UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

SISTEMA SILVIPASTORIL E MONOCULTIVO DE BRAQUIÁRIA PARA RECRIA DE NOVILHAS MESTIÇAS: DISPONIBILIDADE E CONSUMO DE FORRAGEM, GANHO DE PESO E VALIDAÇÃO DO CNCPS.

JOÃO DARÓS MALAQUIAS JÚNIOR

Belo Horizonte - Minas Gerais
Escola de Veterinária - UFMG
2005

JOÃO DARÓS MALAQUIAS JÚNIOR

SISTEMA SILVIPASTORIL E MONOCULTIVO DE BRAQUIÁRIA PARA RECRIA DE NOVILHAS MESTIÇAS: DISPONIBILIDADE E CONSUMO DE FORRAGEM, GANHO DE PESO E VALIDAÇÃO DO CNCPS.

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

Área de concentração: Nutrição Animal

Orientador: Prof. Norberto Mario Rodriguez

Belo Horizonte - Minas Gerais
Escola de Veterinária - UFMG
2005

M237s Malaquias Júnior, João Darós, 1965-
Sistema silvipastoril e monocultivo de braquiária para recria de novilhas mestiças: disponibilidade e consumo de forragem, ganho de peso e validação do CNCPS / João Darós Malaquias Júnior. - 2006.
79p. : il.
Orientador: Norberto Mario Rodriguez
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1.Novilha – Alimentação e rações – Teses. 2. Capim braquiária – Teses. 3. Pastejo – Teses. 4. Degradabilidade – Teses. I. Rodriguez, Norberto Mario. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.208 5

Tese defendida e aprovada em 13 de julho de 2005
Pela Comissão Examinadora constituída por:

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, João Malaquias e Maria Darós, pelo exemplo e dedicação.

À minha querida esposa Dedéia, pelo carinho e companheirismo.

Aos meus irmãos, Heron, Roberto e Fernando, pela fraternidade.

Aos meus queridos filhos, Breno e Isadora, emoção da minha vida e razão da minha jornada.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Católica de Goiás pela oportunidade deste aperfeiçoamento profissional.

Ao Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal pelos conhecimentos adquiridos.

Ao Professor Norberto Mario Rodriguez pela orientação, amizade, respeito e compreensão demonstrada no desenvolver deste trabalho.

Ao Pesquisador Dr. Luiz Aroeira pela orientação na condução dos trabalhos de campo, de laboratório e de redação desta tese. E também pelo seu genial bom humor e inteligência.

Ao Pesquisador Dr. Domingos Sávio Campos Paciullo, pelo apoio constante desde o início até ao final desta empreitada, e pela amizade surgida da convivência cotidiana.

Ao irreverente Dr. Mirton José Frota Morenz pelo imprescindível auxílio nas análises laboratoriais e na redação deste trabalho.

Aos colegas Roberto Waschek, PC Moreira, Otavio Jack Cordeiro, companheiros de viagem nestes quatro anos de doutoramento.

Ao grande amigo Roberto Toledo, companheiro bem humorado das horas alegres, e das horas difíceis também.

Ao companheiro Toninho Viana parceiro de pesquisa e de orientador.

Homenagem póstuma ao colega José Marcelino Sobrinho, que com sua vida nos deu exemplo de simplicidade e sabedoria.

SUMÁRIO

SISTEMA SILVIPASTORIL E MONOCULTIVO DE BRAQUIÁRIA PARA RECRIA DE NOVILHAS MESTIÇAS: DISPONIBILIDADE E CONSUMO DE FORRAGEM, GANHO DE PESO E VALIDAÇÃO DO CNCPS.

RESUMO 9
ABSTRACT 10
CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO GERAL 11
1.1. Sistemas Silvipastoris 11
1.2. Utilização de pastagens de braquiária 14
1.3. Consumo de matéria seca de bovinos em pastagem 15
1.4. Uso de n-alcanos nos estudos de nutrição animal 18
1.5. Avaliação de forragens pela técnica de produção de gases 20
1.6. O modelo CNCPS para avaliação das exigências e desempenho animal 23
1.7. Referências bibliográficas 25
CAPÍTULO 2
Disponibilidade, composição química da forragem e ganho de peso de novilhas mestiças holandês x zebu em sistema silvipastoril e em monocultivo de braquiária (*Brachiaria decumbens* stapf.), no período das chuvas.
RESUMO 32
2.1. Introdução 32
2.2. Materiais e métodos 35
2.3. Resultados e discussão 36
2.4. Conclusões 39
2.5. Referências bibliográficas 39
CAPÍTULO 3
Estimativa do consumo voluntário de matéria seca de novilhas mestiças Holandês x Zebu em sistema silvipastoril e em monocultivo de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), no período das chuvas, utilizando a técnica dos n-alcanos.
RESUMO 42
3.1. Introdução 42
3.2. Materiais e métodos 46
3.3. Resultados e discussão 49
3.4. Conclusões 51
3.5. Referências bibliográficas 52
CAPÍTULO 4
Cinética da fermentação e degradabilidade ruminal da matéria seca da forragem disponível em sistema silvipastoril e em monocultivo de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), no período das chuvas, utilizando a técnica *"in vitro"* semi-automática de produção de gases.
RESUMO 56
4.1. Introdução 56

SUMÁRIO (continuação)

4.2. Materiais e métodos 58
4.3. Resultados e discussão 60
4.4. Conclusões 64
4.5. Referências bibliográficas 64

CAPÍTULO 5

Avaliação do modelo CNCPS (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*) para a estimativa do ganho de peso de novilhas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), no período das chuvas.

RESUMO 67
5.1. Introdução 67
5.2. Materiais e métodos 70
5.3. Resultados e discussão 72
5.4. Conclusões 76
5.5. Referências bibliográficas 76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.Tolerância comparativa de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais ao sombreamento 14
Tebela 2.Desempenho animal obtido em diferentes experimentos com Forrageiras tropicais 20

CAPÍTULO 2

Tabela 1.Disponibilidade de matéria seca de forragem total (MSFT)(kg/ha) e de matéria seca de forragem verde (MSFV)(kg/ha) conforme o período de amostragem, obtidas nos tratamentos sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de braquiária (BRA) 37
Tabela 2.Disponibilidade de matéria seca de forragem total (MSFT)(kg/ha), conforme o período de amostragem 37
Tabela 3.Porcentagem de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) da matéria seca da forragem verde (MSFV) disponível conforme o período de amostragem 38

CAPÍTULO 3

Tabela 1.Concentração de n-alcanos (mg/kg de MS) na forragem verde disponível nos tratamentos sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de braquiária (BRA) 50

CAPÍTULO 4

Tabela 1.Produção cumulativa dos gases (mL) obtida das amostras de forragem verde disponível incubadas nos períodos de 6, 12, 24, 48 e 96 horas, nos tratamentos Sistema Silvipastoril (SSP) e Monocultivo de braquiária (BRA) 62

SUMARIO (continuação)

Tabela 2.Teores de proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) e lignina da matéria seca da forragem verde disponível nos tratamentos Sistema Silvipastoril (SSP) e Monocultivo de braquiária (BRA), no início(outubro/03), meio(dezembro/03) e final(março/04) do período experimental 62
Tabela 3.Potencial máximo de produção de gases (A), tempo de colonização (LAG), tempo para atingir a metade do potencial máximo de produção de gases (T/2), taxa de fermentação (m) e degradabilidade da matéria seca (DEGMS) com 48 e 96 horas de incubação de amostras de forragem verde disponível nos tratamentos Sistema silvipastoril (SSP) e Monocultivo de braquiária (BRA) 63
Tabela 4.Potencial máximo de produção de gases (A), tempo de colonização (LAG), tempo para atingir a metade do potencial máximo de produção de gases (T/2), taxa de fermentação (m) e degradabilidade da matéria seca (DEGMS) com 48 e 96 horas de incubação de amostras de forragem verde disponível nos no início(outubro/03), meio(dezembro/03) e final(março/04) do período experimental 64

CAPÍTULO 5

Tabela 1.Valores médios da composição bromatológica, frações de carboidratos e proteínas, e respectivas taxas de digestão da forragem verde da pastagem de braquiária 73
Tabela 2.Descrição dos dados utilizados para avaliação do modelo CNCPS na predição do consumo de matéria seca e do ganho de peso de novilhas leiteiras em crescimento em sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de braquiária (BRA) 74
Tabela 3.Avaliação do modelo CNCPS na predição do ganho de peso (GP) de novilhas leiteiras em condições tropicais 75

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 4

Figura 1. Equações de Regressão entre Produção Cumulativa de Gases (PCG) e Degradabilidade da Matéria Seca (DEGMS) em amostras de forragem verde disponível no Sistema Silvipastoril (SSP) e em monocultivo de braquiária (BRA) ... 61
Figura 2.Produção cumulativa dos gases das amostras de forragem verde disponível no início (outubro/03), eio (dezembro/03) e final (março/04) do período experimental 62
Figura 3.Taxa de produção de gases (mL) das amostras de forragem verde disponível no início(outubro/03), meio(dezembro/03) e final(março/04) do período experimental conforme os tempos de incubação (h) 63

CAPITULO 5

Figura 1.Relação entre valores de ganho de peso diário (gramas) observados e preditos pelo modelo CNCPS 75

SISTEMA SILVIPASTORIL E MONOCULTIVO DE BRAQUIÁRIA PARA RECRIA DE NOVILHAS MESTIÇAS: DISPONIBILIDADE E CONSUMO DE FORRAGEM, GANHO DE PESO E VALIDAÇÃO DO CNCPS.

RESUMO

Foram realizados quatro experimentos para avaliar a recria de novilhas H x Z em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultivo de braquiária (BRA) (*Brachiaria decumbens* Stapf.).
No primeiro experimento avaliou-se a disponibilidade de matéria seca (MS), a composição química da forragem e o desempenho de novilhas HxZ em sistema silvipastoril e em monocultivo de braquiária, no período das chuvas. Foram utilizadas 16 novilhas com 340 kg de peso vivo (PV) médio inicial, em pastejo rotacionado com sete dias de ocupação e 35 dias de descanso. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados. Não se observou diferença entre tratamentos ($P > 0,05$) quanto à disponibilidade de matéria seca de forragem total (MSFT), de matéria seca de forragem verde (MSFV), porcentagem de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), Lignina e na digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) da forragem verde disponível, porém verificou-se ($P<0,05$) redução no valor nutritivo com o avanço do período experimental. Não houve diferença ($P > 0,05$) entre tratamentos no ganho de peso por animal. O SSP apresentou maior eficiência produtiva devido à produção de madeira simultaneamente com a produção animal.
No segundo experimento estimou-se o consumo voluntário de matéria seca de novilhas HxZ em SSP e em BRA utilizando a técnica dos n-alcanos. Foram utilizadas 12 novilhas que receberam cápsulas de liberação controlada contendo os n-alcanos dotriacontano (C32) e hexatriacontano (C36). Os n-alcanos das amostras, variando de C27 a C35 foram determinados por análise cromatográfica. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados. Os n-alcanos encontrados em maiores concentrações foram o C33 e o C31, sendo que os de cadeia ímpar apresentaram concentrações superiores aos de cadeia par. Utilizou-se o par de n-alcanos C33:C32 para a determinação do consumo de MS, estimado como % do PV, que não diferiu ($P>0,05$) entre tratamentos, com consumo de MS de 2,36% do PV no SSP e de 2,22% do PV no BRA.
No terceiro experimento avaliou-se a composição química e os parâmetros da degradabilidade ruminal da MS (DEGMS) da forragem verde disponível em SSP e em BRA utilizando a técnica "in vitro" semi-automática de produção de gases. Não foram observadas diferenças na composição química, cinética de fermentação ruminal e na DEGMS entre tratamentos, entretanto o potencial máximo de produção de gases, as taxas de fermentação e a DEGMS decresceram com o avanço do período experimental, refletindo o amadurecimento da forrageira ao longo dos ciclos de pastejo.
No quarto experimento avaliou-se a capacidade de predição do ganho de peso de novilhas HxZ manejadas em pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) do modelo CNCPS versão 5.0. Foram utilizadas 16 novilhas HxZ com PV de 340 kg e 23 meses de idade. Analisaram-se os teores de MS, PB, cinzas, FDN, FDA, lignina e fracionamento dos compostos nitrogenados e de carboidratos da forragem verde disponível. Foram fornecidos ao programa CNCPS versão 5.0 os dados referentes aos animais, ao ambiente e à composição química do alimento, para a predição do desempenho dos animais. O ganho de peso médio diário observado foi de 623 g, enquanto que o valor estimado pelo modelo foi de 226 g, subestimando os valores observados em 63,7%. O CNCPS não foi eficiente na predição do ganho médio de peso diário de novilhas mestiças manejadas em condição de pastejo em capim-braquiária.

