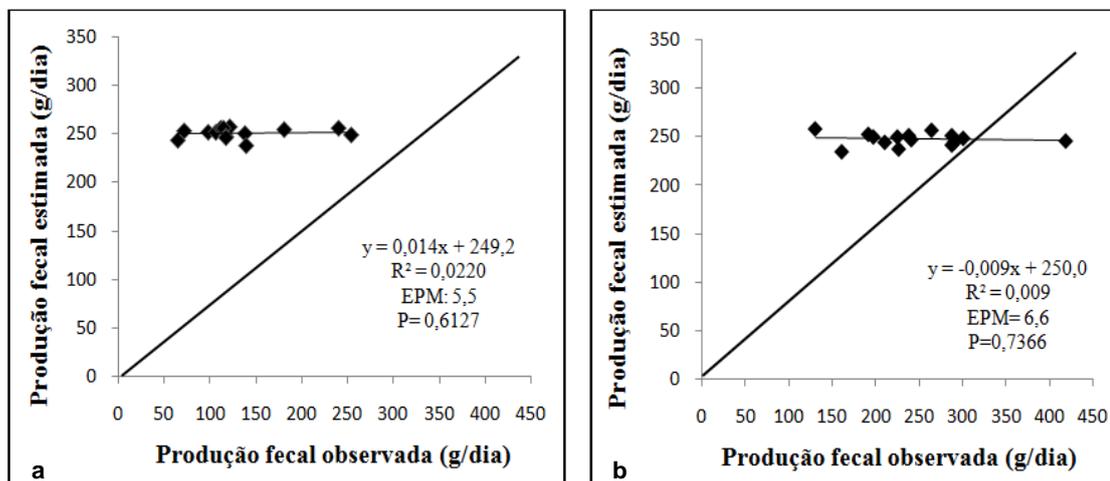


Figura 1- Relação entre a produção fecal observada e estimada por meio do marcador LIPE<sup>®</sup> de ovinos em gaiolas metabólicas alimentados com azevém anual em estágio pré- florescimento (a) e florescimento (b).

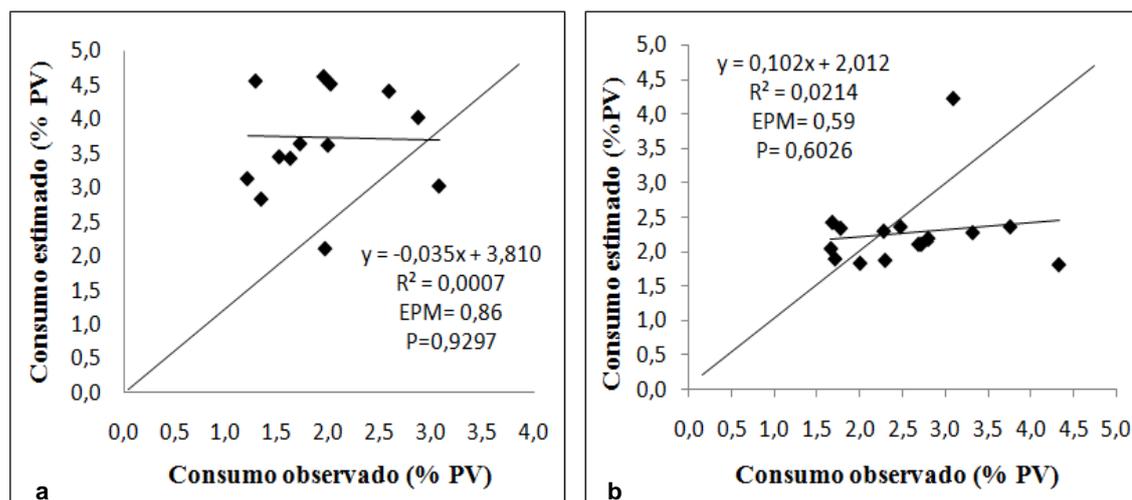


Figura 2 - Relação entre consumo observado e estimado por meio do marcador LIPE<sup>®</sup> de ovinos em gaiolas metabólicas alimentados com azevém anual em estágio pré- florescimento (a) e florescimento (b).

Magalhães, et al (2009) avaliaram períodos de coleta do LIPE<sup>®</sup> na estimativa de excreção fecal de novilhos e concluíram que o LIPE<sup>®</sup> não é um indicador adequado, uma vez que houve diferença significativa ( $P < 0,0001$ ) entre os valores obtidos pela coleta total de fezes e os estimados pelo indicador. Já Pereira et al. (2004) utilizaram o indicador LIPE<sup>®</sup> para estimar a produção fecal total e a digestibilidade da matéria seca aparente em coelhos em crescimento, avaliando a inclusão crescente de polpa cítrica na dieta (0, 8, 16, 24 e 32 %). Foi observada uma interação entre os tratamentos e método utilizado (LIPE<sup>®</sup>). Com o incremento do nível de inclusão de polpa cítrica na dieta, houve aumento na diferença entre os valores de produção fecal e do coeficiente de digestibilidade da matéria seca em relação aos valores obtidos pela coleta total de fezes. Estes autores concluíram que o LIPE<sup>®</sup> foi eficiente como indicador externo, no entanto, quando houve aumento dos níveis de inclusão (16, 24 e 32 %), a produção fecal foi superestimada e a digestibilidade da matéria seca foi subestimada, e concluíram que não é recomendado seu uso.

Nas Figuras 3a e 3b são apresentadas as análises de regressões entre produção fecal (gMS/dia) observadas por meio da coleta total e estimadas por meio do indicador LIPE<sup>®</sup> e consumo de matéria seca (%PV) calculado a partir da produção fecal estimada em ovinos alimentados com milho em gaiolas de metabolismo. O método utilizado de estimar a produção fecal e o consumo de matéria seca de milho por ovinos por meio do LIPE<sup>®</sup>, apresentaram baixos coeficientes de determinações, 0,04 e 0,0009 respectivamente.

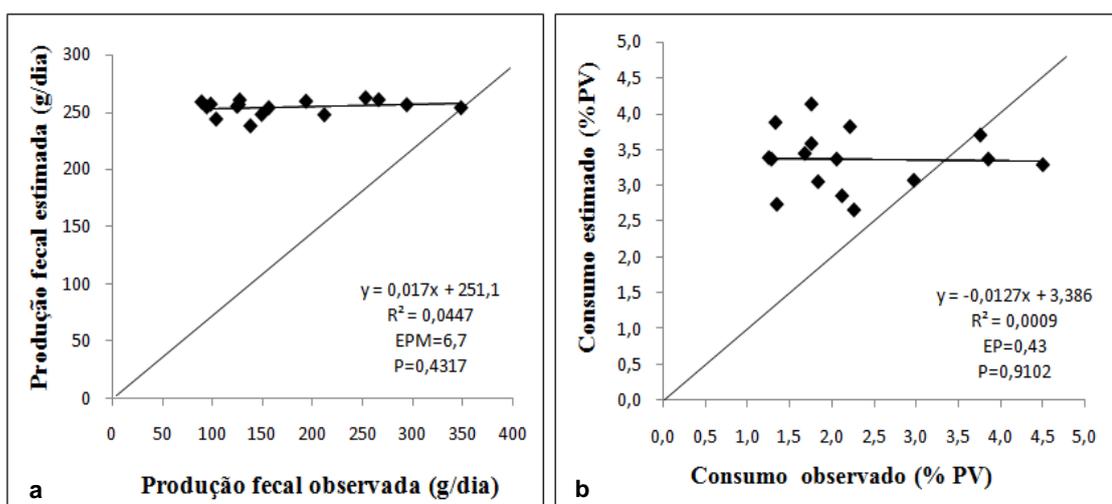


Figura 3 - Relação entre a produção fecal (gMS/dia) observada e estimada por meio do marcador LIPE<sup>®</sup> (a) e consumo observado e estimado (b) por ovinos em gaiolas metabólicas alimentados com milho

Os resultados de produção fecal apresentados não estão de acordo com Saliba et al. (2003) que observaram, em experimentos realizados com ovinos, que a produção fecal estimada com o LIPE<sup>®</sup> apresentou resultados equivalentes aos obtidos com a coleta total das fezes. Outros pesquisadores como Vasconcellos (2004), estudando a digestibilidade e produção fecal de aves e Lanzeta et al. (2009) comparando a produção fecal estimada com a observada de equinos, não encontraram diferenças significativas entre a coleta total de fezes e a estimada pelo indicador LIPE<sup>®</sup>.

Os resultados obtidos no presente estudo foram, possivelmente, condicionados pela recuperação do indicador nas fezes. Estimativas de produção fecal são avaliações que se baseiam na razão entre a quantidade do indicador administrada ao animal e sua concentração nas fezes (Aroeira, 1997). Portanto concentrações baixas de indicadores nas fezes podem subestimar a produção fecal e também o consumo, bem como concentrações altas podem superestimar essas estimativas.

Na Figura 4 é apresentada a equação de regressão referente à produção fecal observada e estimada pelo indicador LIPE<sup>®</sup>. Pode-se observar que a curva da produção

fecal estimada não está de acordo a produção fecal observada. Segundo Rodriguez et al. (2006) um indicador deve ser inerte; não apresentar função fisiológica, não ser absorvido nem metabolizado, ser completamente recuperado nas fezes ou segmento em estudo, misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta; não influenciar secreções intestinais, absorção ou motilidade, nem a microflora do trato digestivo. Considerando essas premissas básicas, pode-se inferir que alguma dessas características não foi atendida, pois através do coeficiente de determinação observa-se que o indicador não estimou adequadamente a produção fecal.

Trabalhos com animais mantidos em pastejo que necessitam de estimativas de produção fecal, sem realizar coleta total de fezes podem apresentar resultados imprecisos ao utilizar como marcador a LIPE<sup>®</sup>.

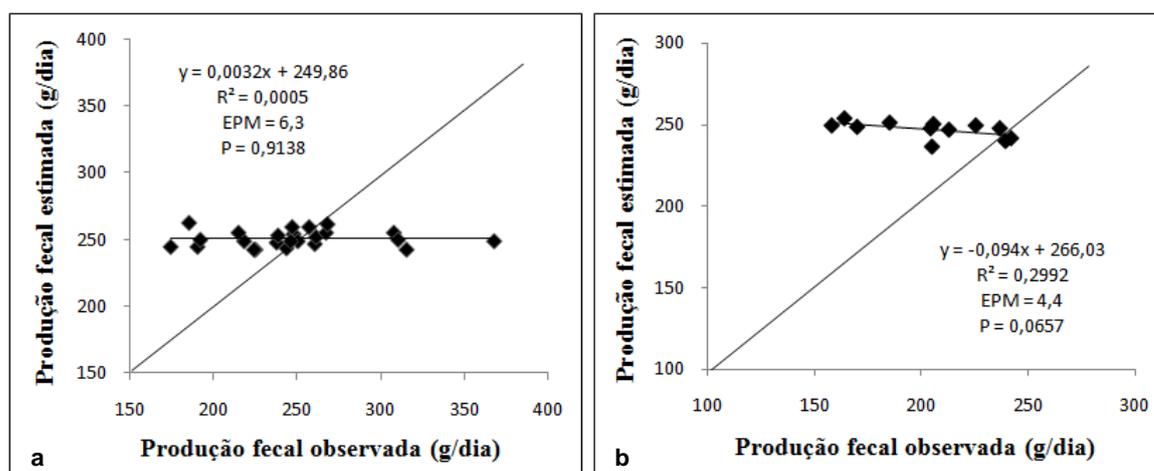


Figura 4 - Relação entre a produção fecal observada e estimada por meio do marcador LIPE<sup>®</sup> de ovinos em azevém manejado com diferentes métodos de pastejo e intensidades de pastejo (a) e em pastos de milho adubados com doses de nitrogênio (b).

## **Conclusões**

O indicador LIPE<sup>®</sup> não estima acuradamente a produção fecal e em consequência os valores de consumo estimados a partir destas estimativas não representam o consumo real por ovinos em pastejo.

### Literatura citada

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington.

AROEIRA, L.J.M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. p. 127-163.

LANZETTA. V. A. S.; REZENDE. A. S. C.; SALIBA. E. O. S.; LANA. A. M. Q.; RODRIGUEZ. N. M.; CARNEIRO. P.; MOSS. B. Validação do Lipe® como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em eqüinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.69-74, 2009

MAGALHÃES. K. A.; REIS R. A.; CASAGRANDE. D. R.; LARA. E. C.; LOPES. J. S.; VALENTE. A. L. S., BANYS. V. L. Avaliação do período de coleta e do indicador LIPE® na estimação da excreção fecal em novilhos. In: 46ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2010, MARINGA. **Anais...** MARINGA : SBZ, 2009.

MERCHEN, N.R. Digestion, absorption, and excretion in ruminants. In D.C. Church, editor. The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. Waveland Press, Inc., Prospect Heights, Illinois, USA. p. 172–201 1993.

MINSON. **Forage in ruminant nutrition**. Academic Press, Inc., San Diego. 209 p., 1990.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1985. The health effects of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds: National Academy of Sciences, Washington, DC.

PEREIRA, R. A. N. ; FERREIRA, Walter Motta ; SALIBA, E. O. S. . Lipe marker for estimating total faecal production and dry matter apparent digestibility in growing rabbits. **In:** 8º World Rabbits Congress, Puebla City - Mexico. proceedings 8 Wrc. Puebla : WRC, 2004. v. 1. p. 1-6, 2004.

RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARAES JUNIOR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p.323-352.

SALIBA, E. O. S. ; RODRIGUEZ, Norberto Mário ; VELOSO, Dorila Piló ; TEIXEIRA, G. L. ; RIBEIRO, Sergio Luiz Moreira. Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica da coleta total com a lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de tifton 85. In: 40ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria : SBZ, 2003. v. 40. p. 1-4.

SALIBA, E.O.S.; PILO-VELOSO, D.; RODRIGUEZ, N.M. Structural characterization of lignin from *Eucalyptus Grandis* before and after exposure to the gastrointestinal tract of ruminants. In: SIMPOSIO MUNDIAL DE LIGNINAS, 8., 2004, São Carlos: **Anais...** São Carlos, 2004.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT user's guide** (Release 8.0). Cary: 1999. (CD-ROM).

VASCONCELLOS, C.H.F. **Lignina purificada e modificada (Lipe®), óxido crômico e coleta total de excretas, como métodos de determinação da digestibilidade em frangos de corte.** 2004. 46f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. *Analysis of forages and fibrous foods - a laboratory manual for animal science.* Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.

## **CAPÍTULO III**

### **Consumo de forragem por ovinos e eficiência de utilização em pastos manejados com métodos de pastoreio e intensidades de pastejo contrastantes<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo Elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia (Apêndice 1)

**Consumo de forragem por ovinos e eficiência de utilização em pastos  
manejados com métodos de pastoreio e intensidades de pastejo contrastantes.**

**RESUMO** - O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar consumo de forragem por ovinos, produção animal e eficiência de utilização em pastos de azevém anual (*Lolium multiflorum*, Lam.) manejados com métodos de pastoreio e intensidades de pastejo contrastantes. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, arranjos em esquema fatorial 2 x 2 e três repetições com medidas repetidas no tempo. Foram utilizados três animais teste por repetição. Os tratamentos foram constituídos por duas intensidades de pastejo (moderada e baixa), definidas por ofertas de forragem que representassem 2,5 ou 5,0 vezes o potencial de consumo, em pastoreio rotativo ou contínuo. Não houve interação entre os métodos e as intensidades de pastejo e seus efeitos foram analisados de forma independente. As características relacionadas a estrutura do pasto foram modificadas pela intensidade de pastejo, enquanto que os métodos de pastoreio modificaram a massa de lâminas foliares e altura. O ganho de peso individual foi maior em baixas intensidades, porém o ganho de peso por área não foi influenciado pelos sistemas de manejo do pasto. As estratégias de manejo do pasto não afetam a eficiência de utilização do pasto e o consumo de forragem por ovinos. Quando o objetivo é aumentar o ganho de peso individual recomenda-se utilizar baixas intensidades de pastejo, nestas circunstâncias a taxa de lotação é diminuída, mas sem prejudicar o ganho de peso vivo por área.

**Palavras-chave:** estrutura do pasto, pastoreio rotativo, pastoreio contínuo, produção animal.

**Forage intake by sheep and pasture use efficiency in contrasting grazing methods and intensities.**

**ABSTRACT** – The aim of the experiment was to evaluate sheep's forage intake, animal production and efficiency in the use of ryegrass pasture (*Lolium multiflorum*, Lam.) managed with contrasting grazing methods and intensities. The experimental design was completely randomized blocks, arranged in a factorial 2 x 2, with three replicates and with repeated measures. In each replicate three test animals were evaluated. The treatments were of two grazing intensities (medium and low), defined by forage on offer corresponding to 2.5 and 5.0 times the animal's potential intake, in both continuum and rotational grazing. There was no interaction between grazing methods and intensities, so their effects were independently evaluated. Pasture's structural characteristics were modified by grazing intensity, while grazing methods changed both sward's mass and height. Individual weight gain was greater in low grazing intensities, but weight gain per area was not affected by grazing method and intensity. Pasture managing methods do not affect pasture's use efficiency and forage intake by sheep. When increase in individual weight gain is aimed it is recommended to use low grazing intensities. Although the stocking rate is diminished in this situation, live weight gain per area is not affected.

**Keywords:** animal production, continuous stocking, pasture structure, rotational stocking;

## Introdução

Os ecossistemas pastoris são os maiores do Mundo, cobrindo cerca de 40% da área terrestre sem considerar a Groelândia e a Antártica (Nabinger & Carvalho, 2009). Inúmeras são as estratégias de manejo que podem ser empregadas na utilização de pastagens com vistas a otimizar o aproveitamento do pasto para, conseqüentemente, resultar em bons índices de produção animal (Carvalho et al. 2004). O método de pastoreio e a intensidade de pastejo são ferramentas imprescindíveis de manejo do pasto e que afetam o processo de pastejo de herbívoros domésticos. Para Derner et al. (2008), dentre essas estratégias de manejo, a manipulação da taxa de lotação promove maiores efeitos sobre o desempenho animal comparativamente aos métodos de pastoreio.

Estratégias de manejo que combinam métodos de pastoreio e intensidades de pastejo são responsáveis por modificações na estrutura do dossel forrageiro, e.g. altura, densidade populacional de perfilhos, densidade volumétrica da forragem, distribuição da fitomassa por estrato, ângulo foliar, índice de área foliar, relação folha:colmo (Laca & Lemaire, 2000). Modificações na estrutura do dossel, principalmente por meio de alterações na densidade de forragem e na composição e altura do pasto, proporcionam variações no processo de pastejo dos animais e, conseqüentemente, no consumo de forragem e na eficiência de utilização do pasto (Hodgson, 1990).

Em sistemas exclusivamente pastoris o consumo diário é o resultado final do processo de pastejo, que por sua vez depende da busca, seleção e captura da forragem que o animal exerce no ambiente pastoril. A construção do bocado é decisiva para o sucesso no processo de pastejo, pois sua massa e respectiva concentração de nutrientes constituem a unidade básica do consumo diário de forragem (Carvalho et al., 2009).

Pedreira et al. (2001) constataram que o modo seletivo com que o animal pasteja é regulado pela intensidade de pastejo. O aumento da intensidade de pastejo, por meio da elevação da taxa de lotação, acarreta numa menor oferta de forragem para o animal, tornando-o menos seletivo.

Não está claro ainda quais fatores estão associados ao consumo de forragem por ovinos em pastagens de clima temperado. Em vista disso, este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar estratégias contrastantes de manejo de pastos de azevém (*Lolium multiflorum*, Lam) sobre o consumo, produção animal/vegetal e eficiência de utilização por ovinos.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul, RS, (latitude 30°05'22" S e longitude 51°39'08" W e altitude de 46 m). O clima da região é subtropical úmido "Cfa", segundo a classificação proposta por Köppen. O solo da área experimental é do tipo Argissolo Vermelho Distrófico Típico (Santos et al., 2006) e apresenta 15,2% de argila.

O protocolo experimental vem sendo conduzido com os mesmos tratamentos desde 2003 em um Sistema de Integração Lavoura- Pecuária, com implantação das culturas de soja e milho no verão e utilização de uma pastagem de ressemeadura natural de azevém anual (*Lolium multiflorum*, Lam.) no período outono/inverno. Para a pastagem de azevém anual, foram aplicados em cobertura 70 kg/ha de N em 21/08/2010 e 60 kg/ha de N em 01/10/2010, na forma de uréia. O período experimental foi de 31/07 a 25/10/2010, totalizando 85 dias de utilização da pastagem. Este foi subdividido em

três ciclos de pastejo, de 36, 26 e 22 dias, respectivamente para o ciclo 1, 2 e 3, sendo o ciclo 1 destinado à formação dos tratamentos.

Os tratamentos corresponderam a combinações entre dois métodos de pastoreio (pastoreio contínuo e rotativo) e duas intensidades de pastejo (moderada e baixa), assim definidos: Pastoreio contínuo com moderada intensidade de pastejo; Pastoreio contínuo com baixa intensidade de pastejo; Pastoreio rotativo com moderada intensidade de pastejo; e Pastoreio rotativo com baixa intensidade de pastejo. As intensidades de pastejo foram definidas por ofertas de forragem correspondentes a duas vezes e meio (intensidade de pastejo moderada) e cinco vezes (intensidade de pastejo baixa) o potencial de consumo de forragem diário pelos animais de acordo com o NRC (1985).

As unidades experimentais foram constituídas por 12 piquetes, com área de aproximadamente 0,27 ha cada. Foram utilizados três animais-teste por unidade experimental, sendo cordeiros da raça Texel, com peso corporal médio de  $28 \pm 4,5$  kg ao início do experimento.

No pastoreio rotativo, a duração de vida da folha (DVF) foi utilizada para se estabelecer a duração do ciclo de pastejo e, conseqüentemente, o momento de ajuste das ofertas de forragem. Estudos de morfogênese conduzidos por Freitas (2003) e Pontes (2003), na mesma área experimental, determinaram os valores de soma térmica que correspondem à DVF: 500 °C/folha para o período de junho a agosto; e 410 °C/folha para o período de setembro a novembro. A DVF (°C/folha) foi dividida pela temperatura média dos meses de agosto a outubro, obtidos a partir de séries climáticas junto ao Setor de Agrometeorologia da EEA/UFRGS. Para a determinação dos sub-potres (denominados de faixas) dos tratamentos do método de pastoreio rotativo, foi dividido o comprimento dos piquetes pelo número de dias do ciclo e depois dividido por dois, que é o número de dias do período de ocupação estabelecido. Este período de

ocupação foi fixo. No método contínuo, os animais permaneceram constantemente nas unidades experimentais. Em ambos os métodos, para o manejo da carga animal, foi utilizado número variável de animais reguladores através da técnica “*put-and-take*”, obedecendo aos períodos de ajuste de oferta de acordo com os piquetes do método de pastoreio rotativo.

A altura do pasto foi medida em 150 pontos por unidade experimental utilizando-se um bastão graduado (*sward stick*), onde um marcador percorre o bastão até tocar a primeira superfície foliar do dossel (Barthram, 1985).

Para a estimativa da massa de forragem (MF) foram realizados quatro cortes rentes ao solo por unidade experimental com o auxílio de um quadro de 0,25 m<sup>2</sup>. Nos piquetes com pastoreio contínuo, as amostragens foram distribuídas aleatoriamente. Nos piquetes com pastoreio rotativo as amostragens foram realizadas na segunda faixa, antes do retorno dos animais para o início de um novo ciclo de pastejo. As amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçado a temperatura de 60°C por, no mínimo, 72 horas e então pesadas para determinar a MF em Kg/ha de matéria seca (MS). Após a pesagem, as quatro amostras foram compostas por unidade experimental e sub-amostradas. Posteriormente realizou-se a separação morfológica do azevém (folha, colmo, inflorescência e material morto) e determinou-se a participação de cada componente no pasto.

A estimativa da taxa de acúmulo de forragem diária (TA) no método de pastoreio contínuo foi realizada a cada ciclo de pastejo utilizando-se quatro gaiolas de exclusão de pastejo por unidade experimental (Klingman et al., 1943), alocadas em pontos representativos da massa de forragem de cada piquete. Nos piquetes de pastoreio rotativo foram realizados quatro cortes na segunda faixa de pastejo. Imediatamente após o pastejo eram realizados os cortes da forragem remanescente e no ciclo seguinte, antes

de alocar os animais nessa mesma faixa, amostras de forragem foram cortadas e a TA foi obtida pela diferença dos valores dos cortes de massa de forragem residual. As amostras foram secas em estufa para posterior pesagem utilizando-se procedimento idêntico ao descrito para a obtenção da MF.

Determinou-se a produção total de matéria seca (PTMS) somando-se a massa de forragem previamente acumulada até o início da implementação dos tratamentos às produções de forragem obtidas a cada intervalo de avaliação (TA multiplicada pelo n° de dias de cada ciclo de pastejo).

A taxa de lotação (TL), em kg/ha de PV, foi calculada por meio da soma do peso médio dos animais-teste e do peso dos animais reguladores multiplicada pelo número de dias que estes permaneceram na pastagem.

A oferta de forragem (OF) foi calculada usando a seguinte fórmula:

$$OF = (MF/n + TAD) * 100 / TL$$

Em que: OF= oferta de forragem (%); MF= massa de forragem média de cada ciclo de pastejo (kg/ha de MS); n= número de dias do ciclo de pastejo (dias); TA= taxa diária de acúmulo da forragem (kg/ha de MS); TL= taxa de lotação média do ciclo de pastejo (kg/ha de PV).

O ganho médio diário (GMD), em g/animal, foi obtido pela diferença entre os pesos final e inicial dos animais-teste, dividida pelo número de dias do período experimental. O ganho de peso por área (GPV, em kg/ha de PV) foi obtido multiplicando-se a taxa de lotação média, expressa em animais/ha, pelo GMD dos animais-teste e pelo número de dias de pastejo.

A eficiência de utilização foi calculada dividindo-se o ganho de peso médio (g/animal/dia) pelo consumo de matéria orgânica (g/animal/dia) de acordo com Hodgson (1990).

As estimativas de consumo (CMO) e digestibilidade (DMO) da matéria orgânica foram realizadas nos ciclos de pastejo 2 e 3, através das suas relações com o conteúdo de nitrogênio das fezes, conforme equações descritas por Azevedo (2011):

$$CMO_v = 132,51 + 84,40NF; P < 0,0001; R^2 = 0,92$$

$$CMO_{pf} = 138,15 + 86,98NF; P < 0,0001; R^2 = 0,92$$

$$DMO = 1,11581 - 23,4416/PBf - 0,000590151FDAf; P < 0,0001; R^2 = 0,83$$

Onde: CMO<sub>v</sub>: consumo de matéria orgânica (g/d) na fase vegetativa (ciclo 2); NF: nitrogênio fecal (g/d); CMO<sub>pf</sub>: consumo de matéria orgânica (g/d) na fase de pré-florescimento (ciclo 3); DMO: digestibilidade da matéria orgânica (g/kg); PBf: proteína bruta fecal; FDAf: fibra em detergente ácido fecal.

Para estas determinações, realizou-se coleta total de fezes por meio de bolsas coletoras presas aos animais. As coletas foram realizadas uma vez ao dia em cada animal-teste, por cinco dias consecutivos em cada um dos ciclos 2 e 3 de pastejo. Após a coleta no campo, as fezes foram pesadas e foi retirada uma sub-amostra de 20% do total, a qual foi seca em estufa à 60°C por 72 horas, para determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram agrupadas por animal, moídas e encaminhadas para as análises laboratoriais.

Durante o período de coleta de fezes, foram coletadas amostras de forragem (aproximadamente 500g) em dois dias consecutivos, utilizando a técnica de simulação de pastejo (De Vries, 1995). Os dados referentes à composição química do pasto coletados por meio da simulação de pastejo são apresentados na Tabela 1. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60° C por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey a 1 mm. As amostras foram submetidas a análises de composição química em laboratório de bromatologia na Faculdade de Agronomia/UFRGS. Para a determinação dos componentes qualitativos da pastagem foram utilizadas as seguintes

metodologias: MS em estufa a 105°C por 12 horas; matéria mineral (MM) por incineração a 550°C; proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl, sendo obtida através do nitrogênio total (NT) x 6,25; FDA, LDA e FDN segundo Van Soest & Robertson (1985), sendo posteriormente corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>). Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados conforme Licitra et al. (1996).

Tabela 1 - Composição bromatológica do pasto coletado por simulação de pastejo

	<i>Método</i>		<i>Intensidade</i>	
	<i>Contínuo</i>	<i>Rotativo</i>	<i>Baixa</i>	<i>Moderada</i>
MS (%)	21,2	21,1	21,2	19,5
PB (%MS)	25,1	22,5	23,9	23,7
FDNc (%MS)	50,6	51,9	51,1	51,4
NIDN (%NT)	38,5	40,9	39,3	40,1
FDA (%MS)	23,2	25,1	24,3	23,7
LDA (%MS)	3,7	4,3	3,8	4,1

% MS = porcentagem da matéria seca; PB= proteína bruta; FDNc = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; LDA = lignina em detergente ácido; % NT = porcentagem do nitrogênio total

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, arranjados em esquema fatorial 2 x 2 (2 métodos de pastoreio x 2 intensidades de pastejo), com medidas repetidas no tempo (ciclos de pastejo) e três repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância, por meio do procedimento Mixed. Foi realizada análise de correlação entre as variáveis estudadas e, para relacionar as variáveis ganho médio diário, eficiência de utilização e consumo de matéria orgânica, foi realizada análise de regressão até segunda ordem por meio do procedimento REG do pacote estatístico SAS (2002).

## Resultados e discussão

Não houve interação entre as intensidades de pastejo e os métodos de pastoreio ( $P>0,05$ ) para as variáveis analisadas, portanto, os efeitos dos tratamentos foram analisados de forma independente. Conforme o preconizado, o manejo do pasto para adequada condução do experimento resultou em OFs distintas ( $P<0,05$ ) entre as intensidades de pastejo. A verificação de similaridade da OF entre os métodos de pastoreio ( $P>0,05$ ), sendo 17,6 e 15,6 kg MS/100 kg PV/dia para os métodos contínuo e rotativo, respectivamente, permitiu a adequada comparação entre eles.

A MF, TA e a PTMS foram afetadas ( $P<0,05$ ) pelas intensidades de pastejo, sendo os maiores valores verificados na intensidade de pastejo baixa. A massa de lâminas foliares diferiu ( $P<0,05$ ) somente entre os métodos de pastoreio, sendo que o maior valor foi observado no método de pastoreio rotativo. O manejo do pasto com baixa intensidade de pastejo resultou em maior ( $P<0,05$ ) massa de colmos, inflorescências e material morto. A altura do pasto diferiu ( $P<0,05$ ) entre os métodos de pastoreio e entre as intensidades de pastejo. Foram observados pastos mais altos para o método de pastoreio rotativo e intensidade de pastejo baixa (Tabela 2). Considerando a estrutura do pasto, os métodos de pastoreio somente apresentaram efeitos sobre a altura e massa de lâminas foliares, as quais foram maiores no método de pastoreio rotativo. Neste método, a participação de folhas representou 49% da massa de forragem total, enquanto no pastoreio contínuo essa representou 36%. A manutenção de massa de forragem com alta participação de lâminas foliares é desejável, devido ao maior valor nutritivo apresentada por este componente do pasto, o qual pode representar mais de 80% da dieta em pastejo (Forbes & Hodgson, 1985; Da Trindade et al., 2007). Barbosa (2007) e Macari (2010) também observaram diferenças entre os métodos de pastoreio,

onde os maiores valores de massa de forragem foram observados em pastoreio rotativo. Os autores atribuíram essas diferenças entre os métodos de pastoreio à presença de um período de rebrota no qual a condição inicial de pós-pastejo contrasta, em termos de fisiologia, com a condição de pré-pastejo no pastoreio rotativo. As mudanças na estrutura do pasto são abruptas em curto espaço de tempo (rebrota) e motivadas pela nova condição de ambiente, principalmente pela variação na disponibilidade de luz. Por outro lado, o manejo sob lotação contínua é caracterizado por mudanças mais amenas na condição da pastagem ao longo do período de pastejo.