Palavras chaves: sistema silvipastoril, n-alcanos, degradabilidade *in vitro*, modelos nutricionais.

GROWING CROSSBRED HOLSTEIN X ZEBU HEIFERS ON SILVOPASTORAL SYSTEM AND SIGNALGRASS MONOCULTURE: AVAILABILITY AND DRY MATTER INTAKE, WEIGHT GAIN AND CNCPS VALIDATION

ABSTRACT

Four trials were caried out to evaluate growing crossbred holstein x zebu heifers on silvopastoral system (SPS) and signalgrass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) monoculture (SGM).
On the first trial were evaluated dry matter avalability and chemical composition and crossbred heifers performance on silvopastoral system and signalgrass monoculture, in rainy season. Sixteen heifers with 340 kg live weight were managed on rotational stocking rate system with seven days of ocupation and 35 days of resting period. The design randomized blocks was used. There was no difference (P>0,05) between treatments on total forage dry matter (TFDM) availability and green forage dry matter (GFDM) availability, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin and in vitro dry matter digestibility (IVDMD) of green forrage available. However there was (P<0.05) reduction on the nutritive value with advance of rainy season. There was no difference (P>0.05) between treatments on the daily weight gain. The silvopastoral system showed more efficiency considering the wood production and animal production simultaneously.
On the second trial was evaluated the voluntary dry matter intake (DMI) of crossbred heifers on SPS and SGM using n-alcanes technique. Twelve heifers received controled released capsules containing C32 and C36 n-alcanes. Using chromatografic analysis were determinated the n-alcanes C27 to C35 in the samples. The C33 and C31 n-alcanes showed higher concentrations.The odd n-alcanes showed higher concentrations than the even n-alcanes as was expected. The voluntay DMI, as body weight (BW) percentage, were estimated utilizing C33:C32 n-alcanes pair. There was no diference (P>0.05) in the voluntary DMI on SPS and SGM treatments. The pasture DMI was 2,36% BW and 2,22% BW in the SPS and SGM respectively.
On the third trial were evaluated the chemical composition and ruminal degradability parameters of available green forage in the SPS and SGM using in vitro semi-automated gas production technique. There was no diference between SPS and SGM considering chemical composition and ruminal DM degradability, however the maximum gas production potential, ruminal fermentation rates and ruminal DM degradability declined (P<0.05) with the advance of rainy season reflecting the progressive maturation of forage along grazing cycles.
On the fourth trial the CNCPS model version 5.0 was used to predict the average daily gain of crossbred heifers managed on signalgrass (Brachiaria decumbens Stapf.) pasture. Sixteen crossbred heifers with 340 kg live weight and 23 months age were used. The levels of CP, ash, NDF, ADF, lignin and nitrogenous and carbohydrate fractions of thr green forage available were analised. Data concerning to the animal, the environment and the forage chemical composition were used as inputs of the CNCPS program to estimate the crossbred heifers performance. The observed average daily gain was 623 g, while the CNCPS estimated value was 226 g, underestimating the observed values in 63.7%. The CNCPS was not efficient in the prediction of the average daily gain of crossbred heifers under grazing on signalgrass pasture.

Keywords: Silvopastoral system, n-alcanes, *in vitro* degradability, nutritional models.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1.1. SISTEMAS SILVIPASTORIS

Na definição de Franke & Furtado (2001), o sistema silvipastoril (SSP) caracteriza-se pela incorporação de árvores e arbustos à criação de animais. O SSP combina a produção de plantas florestais com animais e pastos, simultânea ou seqüencialmente, no mesmo terreno. Há uma variante do SSP, mas que não o exclui, denominado sistema agrossilvipastoril, o qual é formado por árvores e ou arbustos, mais cultivos agrícolas, mais pastagens e animais, em um sistema seqüencial.

A integração árvore-pastagem-animal que se denomina de arborização de pastagens cultivadas é uma modalidade de sistema silvipastoril no qual o objetivo prioritário é o produto animal, seja leite, carne ou lã. Há outros tipos de sistemas silvipastoris, entre os quais aqueles que utilizam espécies arbóreas para produção de madeira ou de frutas. Nesses sistemas, a pastagem e os animais são algumas vezes considerados componentes secundários, porém sempre exercendo um papel na sustentabilidade do sistema (Carvalho, 1998).

É difícil convencer os agricultores de que as árvores trazem benefícios diversos à propriedade. A primeira sensação que os agricultores têm é de que as árvores irão retirar-lhes áreas destinadas à agricultura e à pecuária. Mas o efeito é o oposto, pois os sistemas silvipastoris buscam conciliar e garantir a produção simultânea de animais, madeira, frutos e outros bens e serviços (Garcia & Couto, 1997).

Medidas adicionais, como correção das principais deficiências nutricionais do solo e manejo adequado das pastagens, são normalmente necessárias para garantir os benefícios potenciais da arborização. Outros efeitos esperados, quais sejam, conforto para os animais, melhores índices produtivos e reprodutivos, e valorização ambiental, não devem ser desconsiderados quando se tem em mente o manejo sustentável das propriedades agrícolas (Carvalho, 1997).

Uma variação de SSP é chamada de árvores em faixa na pastagem como banco forrageiro, onde as espécies arbóreas ou arbustivas das faixas da pastagem servem para pastejo dos animais funcionando como complemento do pasto já existente.A árvore integrada ao sistema permite aumentar a oferta e a qualidade da forragem aumentando a produtividade animal do sistema. Árvores como Leucena (*Leucaena leucocephala)* e Gliricídia (*Gliricidia sepium*) que são leguminosas de crescimento rápido são exemplos de árvores forrageiras de reconhecido valor nutricional e de melhor adaptação em regiões úmidas e sub-úmidas que são utilizadas nestes sistemas (Garcia & Couto, 1997).

Em pastagens arborizadas, as mudanças microclimáticas e o melhoramento da fertilidade do solo, que resultam em maior disponibilidade de água e incremento na mineralização do N do solo, contribuem para estimular o crescimento de forrageiras. No entanto, há outros efeitos que as árvores podem exercer sobre o crescimento das forrageiras, como redução na luminosidade e competição por água e nutrientes. Esses efeitos, quando ocorrem, podem reduzir o crescimento das forrageiras. A redução na luminosidade disponível para as forrageiras pode ser prejudicial ou favorável, dependendo de sua intensidade e de outras

condições, como nível de N no solo, tolerância das forrageiras ao sombreamento, características das espécies arbóreas e manejo da pastagem (Carvalho, 1997).

O efeito geral de diminuição de intensidade de luz é reduzir a produtividade, mesmo sendo algumas plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas, mais tolerantes à sombra do que outras (Castro, 1997). Sob níveis de sombra moderada, o crescimento das gramíneas poderá ser até maior do que em pleno sol. Isto provavelmente é devido ao aumento da disponibilidade de nitrogênio do solo favorecido pelo ambiente sombreado. Pesquisas conduzidas na Austrália (Wilson & Wild, 1990) indicam que a maior disponibilidade de nitrogênio em ambiente sombreado resulta de uma maior mineralização do nitrogênio em decorrência de solos com maior teor de umidade e temperaturas mais amenas.

Em condições de sombreamento moderado e solos com deficiência de nitrogênio, maiores produções de matéria seca foram observadas em forragens sombreadas (Samarakoon et al., 1990). A sombra aumenta a disponibilidade de N no solo e estimula o crescimento da planta (Wilson & Wild, 1990). Por essa razão a sombra, geralmente, provoca aumentos na concentração de N das gramíneas (Samarakoon et al. 1990; Kephart & Buxton, 1993; Carvalho et al., 1994). Segundo Deinum et al. (1996) o efeito da sombra sobre a qualidade da forragem deve ser pequeno em ambientes tropicais com baixa disponibilidade de N, porém, efeitos negativos pronunciados são esperados na presença de abundante suprimento de nitrogênio.

A tolerância comparativa de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais à sombra, é resumida na Tabela 1. Entre as espécies de gramíneas de tolerância média, estão algumas das forrageiras mais utilizadas para formação de pastagem no Brasil e em outras regiões tropicais e subtropicais (Carvalho, 1997).O capim-gordura (*Melinis minutiflora*) foi considerado menos tolerante ao sombreamento do que a *B. decumbens* em um sub-bosque de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) sob vários espaçamentos (Garcia et al., 1994), e menos tolerante do que *B. brizantha* e *B. decumbens* em um sub-bosque de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) (Carvalho et al., 1994). O *Andropogon gayanus* cv. Planaltina apresentou baixa tolerância ao sobreamento, em experimento com sombra artificial (Castro et al., 1997).

Em estudo desenvolvido por Andrade *et al.* (2004) onde avaliou-se o desempenho forrageiro de quatro gramíneas (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola*, cv. Quicuio-da-amazônia, *Panicum maximum* cv. Massai e *Paspalum notatum* cv. Pensacola) e três leguminosas (*Arachis pintoi* cv. Belmonte, *A. pintoi* cv. BRA 031143, e *Pueraria phaseoloides*) forrageiras tropicais, em condições de 0, 30, 50, 70% de sombreamento, verificou-se que os capins marandu e massai tiveram o melhor desempenho entre as gramíneas, aliando boa tolerância ao sombreamento com alta capacidade produtiva, constituindo-se em excelente opções para formação de SSP em solos bem drenados.

Os principais SSP usados nas regiões tropicais são os que aproveitam plantações florestais de coqueiros, seringueira e dendê, localizados no sudeste asiático e ilhas do Pacífico Sul. Plantações florestais para produção de madeira com aproveitamento do sub-bosque para pastejo como os de florestas de eucalipto em Minas Gerais, Paraná e no Rio Grande do Sul. Sistemas com forrageiras arbóreas, principalmente leguminosas fixadoras de nitrogênio, na região central de Queensland/Austrália e Cuba que utilizam leucena (*Leucaena leucocephala*) com pastagem (Garcia & Couto, 1997).

Tabela 1**.** Tolerância comparativa de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais ao sombreamento.

Tolerância	GRAMÍNEAS	LEGUMINOSAS
Alta	*Axonopus compressus*	*Arachis pintoi*
	Paspalum dilatatum	*Centrosema crocarpum*
	Paspalum conjugatum	*Desmodium heterophyllum*
	Panicum maximum	*Desmodium ovalifolium*
Média	*Brachiaria brizantha*	*Calopogonium mucunoides*
	Brachiaria decumbens	*Centrosema pubescens*
	Brachiaria humidicola	*Pueraria phaseoloides*
	Hemarthria altíssima	*Desmodium intortum*
	Paspalum plicatulum	*Neonotonia wightii*
	Paspalum notatum	
	Setaria sphacelata	
Baixa	*Andropogon gayanus*	*Stylosanthes hamata*
	Brachiaria mutica	*Stylosanthes guianensis*
	Digitaria decumbens	*Macroptilium atropurpureum*
	Cynodon plectostachyus	
	Melinis minutiflora	
	Pennisetum purpureum	

Fonte: Adpatado por Carvalho (1997)

Viana et al. (2003) avaliando o impacto da implantação de sistemas agroflorestais, em região de cerrado no município de Lagoa Santa/MG, onde o manejo silvipastoril teve como fundamento a regeneração natural das espécies arbóreas nativas invasoras das pastagens, verificaram que este tipo de manejo representa uma alternativa de baixo custo para o produtor, tornando-se adequado para produtores de pequena capacidade de investimento de longo prazo para aquisição de mudas e manejo de árvores na pastagens. Verificaram também que as espécies Bolsa-de-pastor (*Zeyheria tuberculosa*) e Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) são espécies que possuem ótimas características para implantação em SSP na região em estudo. E também que os SSP baseados na regeneração natural representam uma alternativa para frear o processo de expansão da fronteira agrícola por serem auto-sustentáveis.

A leucena (*Lecaena leucocephala*) é uma das forrageiras arbóreas mais importantes em áreas tropicais e subtropicais. Essa leguminosa tem sido usada principalmente na forma de banco de proteína ou associada com a pastagem de gramíneas, sendo normalmente plantada em faixas. Existem muitos trabalhos na literatura nacional e internacional reportando a eficiência do uso de leucena em SSP, entre eles cita-se o de Lopes et al. (2002), que avaliaram o efeito do uso de SSP sobre o comportamento produtivo de vacas Mambí em uma fazenda leiteira comercial em Cuba, onde se verificou que a utilização da leucena em faixas na pastagem ajudou a manter a qualidade nutricional dos pastos de capim guiné (*Panicum maximum*) e capim estrela (*Cynodon dactylon*) devido à maior

reciclagem de nitrogênio. Esta associação permitiu uma elevada disponibilidade de forragem para pastejo, 3,6 toneladas de matéria seca por hectare na época das águas e 3,2 toneladas/ha na seca, garantindo uma oferta de 49,5 kg de MS de forragem por animal na época das chuvas, e 47,3 kg de MS na época das secas, com uma carga de 1,7 vacas por hectare, mantendo uma produção de leite de 8,3 kg por vaca por dia na época das chuvas e 7,3 kg por vaca por dia na época da seca.

1.2. UTILIZAÇÃO DE PASTAGENS DE BRAQUIÁRIA

Aproximadamente 80 a 90% das áreas de pastagens brasileiras são constituídas por capins do gênero *Brachiaria*, e a *B. decumbens* representa mais de 50% do total formado por essas gramíneas (Macedo, 1995). Grande parte das pastagens de *Brachiaria*, cultivadas em diferentes regiões do Brasil, tem mostrado sinais de degradação em poucos anos de uso. A falta de persistência dessas pastagens poder ser atribuída à forma extrativista de sua exploração, bem como à problemas de adaptação, manejo inadequado das diferentes espécies, redução da fertilidade do solo, susceptibilidade à pragas e à falta de adubação de reposição (Rodrigues & Rodrigues, 1996).

As braquiárias têm se mostrado como plantas de elevado potencial de produção de matéria seca. A quantidade de forragem produzida pode variar muito, pois depende das condições de solo, clima e manejo da espécie utilizada (Leite & Euclides, 1994). Em trabalhos de introdução de forrageiras, realizados entre 1980 e 1985 pelo CPAP (Embrapa/Pantanal), as produções de *B. decumbens* sem adubação, média de 2 cultivares, foram de 24,7 toneladas de MS por hectare no primeiro ano, 26,4 no segundo ano, 25,5 no terceiro ano e 15,6, no quarto ano (Crispim et al. 1998).

A variação do valor nutritivo entre espécies é pequena quando comparada à variação do valor nutritivo entre idades fisiológicas da planta. No início do estágio vegetativo, o conteúdo de PB e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) da *B. decumbens* são geralmente altos, entretanto à medida que a planta amadurece, há decréscimo nesses valores, e o valor nutritivo pode-se tornar o principal limitante da produção animal (Euclides et al., 1996).

Além das mudanças na composição química, existem mudanças nas características morfológicas da pastagem. Durante a estação de crescimento há acumulo de material morto, devido a senescência natural da planta forrageira. Também é observado acréscimo na proporção caule em relação à quantidade de folha na pastagem. Isto implicará em valor nutritivo inferior da forragem disponível, uma vez que a folha verde é a sua parte mais nutritiva quando comparada ao caule e ao material morto (Leite & Euclides 1994). Sob regime de pastejo, o valor nutritivo da forragem disponível é inferior ao da rebrota correspondente no sistema de corte, uma vez que o animal deixa alguma forragem, que continua decrescendo em qualidade. Neste caso, a pastagem disponível será uma combinação da rebrota e da pastagem recusada.

Os bovinos pastejam seletivamente, de forma que o valor nutritivo da forragem ingerida normalmente é maior que o valor nutritivo da forragem disponível. Euclides et al. (1992), verificaram que os teores de PB (4,0%) e DIVMO (32,2%) da forragem disponível foram menores que os teores de PB (9,8%) e DIVMO (62,1%) da dieta selecionada por novilhos em pastejo em *B. decumbens*. Assim o pastejo seletivo permite ao ruminante compensar o baixo valor nutritivo da forragem disponível.

Alguns estudos demonstram que bovinos em pastejo consomem forragens verdes em detrimento da forragem morta. Quando a oferta de matéria seca de forragem verde é elevada, a dieta selecionada por animais em pastejo apresenta mais de 90% de matéria seca de forragem verde (Euclides et al., 1992; Brancio et al., 2003).

A quantidade de matéria seca total disponível em uma pastagem é uma estimativa do total de forragem potencialmente disponível para ser ingerido pelo animal, e pode ser utilizada como referência para a determinação da taxa de lotação da pastagem. Nos trópicos, onde as gramíneas acumulam grande quantidade de material morto, muitas vezes, devido ao manejo inadequado, a relação entre a forragem disponível e o consumo aplica-se em grande parte à fração verde da forragem. Dessa forma, a produção de matéria seca de forragem verde (MSFV) torna-se uma variável importante, tanto para selecionar as espécies, como para determinar o uso correto da pastagem (Mannetje & Ebersohn, 1980).

No entanto, para que a pastagem apresente alta disponibilidade de folhas verdes, é necessário manejá-la adequadamente, de modo a permitir que o animal colha boa parte da forragem produzida, mantendo-se um resíduo suficiente para garantir uma rebrota vigorosa e de boa qualidade (Gomide et al., 2001).

1.3. CONSUMO DE MATÉRIA SECA DE BOVINOS EM PASTAGEM

Existe alta correlação entre o consumo de forragem e o desempenho animal, uma vez que esta é a principal fonte de nutrientes para o animal. O conhecimento sobre a quantidade de pasto consumido pelos animais em pastejo tem interessado aos pesquisadores, principalmente nos países tropicais e subtropicais, onde a pecuária tem como base as pastagens, e desse modo espera-se que a quantidade e a qualidade da forragem consumida satisfaça totalmente, ou em grande parte, as exigências de mantença, crescimento e produção animal.
Para se medir o consumo do animal no pasto deve-se considerar os fatores ligados à pastagem, tais como, a quantidade de forragem disponível, a estrutura do relvado, o valor nutritivo, a palatabilidade da planta, a topografia e a temperatura ambiente, e fatores ligados ao animal, tais como, categoria, o estado fisiológico-sanitário e a seletividade do animal, entre outros, que exercem influência sobre o consumo. Porém, não existe um método padrão e sim, uma gama de metodologias das quais se pode lançar mão para estimar o consumo de forragem (Aroeira, 1997).

Segundo Van Soest (1994), consumo voluntário se refere à quantidade máxima de matéria seca que o animal consome espontaneamente. O controle da ingestão de alimentos em ruminantes é diferente de outros animais não-ruminantes em função da existência do rúmen e do retículo que antecedem o estômago verdadeiro, o abomaso, que têm como função a fermentação dos nutrientes do alimento através da microbiota ruminal.

Muitos fatores afetam o consumo de matéria seca. Teorias individuais do enchimento físico do retículo-rúmen (Mertens, 1994; Allen, 1996), do mecanismo fisiológico de controle do consumo (Mertens, 1994), ou do consumo de oxigênio (Ketelaars & Tolkamp, 1996), têm sido propostas para determinar e predizer o consumo voluntário de matéria seca. Cada teoria pode ser aplicada sob determinadas condições, porém é mais provável que haja um efeito aditivo de vários estímulos que regulam o consumo voluntário de matéria seca (Forbes, 1995).

De acordo com Mertens (1994) a regulação do consumo animal de uma maneira geral é realizada basicamente por três mecanismos:

fisiológico, físico e psicogênico. Estes mecanismos podem agir isoladamente ou em conjunto, dependendo da situação.

Segundo Allen (1996) a relação entre a digestibilidade da forragem e o consumo de matéria seca (CMS) está bem definida. O CMS de alimentos de baixa digestibilidade é limitado pela distensão física do trato gastrintestinal, que diminui à medida que a digestibilidade aumenta. Parece que há um ponto de inflexão na curva de digestibilidade em que a limitação do CMS pelo efeito físico do enchimento é, substituída pelo efeito fisiológico do suprimento de energia. Entretanto este ponto é provavelmente, uma conveniente simplificação matemática, porque o CMS parece ser controlado por uma múltipla integração de fatores estimulatórios e inibitórios do cérebro (Forbes, 1995).

Vários modelos foram propostos para integrar estes três mecanismos primários de controle do consumo voluntário em ruminantes, entre os quais, o modelo estático, onde os mecanismos físicos, fisiológicos e psicogênicos de regulação do consumo, estabelecem um controle independente do consumo de alimentos, os quais necessitam de integração dentro de uma equação comum (Mertens, 1994).

Os modelos dinâmicos são mais adequados ao estudo da regulação do consumo, porque eles oferecem a oportunidade de avaliar conceitos mais rigorosos como mudanças no tempo. Segundo Waldo et al. (1972), a natureza curvilínea dos resultados de digestão era devido à presença de frações indigestíveis. Estes autores desenvolveram modelos de digestão de primeira ordem e combinaram com as taxas de passagem para calcular o efeito do enchimento de dietas baseadas em celulose. Mertens (1985) usou este modelo para relacionar a cinética da digestão da FDN em forrageiras com o seu consumo.

Forbes (1995) desenvolveu um modelo matemático para predizer consumo em ruminantes, que levou em consideração a alternância dos mecanismos físicos e fisiológicos que determinam o final de uma refeição durante o ciclo alimentar. Entretanto, para que esses modelos possam predizer consumo com precisão, é necessário que haja melhor compreensão dos diferentes mecanismos que interagem no controle do consumo, e isto só será possível através do trabalho colaborativo mais estreito entre nutricionistas, fisiologistas e bioquímicos.