De forma semelhante ao observado por Barbosa (2007) e Macari (2010), no presente estudo a altura, a massa de forragem e a taxa de acúmulo diária do pasto, assim como a produção total de forragem foram maiores quando se utilizou baixa intensidade de pastejo. A utilização de baixa intensidade de pastejo assegura dosséis mais produtivos por manter bons índices de área foliar, permitindo assim, a interceptação de luz e, conseqüentemente, realização de fotossíntese para produção de fotoassimilados e continuação do crescimento (Gomide, 2001). Com o aumento da intensidade de pastejo, maior proporção da forragem produzida é consumida, o que determina pastos menos produtivos e um elevado período necessário para a recuperação do pasto. No entanto, essa maior produtividade observada na baixa intensidade de pastejo se caracterizou por maiores massas de colmos, inflorescências e material morto, o que não é desejável como estratégia de manejo do pasto.

Tabela 2 – Oferta de forragem (kg MS/100 kg PV/dia) e variáveis da estrutura e produção em pastos de azevém anual manejados com diferentes métodos de pastoreio e intensidades de pastejo.

Variáveis	Método		Intensidade	
	Contínuo	Rotativo	Baixa	Moderada
OF	17,6 ± 1,0	15,6 ± 2,1	20,8 ± 1,6 a	12,4 ± 1,0 b
MF (kg MS/ha)	2215 ± 246,7	2477 ± 270,8	2830 ± 196,5 a	1862 ± 219,6 b
MLF (kg MS/ha)	804,3±79,0 b	1126,3 ±76,6 a	1025,8±62,2	904,8±108,4
MC (kg MS/ha)	1026,3±152,4	1033,8±193,6	1323,4±167,2a	736,7± 112,9b
MI (kg MS/ha)	126,61±45,10	108,30±44,06	182,73±51,63 a	52,17±20,81 b
MMM (kg MS/ha)	258,6±35,14	195,3±49,11	285,1±39,38 a	168,8±41,76 b
AP (cm)	16,1 ± 1,07 b	21,9 ± 0,85 a	21,1 ± 1,16 a	16,8 ± 1,17 b
PTMS (kgMS/ha)	10452 ± 1461	9359 ± 670	12115 ± 748 a	7696 ± 436 b

a, b: Médias seguidas de letras distintas na linha diferem pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). OF = oferta de forragem; MF = massa de forragem; MLF = massa de lâminas foliares; MC = massa de colmos; MI = massa de inflorescências; MMM = massa de material morto; TA = taxa de acúmulo; AP = altura do pasto; PTMS = produção total de matéria seca.

O manejo do pasto sob baixa intensidade de pastejo proporcionou maior ( $P < 0,05$ ) GMD aos animais, enquanto que a intensidade de pastejo moderada, assim como o método de pastoreio rotativo, resultou em menor ( $P < 0,05$ ) taxa de lotação animal. As variáveis GPV e EU não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelas estratégias de manejo adotadas (Tabela 3). A taxa de lotação foi maior na intensidade de pastejo moderada, comparada à baixa intensidade. Barbosa et al. (2007) observaram respostas semelhantes, porém em magnitudes maiores: 1.421 vs. 975 kg PV/ha em intensidades moderada e baixa, respectivamente, e 1.131 vs. 1.265 kg PV/ha em pastoreio contínuo e rotativo, respectivamente. Freitas (2008) verificaram valores na ordem de 1597,7 vs. 1008,2 kg PV/ha em intensidades moderada e baixa, respectivamente, e 1191,3 vs. 1414,6 kg PV/ha em pastoreio contínuo e rotativo, respectivamente.

O GPV não diferiu entre os métodos e intensidades de pastejo, os valores foram em média 302 kg PV/ha. O baixo valor obtido está diretamente relacionado ao baixo período de ocupação da pastagem (85 dias). O ganho de peso obtido pelos animais do

presente experimento são superiores aos 260 kg PV/ha observados por Roman et al. (2007), que trabalharam com borregas em pastagem de azevém com diferentes massas de forragem. Porém inferiores aos observados por Barbosa et al. (2007), onde o GPV foi 754 vs. 563 kg PV/ha em intensidades moderada e baixa, respectivamente. A eficiência de colheita não foi afetada ( $P>0,05$ ) pelos métodos de pastoreio e intensidades de pastejo.

Tabela 3 – Ganho médio diário de peso (GMD), taxa de lotação animal (TL), ganho de peso vivo por área (GPV) de ovinos e eficiência de utilização (EU) de pastos de azevém anual manejados com diferentes métodos de pastoreio e intensidades de pastejo.

Variáveis	Método		Intensidade	
	Contínuo	Rotativo	Baixa	Moderada
TL (kg PV/ha)	760 ± 34,8 b	889 ± 81,2 a	766 ± 37,8 b	883 ± 81,4 a
GPV (kg/ha)	315 ± 16,1	290 ± 16,8	299 ± 16,8	305 ± 14,6
GMD (g/dia)	120 ± 14	113 ± 8	127 ± 11a	106 ± 12 b
EU (%)	12,5 ± 1,4	14,0 ± 0,9	14,3 ± 1,2	12,2 ± 1,1

a, b: Médias seguidas de letras distintas na linha diferem pelo teste Tukey ( $P<0,05$ ).

O consumo de matéria orgânica, expresso em g/dia/animal, g/UTM ou %PV, consumo de matéria orgânica digestível, assim como a digestibilidade da matéria orgânica, não foram afetados ( $P>0,05$ ) pelos métodos de pastoreio e intensidades de pastejo (Tabela 4). O consumo de forragem por ovinos não foi influenciado pelos métodos e intensidades de pastejo. Por outro lado, o desempenho individual dos animais foi maior na baixa intensidade de pastejo. Este maior desempenho pode estar associado à composição da forragem consumida, pois esta sofre influência da composição morfológica e da estrutura da massa de forragem dos pastos, e da acessibilidade da forragem disponível, sendo que a presença de folhas, relativamente a outros componentes morfológicos, corresponde a uma condição importante para satisfazer as necessidades nutricionais dos animais (Stobbs, 1973; Genro, 1999).

Carvalho et al. (2009) calcularam o índice de seletividade por folhas em relação aos demais componentes a partir do protocolo de Da Trindade et al. (2007 e 2007a). Os resultados demonstraram que os animais são hábeis em colher folhas acima de sua proporção em oferta no pasto, e isto pode ocorrer em qualquer das estratégias de manejo. Além disso, os resultados sugerem que o manejo com menor intensidade promova maior seletividade por lâminas foliares.

Tabela 4 – Consumo e digestibilidade por ovinos em pastos de azevém anual manejados com diferentes métodos de pastejo e intensidades de pastejo.

Variáveis	Método		Intensidade	
	Contínuo	Rotativo	Baixa	Moderada
CMO g/dia	855,1 ±30,6	722,4±21,80	801,7±22,59	775,7±40,90
CMO g/UTM	54,1±1,8	48,4±1,42	52,3±1,25	50,1±2,20
CMO %PV	2,09±0,07	1,97±0,06	2,11±0,05	2,01±0,08
CMOD g/UTM	42,3±1,27	37,9±1,28	40,6±1,04	39,6±1,73
DMO	78,2±0,44	78,0±0,93	77,3±0,82	78,9±0,53

a, b: Médias seguidas de letras distintas na linha diferem pelo teste Tukey (P<0,05). CMO = consumo de matéria orgânica, UTM = unidade de tamanho metabólico, CMOD = consumo de matéria orgânica digestível, DMO = digestibilidade da matéria orgânica.

A Figura 1 apresenta a relação entre o CMO com o desempenho animal e eficiência de utilização. À medida que o CMO aumenta, o GMD aumenta linearmente, enquanto que a eficiência de utilização tem resposta quadrática. Segundo Hodgson (1990), o desempenho individual dos animais melhora progressivamente com o aumento do consumo de um alimento, até atingir o limite genético de desempenho animal. Essa relação é apresentada na Figura 1, onde a medida que o CMO aumenta, o GMD aumenta linearmente, enquanto que a eficiência de utilização tem resposta quadrática, atingindo o valor máximo com 792 g/dia de CMO.

A eficiência de conversão dos nutrientes consumidos em produto animal aumenta ao mesmo tempo em que o GMD aumenta, particularmente em animais em crescimento, pois a proporção do consumo total de nutrientes necessários para manter as funções corporais declina progressivamente com o aumento do consumo total. Animais

com alto potencial de produção provavelmente tem um maior consumo de pasto e uma maior eficiência de conversão alimentar do que animais de menor potencial em qualquer circunstância dada. Além disso, a eficiência com que os nutrientes são utilizados para manutenção ou produção aumenta com o aumento da digestibilidade da dieta, de modo que quando altos níveis de consumo e alta concentração de nutrientes ingeridos, maior será a eficiência de conversão da forragem consumida em produto animal. Porém, a eficiência digestiva de ruminantes declina com o aumento do consumo, e há também um acréscimo nos custos de produção. Isso significa que a eficiência de conversão não pode aumentar indefinidamente, embora a máxima eficiência raramente é atingida na maioria dos sistemas de produção e geralmente há uma estreita relação entre ingestão de nutrientes e desempenho animal (Hodgson, 1990).

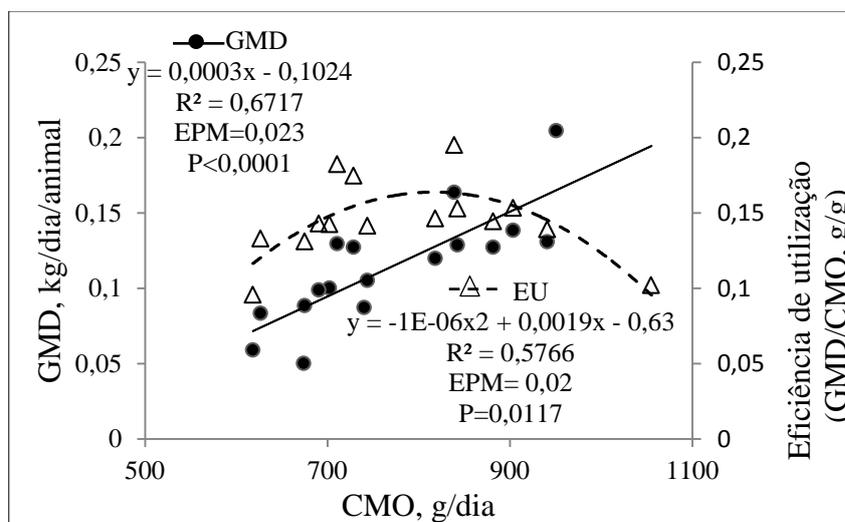


Figura 1– Relações entre o consumo de matéria orgânica (CMO) com o ganho de peso médio diário (GMD) de ovinos e eficiência de utilização (EU) de pastos de azevém anual.

### Conclusões

Os métodos de pastoreio não influenciam o desempenho animal individual e por área, porém o método de pastoreio rotativo permite um acréscimo de 17% na taxa de

lotação. As estratégias de manejo do pasto não afetam a eficiência de utilização do pasto e o consumo de forragem por ovinos.

Quando o objetivo é aumentar o ganho de peso individual recomenda-se utilizar baixas intensidades de pastejo, nestas circunstâncias a taxa de lotação é diminuída, mas sem prejudicar o ganho de peso vivo por área.

### Literatura Citada

- AZEVEDO, E.B. **Consumo e utilização de nutrientes por ovinos em pastagem de azevém anual**. Porto Alegre-RS, 2011. 175p Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011.
- BARBOSA, C.M.P.; CARVALHO, P.C.F.; CAUDURO, G.F.; LUNARDI, R.; KUNRATH, T.R.; GIANLUPPI, G.D. Terminação de cordeiros em pastagens de azevém anual manejadas em diferentes intensidades e métodos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1953-1960, 2007 (supl.).
- BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: **The Hill Farming Research Organization/Biennial Report**. Penicuik: HFRO, p.29-30, 1985.
- BRISKE, D.D.; DERNER, J.D.; BROWN, J.R.; FUHLENDORF, S.D.; TEAGUE, W.R.; HAVSTAD, K.M.; GILLEN, R.L.; ASH, A.J. and WILLMS, W.D. Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. **Rangeland Ecology & Management**, v.61, p.3-17, 2008.
- CARVALHO, P.C.F.; CANTO, M.W.; MORAES, A. Fontes de perdas de forragem sob pastejo: forragem se perde? In: PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; FONSECA, D.M. et al. (Eds.). II SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2, 2004, Viçosa. **Anais... Viçosa**, Suprema Gráfica e Editora Ltda. 2004. p.387-418.
- CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto. In: MANEJO SUSTENTÁVEL EM PASTAGEM, 2005, Maringá, **Anais... Maringá**, p.1-20. 2005
- CARVALHO, P.C.F.; GONDA, H.L.; WADE, M.H.; MEZZALIRA, J.C.; AMARAL, M.F.; GONÇALVES, E.N.; SANTOS, D.T.; NADIN, L.; POLI, C.H. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: o quê pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. In: Pereira, O.G. et al. (Eds.). 4th Symposium on Strategic Management of Pasture and 2nd International Symposium on Animal Production under Grazing, **Proceedings... Viçosa**, 2008.
- CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K., SILVA, S.C. et al. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In: 25º Simpósio sobre Manejo da Pastagem - Intensificação de sistemas de produção animal em pastos. FEALQ, 2009.
- Da TRINDADE, J.K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado**. 2007. 162p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- Da TRINDADE J.K.; SILVA S.C.; SOUZA JR., S.J.; et al. Morphological composition of the herbage consumed by beef cattle during the grazing down process of marandu palisadegrass subjected to rotational strategies. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 883-890, 2007a.

- DERNER, J.D.; HART, R.H.; SMITH, M.A.; WAGGONER Jr., J.W. Long-term cattle gain responses to stocking rate and grazing systems in northern mixed-grass prairie. **Livestock Science**, v. 117, p.60–69, 2008.
- De VRIES, M. F. W. Estimating forage intake and quality ingrazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. **Journal of Range Management**, Denver, v. 48, p. 370-375, 1995.
- FORBES, T.D.A.; HODGSON, J. Comparative studies of the influence of sward conditions on the ingestive behaviour of cows and sheep. **Grass and Forage Science**, v.40, p.69-77, 1985.
- FREITAS, F.K. **Produção ovina em pastagem de azevém manejada sob intensidades e métodos de pastejo em integração lavoura-pecuária**. Porto Alegre-RS, 2008. 183p Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Plantas Forrageiras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2008.
- GENRO, T.C.M. **Estimativas de consumo em pastejo e suas relações com os parâmetros da pastagem em gramíneas tropicais**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. 183 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Orientador: Ênio Rosa Prates. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.
- GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 808-825.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley; Longman Scientific and Technical, 1990, 203 p.
- LACA, E.A., LEMAIRE, G. Measuring Sward Structure. In: t'MANNETJE, L., JONES, R.M. eds . *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. Wallingford: CABI Publishing, p.103-121. 2000
- LEMAIRE, G. & CHAPMAN, C. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Guilford: CABI International, p. 3-36, 1996.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- MACARI, S. **Intensidade de pastejo e métodos de pastoreio na produção de cordeiros com lavoura de verão em sucessão**. Porto Alegre-RS, 2010. 242p Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Plantas Forrageiras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.
- MARASCHIN, G.E. Sistemas de pastejo. 1. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.de; FARIA, V.P. (Eds) **PASTAGENS. Fundamentos da Exploração Racional**. Piracicaba, SP: FEALQ, p.337-376, 1994.
- MOTT, G.O. Grazing pressure and measurement of pasture production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS,8., 1960, Reading. **Proceedings...** Oxford: Alden, p.606-611, 1960.
- NABINGER, C.; CARVALHO, P.C.F. Ecofisiologia de Sistemas Pastoriles: Aplicaciones para su Sustentabilidad. **Agrociencia**, v.13, n.3, p.18-27, 2009.

- PEDREIRA, C.G.S.; MELLO, A.C.L.; OTANI, LISSA. O processo de produção em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. CD-ROM.
- PONTES, L.S.; NABINGER, C.; CARVALHO, P.C.F. et al. Variáveis Morfogênicas e Estruturais de Azevém Anual (*Lolium multiflorum* Lam.) Manejado em Diferentes Alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p.814-820, 2003.
- PONTES, L.S.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C.; SOARES, A.B. Fluxo de biomassa em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 529-537, 2004.
- ROMAN, J.; ROCHA, M.G.; PIRES, C.C. et al. Comportamento ingestivo e desempenho de ovinos em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) com diferentes massas de forragem **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.780-788, 2007.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J.F. (eds.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Australian Journal Agricultural Research**, v.24, p.821-829, 1973.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Analysis of forages and fibrous foods - a laboratory manual for animal science. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.

## **CAPÍTULO IV**

### **Emissões de metano ruminal por ovinos em pastos de milho adubados com nitrogênio mineral<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo Elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia (Apêndice 1)

## **Emissões de metano ruminal por ovinos em pastos de milho adubados com nitrogênio mineral**

**RESUMO** – O presente estudo foi conduzido com o objetivo de estimar as emissões de metano ruminal por ovinos em pastos de milho (*Penisetum americanum* L Moench) adubados com nitrogênio, via uréia. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Foram utilizados três animais teste por repetição, com peso médio inicial de  $19,9 \pm 1,7$  kg e idade média de 5 meses. Os tratamentos foram constituídos por doses de adubação nitrogenada, sendo: 50, 100, 200 e 400 kg/ha de N. O método de pastejo utilizado foi contínuo com lotação variável com a finalidade de determinar estruturas semelhantes entre os tratamentos. Os resultados indicam que aumento na adubação nitrogenada diminui a emissão de metano ruminal por animal, porém aumenta a emissão por área em consequência da maior taxa de lotação em altos níveis de adubação. As emissões de metano aumentam com o aumento do consumo de matéria orgânica. Pastos de melhor qualidade que proporcionam maior desempenho individual, aumentando assim a produtividade, têm potencial mitigador das emissões de metano.

**Palavras chave:** consumo, gases de efeito estufa, mitigação, pastos de clima tropical, ruminantes

## **Methane emissions by rumen sheep in pearl millet pastures fertilized with mineral nitrogen**

**ABSTRACT** - This study was carried out to estimate methane emissions by the rumen of sheep in pearl millet pastures (*Penisetum americanum* L Moench) fertilized with urea as the nitrogen source. The experimental design was of completely randomized blocks with three replicates. Three animal-testers were used for each replication, with initial average weight of  $19.9 \pm 1.7$  kg and average age of 5 months. The treatments consisted of nitrogen doses, as follows: 50, 100, 200 and 400 kg N / ha. The grazing method used was continuous with variable stocking rates in order to determine similar structures between treatments. The results indicate that increases in nitrogen application decreases rumen methane emissions per animal, but increases emission per unit area as a result of higher stocking rate in high levels of fertilization. The results indicate that better quality pastures, which provide greater individual performance and thereby increasing productivity, have a potential to mitigate methane emissions.

**Keywords:** forage intake, greenhouse gas effect, mitigation, tropical pastures, ruminants

### **Introdução**

A emissão de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da produção animal é uma das maiores preocupações globais na atualidade, visto a crescente demanda mundial de alimentos concomitantemente com o aumento do rebanho mundial (Ramirez-Restrepo, 2010). Bellarby et al. (2008) estimaram as emissões globais de GEE da agricultura (incluindo as emissões por mudanças no uso da terra) entre 8,5 e 16,5 gigatonnes (Gt) de CO<sub>2</sub> e (equivalente dióxido de carbono)/ ano ou entre 17% e 32% de

toda emissão humana global. Segundo as novas estimativas (CAIT, 2010) de emissões globais de GEE são na ordem de 43,6 bilhões de toneladas para o ano de 2005.

O Brasil tem um importante papel neste cenário, pois detém um rebanho bovino de 200 milhões de cabeças que produzem cerca de 61% do metano (Brasil, 2009). Argumenta-se que uma estratégia mais eficiente para redução de CH<sub>4</sub> em ruminantes seja com a escolha de forragens de alta qualidade (alta concentração de carboidratos solúveis), de leguminosas contendo metabólitos secundários como taninos. Melhora da nutrição de ruminantes por meio da alimentação com forrageiras de alta qualidade pode resultar em bom desempenho dos animais e na redução da emissão de CH<sub>4</sub> por unidade de consumo de matéria seca e por unidade de produto (Lascano & Cárdenas, 2010).

Uma das possíveis formas de alterar a composição química da forragem é através do uso de fertilização nitrogenada nas pastagens. Em recente simulação, Bannink et al. (2010) observaram que o incremento na fertilização nitrogenada em pastagens compostas por propiciou reduções significativas na emissão de CH<sub>4</sub>. Menores emissões de CH<sub>4</sub> foram atribuídos ao aumento da razão nitrogênio:matéria orgânica. Essa preposição também foi usada por Lovett et al. (2004) para explicar a redução da produção de metano de forragens fertilizadas com níveis crescentes de nitrogênio em sistemas de fermentação *in vitro*.

No entanto, embora a fertilização nitrogenada proporcione mudanças consideráveis na composição da forragem, grande parte dos estudos “*in vivo*” revisados por Peyraud e Astigarraga (1998) não detectaram diferenças significativas para variáveis relacionadas com a produção de CH<sub>4</sub> (consumo, digestibilidade e síntese de proteína microbiana), tanto para animais estabulados, como em pastejo.

Estudos conduzidos na Europa demonstraram que tanto o uso de nitrogênio e o consequente aumento da taxa de lotação, e os respectivos aumentos na emissão de óxido

nitroso ( $N_2O$ ) e metano ( $CH_4$ ), potentes gases de efeito estufa, foram compensados pelo grande influxo de carbono atmosférico para o solo, configurando essas áreas de pastagens como prováveis mitigadoras do efeito estufa (Soussana et al., 2007).

Entretanto, estudos avaliando o efeito da fertilização nitrogenada e a emissão de  $CH_4$  de origem ruminal em pastejo ainda são raros na literatura. Nesse sentido, a hipótese testada nesse estudo foi de que maiores níveis de fertilização nitrogenada propiciam menores emissões de metano, tendo como objetivo esclarecer a relação entre eficiência da produção animal e emissão de  $CH_4$ .

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA – UFRGS), localizada a 30° 05' 22" de latitude sul e 51° 39'08" de longitude oeste, compreendendo a região fisiográfica da Depressão Central e solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (Santos, 2006). O clima da região é considerado subtropical úmido, de acordo com a classificação de Köppen. A pastagem utilizada foi composta por milheto (*Penisetum americanum* L Moench) oriunda de plantio direto sobre palhada de aveia. A adubação de base foi de 300 kg/ha de N-P-K de fórmula 5-20-20. O período experimental ocorreu de fevereiro a abril de 2011, totalizando 70 dias de utilização da pastagem.

Os tratamentos foram níveis de nitrogênio (50; 100; 200 e 400 kg/ha de N) aplicados em dose única via uréia. As unidades experimentais foram constituídas por 12 piquetes com área variando entre 800 m<sup>2</sup> para as doses mais altas de N e 1200m<sup>2</sup> para as doses mais baixas. Foi utilizada uma área adicional de 0,7 ha, também com milheto, para manter os animais reguladores em períodos em que estes não eram utilizados nas unidades experimentais. Como animais testes foram utilizados 36 ovinos machos e

inteiros, da raça Texel provenientes da empresa Cerro Coroado. Os animais foram agrupados pelo peso, sendo este o critério de bloqueamento dos animais. Os pesos médios iniciais foram:  $19,9 \pm 1,7$  kg com idade média de 5 meses. Foram utilizados três animais teste por unidade experimental.

O método de pastejo utilizado foi contínuo com lotação variável (Mott e Lucas, 1952) com a finalidade de determinar estruturas semelhantes entre os tratamentos. A altura da pastagem foi a variável determinante para o ajuste de carga, onde se preconizou 30 cm como a altura ideal para maximizar ganho individual e por área (Castro, 2002). A altura do pasto foi medida utilizando-se um bastão graduado (*Sward stick*), onde um marcador percorre o bastão até tocar alguma superfície foliar do dossel (Barthram, 1985). Este procedimento foi realizado em intervalos de aproximadamente 5 dias em 140 pontos dentro de cada unidade experimental. A massa de forragem (MF) foi estimada através da relação entre altura e massa de forragem dentro de dois quadros de  $0,25\text{m}^2$  por unidade experimental, cortados ao nível do solo em intervalos de aproximadamente 20 dias. Em cada quadro de massa de forragem amostrado, foram realizadas cinco medidas de altura para posterior formação das equações de regressão entre massa de forragem e altura da pastagem. Posteriormente as amostras eram levadas a estufa com circulação de ar forçado, à temperatura de  $60^\circ\text{C}$  por 72 horas, quando foram então pesadas para a determinação da massa de forragem em kg/ha de MS. A taxa de acúmulo de forragem foi realizada em intervalos de 20 dias utilizando-se três gaiolas de exclusão de pastejo por unidade experimental (Klingman et al., 1943), alocadas em pontos representativos da massa de forragem de cada piquete.

Para avaliação qualitativa da pastagem foi utilizada a técnica de simulação de pastejo, realizada durante o período de amostragem de gases. Para a determinação dos componentes qualitativos da pastagem foram utilizadas as seguintes metodologias:

matéria seca (MS) em estufa a 105° C por 12 horas; matéria mineral (MM) por incineração a 550°C; proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl, sendo obtida através do nitrogênio total (NT) x 6,25.

Os animais foram pesados no início do experimento e posteriormente foram realizadas mais duas pesagens ao longo do período experimental. Antes das pesagens foi realizado jejum de sólidos e líquidos de aproximadamente 12 horas. O ganho médio diário de peso (GMD) foi obtido pela diferença entre os pesos final e inicial dos animais-teste, dividida pelo número de dias do período experimental. A carga animal foi obtida pelo somatório dos pesos de todos os animais presentes em cada piquete, dividido pela área de cada um deles, sendo os valores expressos em kg de peso vivo (PV/ha). Obteve-se uma carga média ao se dividir este valor pelo número de dias do período experimental. A carga média dividida pelo peso médio dos animais testes fornece a lotação animal expressa em animais-dia/ha. O ganho de PV/ha foi obtido através do produto da lotação animal/dia/ha pelo GMD dos testes no respectivo período experimental. Dividindo-se o valor obtido no ganho de PV/ha pelo número de dias do período experimental, têm-se o ganho de PV/ha/dia.

Durante o meio do período experimental (30-35 dias) foram realizadas medidas de consumo e digestibilidade e emissões de metano nos animais teste. O consumo e a digestibilidade da matéria orgânica foram estimadas através das suas relações com o conteúdo de nitrogênio das fezes, conforme descrito por David et al. (dados não publicados), utilizando as seguintes equações propostas pelo autor:

$$\text{CMO} = 16,52 + 182,20\text{Nf} - 5,38 \text{FDNf}; P < 0,0001; R^2 = 0,94;$$

$$\text{DMO} = 1,24238 - 106,421/\text{PBf} - 0,000182763 * \text{FDAf}; ; P < 0,0001; R^2 = 0,54$$

Onde: CMO: consumo de matéria orgânica (g/d); NF: nitrogênio fecal (g/d); DMO: digestibilidade da matéria orgânica (g/kg); PBF: proteína bruta fecal; FDAf: fibra em detergente ácido fecal.

Para estas determinações, realizou-se coleta total de fezes por meio de bolsas. As coletas foram realizadas em uma única vez por dia, durante cinco dias consecutivos. Após a coleta no campo, as fezes foram pesadas e retiradas uma sub amostra de 20% do total, e seca em estufa à 60°C por 72 horas, para determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram agrupadas por animal, moídas e encaminhadas para as análises laboratoriais. Fez-se a determinação de matéria seca, matéria orgânica, nitrogênio, FDN, FDA e LDA conforme metodologias descritas anteriormente.

Para quantificação da produção diária de metano ( $\text{CH}_4$ ) foi utilizada a técnica do marcador de hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) (Johnson et al. 1994). Essa técnica é realizada pela dosagem de cada animal com um tubo de liberação controlada de  $\text{SF}_6$ , o qual é calibrado para liberar 1-2 mg de  $\text{SF}_6$  a cada 24h. Assume-se que o padrão de emissão de  $\text{SF}_6$  simule o padrão de emissão de  $\text{CH}_4$ . As cápsulas de permeação foram calibradas em banho-maria a 39°C por aproximadamente 2 meses, posteriormente foram dosadas aos animais 10 dias antes de iniciar o período de coleta de gases.

A coleta de gases foi realizada em dois períodos, sendo o primeiro entre os dias 13/03 a 18/03/2011 e o segundo período entre os dias 22/03 a 27/03/2011, foram utilizados tubos de aço inoxidável com regulador de ingresso ajustado a cabeça do animal. Os tubos foram previamente esvaziados a vácuo e limpos com nitrogênio puro e os reguladores de ingresso foram regulados para um período de amostragem de cinco dias por meio de esferas metálicas (Gere & Gratton, 2010). Assim, uma amostra do ar exalado através da boca e das narinas dos animais, foi coletada por cinco dias (Figura 1).



Figura 1 – Sistema de coleta de gases em ovinos

Adicionalmente, dois tubos foram alocados na área experimental para coleta de ar atmosférico, sendo os valores utilizados como “brancos” para a realização dos cálculos.

Após a coleta foi medida a pressão nos recipientes, estes foram pressurizados com nitrogênio puro e foi medida a pressão final, posteriormente as concentrações do  $\text{CH}_4$  e do  $\text{SF}_6$  foram determinadas usando cromatografia gasosa.

As análises foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Departamento de Solos/UFRGS em cromatógrafo a gás Shimadzu 2014 modelo “Greenhouse” equipado com injetores acoplados a duas válvulas automatizadas, detectores de ionização de chama (para a leitura de metano) e de captura de elétrons (para a leitura do  $\text{SF}_6$ ). A curva padrão foi calibrada utilizando-se padrões nas seguintes concentrações: 30, 100 e 1000 ppt de  $\text{SF}_6$  e 5, 10 e 20 ppm de  $\text{CH}_4$ .

Após as leituras em cromatografia as concentrações de  $\text{CH}_4$  e  $\text{SF}_6$  foram corrigidas para diluição. A partir da taxa conhecida de liberação do  $\text{SF}_6$  no rúmen, das concentrações de  $\text{CH}_4$  e do  $\text{SF}_6$  nas amostras de gás coletadas, o fluxo de metano liberado pelo animal foi calculado em relação ao fluxo de  $\text{SF}_6$  da seguinte forma:

$$QCH_4 = QSF_6 \times ((CH_4 - CH_{4B}) / (SF_6 - SF_{6B}))$$

Onde:

$QCH_4$  é a taxa de emissão de metano em g/dia,

$QSF_6$  é a taxa de liberação do  $SF_6$  da cápsula de permeação

$CH_4$  e  $SF_6$  são as concentrações medidas no tubo coletor

$CH_{4B}$  e  $SF_{6B}$  são as concentrações medidas no tubo coletor “branco”

Para melhor interpretação dos resultados de emissão de metano, os dados referentes às características do pasto e produção animal referem-se ao período onde foram realizadas as coletas de gases. Somente a variável ganho de peso vivo/ ha foi resultado do somatório dos períodos de utilização do pasto.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com três repetições. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e regressão em nível de 5% de significância. Consideraram-se os efeitos de tratamento e bloco nos modelos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de significância. Foram testadas regressões lineares e não lineares, sendo a escolha do melhor modelo definido pelo maior  $R^2$  e nível de significância ( $P < 0,05$ ). Usou-se o pacote estatístico SAS versão 8.02 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2002).

### **Resultados e discussão**

As variáveis massa de forragem, altura do pasto, ganho médio diário de peso, consumo de matéria orgânica, emissão de metano por kg de matéria orgânica consumida e digestibilidade da matéria orgânica não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os níveis de adubação nitrogenada (Tabela 1). As variáveis taxa de acúmulo do pasto, carga animal e ganho de peso vivo/ ha responderam linearmente ( $P < 0,05$ ) as doses de adubação nitrogenada.

Tabela 1– Médias de massa de forragem (MF), altura do pasto (ALT), ganho de peso médio diário (GMD), consumo de matéria orgânica (CMO), emissão de CH<sub>4</sub> por kg de matéria orgânica consumida (CH<sub>4</sub>CMO) e digestibilidade da matéria orgânica (DMO) e equações de regressão para taxa de acúmulo (TA) carga animal (CA) e ganho de peso vivo (GPV).