Segundo Van Soest (1994), vários fatores mutuamente não-exclusivos interagem para impedir o consumo ótimo, incluindo as limitações de tempo para ingestão e o enchimento que limita o consumo através da distensão do trato ruminal ou gastrintestinal. A alta produção de ácido acético resultante de dietas ricas em carboidratos fibrosos pode ser conectada com a hipótese de limitação de consumo por efeito do ácido acético ou outros ácidos graxos voláteis. Uma outra possibilidade é que dietas de baixa qualidade podem ser deficientes em nitrogênio ou algum outro nutriente. Isto pode limitar o consumo também através da lenta digestão no rúmen, pois os requerimentos para o crescimento microbiano não são alcançados, ou através de algum efeito mais direto no metabolismo do animal. A deficiência de nutrientes não pode ser verdadeiramente uma alternativa separada porque o retardo na digestão afetará o enchimento.

A existência de um centro controlador da saciedade no hipotálamo tem sido demonstrada através da implantação de eletrodos naquele órgão. A iniciação e a cessação de uma refeição pode ser produzida por sinais apropriados (Van Soest, 1994). A questão então é a seguinte: Quais os sinais para o centro de saciedade são responsáveis pelo controle da ingestão? Este sinal pode ser estimulação nervosa,

fatores hormonais, ou níveis humorais de determinados metabólitos. Há alguma evidência que o centro da fome existe no cérebro (Forbes, 1995).
A regulação do consumo é, provavelmente, uma integração dos vários fatores que afetam o sistema metabólico do animal. Situações específicas podem promover que um fator se torne predominante: por exemplo, enchimento em vacas gestantes ou animais obesos, tempo para ingestão quando a oferta de forragem é baixa e esparsamente distribuída no pasto, ou fatores metabólicos quando o alimento é moído e o tempo de ruminação reduzido (Van Soest, 1994).

O consumo voluntário é tido como uma característica do alimento, porém, os valores de consumo não estão geralmente disponíveis devido à complexidade das variáveis que estão envolvidas na regulação do consumo do animal. A alimentação em condições de pastejo deve diferir daquela onde o capim é cortado e fornecido no cocho. Quando o animal está em pastejo deve-se considerar a qualidade da forragem ingerida e o efeito do pastejo seletivo, a quantidade consumida e a necessidade adicional de energia para os animais se deslocarem em busca do alimento.

Vasquez & Smith (2000) avaliaram 27 estudos com vacas leiteiras em pastejo, em diferentes locais (Austrália, Nova Zelândia, Estados Unidos, Grã-Bretanha e Paises Baixos) e condições. Nestes experimentos predominavam as raças Holandesa e Jersey, em pastagens de gramíneas (*Lolium perene*) e leguminosas (*Trifolium repens*) temperadas, com diferentes níveis de suplementação volumosa e concentrada, em sistema de pastejo rotativo. A ingestão de MS das pastagens foi, usualmente, estimada com base no método agronômico, diferença entre a massa de forragem disponível antes e após o pastejo. Estes autores concluíram que as variáveis mais relevantes que influenciaram o consumo foram a disponibilidade de pasto, o nível de suplementação, a interação entre disponibilidade e nível de suplementação, a produção de leite, o peso vivo, a variação no peso vivo, a porcentagem de leguminosa na pastagem e a porcentagem de FDN do pasto.

Esses mesmos autores verificaram que as equações de predição de consumo indicaram efeito de substituição no consumo de MS quando os animais recebem suplementação. Quando a disponibilidade de MS é baixa o consumo de FDN é de 1,3 % do PV, porém quando a disponibilidade de MS é alta o consumo de FDN é significativamente maior que o valor de 1,2 % do PV sugerido por Mertens (1985).

Os carboidratos fibrosos, estimados pela porcentagem de FDN da forragem, são fermentados no rúmen-retículo e apresentam uma taxa de passagem mais lenta que os demais constituintes da dieta resultando em um efeito de enchimento ruminal ("rumen fill") maior que os componentes não fibrosos. Em função disso, a %FDN da forragem tem sido apontada como o melhor indicador individual para a predição do consumo voluntário de matéria seca. Entretanto muitos outros fatores afetam o "rumen fill", incluindo o tamanho da partícula, a freqüência e efetividade da mastigação, a fragilidade da partícula, a indigestibilidade da fração FDN e as características das contrações reticulares (Allen, 1996).

Devido à relação direta entre degradação e ingestão de MS, é importante o conhecimento da taxa de degradação para estimar a ingestão voluntária de forragem pelos ruminantes. Em geral, quanto maior a taxa de degradação, maior a velocidade de esvaziamento do retículo-rúmen, o que proporciona maior consumo (Mertens, 1987).

Existem vários métodos para se estimar consumo de animais a pasto, e todos eles apresentam limitações e comprometimentos que podem induzir a erros. Enquanto nenhum dos métodos é completamente adequado, cada um deles tem valor em situações específicas e podem produzir resultados válidos, desde que suas limitações sejam reconhecidas e discutidas. Esses métodos incluem os de medidas diretas e os de medidas indiretas de consumo (Aroeira, 1997).

Medidas diretas de consumo podem ser obtidas por meio da diferença de peso dos animais antes e após o pastejo, sendo necessárias correções para perdas invisíveis da respiração, perdas de peso referentes às excreções de fezes e urina, e também o ganho de peso decorrente da ingestão de água.Também podem ser obtidas através da diferença da biomassa de forragem antes e após o pastejo, método agronômico, sendo necessários ajustes para perdas de forragem ocasionadas por pisoteio e excreção fecal, correções para o crescimento da forragem durante o período de pastejo, onde deve-se coletar grande número de amostras por área para aumentar a precisão do método (Aroeira, 1997; Oliveira, 2003; Morenz, 2004).

Medidas indiretas de consumo baseiam-se na estimativa da produção fecal do animal e na digestibilidade do material ingerido. A produção fecal pode ser determinada diretamente, usando-se sacolas para colheitas totais, ou indiretamente, com auxílio de indicadores externos. O indicador externo pode ser fornecido em administração diária de uma ou duas doses, ou em cápsulas de liberação controlada em dose única. As cápsulas de liberação controlada são denominadas c*ontroled release devices* (CRD).

Para a obtenção da digestibilidade da forragem disponível pode-se usar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca ou da matéria orgânica de Tilley & Terry (1963), ou a digestibilidade *in situ* de Nocek (1988). Pode-se também usar a técnica do *near-infra-red*, desde que estejam padronizadas as curvas para aquele tipo de forragem. Recentemente, no Brasil, também têm sido propostas estimativas da digestibilidade de forrageiras tropicais, a partir da produção de gás *in vitro* (Lanna et al., 1996 e Malafaia et al., 1997).

Os resultados de consumo de MS da pastagem de bovinos em crescimento apresentados na tabela 2, mostram que há evidenciado efeito da qualidade da forragem sobre o consumo, havendo maior ingestão no período das chuvas, quando a forragem disponível apresenta maior valor nutritivo, com taxas de ganho de peso diários conseqüentemente maiores. A ingestão de MS é menor no período das secas, quando há redução na qualidade da forragem e no ganho de peso, mesmo em condições de alta de disponibilidade de forragem por animal.

1.4. USO DOS n-ALCANOS NOS ESTUDOS DE NUTRIÇÃO ANIMAL

Dentre as várias substâncias que compõem a cera das plantas, surgiram diversas com potencial de utilização como indicadores, especialmente, os hidrocarbonetos alifáticos saturados (n-alcanos) (Mayes et al., 1986). Os n-alcanos são compostos orgânicos de cadeia aberta, formados por carbono e hidrogênio, onde a diferença entre dois membros sucessivos da série é constante (são homólogos), e onde há o prefixo n (normal) para os diversos alcanos, por maiores que sejam as moléculas, desde que os átomos de carbono se encontrem em cadeia contínua, sem ramificações (Oliveira & Prates, 2000). Os alcanos encontrados na cera cuticular das plantas são, predominantemente, formados por cadeias ímpares, de 25 a 35 átomos de carbono.

A metodologia dos n-alcanos é uma aplicação especial do método de duplo indicador e consiste na combinação de um n-alcano de cadeia ímpar, naturalmente encontrado nas plantas (indicador interno), com um n-alcano comercial de cadeia par (indicador externo). Neste tipo de técnica, o consumo é estimado usando-se um par de alcanos com número de carbonos próximos e com taxas de recuperação fecal teoricamente semelhantes.

Tabela 2. Desempenho animal obtido em diferentes experimentos com forrageiras tropicais.

	CATEGORIA ANIMAL	PESO VIVO (kg)	FORRAGEIRA	EPOCA DO ANO	CONSUMO (% PV)	GANHO DIÁRIO
Brancio et al., 2003	Novilhos Nelore	150	*Panicum*	Junho	1,9	-
				Setembro	2,8	-
				Novembro	3,4	-
				Março	2,3	-
Euclides et al., 1999	Novilhos Nelore	-	*Panicum*	Águas	2,82	683 g
				Seca	2,05	145 g
Souza et al., 2004	Novilhas ¾ H x Z	285	Capim-Tanzânia	Águas	2,2	578 g
Euclides et al., 2000	Novilhos Nelore	335	*B. decumbens*	Águas	2,67	550 g
		235		Seca	1,98	260 g
Detmann et al., 2001	Novilhos F1 Nelore x Limousin	396	*B. decumbens*	Águas	2,32	-

As estimativas são feitas, analisando-se o alcano de cadeia ímpar, que ocorre naturalmente na forragem e outro sintético, de cadeia par, administrado aos animais (Mayes et al., 1986; Hameleers & Mayes,1998). O consumo é obtido aplicando-se a fórmula proposta por Mayes et al. (1986).

Entre as vantagens do uso do método dos n-alcanos está o fato de que a estimativa do consumo não é influenciada pela digestibilidade individual da dieta ou pela recuperação dos indicadores, e que o consumo pode ser obtido com um único procedimento analítico (Dove & Mayes, 1991). Segundo esses autores as recuperações fecais incompletas dos n-alcanos de cadeia ímpar (contidos na forragem) e dos de cadeia par (fornecidos oralmente) não têm efeito desde que sejam iguais, fazendo com que os erros associados com as recuperações fecais incompletas sejam anulados na equação. Nota-se, então, que nas fezes somente é exigida a relação das concentrações dos n-alcanos naturais da forragem e o sintético fornecido oralmente.

Se essas forem estimadas com similares "erros" (vícios), estes se anularão. Sendo assim, utilizar um par composto por n-alcanos que apresentem taxas de recuperações fecais semelhantes, é pré-requisito para obtenção de estimativas mais acuradas do consumo de forragem.

Uma das limitações do método refere-se às baixas concentrações de n-alcanos em algumas forrageiras ou gramíneas tropicais. Laredo et al. (1991) sugerem uma concentração mínima de 50 mg por kg de MS. Oliveira et al. (1997) encontraram quantidades relativamente elevadas de alcanos de C_{29} a C_{33} em capim-elefante. Estimativas de consumo utilizando-se um par de alcanos C_{32}/C_{33} apresentaram resultados confiáveis em capim kikuiu (*Pennisetum clandestinum)* (Reeves et al., 1996). Laredo et al. (1991) verificaram níveis suficientes de alcanos em *Brachiaria decumbens, Digitaria decumbens, Pennisectum glaucum e Stylonsanthes scabra* para estimativa do consumo de matéria seca.

Segundo Gedir & Hudson (2000) os n-alcanos considerados mais viáveis como indicadores externos são o dotriacontano (C_{32}) e o hexatriacontano (C_{36}), por serem os alcanos sintéticos de menor custo, de fácil obtenção na forma pura, e estarem presentes em baixas concentrações nas plantas.