Variáveis	50	100	200	400	Equação	R <sup>2</sup>	Valor P
MF, kgMS/ ha	1684	2286	1761	2082	$y = 1946 \pm 105,3$	-	0,4823
ALT, cm	19,9	26,5	20,8	24,3	$y = 22,8 \pm 2,15$	-	0,4839
GMD, kg/dia	0,065	0,060	0,063	0,052	$y = 0,06 \pm 007$	-	0,9497
CMO, %PV	3,84	3,94	3,82	3,64	$y = 3,82 \pm 0,15$	-	0,8396
CH <sub>4</sub> CMO, g/kg	17,3	17,4	14,6	15,4	$y = 16,3 \pm 0,89$	-	0,2287
DMO, %	66,8	67,3	67,5	67,7	$y = 67,3 \pm 0,26$	-	0,5767
TA, kg/ha/dia	146	192	216	270	$y = 156,2 + 0,27x$	0,6972	0,0155
CA, kg PV/ha	620	763	841	1228	$y = 594,1 + 1,2x$	0,8191	0,0064
GPV, kg/ha	237	252	296	364	$y = 216,3 + 0,39x$	0,8364	0,0004

No presente estudo os animais emitiram em média 16,2 g CH<sub>4</sub>/kgCMO. Alguns estudos reportam que as pastagens de clima tropical (metabolismo C<sub>4</sub>, com mais fibras e mais lignina), quando comparadas com pastagens de clima temperado (metabolismo C<sub>3</sub>, com menos fibras e menos lignina) produzem maior quantidade de CH<sub>4</sub> (Eckard et al. 2010, Beauchemin et al. 2008), enquanto que leguminosas produzem menos CH<sub>4</sub>, comparado a gramíneas (Archimède et al. 2011).

Archimède et al. (2011) ao realizarem uma meta análise comparando gramíneas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> ao mesmo nível de fibra, digestibilidade e nível de consumo, concluíram que a produção de CH<sub>4</sub> em ruminantes alimentados com espécies C<sub>4</sub> produziram entre 10 - 17% a mais de CH<sub>4</sub>, comparado a espécies C<sub>3</sub>. De acordo com Waghorn et al. (2002), ovinos alimentados com trevo vermelho (*Trifolium pratense*) emitiram 17,7 gCH<sub>4</sub>/kg CMS, enquanto animais alimentados com azevém perene (*Lolium perenne*) emitiram 25,7 gCH<sub>4</sub>/kg CMS. Estes resultados estão associados a diferenças entre as fibras das plantas C<sub>4</sub> e C<sub>3</sub>. As fibras das plantas C<sub>4</sub> são mais lignificadas e são mais resistentes a digestão física e microbiana, comparadas as plantas de ciclo C<sub>3</sub> (Wilson, 1994) e ao

mesmo nível de digestibilidade gramíneas C4 têm maior tempo de retenção no rúmen (Assoumaya, 2007). Essas diferenças no tempo de retenção no rúmen entre gramíneas C4 e C3 podem resultar em diferenças na produção de CH<sub>4</sub>.

A emissão de metano (g/dia/animal) aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento do consumo de matéria orgânica (g/dia/animal) (Figura 2). Segundo a literatura o nível de consumo, além do tipo de carboidrato na dieta (Johnson & Johnson, 1995), proporção forragem:concentrado, espécie forrageira e qualidade da forragem (Shibata & Terada, 2010) influenciam a emissão de metano. Blaxter & Clapperton (1965) determinaram o efeito da quantidade e do tipo da dieta na produção de metano em ovinos e bovinos e observaram que a produção de metano pode ser modificada por variações em digestibilidade e nível alimentar. Hegarty (2001) ao trabalhar com ovinos recebendo dietas com diferentes digestibilidades observou que dietas de melhor qualidade propiciaram maior consumo e maior produção de metano diário. Entretanto, a emissão de metano em relação ao consumo de energia digestível e por quilo de ganho de peso vivo (g metano/ kg de ganho de PV) diminuíram com o aumento da digestibilidade, indicando maior retenção de energia.

Quando o consumo diário de matéria seca aumenta, as produções de metano geralmente aumentam também (Shibata et al. 1992, Kebreab et al. 2010). Essas relações podem ser observadas no presente estudo (Figura 2), onde a medida que o consumo de MO aumentou, as emissões de CH<sub>4</sub> aumentaram linearmente.

O maior efeito do nível de consumo sobre a produção de metano é explicado pela taxa de passagem do alimento pelo rúmen (Owens & Goetsch, 1986). Segundo Moss et al. (2000) e Pinares-Patino et al. (2003), espera-se menor produção de metano quando o tempo de retenção do alimento no rúmen é reduzido.

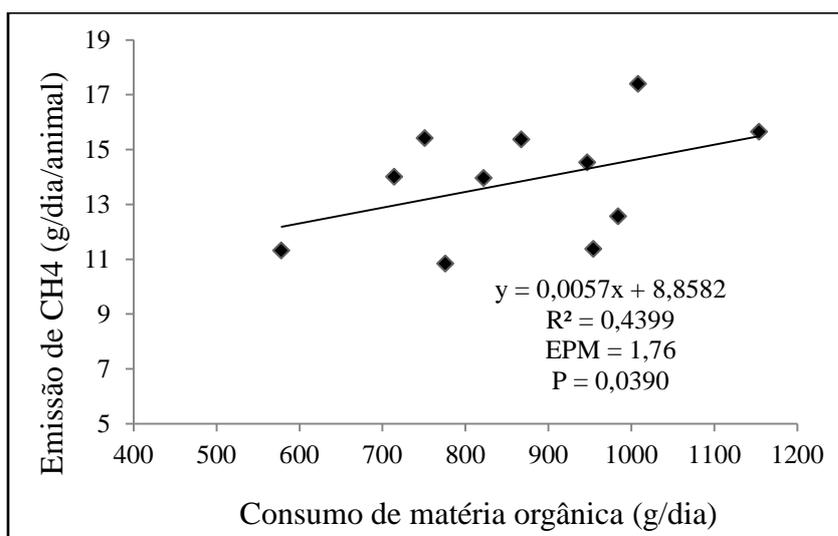


Figura 2 - Relação entre o consumo de matéria orgânica (g/dia/animal) e emissão de metano ruminal (g/dia/animal) por ovinos em pastagem de milheto.

A emissão de CH<sub>4</sub>, expressa em valores absolutos (g/dia/animal) decresceu linearmente com o aumento da adubação nitrogenada (Figura 3), corroborando com a literatura. A produção de metano tende a decrescer quando aumenta o conteúdo de proteína do alimento, e aumenta quando o conteúdo de fibra da dieta aumenta. (Shibata et al. 1992; Johnson & Johnson, 1995;). No presente estudo o conteúdo de proteína bruta do pasto foi de 23,4; 26,2; 28,0 e 29,4% nas doses 50;100; 200 e 400 kgN/ha, respectivamente. Isso indica que as condições ruminais que promovem o crescimento microbiano e produção de propionato levam a uma redução das emissões de metano.

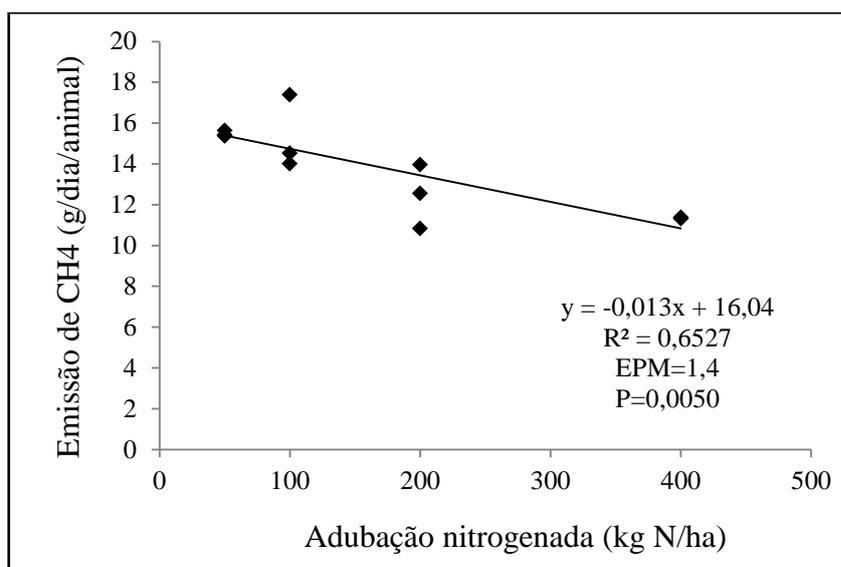


Figura 3 - Relação entre a adubação nitrogenada e emissão de metano ruminal (g/dia/animal) por ovinos em pastagem de milho.

Quando as emissões de CH<sub>4</sub> são expressas por área (Figura 4), verifica-se um aumento linear de acordo com os níveis de adubação. Isso justifica-se pela maior taxa de lotação animal ou seja, maior número de animais por área que pastos adubados com nitrogênio suportam. Embora as emissões por área sejam aumentadas, quando expressas por ganho de peso vivo diário (g/kg/ha dia) há um decréscimo nas emissões de metano com o maior ganho de peso médio diário (Figura 5). Allard et al.(2007) concluem que a redução no uso de fertilização e menor pressão de pastejo reduzem as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O por unidade de área.

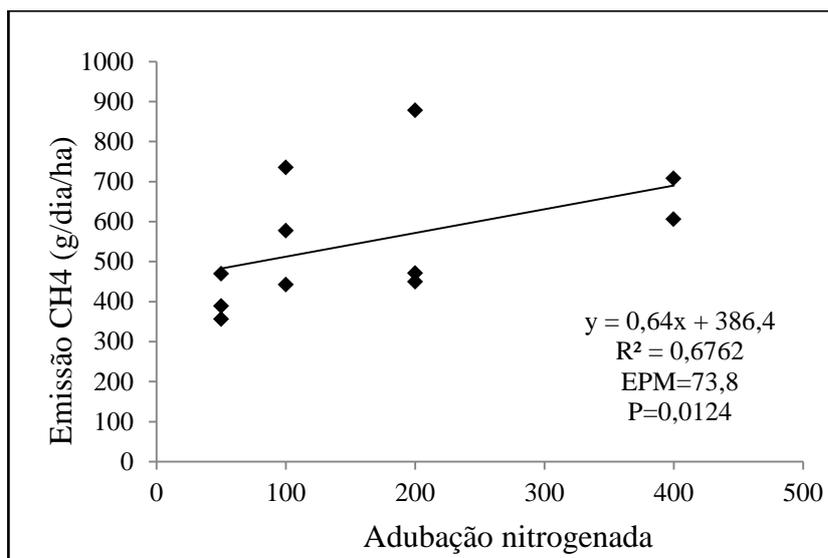


Figura 4 – Relação entre a adubação nitrogenada e emissão de metano ruminal por área (g/dia/ha) por ovinos em pastagem de milheto.

A emissão de metano por ganho de peso vivo diário (g/kg/ha dia) decresceu ( $P < 0,05$ ) com o maior ganho de peso médio diário (Figura 5). Kurihara et al. (1998) apresentaram dados que evidenciam que a emissão de metano ( $\text{gCH}_4/\text{kg GPV}$ ) varia com o ganho de peso vivo e isso está relacionado com a qualidade da dieta e eficiência de engorda. O presente estudo corrobora como literatura, pois as emissões de metano diminuíram quando o ganho de peso médio diário são maiores. Desta forma, o aumento na eficiência na produção animal resulta em menores relações de metano / ganho de peso; sendo que esse melhor aproveitamento da energia do alimento pode gerar uma redução na emissão individual de metano.

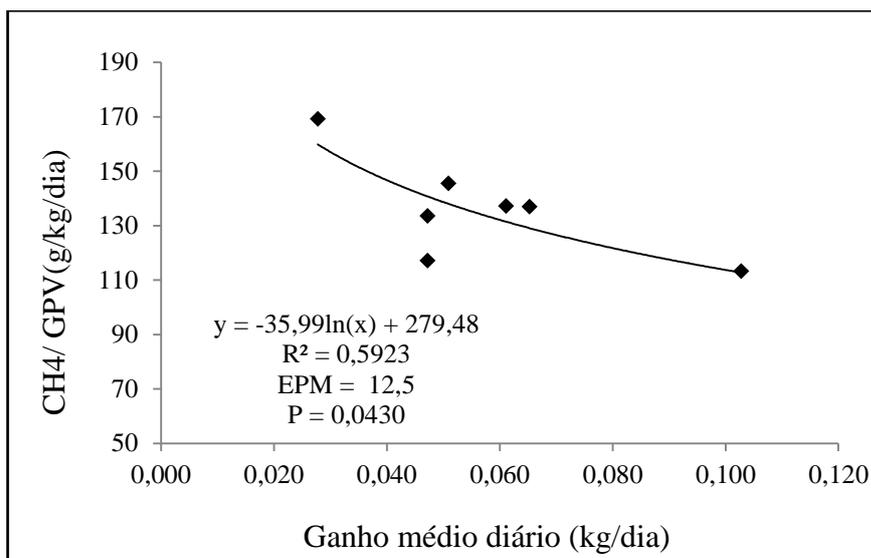


Figura 5 - Relação entre o ganho de peso médio diário (GMD) e emissão de metano ruminal por ganho de peso vivo (g/kg/dia) por ovinos em pastagem de milheto.

### Conclusões

A adubação nitrogenada afeta as emissões de metano por ruminantes em pastejo. O aumento na adubação nitrogenada diminui a emissão de metano ruminal por animal, porém aumenta a emissão por área em consequência da maior taxa de lotação em altos níveis de adubação. As emissões de metano diminuem quando o ganho de peso médio diário aumenta, pois pastos de melhor qualidade que proporcionam maior desempenho individual, aumentando assim a produtividade, tem potencial mitigador das emissões de metano.

### Literatura citada

- ALLARD, A.; SOUSSANA, J.F.; FALCIMAGNE, A.R.; et al. The role of grazing management for the net biome productivity and greenhouse gas budget (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub>) of semi-natural grassland. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.121, p. 47–58, 2007.
- ARCHIMÈDE, H.; EUGÈNEB, M.; MAGDELEINEA, C.M.; BOVAL, M.; MARTIN, C.; MORGAVI, D.P.; LECOMTEC, P.; DOREAU, M. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Animal Feed Science and Technology*, v.166–167, p. 59–64, 2011.
- ASSOUMAYA, C., SAUVANT, D., ARCHIMÈDE, H., 2007. Etude comparative de l'ingestion et de la digestion des fourrages tropicaux et tempérés. *INRA Prod. Anim.*20, 383–392.
- BANNINK, A., SMITS, M.C.J., KEBREAB, E., MILLS, J.A.N., ELLIS, J.L., KLOP, A., FRANCE, J., DIJKSTRA, J. Simulating the effects of grassland management and grass ensiling on methane emission from lactating cows. **Journal of Agricultural Science**, 148, pp. 55-72, 2010.
- BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: . **The Hill Farming Research Organization/Biennial Report**. Penicuik: HFRO, p.29-30, 1985.
- BEAUCHEMIN, K.A., KREUZER, M., O'MARA, F., MCALLISTER, T.A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Aust. J. Ep. Agric.** v.48, p. 21–27, 2008.
- BELLARBY J, FOEREID B, HASTINGS A AND SMITH P. Cool farming: climate impacts of agriculture and mitigation potential. Greenpeace International, Amsterdam, The Netherlands, 2008.
- BLAXTER, K. L. AND CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **Br. Jr. Nutr.**, v.19, 511, 1965.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**: informações gerais e valores preliminares. Brasília: MCT, 2009.
- CAIT, 2010. Climate Analysis Indicator Tool. World Research Institute. Washington DC, USA. [www.cait.wri.org/](http://www.cait.wri.org/).
- CASTRO, C.C.R. Relações planta-animal em pastagem de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke.) manejada em diferentes alturas com ovinos. 2002. 185f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- De VRIES, M. F. W. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. **Journal of Range Management**, Denver, v. 48, p. 370-375, 1995.
- ECKARD, R.J GRAINGER. C.; KLEIN, C.A.M. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. **Livestock Science**, v.130, p. 47–56, 2010.

- FAO, 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- GERE J., GRATTON, R. Simple, low-cost flow controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications. **Latin American Applied Research**. 40: 377-381, 2010.
- HEGARTY, R. S. Strategies for mitigating methane emissions from livestock-Australian options and opportunities. **In: Greenhouse Gases and Animal Agriculture 2001**, Anais. Obihiro, Hokkaido, Japão. p. 31-34, 2001.
- HODGSON, J. Sward conditions, herbage allowance and animal production: an evaluation of research results. **Proceedings** of New Zealand Society of Animal Production, Wellington, v.44, p.99-104, 1984.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, 1996. Disponível on-line: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>. Acessado em 20 de Agosto de 2011.
- JOHNSON, K., HUYLER, MI, WESTBERG, H., LAMB, B., ZIMMERMAN, P., Measurements of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique. **Environ. Sci. Technol.** 28, 359-362, 1994.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E.. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2483-2492. 1995.
- KLINGMAN, D.L.; MILES, S.R.; MOTT, G.O. The cage method for determining consumption and yield of pasture herbage. **Journal of the Animal Society of Agricultural**, Ontario, v.35, p.739-746, 1943.
- KEBREAB, E.; STRATHE, A.; FADEL, J.; MORAES, L.;FRANCE, J. Impact of dietary manipulation on nutrient flows and greenhouse gas emissions in cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p. 458-464, 2010 (supl. Especial).
- KURIHARA, M., MAGNER, T., HUNTER, R.A., MCCRABB, G.J., Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**. v.81, p.227-234, 1999.
- LASCANO, C.E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.175-182, 2010 (supl. Especial).
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.57, p.347-358, 1996.
- LOVETT, D.K., BORTOLOZZO, A., CONAGHAN, P., O'KIELY, P., O'MARA, F.P. *In vitro* total and methane gas production as influenced by rate of nitrogen application, season of harvest and perennial ryegrass cultivar. **Grass and Forage Science**, 59, pp. 227-232, 2004.
- MOSS A.R.; GIVENS D.I.; GARNSWORTHY P.C., The effect of supplementing grass silage with barley on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep at two levels of intake, **Animal Feed Science and Technology**. v.55, p. 9-33, 1995.

- MOSS, A.R.; JOUANY, J.P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Ann. Zootech.** v.49, p. 231–253, 2000.
- MOTT, G.O., LUCAS, H.L. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improve pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania, 1952. p.1380–1385.
- O'MARA, F.P. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. **Animal Feed Science and Technology.** V 166-167, p 7-15, 2011.
- OWENS, F.N. & GOETSCH, A.L. Digesta passage and microbial protein synthesis. In: Milligan L.P., Grovum W.L., Dobson A. (Eds.), *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, p. 196–226, 1986.
- PEYRAUD, J.L., ASTIGARRAGA, L. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. **Animal Feed Science and Technology**, 72, pp. 235-259, 1998.
- PINARES-PATIÑO, C.S., ULYATT, M.J., LASSEY, K.R., BARRY, T.N., HOLMES, C.W. Rumen function and digestion parameters associated with differences between sheep in methane emissions when fed chaffed lucerne hay. **Journal of Agricultural Science**, v.140, 205–214, 2003.
- RAMÍREZ-RESTREPO, C.A., BARRY, T.N., MARRINER, A., LÓPEZ-VILLALOBOS, N., MCWILLIAM, E.L., LASSEY, K.R., CLARK, H. Effects of grazing willow fodder blocks upon methane production and blood composition in young sheep. **Animal Feed Science and Technology**, 155, pp. 33-43, 2010.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (eds.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SHIBATA M, TERADA F, Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. **Animal Science Journal.** v.81, 2–10, 2010.
- SHIBATA M, TERADA F, IWASAKI K, KURIHARA M, NISHIDA T. Methane production in heifers, sheep and goats consuming diets of various hay-concentrate ratios. **Journal Animal Science and Technology**, v.63, p.1221–1227, 1992.
- SOUSSANA, J. F.; ALLARD, V.; PILEGAARD, K. et al. Full accounting of the greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) budget of nine European grassland sites. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121, 121-134, 2007.
- Statistical Analysis System - SAS. SAS/STAT user's guide: statistics, Version 8.02. Cary, North Carolina, 2001. v.1, p.890. v.2, 1686p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Analysis of forages and fibrous foods - a laboratory manual for animal science. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.
- WAGHORN, G.C., TAVENDALE, M.H., WOODFIELD, D.R., Methanogenesis from forages fed to sheep. **Proceedings...** NZ Grassland Assoc. 64, 167–171, 2002.

WILSON, J.R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants  
**Journal of Agricultural Science**, v. 122, p. 173–182. 1994.

## CAPÍTULO V

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O capítulo II serviu como suporte aos demais estudos realizados nos capítulos subseqüentes, pois observou-se nos resultados que a metodologia que utiliza como marcador a Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE<sup>®</sup>) não apresentou acurácia ao estimar a produção fecal por ruminantes. Em consequência o consumo estimado a partir destes valores de produção fecal não condiz com o consumo observado. A partir destes resultados buscou-se uma alternativa para estimar o consumo de forragem por ovinos, sendo que a metodologia que utiliza o nitrogênio (N) fecal foi mais acurada, comparado à LIPE<sup>®</sup>. Entretanto, é necessário o uso de outros marcadores, pois a metodologia do N fecal apresenta algumas desvantagens que podem inviabilizar seu uso em ensaios com animais de grande porte (e.g. bovinos) ou fêmeas.

O capítulo III estudou como as estratégias de intervenção antrópica, como os métodos de pastoreio e intensidades de pastejo contrastantes, modificam a estrutura do dossel e em consequência modificam as estratégias de preensão de pasto pelos animais. É possível concluir que a maioria das variáveis estudadas são modificadas pela intensidade de pastejo, onde maior oferta de forragem beneficia o sistema produtivo.

Segundo Hodgson (1990), o desempenho individual dos animais

melhora progressivamente com o aumento do consumo de um alimento, até atingir o limite genético de desempenho animal. Essa relação é apresentada no capítulo III, onde a medida que o CMO aumenta, o GMD aumenta linearmente, enquanto que a eficiência de utilização tem resposta quadrática, atingindo o valor máximo com 792 g/dia de CMO.

A eficiência de conversão dos nutrientes consumidos em produto animal aumenta ao mesmo tempo em que o GMD aumenta, particularmente em animais em crescimento, pois a proporção do consumo total de nutrientes necessários para manter as funções corporais declina progressivamente com o aumento do consumo total.

O capítulo III não responde as relações entre o consumo de forragem e o comportamento ingestivo dos animais, são necessários estudos mais aprofundados no que diz respeito ao comportamento animal (e.g. deslocamento, busca por alimento, tempo de pastejo, seletividade etc.).

O capítulo IV tratou das emissões de metano de origem ruminal, porém é possível fazer conclusões apenas acerca dos animais. Os resultados gerados contribuem para conhecermos o sistema pastoril e contribuir com banco de dados para posteriores Inventários Brasileiros de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa.

O Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência (Lima et al., 2006) estimou as emissões de metano provenientes do total de efetivos da pecuária no período 1986. O inventário ressalta a necessidade de se efetuar estimativas das emissões de metano em maior detalhe, estratificando-se as categorias e

subpopulações de animais em função dos sistemas de produção praticados nas diferentes regiões do país.

Outro aspecto que deve ser considerado são as emissões de óxido nitroso gerado no solo pela decomposição da urina, fezes e pelas adubações nitrogenadas, pois este gás também tem efeito positivo sobre o aquecimento global. Por fim, é necessário avançar nos estudos nesta temática, apresentando os resultados em termos de balanço de carbono, pois o sistema pastoril é reconhecido pela possibilidade mitigadora dos GEE, por meio do sequestro de carbono realizado pelo acúmulo de matéria orgânica no solo, que pode neutralizar as emissões negativas dos demais gases.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLDEN, W. G.; WHITTAKER, A. M. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal Agricultural Research**, Collingwood, v. 21, n. 5, p. 755, 1970.
- ARMSTRONG, R. H.; ROBERTSON, E.; HUNTER, E. A. The effect of sward height and its direction of change on herbage intake, diet selection and performance onweaned lambs grazing ryegrass swards. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 50, p. 389–398, 1995.
- AZEVEDO, E. B. **Consumo e utilização de nutrientes por ovinos em pastagem de azevém anual**. 2011. 175 f. Tese (Doutorado) – Programade Pós-Graduação de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- BARBOSA, C. M. P. et al. Terminação de cordeiros em pastagens de azevém anual manejadas em diferentes intensidades e métodos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1953-1960, 2007. (Suplemento).
- BELLARBY, J. et al. **Cool farming**: climate impacts of agriculture and mitigation potential. Amsterdam: Greenpeace International, 2008. 43 p.
- BOVAL, M. et al. Evaluation of faecal indicators to predict digestibility and voluntary intake of *Dichanthium spp.* by cattle. **Annales de Zootechnie**, Les Ulis, v. 45, p. 121-134, 1996.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**: informações gerais e valores preliminares. Brasília: MCT, 2009.
- BRISKE, D. D. et al. Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. **Rangeland Ecology & Management**, Wheat Ridge, v. 61, p. 3–17, 2008.
- CANGIANO, C.A. **Conpast 3.0**: programa de computación para la estimación del consumo de bovinos en pastoreo. Balcarce: INTA, 1999. 228 p.
- CARVALHO, P.C.F.; CANTO, M.W.; MORAES, A. Fontes de perdas de

forragem sob pastejo: forragens e perde? In: PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; FONSECA, D.M. et al. (Eds.). II SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2, 2004, Viçosa. **Anais...**Viçosa, Suprema Gráfica e Editora Ltda. 2004. p.387-418.

CARVALHO, P. C. F.; PRACHE, S.; DAMACENO, J. C. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: JÚNIOR, A. M. P. (Ed.). **Mecânica e processo de ingestão de forragem em pastejo**. Porto Alegre: SBZ, 1999. p. 253-268.

CARVALHO, P. C. F. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: PEDREIRA, C. G. S.; SILVA, S. C. (Ed.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 853-871.

CARVALHO, P. C. F. **Relações entre a estrutura da pastagem e o processo de pastejo com ovinos**. 1997. 150 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1997.

CARVALHO, P. C. F. et al. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. In: GOTCHALL, C. S.; SILVA, J. L. S.; RODRIGUES, N. C. (Org.). **Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de novas tecnologias**. Canoas: Editora da ULBRA, 2005. p. 7-44.

CARVALHO, P. C. F. et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 151-170, 2007.

CARVALHO, P. C. F. et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: Compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 109 - 122, 2009.

CARVALHO, P. C. F. et al. Do bocado ao sitio de pastejo: manejo em 3D para compatibilizar a estrutura do pasto e o processo de pastejo. In: SIMPOSIO, 7., CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 3., 2009, Lavras. **Anais...** Lavras, MG, 2009a. v. 1, p. 116-137.

CARVALHO, P. C. F. et al. Estudo do consumo de forragem pelo animal em pastejo e seu impacto na produção de ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 3., 2011, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga, 2011. v. 1, p. 212-228.

CAIT. **Climate Analysis Indicator Tool**. Washington: World Research Institute, 2010. Disponível em: <<http://www.cait.wri.org/>>. Acesso em: 25 jul. 2011.

COATES, D. B.; PENNING, P. Measuring animal performance. In: MANNETJE,

L.; JONES, R. M. (Ed.). **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CAB, 2000. p. 353-402.

DAVIES, H. L.; SOUTHEY, I. N. Effects of grazing management and stocking rate on pasture production, ewe liveweight, ewe fertility and lamb growth on subterranean clover-based pasture in Western Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v. 41, p. 161–168, 2001.

DERNER, J. D. et al. Long-term cattle gain responses to stocking rate and grazing systems in northern mixed-grass prairie. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 117, p. 60–69, 2008.

DOVE, H.; MAYES, R. W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 42, p. 913-952, 1991.

FAO. **Livestock's long shadow**: environmental issues and options. Rome: Food and Agriculture Organization, 2006. 416 p.

FERREIRA, M. A. et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 8, p.1568-1573, 2009.

GARCIA, F. et al. The ability of sheep at different stocking rates to maintain the quality and quantity of their diet during the grazing season. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 140, p.113–124, 2003.

GERE, J. I.; GRATTON, R. Simple, low-cost flow controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications. **Latin American Applied Research**, Bahía Blanca, v. 40, p. 377-381, 2010.

HATFIELD, P. G. et al. The effects of different methods of estimating fecal output on plasma cortisol, fecal output, forage intake, and weight change in free-ranging and confined wethers. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 618-624, 1993.

HODGSON, J. **Grazing management**: science into practice. New York: John Wiley; Longman Scientific and Technical, 1990, 203 p.

JOHNSON, K. A. et al. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF<sub>6</sub> tracer technique. **Environmental Science and Technology**, Iowa, v. 28, n. 2, p. 359-362, 1994.

JOHNSON, K. A. et al. The sf<sub>6</sub> tracer technique: methane measurement from ruminants. In: MAKKAR, H. P. S.; VERCOE, P. E. (Ed.). **Measuring methane production from ruminants**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 33–67.

LACA, E. A. et al. Allometry and spatial scales of foraging in mammalian

herbívoros. **Ecology Letters**, Oxford, v. 13, p. 311-320, 2010.

LANCASTER, R. J. Estimation of digestibility of grazed pasture from faeces nitrogen. **Nature**, London, v. 163, p. 330–331, 1949.

LASSEY, K. R. et al. On the performance of SF6 permeation tubes used in determining methane emission rates from grazing livestock. **Chemosphere - Global Change Science**, Oxford, v. 3, p. 367–376, 2001.

LIMA, M. A et al. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**: relatórios de referência: emissões de metano da pecuária. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006.

MARLEY, C. L. et al. Effects of continuous or rotational grazing of two perennial ryegrass varieties on the chemical composition of the herbage and the performance of finishing lambs. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 62, p. 255–264, 2007.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JUNIOR., G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450-493

MOLLE, G. et al. An update on the nutrition of dairy sheep grazing Mediterranean pastures. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 77, p. 93–112, 2008.

MORAES, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; PILO-VELOSO, D. Studies of *Eucalyptus grandis* lignin. part 1: estimation of lignin and polyphenols contents in *Eucalyptus grandis* by infrared spectroscopy. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 2, p. 129-131, 1991.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; PILO-VELOSO, D. Determinação do grau de condensação e do número de grupos metoxila por unidade monomérica de ligninas do *Eucalyptus grandis* por espectroscopia FTIR. **Química Nova**, São Paulo, v. 17, p. 5-8, 1994.

MORAES, S. A. et al. Validação do LIPE® como indicador externo de estimativa da produção fecal e digestibilidade em caprinos alimentados com subproduto de urucum. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, 2010. 1 CD ROM.

NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F. Ecofisiologia de Sistemas Pastorais: Aplicaciones para su Sustentabilidad. **Agrociencia**, Montevideo, v. 13, n. 3, p. 18-27, 2009.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and Internal Markers for Appraising Site and Extent of Digestion in Ruminants. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, 1992.

PAULINO, V. T.; TEIXEIRA, E. M. L. **Sustentabilidade de pastagens**: manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 2009. 16 p.

PEDREIRA, M. S.; PRIMAVESI, O. Atuações zootécnicas para a adequação ambiental na bovinocultura. In: ZOOTEC, 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2008. p. 1-14.

PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L.; OTANI, L. O processo de produção em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. 1 CD-ROM.

PENNING, P. D. Animal-based techniques for estimating herbage intake. In: PENNING, P.D. (Ed.). **Herbage intake handbook**. 2. ed. Reading: British Grassland Society, 2004. p. 53-93.

PERIPOLLI, V. et al. Fecal nitrogen to estimate intake and digestibility in grazing ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 163, p. 170–176, 2011.

PINARES-PATIÑO, C. S. et al. Extending the collection length of breath samples for methane emission estimation using the SF6 tracer technique. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2010, Banff. **Proceedings...** Banff, Canadá, 2010. p. 49.

PINARES-PATIÑO, C. S. et al. The SF6 tracer technique for measurements of methane emission from cattle effect of tracer permeation rate. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 88, p. 309 - 320, 2008.

PINARES-PATIÑO, C. S.; BAUMONT, R.; MARTIN, C. Methane emissions by Charolais cows grazing a monospecific pasture of timothy at four stages of maturity. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, p. 769–77, 2003.

PRACHE, S.; PEYRAUD, J. Foraging behaviour and intake in temperate cultivated grasslands. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2001. p. 309-319.

PRACHE, S.; GORDON, I. J.; ROOK, A. J. Foraging behaviour and diet selection indomestic herbivores. **Annales de Zootechnie**, Les Ulis, v. 47, p. 335-345, 1998.

RODRÍGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2006. p. 268-288.

ROOK, A. J. et al. Bite dimensions and grazing movements by sheep and cattle grazing homogeneous perennial ryegrass sward. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 88, p. 227–242, 2004.

ROOK, A. J. Principles of foraging and grazing behaviour. In: HOPKINS, A. (Ed.). **Grass, its production and utilization**. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 229-246.

SALIBA, E. O. S. **Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais**. 1998. 251 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.

SALIBA, E. O. S. et al. Utilization of purified lignin extracted from *Eucalyptus grandis* (PELI), used as an external marker in digestibility trials in various animal species. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9., 2003, Porto Alegre. **Proceedings**... Porto Alegre, 2003a. p.25-38.