1.5. AVALIAÇÃO DE FORRAGENS PELA TÉCNICA DE PRODUÇÃO DE GASES

As técnicas *in situ* de avaliação de alimentos têm sido usadas extensivamente nos últimos vinte anos, e tem despendido grandes quantidades de recursos em trabalho, alimentos e tempo. Entretanto estes métodos estão se tornando, gradativamente, menos atrativos em função da maior preocupação com o bem-estar animal, com os custos associados com a manutenção de animais cirurgicamente modificados e com o limitado número de amostras que podem ser avaliadas de cada vez. E ainda há algumas evidências sugerindo que a técnica do saco de náilon não é aplicável para todos os alimentos. Como resultado, o interesse tem se voltado para os métodos *in vitro,* especialmente o da técnica de produção de gases (Maurício et al., 1999).

Menke et al. (1979) propuseram a estimativa da digestibilidade e do valor energético de alimentos para ruminantes baseados na técnica de produção de gases. Recentemente, Theodorou et al. (1994), desenvolveram metodologia mais sensível para estimar a taxa e a extensão da degradação ruminal dos nutrientes. A técnica (Menke et al., 1979; Pell & Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994) consiste em medir a produção de gases liberada pela fermentação de

uma amostra incubada em líquido ruminal tamponado. As vantagens dessa técnica sobre outras técnicas *in vitro* foram destacadas por Blummel & Orskov (1993).
Outros métodos *in vitro* são baseados em mensurações gravimétricas que seguem o desaparecimento do substrato (componentes que podem ou não contribuir para a fermentação, entre elas substâncias solúveis, mas não fermentáveis, que não contribuem para a produção de gás), enquanto a mensuração de gás concentra-se no surgimento de produtos da fermentação (Getachew et al., 1998), e por isso é chamado método metabólico (Malafaia et al., 1998) e apresenta alta correlação com a digestibilidade in vivo.

Além disso, a técnica da produção de gases tem como vantagem a determinação da cinética ruminal de fermentação em uma única amostra, permite estimar o consumo (Blummel & Orskov, 1993), além de permitir também que um grande número de amostras possa ser avaliado ao mesmo tempo com baixo custo e elevada eficiência (Getachew et al. 1998; Maurício et al. 1999). Apresenta como desvantagem o baixo peso da amostra a ser incubada, o que dificulta a homogeneidade do material (Menke et al., 1979).

Segundo Getachew et al. (1998) a técnica da produção de gás é aplicável na determinação da digestibilidade da matéria orgânica, na predição da energia metabolizável e degradabilidade ruminal da proteína do alimento, na determinação da cinética de fermentação ruminal, na predição do consumo voluntário, e na avaliação de fatores anti-nutricionais do alimento.

A produção de gases é basicamente resultado da fermentação de carboidratos a acetato, propionato e butirato (Blummel & Orskov, 1993). A produção de gases a partir de proteína é relativamente pequena quando comparada aos carboidratos. A contribuição da gordura para produção de gases é desprezível. Para forragens, quando o tampão bicarbonato é usado, cerca de 50% do total de gases gerado origina-se do tamponamento dos AGV e o restante origina-se diretamente da fermentação (Blummel & Orskov, 1993). Ou seja, os gases são produzidos principalmente quando o substrato é fermentado a acetato e butirato. Os gases que são liberados na produção de propionato são oriundos dos gases produzidos no tamponamento.

Carboidratos rapidamente fermentáveis produzem, relativamente, alta proporção de propionato em relação ao acetato, e o reverso acontece quando carboidratos lentamente fermentáveis são incubados. Os fatores que influenciam a produção de gás são aqueles que afetam a fermentação ruminal, tais como, temperatura, pH, tamponamento, tipo de animal, tipo de inóculo, e a bateria de ensaio (Getachew et al. 1998).

Se as proporções molares e a quantidade de AGVs são conhecidas, a quantidade teórica de gases produzidos (metano e CO_2) na fermentação ruminal pode ser calculada. Na técnica de produção de gás, a medição da produção de gás pode ser feita através da determinação direta do gás produzido coletado à pressão atmosférica, ou através do cálculo do volume do gás produzido e acumulado na parte superior do frasco de fermentação de volume conhecido, com base na pressão do gás (Getachew et al. 1998).

As técnicas in vitro cujo princípio é a produção de gases (Theodorou et al. 1994; Malafaia et al. 1998) baseiam-se na estimativa do volume de gases produzidos por meio de leitura direta em seringa graduada ou mesmo por predições do volume a partir de dados de pressão (Maurício et al. 1999). Pell & Schofield (1993) usaram um sistema computadorizado para estudar a cinética de digestão da forragem através da medição de produção de gás. O método de Theodorou et al. (1994) também usou um transdutor de pressão para medir a produção de gás liberado pela

fermentação dos alimentos, a diferença é que o método de Theodorou et al. (1994) requer somente um transdutor de pressão para várias amostras, enquanto que no método de Pell & Schofield (1993) é necessário um sensor de pressão para cada amostra.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício et al. 1999) foi desenvolvida na Universidade de Reading-Inglaterra. A partir de dados experimentais, uma equação quadrática entre pressão (P) e volume (V) foi obtida, viabilizando a estimativa do volume de gases produzidos dentro de cada frasco de fermentação.

Para estimar o volume de gases através dos valores de pressão, inicialmente foi utilizada a "lei dos gases" de Boyle e Gay-Lussac, em que a Produção de gases (mL) é igual ao volume de gases na parte superior do frasco (mL) dividido pela pressão atmosférica (psi) multiplicada pela pressão obtida pelo transdutor dentro do frasco (psi). Entretanto, verificou-se que a lei não se aplica para estimar a produção de gases durante a fermentação no interior dos frascos devido à difusão de gases para a fase líquida, fator não considerado na lei dos gases. Assim o desenvolvimento de uma equação estabelecendo uma relação entre pressão e volume por Maurício et al. (1999), eliminou as aferições manuais do volume feitas através de seringas plásticas, como proposto na técnica de Theodorou et al. (1994). Essa modificação levou à redução no erro do operador, maior velocidade de leitura e aumento na capacidade de análise do sistema para 336 frascos (Maurício et al., 2003).

Vários modelos matemáticos têm sido usados para descrever o perfil de produção de gases. Todos apresentam vantagens e desvantagens de ajustes, dependendo das condições experimentais e do tipo de substrato em estudo. Por isto se faz necessária a avaliação de diferentes modelos em diferentes condições experimentais e com ampla variedade de substratos, o que permite escolher o melhor modelo para cada situação, e não a utilização indiscriminada de um único modelo para todos os tipos de substratos e condições experimentais (Noguera et al., 2004).

O modelo exponencial de Orskov & Mcdonald (1979) é amplamente usado na avaliação de alimentos para ruminantes, especialmente na descrição da cinética de degradação de alimentos incubados *in situ*, com sacos de náilon, mas ele também tem sido usado para descrever a cinética de degradação com a técnica de produção de gases (Blummel & Orskov, 1993). Uma vez que as partículas do alimento fermentam em diferentes taxas, a adoção de um modelo exponencial de primeira ordem não é universalmente válida (Getachew, 1998).

Uma possível razão para explicar a falta de ajuste do modelo exponencial poderia ser o fato de que este modelo assume que depois do tempo de colonização o alimento é fermentado instantaneamente a uma taxa máxima de degradação, porém no caso de plantas forrageiras que apresentam diferentes tipos de tecidos com diferentes composição e taxas de degradação isto não é completamente correto (Noguera et al., 2004).

Histologicamente, os tecidos das plantas forrageiras podem ser divididos em material rapidamente fermentável (células do mesófilo), material de lenta fermentação (parênquima e esclerênquima), e material indigestível (tecido vascular lignificado). Nas primeiras horas de fermentação, uma parte do substrato, principalmente os açúcares solúveis, é fermentada imediatamente. À medida que o processo fermentativo continua, uma menor quantidade de material é hidratado e colonizado pelos microorganismos ruminais, o que origina diferentes taxas de degradação, dependendo da concentração de carboidratos estruturais, lignina e estágio

de maturação da planta. Sob este ponto de vista o modelo exponencial não é o mais apropriado para descrever a cinética de produção de gases das forrageiras por considerá-las como um material uniforme com uma taxa de degradação constante ao longo do tempo (Noguera et al., 2004).

Schofield et al. (1994) sugerem um modelo de duplo compartimento, que assume que os alimentos são constituídos por nutrientes cuja natureza é heterogênea, apresentando frações de rápida e lenta digestão, que são digeridas diferentemente pela microbiota ruminal. Nas situações em que o modelo de duplo compartimento não pode ser ajustado estes autores sugerem a interpretação dos dados por um modelo unicompartimental que considera uma taxa de degradação ruminal única do alimento. Estes autores consideram que no início do processo fermentativo a produção de gases é proporcional ao tamanho da população microbiana e do substrato digestível. No início do processo fermentativo a população microbiana constitui o fator limitante, contrariamente, ao final da fermentação é a disponibilidade do substrato que limita a taxa de produção de gases.

O modelo proposto por France et al. (1993) é empírico e muito semelhante ao modelo exponencial simples proposto por Orskov & Mcdonald (1979), este modelo conserva o conceito de tempo de colonização e a taxa de degradação calculada varia com o tempo de incubação (Noguera et al. 2004).

Groot et al. (1996) introduziram um modelo trifásico que diferencia as frações solúveis, insolúveis potencialmente fermentáveis e microbiana. Conceitualmente este modelo poderia fornecer melhor interpretação dos dados, porém ele requer sofisticado equipamento para registrar as produções de gás em diferentes tempos de incubação. Posteriormente, verificou-se que a performance deste modelo foi ruim quando foi testado para predição do consumo voluntário de forragens da Etiópia/África.

Esse sistema de produção de gases oferece a vantagem de fornecer dados de duas digestibilidades dos alimentos com apenas uma incubação, na qual o volume de gás produzido pode ser indicador da digestibilidade aparente do alimento pela perda de MS, e o resíduo que sobra pode ser quantificado para se calcular a digestibilidade “verdadeira” do alimento, medida após tratamento do resíduo com detergente neutro para remoção dos microrganismos que podem ser em quantidade relativamente grande, após 24 ou 48 horas de incubação.

Malafaia et al. (1998) avaliando a cinética ruminal e a qualidade de alguns alimentos, forragens e concentrados, comparando as técnicas gravimétricas *in vitro* e *in situ* com a técnica metabólica de produção de gases, verificaram que a de produção de gases foi a técnica que resultou em menor variação entre os métodos estudados, especialmente após 12 horas de incubação, e que a estimativa da fração solúvel (a) e do resíduo indigestível (I) podem ser realizadas por incubações *in vitro*, enquanto que as taxas de degradação (m1 e m2) podem ser estimadas precisamente pela técnica de produção de gases. E ainda que a técnica metabólica de produção de gases constituiu-se no método mais barato, mais simples e menos laborioso das técnicas avaliadas.

1.6. O MODELO CNCPS PARA AVALIAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS E DESEMPENHO ANIMAL

O modelo de avaliação nutricional da Universidade de Cornell *The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model* (CNCPS) foi desenvolvido para estimar os requerimentos nutricionais, a utilização e a excreção dos nutrientes do alimento para gado leiteiro e de corte para cada condição específica de manejo. Este modelo integra os conhecimentos sobre requerimentos nutricionais de bovinos, que são influenciados pela raça do animal e tamanho corporal, nível de produção e condições ambientais, com os conhecimentos sobre o alimento, que incluem a composição, a digestão e o metabolismo, para suprir as exigências nutricionais do animal (Fox et al., 2000a) baseados nos dados publicados por Fox et al. (1992); Russell et al. (1992); Sniffen et al. (1992); O'connor et al. (1993).