SALIBA, E. O. S. et al. Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica da coleta total com lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de Tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais**... Santa Maria, SBZ, 2003b. 1 CD-ROM.

SCARNECCHIA, D. L.; KOTHMANN, M. M. A dynamic approach to grazing management terminology. **Journal of Range Management**, Wheat Ridge, v. 35, p. 262-264, 1982.

SILVA, J. J. et al. Indicadores para estimativa de consumo total por novilhas holandês x zebu mantidas em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 3, p. 838-848, jul./set. 2010.

VLAMING, J. B.; CLARK, H.; VILLALOBOS, N. L. The effect of SF6 release rate, animal species and feeding conditions on estimates of methane emissions from ruminants **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, Hamilton, v. 65, p. 3-8. 2005.

WADE, M.; CARVALHO, P. C. F. Patterns of defoliation and herbage intake on pastures. In: HODGSON, J. et al. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 233-248.

WESTBERG, H. H. et al. A SF6 tracer technique: methane measurement from ruminants. Pullman-Washington: Washington State University, 1998. 40 p. (Relatório).

## **7. APÊNDICES**

## Apêndice 1- Normas em que foram redigidos os Capítulos da Tese

### Normas para preparação de trabalhos científicos para publicação na Revista Brasileira de Zootecnia

#### Instruções gerais

A RBZ publica artigos científicos originais nas áreas de Aquicultura; Forragicultura; Melhoramento, Genética e Reprodução; Monogástricos; Ruminantes; e Sistemas de Produção Animal e Agronegócio. A RBZ poderá publicar, a convite, artigos de revisão de assuntos de interesse e relevância para a comunidade científica.

O envio dos manuscritos é feito exclusivamente pelo site da SBZ (<http://www.sbz.org.br>), link Revista, juntamente com a carta de encaminhamento, conforme instruções no link "Envie seu manuscrito".

O texto deve ser elaborado segundo as normas da RBZ e orientações disponíveis no link "Instruções aos autores".

O pagamento da taxa de tramitação (pré-requisito para emissão do número de protocolo), no valor de R\$ 45,00 (quarenta e cinco reais), deve ser realizado por meio de boleto bancário, disponível no site da SBZ.

A taxa de publicação para 2010 é diferenciada para associados e não-associados da SBZ. Para associados, a taxa é de R\$ 140,00 (até 8 páginas no formato final) e R\$ 50,00 para cada página excedente. Uma vez aprovado o manuscrito, todos os autores devem estar em dia com a anuidade da SBZ do ano corrente, exceto coautor que não milita na área, desde que não seja o primeiro autor e que não publique mais de um artigo no ano corrente (reincidência). Para não-associados, serão cobrados R\$ 110,00 por página (até 8 páginas no formato final) e R\$ 220,00 para cada página excedente.

No processo de publicação, os artigos são avaliados por revisores *ad hoc* indicados pelo Conselho Científico, composto por profissionais qualificados na área e coordenados pelo Conselho Editorial da RBZ. A política editorial da RBZ consiste em manter o alto padrão científico das publicações, por intermédio de colaboradores de elevado nível técnico. O Editor-Chefe e o Conselho Científico, em casos especiais, têm autonomia para decidir sobre a publicação do artigo.

**Idioma:** português ou inglês

#### Formatação de texto

O texto deve ser digitado em fonte Times New Roman 12, espaço duplo (exceto Resumo, Abstract e Tabelas, que devem ser elaborados em espaço 1,5), margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5; 2,5; 3,5; e 2,5 cm, respectivamente.

O manuscrito pode conter até 25 páginas. As linhas devem ser numeradas da seguinte forma: Menu ARQUIVO/ CONFIGURAR PÁGINA/LAYOUT/NÚMEROS DE LINHA.../ NUMERAR LINHAS e a paginação deve ser contínua, em algarismos arábicos, centralizada no rodapé.

#### Estrutura do artigo

O artigo deve ser dividido em seções com título centralizado, em negrito, na seguinte ordem: Resumo, Abstract, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos (opcional) e Referências.

Não são aceitos subtítulos. Os parágrafos devem iniciar a 1,0 cm da margem esquerda.

#### Título

Deve ser preciso, sucinto e informativo, com 20 palavras no máximo. Digitá-lo em negrito e centralizado, segundo o exemplo: **Valor nutritivo da cana-de-açúcar para bovinos em crescimento**. Deve apresentar a chamada "1" somente quando a pesquisa foi financiada. Não citar "parte da tese..."

#### Autores

A RBZ permite até **oito autores**. A primeira letra de cada nome/sobrenome deve ser maiúscula (Ex.: Anacleto José Benevenuto). Não listá-los apenas com as iniciais e o último sobrenome (Ex.: A.J. Benevenuto).

Digitar o nome dos autores separados por vírgula, centralizado e em negrito, com chamadas de rodapé numeradas e em sobrescrito, indicando apenas a instituição à qual estavam vinculados à época de realização da pesquisa (instituição de origem), e não a atual. Não citar vínculo empregatício, profissão e titulação dos autores. Informar o endereço eletrônico somente do responsável pelo artigo.

#### Resumo

Deve conter no máximo 1.800 caracteres com espaços. As informações do resumo devem ser precisas e informativas. Resumos extensos serão devolvidos para adequação às normas.

Deve sumarizar objetivos, material e métodos, resultados e conclusões. Não deve conter introdução. Referências bibliográficas nunca devem ser citadas no resumo.

O texto deve ser justificado e digitado em parágrafo único e espaço 1,5, começando por RESUMO, iniciado a 1,0 cm da margem esquerda.

#### Abstract

Deve aparecer obrigatoriamente na segunda página e ser redigido em inglês científico, evitando-se traduções de aplicativos comerciais.

O texto deve ser justificado e digitado em espaço 1,5, começando por ABSTRACT, em parágrafo único, iniciado a 1,0 cm da margem esquerda.

#### Palavras-chave e Key Words

Apresentar até seis (6) palavras-chave e key words imediatamente após o resumo e abstract, respectivamente, em ordem alfabética. Devem ser elaboradas de modo que o trabalho seja rapidamente resgatado nas pesquisas bibliográficas. Não podem ser retiradas do título do artigo. Digitá-las em letras minúsculas, com alinhamento justificado e separadas por vírgulas. Não devem conter ponto-final.

#### Introdução

Deve conter no máximo 2.500 caracteres com espaços, resumindo a contextualização breve do assunto, as justificativas para a realização da pesquisa e os objetivos do trabalho. Evitar discussão da literatura na introdução. A comparação de hipóteses e resultados deve ser feita na discussão.

## Apêndice 1. (continuação) Normas em que foi escrito os Capítulos da Tese

Trabalhos com introdução extensa serão devolvidos para adequação às normas.

### Material e Métodos

Se for pertinente, descrever no início da seção que o trabalho foi conduzido de acordo com as normas éticas e aprovado pela Comissão de Ética e Biosegurança da instituição.

Descrição clara e com referência específica original para todos os procedimentos biológicos, analíticos e estatísticos. Todas as modificações de procedimentos devem ser explicadas.

### Resultados e Discussão

Os resultados devem ser combinados com discussão. Dados suficientes, todos com algum índice de variação, devem ser apresentados para permitir ao leitor a interpretação dos resultados do experimento. A discussão deve interpretar clara e concisamente os resultados e integrar resultados de literatura com os da pesquisa para proporcionar ao leitor uma base ampla na qual possa aceitar ou rejeitar as hipóteses testadas.

Evitar parágrafos soltos e citações pouco relacionadas ao assunto.

### Conclusões

Devem ser redigidas no presente do indicativo, em parágrafo único e conter no máximo 1.000 caracteres com espaço.

Não devem ser repetição de resultados. Devem ser dirigidas aos leitores que não são necessariamente profissionais ligados à ciência animal. Devem resumir claramente, sem abreviações ou citações, o que os resultados da pesquisa concluem para a ciência animal.

### Agradecimentos

Esta seção é opcional. Deve iniciar logo após as Conclusões.

### Abreviaturas, símbolos e unidades

Abreviaturas, símbolos e unidades devem ser listados conforme indicado na página da RBZ, link "Instruções aos autores", "Abreviaturas".

Deve-se evitar o uso de abreviações não-consagradas, como por exemplo: "o T3 foi maior que o T4, que não diferiu do T5 e do T6". Este tipo de redação é muito cômoda para o autor, mas é de difícil compreensão para o leitor.

### Tabelas e Figuras

É imprescindível que todas as tabelas sejam digitadas segundo menu do Word "Inserir Tabela", em células distintas (não serão aceitas tabelas com valores separados pelo recurso ENTER ou coladas como figura). Tabelas e figuras enviadas fora de normas serão devolvidas para adequação.

Devem ser numeradas sequencialmente em algarismos arábicos e apresentadas logo após a chamada no texto.

O título das tabelas e figuras deve ser curto e informativo, evitando a descrição das variáveis constantes no corpo da tabela.

Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas e unidades entre parênteses.

Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas, que deve ser referenciada.

As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

As figuras devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw (extensão CDR), para possibilitar a edição e possíveis correções.

Usar linhas com no mínimo 3/4 ponto de espessura.

As figuras deverão ser exclusivamente monocromáticas.

Não usar negrito nas figuras.

Os números decimais apresentados no interior das tabelas e figuras devem conter vírgula, e não ponto.

### Citações no texto

As citações de autores no texto são em letras minúsculas, seguidas do ano de publicação. Quando houver dois autores, usar & (e comercial) e, no caso de três ou mais autores, citar apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al.

### Comunicação pessoal (ABNT-NBR 10520).

Não fazem parte da lista de referências, por isso são colocadas apenas em nota de rodapé. Coloca-se o sobrenome do autor seguido da expressão "comunicação pessoal", a data da comunicação, o nome, estado e país da instituição à qual o autor é vinculado.

### Referências

Baseia-se na Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR 6023).

As referências devem ser redigidas em página separada e ordenadas alfabeticamente pelo(s) sobrenome(s) do(s) autor(es).

Digitá-las em espaço simples, alinhamento justificado e recuo até a terceira letra a partir da segunda linha da referência. Para formatá-las, siga as seguintes instruções:

No menu FORMATAR, escolha a opção PARÁGRAFO... RECUO ESPECIAL, opção DESLOCAMENTO... 0,6 cm.

Em obras com dois e três autores, mencionam-se os autores separados por ponto-e-vírgula e, naquelas com mais de três autores, os três primeiros vêm seguidos de et al. As iniciais dos autores não podem conter espaços. O termo et al. não deve ser italizado nem precedido de vírgula.

Indica(m)-se o(s) autor(es) com entrada pelo último sobrenome seguido do(s) prenome(s) abreviado(s), exceto para nomes de origem espanhola, em que entram os dois últimos sobrenomes.

O recurso tipográfico utilizado para destacar o elemento título é negrito e, para os nomes científicos, itálico.

No caso de homônimos de cidades, acrescenta-se o nome do estado (ex.: Viçosa, MG; Viçosa, AL; Viçosa, RJ).

### Obras de responsabilidade de uma entidade coletiva

A entidade é tida como autora e deve ser escrita por extenso, acompanhada por sua respectiva abreviatura. No texto, é citada somente a abreviatura correspondente.

Quando a editora é a mesma instituição responsável pela autoria e já tiver sido mencionada, não é indicada.

## Apêndice 1. (continuação) Normas em que foi escrito os Capítulos da Tese

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.

### Livros e capítulos de livro

Os elementos essenciais são: autor(es), título e subtítulo (se houver), seguidos da expressão "In:" e da referência completa como um todo. No final da referência, deve-se informar a paginação.

Quando a editora não é identificada, deve-se indicar a expressão *sine nomine*, abreviada, entre colchetes [s.n.].

Quando o editor e local não puderem ser indicados na publicação, utilizam-se ambas as expressões, abreviadas, e entre colchetes [S.I.: s.n.].

LINDHAL, I.L. Nutrición y alimentación de las cabras. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **Fisiología digestiva y nutrición de los ruminantes**. 3.ed. Zaragoza: Acríbia, 1974. p.425-434.

NEWMANN, A.L.; SNAPP, R.R. **Beef cattle**. 7.ed. New York: John Wiley, 1997. 883p.

### Teses e Dissertações

Recomenda-se não citar teses e dissertações, procurando referenciar sempre os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados. Excepcionalmente, se necessário, citar os seguintes elementos: autor, título, ano, página, nível e área do programa de pós-graduação, universidade e local.

CASTRO, F.B. **Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado em bovinos**. 1989. 123f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUZA, X.R. **Características de carcaça, qualidade de carne e composição lipídica de frangos de corte criados em sistemas de produção caipira e convencional**. 2004. 334f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

### Boletins e relatórios

BOWMAN, V.A. **Palatability of animal, vegetable and blended fats by equine**. (S.L.): Virginia Polytechnic Institute and State University, 1979. p.133-141 (Research division report, 175).

### Artigos

O nome do periódico deve ser escrito por extenso. Com vistas à padronização deste tipo de referência, não é

necessário citar o local; somente volume, número, intervalo de páginas e ano.

MENEZES, L.F.G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. et al. Distribuição de gorduras internas e de descarte e componentes externos do corpo de novilhos de gerações avançadas do cruzamento rotativo entre as raças Charolês e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.338-345, 2009.

### Congressos, reuniões, seminários etc

Citar o mínimo de trabalhos publicados em forma de resumo, procurando sempre referenciar os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados.

CASACCIA, J.L.; PIRES, C.C.; RESTLE, J. Confinamento de bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.468.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gmosis, [1999]. (CD-ROM).

### Artigo e/ou matéria em meios eletrônicos

Na citação de material bibliográfico obtido via internet, o autor deve procurar sempre usar artigos assinados, sendo também sua função decidir quais fontes têm realmente credibilidade e confiabilidade.

Quando se tratar de obras consultadas *on-line*, são essenciais as informações sobre o endereço eletrônico, apresentado entre os sinais < >, precedido da expressão "Disponível em:" e a data de acesso do documento, precedida da expressão "Acesso em:".

NGUYEN, T.H.N.; NGUYEN, V.H.; NGUYEN, T.N. et al. [2003]. Effect of drenching with cooking oil on performance of local yellow cattle fed rice straw and cassava foliage. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, n.7, 2003. Disponível em: <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/7/nhan157.htm>> Acesso em: 28/7/2005.

REBOLLAR, P.G.; BLAS, C. [2002]. **Digestión de la soja integral en rumiantes**. Disponível em: <[http://www.ussoymeal.org/ruminant\\_s.pdf](http://www.ussoymeal.org/ruminant_s.pdf)> Acesso em: 12/10/2002.

SILVA, R.N.; OLIVEIRA, R. [1996]. Os limites pedagógicos do paradigma da qualidade total na educação. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPE, 4., 1996, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: Universidade Federal do Pernambuco, 1996. Disponível em: <<http://www.propeq.ufpe.br/anais/anais.htm>> Acesso em: 21/1/1997.

Apêndice 2 - Dados individuais referentes às produções fecais observadas e estimadas com o marcador LIPE® em ovinos em gaiolas de metabolismo, alimentados com azevém anual. Capítulo II.

Ensaio	Baia	Trat.	PV, kg	DM S, %	Prod. Fecal observada , g MS	Prod. Fecal estimada , g MS	CMS observado , %PV	CMS estimado , %PV
1	1	2	24,80	.	.	.	.	.
1	2	2	28,50	75	121	257	1,72	3,65
1	3	3	28,45	76	138	251	1,98	3,62
1	4	3	33,70	64	240	256	1,97	2,10
1	5	4	24,90	.	.	.	.	.
1	6	1	32,80	75	97	252	1,21	3,12
1	7	3	25,10	78	106	252	1,94	4,62
1	8	1	21,00	77	65	244	1,35	5,07
1	9	4	25,10	75	181	255	2,86	4,03
1	10	2	25,45	71	112	255	1,51	3,45
1	11	1	25,80	78	72	253	1,29	4,55
1	12	3	24,00	76	114	256	2,01	4,51
1	13	4	20,85	74	139	238	2,59	4,42
1	14	1	27,85	69	117	248	1,33	2,83
1	15	2	33,20	78	117	246	1,62	3,42
1	16	4	32,20	74	253	249	3,08	3,02
2	1	2	34,90	63	290	245	2,30	1,88
2	2	2	29,90	63	237	252	2,28	2,30
2	3	1	34,20	64	198	250	1,65	2,04
2	4	3	30,70	63	288	242	2,69	2,11
2	5	4	39,75	66	419	246	4,33	1,81
2	6	3	36,80	.	.	.	.	.
2	7	4	32,60	67	240	247	3,32	2,27
2	8	1	35,70	63	225	250	1,71	1,89
2	9	2	29,85	64	264	257	2,47	2,37
2	10	4	26,75	77	130	258	3,09	4,22
2	11	1	29,80	64	191	253	1,77	2,33
2	12	3	31,20	64	300	249	2,80	2,19
2	13	2	34,85	62	210	245	2,01	1,84
2	14	3	34,75	66	287	251	2,72	2,10
2	15	1	28,30	66	161	235	1,68	2,42
2	16	4	24,70	59	226	238	3,76	2,37

Apêndice 3 - Dados individuais referentes às produções fecais observadas e estimadas com o marcador LIPE® em ovinos em gaiolas de metabolismo, alimentados com milho. Capítulo II.

Baia	Trat.	PV, kg	DMS, %	Prod. Fecal observada , g MS	Prod. Fecal estimada, g MS	CMS observado ,%PV	CMS estimado , %PV
1	1	38,45	75,67	126,04	256,59	1,35	2,74
2	1	34,25	77,74	98,21	256,91	1,29	3,37
3	3	41,46	78,02	193,24	259,49	2,12	2,85
4	4	29,35	75,97	265,64	260,74	3,77	3,70
5	4	35,75	76,20	252,61	262,36	2,97	3,08
6	1	33,05	79,85	89,15	258,81	1,34	3,89
7	3	33,15	77,23	156,06	253,87	2,07	3,36
8	2	22,55	67,83	127,11	260,58	1,75	3,59
9	2	38,25	78,78	149,07	248,09	1,84	3,06
10	3	32,52	80,85	137,79	238,24	2,21	3,83
11	3	42,95	78,29	211,46	247,8	2,27	2,66
12	2	35,25	79,02	124,47	255,07	1,68	3,45
13	4	34,32	77,86	293,69	256,39	3,87	3,37
14	2	25,16	76,57	103,62	244,05	1,76	4,14
15	1	35,65	78,97	94,24	254,59	1,26	3,40
16	4	31,41	75,46	347,73	253,8	4,51	3,29

Apêndice 4 - Dados individuais referentes às produções fecais observadas e estimadas com o marcador LIPE<sup>®</sup> em ovinos em pastejo de azevém. Capítulo II.

Método	Intensidade	Trat	Pot	Bloco	PER	Prod. fecal observada, g MS	Prod. fecal estimada, g MS
C	A	CAI	1	3	1	243,27	243,53
C	B	CBI	2	3	1	248,05	254,20
C	A	CAI	4	2	1	260,93	247,07
C	A	CAI	5	1	1	315,39	242,35
R	A	RAI	6	2	1	225,09	242,32
R	B	RBI	7	2	1	250,77	248,31
R	A	RAI	9	1	1	173,80	244,68
R	A	RAI	10	3	1	190,18	244,89
R	B	RBI	11	3	1	218,04	248,92
C	B	CBI	12	2	1	237,36	247,65
R	B	RBI	14	1	1	224,31	241,93
C	B	CBI	15	1	1	246,46	248,93
C	A	CAI	1	3	2	238,23	253,12
C	B	CBI	2	3	2	261,70	251,42
C	A	CAI	4	2	2	185,42	262,60
C	A	CAI	5	1	2	308,00	254,56
R	A	RAI	6	2	2	246,96	259,35
R	B	RBI	7	2	2	310,71	250,04
R	A	RAI	9	1	2	214,92	255,18
R	A	RAI	10	3	2	267,58	255,39
R	B	RBI	11	3	2	268,28	261,61
C	B	CBI	12	2	2	368,20	248,50
R	B	RBI	14	1	2	192,07	249,64
C	B	CBI	15	1	2	257,00	259,31

Apêndice 5 - Dados individuais referentes às produções fecais observadas e estimadas com o marcador LIPE<sup>®</sup> em ovinos em pastejo de milho. Capítulo II.

Pot	Bloco	Tratamento	Prod. Fezes observada, g MS	Prod. Fezes estimada, g MS
1	1	100	241,93	241,48
2	1	400	185,17	251,22
3	1	200	225,71	249,60
4	1	50	239,13	239,94
5	2	50	236,71	247,36
6	2	200	169,82	248,37
7	2	400	164,00	253,48
8	2	100	204,09	248,10
9	3	50	205,00	236,50
10	3	200	205,76	250,68
11	3	100	212,88	246,92
12	3	400	157,82	249,50

Apêndice 6 - Dados individuais referentes às produções fecais observadas e estimadas com o N fecal em ovinos em pastejo de azevém. Capítulo II.

Metodo	Intensidade	Pot	Bloco	CICLO	Prod. Fecal Observada, g MO	Prod. Fecal Estimada, g MO
C	M	1	3	2	167,91	184,96
C	B	2	3	2	185,55	207,82
C	M	4	2	2	194,63	193,06
C	M	5	1	2	231,17	239,79
R	M	6	2	2	175,78	172,33
R	B	7	2	2	200,03	210,25
R	M	9	1	2	135,78	135,41
R	M	10	3	2	103,89	127,26
R	B	11	3	2	172,98	171,36
C	B	12	2	2	179,52	180,48
R	B	14	1	2	178,79	177,58
C	B	15	1	2	195,11	206,91
C	M	1	3	3	124,33	134,77
C	B	2	3	3	199,25	183,90
C	M	4	2	3	200,01	166,19
C	M	5	1	3	210,48	198,82
R	M	6	2	3	141,16	149,81
R	B	7	2	3	244,44	206,69
R	M	9	1	3	141,52	141,34
R	M	10	3	3	189,43	163,54
R	B	11	3	3	217,56	181,89
C	B	12	2	3	194,68	195,17
R	B	14	1	3	.	.
C	B	15	1	3	192,25	181,31

Apêndice 7 - Dados individuais referentes a composição morfológica de pastos de azevém anual utilizados no ensaio de pastejo, Capítulo III.

Método	Intensidade	Pot	Bloco	Per	MLF <sup>1</sup>	MC <sup>2</sup>	MI <sup>3</sup>	MMM <sup>4</sup> ,
C	M	1	3	2	455,42	436,99	56,05	101,54
C	B	2	3	2	1082,12	1213,23	250,22	114,43
C	M	4	2	2	560,17	502,65	30,49	196,69
C	M	5	1	2	363,02	393,63	43,82	189,53
R	M	6	2	2	825,45	413,87	0,00	150,68
R	B	7	2	2	1101,67	923,79	45,14	359,40
R	M	9	1	2	803,01	318,95	0,00	58,05
R	M	10	3	2	1137,62	513,71	0,00	8,68
R	B	11	3	2	1291,27	402,11	0,00	496,62
C	B	12	2	2	863,62	804,26	58,91	133,20
R	B	14	1	2	.	.	.	.
C	B	15	1	2	902,89	1001,81	33,47	281,83
C	M	1	3	3	1154,84	1003,48	44,00	387,68
C	B	2	3	3	567,51	1960,57	563,99	187,93
C	M	4	2	3	786,62	907,59	56,09	459,70
C	M	5	1	3	838,26	715,84	26,19	289,71
R	M	6	2	3	1029,80	761,76	0,00	68,44
R	B	7	2	3	981,75	1905,07	311,00	342,18
R	M	9	1	3	1745,26	1368,38	114,57	11,79
R	M	10	3	3	1158,27	1503,88	254,92	102,94
R	B	11	3	3	1053,12	2027,41	376,09	263,38
C	B	12	2	3	853,55	1461,43	192,45	382,57
R	B	14	1	3	1188,63	1675,27	245,49	90,61
C	B	15	1	3	1223,78	1914,37	163,60	378,25

<sup>1</sup>: Massa de lâminas foliares, kgMS/ha

<sup>2</sup>: Massa de colmos, kgMS/ha

<sup>3</sup>: Massa de inflorescência, kgMS/ha

<sup>4</sup>: Massa de material morto, kgMS/ha

Apêndice 8 - Dados individuais referentes aos pastos de azevém anual utilizados no ensaio de pastejo, Capítulo III.

Metodo	Intensidade	Pot	Bloco	CICLO	nº dias	MF (kgMS/ ha)	Altura do pasto	OF real, %
C	M	1	3	2	26	1050,0	12,81	14,43
C	B	2	3	2	26	2660,0	21,52	21,59
C	M	4	2	2	26	1290,0	10,73	13,65
C	M	5	1	2	26	990,0	10,55	12,28
R	M	6	2	2	26	1390,0	18,55	7,28
R	B	7	2	2	26	2430,0	27,08	20,85
R	M	9	1	2	26	1180,0	19,62	8,87
R	M	10	3	2	26	1660,0	20,05	8,64
R	B	11	3	2	26	2190,0		15,61
C	B	12	2	2	26	1860,0	21,91	19,41
R	B	14	1	2	26		24,57	13,72
C	B	15	1	2	26	2220,0	19,51	
C	M	1	3	3	22	2590,0	16,83	16,46
C	B	2	3	3	22	3280,0	15,43	20,14
C	M	4	2	3	22	2210,0	13,70	17,36
C	M	5	1	3	22	1870,0	17,03	15,41
R	M	6	2	3	22	1860,0	18,30	7,60
R	B	7	2	3	22	3540,0	21,49	24,76
R	M	9	1	3	22	3240,0	21,78	14,00
R	M	10	3	3	22	3020,0	22,34	12,97
R	B	11	3	3	22	3720,0		29,41
C	B	12	2	3	22	2890,0	16,75	
R	B	14	1	3	22	3200,0	21,48	24,05
C	B	15	1	3	22	3680,0	16,47	

Apêndice 9 - Dados individuais referentes consumo de azevém anual utilizados no ensaio de pastejo, Capítulo III.

M <sup>1</sup>	I <sup>2</sup>	Pot	Bloco	Ciclo	nº dias	CMO g/d	CMO (g/UTM)	CMO %PV	CMOD (g/UTM)	% DMO
C	M	1	3	2	26	820,00	53,11	2,13	41,12	77,52
C	B	2	3	2	26	874,39	59,34	2,42	45,22	76,54
C	M	4	2	2	26	940,83	60,38	2,42	48,03	79,60
C	M	5	1	2	26	1054,95	64,78	2,56	50,06	77,27
R	M	6	2	2	26	710,65	48,76	2,00	37,10	76,11
R	B	7	2	2	26	702,07	45,88	1,85	33,36	72,84
R	M	9	1	2	26	675,19	44,33	1,79	35,41	80,00
R	M	10	3	2	26	690,60	49,46	2,05	40,30	80,60
R	B	11	3	2	26	713,02	47,01	1,90	35,73	76,17
C	B	12	2	2	26	740,47	49,46	2,01	37,87	76,11
R	B	14	1	2	26	743,76	56,04	2,37	42,65	76,15
C	B	15	1	2	26	903,47	58,08	2,33	44,77	77,16
C	M	1	3	3	22	673,95	42,51	1,69	34,76	81,60
C	B	2	3	3	22	827,28	52,66	2,10	40,95	77,77
C	M	4	2	3	22	728,83	47,04	1,89	37,86	78,94
C	M	5	1	3	22	950,81	54,53	2,11	43,17	79,21
R	M	6	2	3	22	618,14	41,25	1,68	31,87	76,82
R	B	7	2	3	22	842,63	50,89	2,00	38,41	75,47
R	M	9	1	3	22	626,61	40,65	1,63	31,48	77,60
R	M	10	3	3	22	818,39	54,82	2,23	44,73	81,58
R	B	11	3	3	22	838,96	53,48	2,14	41,85	78,22
C	B	12	2	3	22	881,62	55,82	2,23	43,47	77,91
R	B	14	1	3	22	688,77	48,21	1,99	42,02	84,84
C	B	15	1	3	22	864,78	51,43	2,01	40,65	79,12

<sup>1</sup>: Método de pastoreio

<sup>2</sup>: Intensidade de pastejo

Apêndice 10 - Médias ponderadas para taxa de acúmulo (TA) e taxa de lotação (TL) e somatório da produção de forragem (PTMS) e ganho de peso vivo/ha. Capítulo III.

Método	Intensidade	Trat	Pot	TA	TL	PTMS, kg MS/ha	GPV/ha
C	M	CAI	1	46,05	674,30	7087,33	281,48
C	B	CBI	2	85,36	888,08	13579,27	290,07
C	M	CAI	4	43,31	678,12	7682,40	272,69
C	M	CAI	5	47,27	763,34	6924,40	370,02
R	M	RAI	6	32,07	1022,61	6583,91	317,41
R	B	RBI	7	45,80	781,90	10547,20	321,84
R	M	RAI	9	70,81	1057,93	9378,40	284,68
R	M	RAI	10	44,50	1104,03	8517,86	303,15
R	B	RBI	11	64,63	747,57	11182,55	301,05
C	B	CBI	12	90,78	830,06	12870,53	324,37
R	B	RBI	14	68,36	617,71	9942,09	209,85
C	B	CBI	15	97,23	728,78	14568,13	349,22

Apêndice 11 - Dados individuais referentes aos parâmetros de ganho de peso e dos pastos de milho, Capítulo IV.

Pot	Trat	Bloco	PV	GMD kg/dia	Carga kg PV/ha	Altura pasto	MF	TA	GPV/ha
1	100	1	25,43	0,087		30,0	2606	233,33	290
2	400	1	22,47	0,047	1398	23,3	1994	251,33	423
3	200	1	22,53	0,043	807	20,7	1755	245,33	287
4	50	1	25,47	0,084	580	15,2	1247	186,67	288
5	50	2	22,60	0,051	691	22,4	1909	143,33	226
6	200	2	21,50	0,103	934	19,5	1643	247,33	291
7	400	2	22,10						
8	100	2	22,37	0,065	681	23,7	2029		226
9	50	3	23,40	0,061	590	22,2	1896		198
10	200	3	22,90	0,043		22,1	1885	154,00	309
11	100	3	19,73	0,028	813	25,8	2222	136,67	239
12	400	3	19,23	0,047	1030	25,8	2220	274,67	318

Apêndice 12 - Parâmetros referentes ao consumo e emissões de metano por ovinos em pastos de milho, Capítulo IV.

Pot	Trat	Bloco	CMO %	CMO g/d	CH4 g/d	CH4 g/kg CMO	CH4 g/ha	DMO (%)	gCH4/GPV kg/ha dia
1	100	1	3,96	1008	17,39	17,25	735,7	81,4	
2	400	1	4,28	954	11,38	11,92	707,9	84,0	117,2
3	200	1	4,38	984	12,56	12,76	449,9	85,1	
4	50	1	4,54	1154	15,64	13,55	356,2	84,1	
5	50	2	3,83	868	15,37	17,72	469,8	84,2	145,5
6	200	2	3,53	776	10,84	13,97	470,8	81,3	113,2
7	400	2						83,5	
8	100	2	4,23	947	14,52	15,34	442,5	83,2	136,9
9	50	3	3,15	751	15,41	20,52	388,9	78,5	137,2
10	200	3	3,56	822	13,96	16,97	878,0	82,4	
11	100	3	3,62	714	14,01	19,60	577,0	84,2	169,2
12	400	3	3,00	578	11,32	19,57	605,9	83,6	133,5

APÊNDICE 13 – Tubo coletor de gases em animais (a) e regulador de ingresso de gases (b; c).



## **8. VITA**

Glauca Azevedo do Amaral, filha de Luiz Carlos Félix do Amaral e Glaci Azevedo do Amaral, nascida em 14 de Maio de 1980 em Cachoeira do Sul, RS. Estudou na Escola Estadual Ciro Carvalho de Abreu e Escola Estadual Borges de Medeiros, onde concluiu o primeiro grau em 1995 e segundo grau em 1998, respectivamente. Em 2001 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Durante o curso de graduação realizou estágio extracurricular e foi Bolsista de Iniciação Científica no setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia de 2002 a 2005. Concluiu a Faculdade de Zootecnia em dezembro de 2005. Em 2006 ingressou no curso de Mestrado, na área de Nutrição de Ruminantes, junto ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFSM, sendo bolsista CNPq. Em fevereiro de 2008 obteve o grau de Mestre em Zootecnia. Em março de 2008 ingressou no curso de Doutorado junto ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na área de concentração Plantas Forrageiras, com bolsa pelo CNPq. Foi submetida à banca de defesa de Tese em Setembro de 2011.