O modelo CNCPS utiliza os princípios básicos da função ruminal, crescimento microbiano, cinética digestiva do alimento e estado fisiológico do animal, assim como variáveis ambientais e de manejo, o que permite uma estimativa mais acurada do desempenho do rebanho e da excreção de nutrientes, em diferentes situações (Fox et al., 2003; 2004).

O CNCPS está em desenvolvimento há mais de 10 anos e, como a maioria dos sistemas, foi desenvolvido utilizando requerimentos nutricionais de animais de raças européias especializadas, criados em condições controladas de confinamento, e com composição de alimentos oriundos de clima temperado. Este modelo usa relações mecanicistas e empíricas no diagnóstico nutricional e na formulação e avaliação de dietas para bovinos (Fox et al., 1995). A partir de características nutricionais dos ingredientes da dieta e de suas interações com os requerimentos do animal e práticas de manejo, permite, sob diferentes condições de produção, uma predição confiável do desempenho de bovinos.

O objetivo do CNCPS é avaliar dietas completas, visando minimizar as perdas de nutrientes e buscar a maximização da eficiência de crescimento dos microrganismos ruminais (Van Soest, 1994). O conteúdo protéico dos alimentos foi expresso, durante muito tempo, em termos de proteína bruta (PB), acreditando-se que a PB era uma fração homogênea e que tinha a mesma taxa de degradação ruminal, sendo, então, convertida em proteína metabolizável com igual eficiência em todas as dietas (NRC, 1996). No entanto, a representação do conteúdo protéico dos alimentos em termos de PB não é suficiente para determinar a dinâmica da fermentação ruminal e as perdas potenciais de compostos nitrogenados (N) (Sniffen et al., 1992), fazendo-se necessário conhecer também a degradabilidade ruminal da proteína (NRC, 1996).

De acordo com o CNCPS, os alimentos são constituídos de proteínas, carboidratos, gorduras, cinzas e água, sendo que as proteínas e os carboidratos são subdivididos de acordo com suas características químicas e físicas, pela degradação ruminal e pela digestibilidade pós-ruminal (Sniffen et al., 1992). Este modelo visa adequar a digestão ruminal de proteínas e carboidratos para que ocorra o máximo desempenho teórico dos microrganismos ruminais, reduzir as perdas no rúmen, e também estimar o escape de nutrientes (Russell et al., 1992; Sniffen et al.,1992; Malafaia, 1997), com base na utilização de modelos mecanicistas para descrever a relação entre a composição bromatológica dos alimentos e a predição do desempenho animal. A teoria mecanicista objetiva explicar fenômenos naturais, baseados em pressuposições ou nos princípios de teorias biológicas, químicas e físicas sobre um determinado sistema (Mertens, 1993).

As proteínas dos alimentos são divididas em três frações: nitrogênio não protéico (NNP), proteína verdadeira e nitrogênio indisponível. Estas frações tem sido descritas como fração A (NNP), fração B (proteína verdadeira) e fração C (proteína verdadeira ligada à parede celular).

A fração B (proteína verdadeira) é fracionada em 3 subfrações chamadas de B1, B2 e B3, conforme suas respectivas taxas de degradação ruminal. A fração B1 corresponde à proteína verdadeira rapidamente degradável no rúmen, a fração B3 à lentamente degradável e a fração B2 corresponde à proteína verdadeira de taxa de degradação intermediária (Sniffen et al., 1992).

Os carboidratos podem ser classificados como carboidratos estruturais (CE) e não-estruturais (CNE), de acordo com o seu comportamento no trato gastrintestinal (TGI). Os CE são os polímeros que compõem a parede celular vegetal, que, juntamente com a lignina, desempenham funções de sustentação e proteção, representados basicamente pela celulose e hemicelulose, os quais são lenta e parcialmente disponíveis e ocupam espaço no TGI. Os CNE, representados pelos açúcares solúveis em água (mono e dissacarídeos), amido e pectina, são rápida e completamente digeríveis no TGI (Mertens, 1987; Mertens, 1996).

Entretanto, o CNCPS classifica os carboidratos totais, de acordo com suas taxas de digestão, nas frações A, representada pelos açúcares solúveis, os quais são prontamente fermentados no rúmen; B1, que compreende o amido e a pectina, os quais apresentam taxas intermediárias de digestão; B2, que corresponde à fração lenta e potencialmente digerível da parede celular; e C, representada pela porção indigerível ao longo do TGI (Sniffen et al. 1992).

Embora o CNCPS baseie-se em uma estrutura biológica e mecanicista que, teoricamente, permite sua aplicação em diversas condições de ambiente e manejo, com diferentes raças e alimentos, sua aplicação em condições tropicais deve ser estudada, antes do modelo ser recomendado para estes sistemas de produção (Molina et al., 2004), onde os animais, os alimentos e o manejo são, na maioria das vezes, muito diferentes daqueles adotados em regiões de clima temperado.

A composição e a estrutura da parede celular das forrageiras tropicais diferem muito daquela das espécies temperadas, sendo geralmente, de menor qualidade, pois apresentam menor digestibilidade e maior teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN). Além disso, o ambiente ao qual os animais estão submetidos pode fazer com que os requerimentos de mantença e a ingestão de matéria seca, variem consideravelmente (Fox & Tylutki, 1998).

No entanto, a aplicação do modelo em condições tropicais necessita de prévia validação e de ajustes, para sua otimização, principalmente quanto à caracterização das frações nitrogenadas e de carboidratos de forrageiras tropicais, e suas respectivas taxas de degradação. Fox et al. (2000) chamaram a atenção para a falta de informações referentes aos alimentos tropicais, sugerindo a realização de pesquisas nesta área, para atualizar e possibilitar o uso mais confiável do banco de dados de alimentos tropicais para as predições do CNCPS. Porém, poucos trabalhos têm sido realizados com objetivo de avaliar e ou validar a utilização do CNCPS em condições tropicais, sendo em sua maioria simulações.

Molina et al. (2004) avaliando o CNCPS v. 5.0 para a predição do consumo de matéria seca de vacas da raça Holandesa e vacas mestiças em condições tropicais observaram que o modelo gerou estimativas de consumo de matéria seca acuradas para animais em confinamento, no entanto, para animais a pasto, o modelo não se mostrou eficiente.

Paiva et al. (2004) avaliaram a habilidade do modelo CNCPS v. 5.0 em predizer a produção de leite de vacas da raça holandesa suplementadas em pastagem de "coast-cross", com base nos

dados da Biblioteca de Forrageiras Tropicais do programa (Tedeschi et al. 2002), onde foram feitos pequenos ajustes para o teor de proteína bruta e FDN. O modelo não foi eficiente na predição do desempenho, sendo a energia metabolizável limitante da produção de leite em 13,4 kg/animal.dia, enquanto que a observada foi de 16,3 kg/animal.dia.

Sampaio et al. (2001; 2002) e Brito et al. (2002), estudando sistemas de avaliação de dietas para bovinos em um sistema de produção intensivo de carne, reportaram que o modelo CNCPS foi eficiente na predição do desempenho de bovinos de corte (3/4 Holandês x Zebu).

Capelle et al. (2001) comparando a estimativa do consumo e do ganho de peso de bovinos obtidas em 06 trabalhos conduzidos em condições brasileiras com as predições de consumo e ganho de peso calculados pelo método de cornell (CNCPS) concluíram que o CNCPS apresentou boa predição do consumo de matéria seca, porém não foi adequado para predizer o ganho de peso.

1.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v. 74, p. 3063-3075, 1996.

ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. da C.et al. Crescimento de gramíneas forrageiras tropicais sobre sombreamento. *Pesq. Agrop. Bras*. v. 39, n. 3, p. 263-270, mar 2004.

AROEIRA, L.J.M. Estimativa de consumo de gramíneas tropicais. In.: SIMPÓSIO SOBRE DIGESTIBILIDADE, 1., 1997. Lavras/MG. Anais... UFLA:FAEPE. 1997. p.127-163.

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

BRANCIO, P. A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V. P. B. et al. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* JACQ. sob pastejo: Composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v**.** 32, n.5, p.1037-1044, 2003.

BRITO, R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; CRUZ, G. M. Comparação de sistemas para avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne: Creep Feeding. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n. 2 (suplemento), p. 1002-1010, 2002.

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; COELHO DA SILVA, J. F. et al. Estimativa do consumo e do ganho de peso de bovinos, em condições brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 6, p. 1857-1865, 2001.

CARVALHO, M. M. Utilização de sistemas silvipastoris. In. SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal/SP. Anais... Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. p. 164-208.

CARVALHO, M. M. Arborização de Pastagens cultivadas. Juiz de Fora/MG. EMBRAPA/CNPGL. 1998. 37p. (EMBRAPA/CNPGL - Documentos, 64).

CARVALHO, M. M., FREITAS, V. P., ALMEIDA, D. S et al. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição química da forragem de pastagens de braquiária. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.23, n. 5, p. 709-718, 1994.
CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, M.M.; GARCIA, R. Produção forrageira e alterações morfológicas em gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. *Anais* ... Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. Forragicultura, v. 2, p. 338-340.

CRISPIM, S. M. A.; FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. et al. Produtividade de braquiárias na sub-região de Nhecolândia, pantanal, Mato Grosso do Sul/Brasil. EMBRAPA-CPAP. Circ. Técnica nº 16, junho, 1998.

DEINUM, B.; SULASTRI, R. D.; ZEINAB, M. H. J. et al. Effect of light intensity on growth anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. trichoglume). *Netherland Journal of Agricultural Science*, Wageningen, v. 44, p. 111-124, 1996.

DETMANN, E; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T. et al. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: Parâmetros Ingestivos e digestivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, n. 30, v. 4, p. 1340-1349, 2001.

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 Agric. Research*, Melbourne, v. 42, p. 913-952, 1991.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA M. P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 21, p. 691-702, 1992.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. et al.: Valores nutritivos de cinco gramíneas sob pastejo. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. Anais...Fortaleza: SBZ, 1996, v. 2, p. 89-92

EUCLIDES, V. P. B.; THIAGO, L. R. L. S.; MACEDO, M. C. M. et al.: Consumo voluntário de forragem de três cultivares de P*anicum maximum* sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 6, p. 1177-1185, 1999.

EUCLIDES, V. P. B.; CARDOSO, E. G.; MACEDO, M. C. M.et al. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 6, p. 2200-2208, 2000 (supl.2).

FORBES, J. M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals.* Leeds/UK. Ed. CAB - International, 1995, 532p.

FOX, D. G.; SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets III: Cattle requirements and diet accuracy. *Journal Animal Science*, v. 70, n. 11, p. 3578-3596, 1992.

FOX, D. G.; BARRY, M. C.; PITT, R. E.; et al. Application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein model for cattle consuming forages. *Journal Animal Science*, v. 73, p. 267, 1995.

FOX, D. G. & TYLUTKI, T. P. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. *Journal Dairy Science*, v. 81, p. 3085-3095, 1998.

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P.; VAN AMBURGH, M. E. et al. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. CNCPS version 4.0. 3 de novembro de 2000a. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, New York.

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P.; CZYMMEK, K. J. et al. Development and application of the Cornell University Nutrient Management Planning System. In.: PROCEEDINGS OF CORNELL NUTRITION CONFERENCE OF FEED MANUFACTURERS, Cornell University, p. 167-179, 2000b

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P.; TEDESCHI, L. O. et al. The Net Carbohydrate and Protein System for evaluating herd nutrition and nutrient excretion (CNCPS version 5.0). Model documentation. Animal Science Mimeo 213, Department of Animal Science, Cornell University, 2003.

FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O.; TYLUTKI, T. P et al.: The Net Carbohydrate and Protein System for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science Technology*, v. 112, p. 29-78, 2004.

FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K. A model to interpret gas acumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminants feeds. *Journal of Theoretical Biology*. v. 163, p. 99-111, 1993.

FRANKE, I. L. & FURTADO, S. C. Sistemas Silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco/Acre/Brasil. EMBRAPA. Documentos, 74. 2001, 51p.

GARCIA, R & COUTO, L. Sistemas Silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997. VIÇOSA/MG. ANAIS... Viçosa:UFV, 1997. p. 446-471.
GARCIA, N.C.P.; REIS, G.G.; SALGADO, L.T. et al. Consórcio do *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em área de encosta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRAS. SIST. AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. *Anais*. Colombo: Embrapa-CNPF, 1994. p. 113-120.

GEDIR, J. V. & HUDSON, R. J.: Estimating dry matter digestibility and intake in wapiti (*Cervus elaphus canadensis*), using the double n-alkane ratio technique. *Small Ruminant Research*, v.36, p. 529-539, 2000.

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

GOMIDE, J. A.; WENDLING, I. J.; BRAS, S. P.et al. Consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagens de *Brachiaria decumbens* manejadas sob duas ofertas diárias de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia,* n.30, v. 4, p. 1194-1199, 2001.

GROOT, J.C.; CONE, J. W.; WILLIANS, B.A. et al. Multiphasic analysis of gas production kinetics for in vitro fermentation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology.* v. 64, p. 78-89, 1996.

HAMELEERS, A. & MAYES, R. W. The use of n-alkanes to estimate herbage intake and diet composition by dairy cows offered a perenial ryegrass/white clover mixture. *Grass and forage Science,* v. 53, n. 2, p. 164-169, 1998.

KEPHART, K. D. & BUXTON, D. R. Forage quality responses of C_3 and C_4 perennial grasses to shade. *Crop Science,* v. 33, n. 4, p. 831-837, 1993.

KETELAARS, J. J. M. H. & TOLKAMP, B. J. Oxigen efficiency and control of energy flow in animals and humans. *Journal of Animal Science,* v. 74, p. 3036-3051, 1996.

LANNA, D. P. D.; FOX, D. G.; BALSALOBRE, M. A. A. et al. Utilização da metodologia de análise de alimentos do CNCPS e do sistema de produção de gás in vitro na estimativa do valor nutricional do capim elefante. In REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza, Anais... Fortaleza: SBZ,1996. p.289-291.

LAREDO, M. A.; SIMPSON, G. D.; MINSON, M. J. et al. The potential for using n-alkanes in tropical forages as a marker for the determinations of dry matter intake by grazing ruminants**.** *Journal Agricultural Science,* Champaign, v. 117, p. 355-361, 1991.

LEITE, G. G. & EUCLIDES, V. P. B. Utilização de Pastagens de *Brachiaria spp*. In.: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11., 1994, Piracicaba. Anais...Editores Peixoto, A. M. et al. Piracicaba:FEALQ, 1994. p. 267-297.

LOPES, O.; LAMELA, L.; SANCHEZ, T. et al. Efecto del sistema silvipastoril en el comportamiento productivo de vacas Mambí en una finca lechera comercial. *Pastos y Forrages*, v. 25, p. 195-208, 2002.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrados. In.: Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas Brasileiros: Pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. Anais... Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M.et al. Determinação e cinética ruminal das frações protéicas de alguns alimentos para ruminantes. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 6, p. 1243-1251, 1997.

MALAFAIA, P. A. M. Taxas de digestão da frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas in situ, in vitro e produção de gases. Tese de doutorado. Viçosa/MG. Universidade Federal de Viçosa, 88p. 1997.

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M. et al. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 2, p. 370-380, 1998.

MANNETJE, L. & EBERSOHN, J. P. Relation between sward characteristics and animal production. *Tropical Grasslands*, v. 14, n. 3, p. 273-280, 1980.

MAURÍCIO, R. M.; MOULD, F. L.; DHANOA, M. S. et al. A semi-automated in vitro gas production tecnique for ruminant feedstuffs evaluation. Animal Feed Science Technology, 79, p. 312-330. 1999.

MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C. et al. Relação entre pressão e volume para a implantação da técnica in vitro semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. *Arquivos Brasileiros Medicina Veterinária e Zootecnia*.**,** v. 55, n. 2, abril, 2003.

MAYES, R. W.; LAMB, C. S.; COLGROVE, P.M. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for determination of herbage intake. *Journal Agricultural Science*, Champaign, v. 107, p. 161-170, 1986.

MENKE, K. H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science*, v.93, p. 217-222, 1979.

MERTENS, D. R. Factors influencing feed intake in lactating cows: From theory to application using neutral detergent fiber. In.: GEORGIA NUTRITIONAL CONFERENCE OF ANIMAL SCIENCE, 1985, Athens. Proceedings…Athens: university of Georgia, p. 1-18, 1985.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v. 64, n. 5, p. 1538-1548, 1987.

MERTENS, D. R. Rate and extent of digestion. Chapter II. In.: FORBES, J. M. e FRANCE, J. (Edit.). *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.* CAB-International, Cambridge University Press, p. 13-51, 1993.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In.: FAHEY, G. C. Jr. et al. (Eds). *Forage quality evaluation and utilization.* Nebraska: American Society of Agronomy, Crop Science of America; Soil Science of America. 1994. 988p.

MERTENS, D. R.: Using fiber and carbohydrates analyses to formulate dairy rations. In. CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES. US Dairy forage Research Center. 1996. p. 81-92.

MOLINA, D. O.; MATAMOROS, I.; ALMEIDA, Z. Evaluation of the dry mater intake predictions of the cornell net carbohydrate and protein system with holstein and dual purpose clactating cattle in the tropics. *Animal Feed Science Technology*, v. 114, p. 261-278, 2004.

MORENZ, M. J. F. Metodologias de Estimativa do Consumo e Aplicação do Modelo *CNCPS* (Cornell Net Carbohydrate And Protein System), em Vacas Leiteiras em Pastagem de Capim-

elefante (*Pennisetum purpureum* Schum., cv. Napier). Campos/RJ: UENF. 2004. 120 p. Tese de doutorado.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. *Journal of Dairy Science*, v. 71, p.2051-2069, 1988.

NOGUERA, R. R.; SALIBA, E. O.; MAURICIO, R. M. Comparación de modelos matemáticos para estimar los parámetros de degradación obtenidos a través de la técnica de producción de gas. *Livestock Research for Rural Development*, v. 16, n. 11, p. , 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7ª edição revisada. Washington/DC, National Academy Press, 242p., 1996.

O'CONNOR, J. D.; SNIFFEN, C. J ; FOX, D. G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets IV. Predicting aminoacid adequacy. *Journal Animal Science*, v. 71, p. 1298-1311, 1993.

OLIVEIRA, D. E.; PRATES, E. R.; PERALBA, M. do C. Identificação e quantificação de n-alcano presentes nas ceras de plantas forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 5, p. 881-886, 1997.

OLIVEIRA, D. E. & PRATES, E. R. Utilização dos componentes da cera das plantas, em especial dos n-alcanos, em estudos de nutrição de ruminantes. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 3, p. 549-557, 2000.
OLIVEIRA, D. E. Uso da técnica dos n-alcanos para medir o aporte de nutrientes através de estimativas do consumo de forragem em bovinos. Piracicaba/SP: ESALQ, 2003, 129p. Tese de doutorado.
ORSKOV, E. R. & McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate passage. *Journal Agricultural Science*. v. 92, p. 499-503, 1979

PAIVA, P. C. A.; ELYAS, A. C. W.; ARCURI, P. B. Aplicação do modelo CNCPS para vacas da raça holandesa a pasto. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande/MS. Anais… Campo Grande:SBZ, 2004. cd rom.

PELL, A. N. & SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion “in vitro” gas production. *Journal Dairy Science*, v. 76, p. 1063-2073, 1993.

REEVES, M.; FULKERSON, W. J.; KELLAWAY, R. C. et al. A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuiu (*Pennisetum clandestinum*) pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 36, n. 1. p. 23-30,1996.

RODRIGUES, L. R. A. & RODRIGUES, T. J. D. Estabelecimento dos capins do gênero *Cynodon* em área de *Brachiaria spp*. In.: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON. 1996, Juiz de Fora/MG. Anais...Juiz de Fora:Embrapa Gado de leite, 1996, p. 8-21.

RUSSEL, J.B; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets I. Ruminal fermentation. *Journal Animal Science*, v. 70, n. 11, p. 3551-3561, 1992.

SAMARAKOON, S.P.; WILSON, J.R.; SHELTON, H.M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 114, p. 161-169, 1990a.

SAMPAIO, A. A. M.; BRITO, R. M.; AGUIAR, L. L. M. et al. Comparação de sistemas para avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne: Suplementação do pasto para vacas na estação seca. Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, n. 4, p. 1287-1292, 2001.

SAMPAIO, A. A. M.; BRITO, R. M.; CARVALHO, M. R. Comparação de sistemas para avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne: Confinamento de tourinhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n. 1, p. 157-163, 2002.

SCHOFIELD, P. & PELL, A. N. Measurements and kinetics of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *Journal Animal Science*, v. 73, n. 11, p. 3455-3463. 1994.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets II. Carbohydrate and protein availability. *Journal Animal Science*, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SOUZA, G. M.; NARANJO, A.; MATOS, M. R. F. et al. Desempenho e consumo voluntário de novilhas mestiças mantidas em pastagens na época do verão com suplementação de carboidratos não estruturais. SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AGRÁRIAS. Escola de Veterinária da UFMG. 2004. p. 535-545.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N. Development and evaluation of tropical feed library for the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 1, p. 1-18, 2002.

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

TILLEY, J. M. A. & TERRY, R. A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal British Grassland Society*, v. 18, p. 104-11, 1963.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* 2ª Ed. Cornell University Press, Ithaca/NY, 1994, 476p.

VASQUEZ O. P. & SMITH T. R. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 83, p. 2301- 2309, 2000.

VIANA, V. M.; MAURÍCIO, R. M.; MATTA-MACHADO, R. et al. Manejo de la regeneracion natural para la formacion de sistema agroflorestales ganaderos. *Livestock Research for Rural Development*, v. 5, p. 259 a 274, 2003.

WALDO, D. R.; SMITH, L. W.; COX, E. L. Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal of Dairy Science*, 69: 617-631, 1972.

WILSON, J.R. & WILD, D.W.M. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In. FORAGES FOR PLANTATION CROPS, 1990, Bali. Proceedings… Canberra: ACIAR, 1990, p. 77-82.

CAPÍTULO 2

DISPONIBILIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FORRAGEM E GANHO DE PESO DE NOVILHAS MESTIÇAS HOLANDÊS X ZEBU EM SISTEMA SILVIPASTORIL E EM MONOCULTIVO DE BRAQUIÁRIA (*Brachiaria decumbens* Stapf.), NO PERÍODO DAS CHUVAS.

RESUMO

Avaliou-se a disponibilidade de matéria seca (MS), a composição química da forragem e o desempenho de novilhas mestiças Holandês x Zebu em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultivo de braquiária (BRA), no período das chuvas. Foram utilizadas 16 novilhas com 340 kg de peso vivo (PV) médio inicial, em pastejo rotacionado com 7 dias de ocupação e 35 dias de descanso. O SSP foi caraterizado pela presença de árvores distribuídas em faixas de 10 metros intercaladas com faixas de 30 metros de pastagem de braquiária e o BRA, pela presença predominante da espécie forrageira capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), sem a presença de árvores. Foram coletadas amostras de forragem para determinação da disponibilidade e da composição química da matéria seca. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados. Não se observou diferença entre tratamentos ($P > 0,05$) quanto à disponibilidade de matéria seca de forragem total (MSFT), matéria seca de forragem verde (MSFV), porcentagem de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), Lignina e na digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) da forragem verde disponível, porém verificou-se ($P<0,05$) redução no valor nutritivo com o avanço do período experimental, evidenciado pela redução nos teores de PB, aumento nos teores de FDN e FDA, e conseqüente redução na DIVMS. Não houve diferença ($P > 0,05$) entre tratamentos no ganho de peso por animal. O SSP apresentou maior eficiência produtiva devido à produção de madeira simultaneamente com a produção animal.

2.1. INTRODUÇÃO

Nas áreas montanhosas da Região Sudeste, como em outras regiões do Brasil, os sistemas de produção de bovinos são baseados, principalmente, na utilização de pastagens, e em muitos casos, necessitam de suplementação na época da seca. Em geral, são pastagens cultivadas que se tornaram degradadas, por causa de manejo incorreto. A falta de persistência dessas pastagens pode ser atribuída à forma extrativista de sua exploração, bem como aos problemas de adaptação, ao manejo inadequado das diferentes espécies, à redução da fertilidade do solo, à susceptibilidade a pragas e à falta de adubação de reposição (Rodrigues & Rodrigues, 1996).

Associado a este fato tem-se observado baixos ganhos de peso vivo médio diário de novilhas leiteiras criadas em pastagens, o que tem resultado em elevada idade ao primeiro parto, contribuindo para a redução dos índices de eficiência zootécnica e econômica dos sistemas de produção de leite. Atribui-se esse baixo desempenho à baixa produção de biomassa no período da seca, à baixa digestibilidade da forragem e ao baixo consumo de matéria seca pelos animais.

Uma opção viável para superar esses problemas, principalmente nos sistemas de produção localizados em áreas

declivosas e solos de baixa fertilidade, é a integração de pastagens com plantas arbóreas em sistemas silvipastoris (Carvalho, 1997).

O uso de sistemas silvipastoris (SSP) está associado com a conservação do solo, incorporação de nutrientes ao sistema, possibilidade de renda extra com a obtenção de novos produtos tais como madeira ou frutas, e ainda a possibilidade de aumentar a oferta e a qualidade da forragem e, conseqüentemente, aumentar a produção animal (Garcia & Couto, 1997). No entanto, a adoção desses sistemas ainda depende de pesquisas sobre alguns fatores que podem influenciar sua eficiência, e de testes de tecnologia que demonstrem suas vantagens.

É difícil para os profissionais da agropecuária convencer os agricultores de que as árvores trazem benefícios diversos à propriedade. A primeira sensação que os agricultores têm é de que as árvores irão retirar-lhes áreas destinadas à agricultura e à pecuária. Mas o efeito é o oposto, pois os SSP buscam conciliar e garantir a produção simultânea de animais, madeira, frutos e outros bens e serviços (Garcia & Couto, 1997).

O uso de SSP composto de árvores distribuídas em faixas nas pastagens, recortando toda a pastagem, preferencialmente em curva de nível, permite a produção de madeira e de sombra para o gado. Os animais permanecem no pasto simultaneamente com as árvores, de forma a maximizar os benefícios econômicos e ambientais (Franke & Furtado, 2001). Nessas pastagens arborizadas, as mudanças microclimáticas e o melhoramento da fertilidade do solo, que resultam em maior disponibilidade de água e incremento na mineralização do N do solo, contribuem para estimular o crescimento de forrageiras. No entanto, há outros efeitos que as árvores podem exercer sobre o crescimento das forrageiras, como redução na luminosidade e competição por água e nutrientes. Esses efeitos, quando ocorrem, podem reduzir o crescimento das forrageiras.

A redução na luminosidade disponível para as forrageiras pode ser prejudicial ou favorável, dependendo de sua intensidade e de outras condições, como concentração de N no solo, tolerância das forrageiras ao sombreamento, características das espécies arbóreas e manejo da pastagem (Carvalho, 1997).

O efeito geral da diminuição da intensidade de luz é reduzir a produtividade, mesmo sendo algumas plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas, mais tolerantes à sombra do que outras (Castro et al., 1997). Sob níveis de sombra moderada, o crescimento das gramíneas poderá ser até maior do que em pleno sol. Isto provavelmente é devido ao aumento da disponibilidade de nitrogênio do solo favorecido pelo ambiente sombreado. Pesquisas conduzidas na Austrália indicam que a maior disponibilidade de nitrogênio em ambiente sombreado resulta de uma maior mineralização do nitrogênio em decorrência de solos com maior teor de umidade e temperaturas mais amenas (Wilson & Wild, 1990).

Avaliando diversas gramíneas forrageiras (*B. decumbens*, *B. brizantha* cv. Marandu, *A. gayanus* cv. Planaltina e *Panicum maximum* cv. Vencedor), sob três níveis de sombreamento (0, 30 e 60%), Castro et al. (1998) constataram incrementos lineares nos teores de proteína bruta (PB) e de lignina, ocorrendo o inverso quanto à digestibilidade *in vitro* da matéria seca

(DIVMS). Já os teores de fibra em detergente neutro (FDN) de todas as gramíneas, exceto os de *B. brizantha*, foram reduzidos com o aumento do nível de sombreamento, como conseqüência dos maiores teores de PB verificados sob condições de sombreamento.

Em Rondônia, Costa et al. (1999, 2001a, 2001b) detectaram diferenças significativas nos teores de N, P, K, Ca e Mg, de gramíneas e leguminosas forrageiras estabelecidas sob sombreamento de cultivos de eucalipto e seringueira, os quais, independentemente das estações do ano, foram superiores aos comumente observados com as espécies em cultivo não sombreado.

Os principais SSP usados nas regiões tropicais são os que aproveitam plantações florestais de coqueiros, seringueira e dendê, localizados no Sudeste asiático e ilhas do Pacífico Sul, plantações florestais para produção de madeira com aproveitamento do sub-bosque para pastejo em florestas de eucalipto em Minas Gerais, Paraná e no Rio Grande do Sul, e os sistemas com forrageiras arbóreas, principalmente leguminosas fixadoras de Nitrogênio, na região central de Queensland/Austrália e Cuba que utilizam leucena (*Leucaena leucocephala*) com pastagem (Garcia & Couto, 1997).

Para se estabelecer métodos racionais de utilização de pastagens é necessário conhecimento sobre o potencial produtivo e o valor nutritivo das forrageiras a serem consumidas pelo animal (Leite & Euclides, 1994). As braquiárias têm se mostrado como plantas de elevado potencial de produção de matéria seca. A quantidade de forragem produzida pode variar muito, pois depende das condições de solo, clima e manejo da espécie utilizada.

As maiores mudanças que ocorrem na composição química das forrageiras são aquelas que acompanham a sua maturação. À medida que a planta amadurece, a produção dos componentes potencialmente digestíveis, como os carboidratos solúveis, proteína e minerais, tendem a decrescer e os componentes fibrosos da parede celular tendem a aumentar, sendo esperado, conseqüentemente, declínio na digestibilidade e no consumo (Paciullo et al., 2001).

O método agronômico para a determinação do consumo de forragem da pastagem, baseia-se na determinação da diferença da forragem disponível medida antes e após o pastejo. Apesar das amostragens serem destrutivas e trabalhosas, esse método apresenta resultados confiáveis em áreas homogêneas e uniformes, sendo bastante utilizado nas pesquisas com pastagens.

Nos trópicos, onde as gramíneas acumulam grande quantidade de material morto, muitas vezes, devido ao manejo inadequado, a relação entre a forragem disponível e o consumo aplica-se em grande parte à fração verde da forragem. Dessa forma, a produção de matéria seca de forragem verde (MSFV) torna-se uma variável importante, tanto para selecionar as espécies, como para determinar o uso correto da pastagem (Mannetje & Ebersohn, 1980).

O desempenho esperado de bovinos em crescimento em pastagens tropicais dependerá do potencial genético e tamanho corporal do animal, da estação do ano, da disponibilidade e oferta de matéria seca de forragem total e matéria seca de forragem verde da pastagem e das condições climático-ambientais.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a disponibilidade de MS, a composição química da forragem e o desempenho de novilhas mestiças Holandês x Zebu em sistema silvipastoril e em monocultivo de braquiária, no período das chuvas.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, durante o período de 30 de setembro de 2003 a 07 de março de 2004, em área de pastagem, cujo solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo, de baixa fertilidade e de topografia montanhosa.

No ano agrícola de abril de 2003 a março de 2004, a precipitação média mensal, foi de 60 mm e a temperatura média mensal de 17°C, no período da seca (abril a setembro), e de 230 mm e 24°C no período das chuvas (outubro a março).

Foi utilizada uma área de 12 ha, dividida em 24 piquetes de 0,5 ha, sendo 12 destinados ao tratamento sistema silvipastoril (SSP) e 12 destinados ao tratamento pastagem exclusiva de capim-braquiária (BRA), com duas repetições de área por tratamento.

O SSP foi caracterizado pela presença de árvores distribuídas em faixas de 10 metros intercaladas com faixas de 30 metros de pastagem de braquiária. As espécies arbóreas presentes foram: *Acacia mangium*, *Acacia angustissima*, *Mimosa arthemisiana* e *Eucalyptus grandis*. No tratamento BRA a espécie forrageira predominante foi o capim braquiária, sem a presença de árvores.

Cada grupo de piquetes de cada repetição de área foi pastejado por 04 novilhas mestiças, Holandês x Zebu, com peso vivo inicial médio de 340 kg, o que correspondeu a uma taxa de lotação inicial de 1,0 Unidade Animal por hectare. O período experimental teve duração de 160 dias. Os animais foram pesados a cada 35 dias nas quatro primeiras pesagens, e a última pesagem ocorreu 20 dias após a quarta pesagem. Os piquetes foram manejados segundo o método de lotação rotacionada, com sete dias de ocupação e 35 dias de descanso, durante todo o período experimental.

As avaliações de disponibilidade de forragem foram realizadas antes da entrada dos animais no piquete, o que resultou em seis épocas de coleta (outubro/03, novembro/03, dezembro/03, janeiro/04, fevereiro/04 e março/04). Em cada piquete, foram coletadas vinte amostras de 0,25 m^2, separadas manualmente em forragem verde e material morto. Cada componente foi pesado, e após a pesagem foi seco em estufa a 55ºC para determinação da MS. Após a saída dos animais dos piquetes, semelhantemente, foi realizada uma coleta para determinação das sobras de forragem em cada piquete.

As amostras de forragem verde coletadas no início (outubro/03), meio (dezembro/03) e final (março/04) do período experimental foram submetidas à análise para determinação dos teores de PB (AOAC, 1990), Cinzas, FDN, FDA e Lignina (Van Soest et al., 1991).

Considerou-se disponibilidade de forragem como sendo a estimativa da quantidade de matéria seca de forragem presente em um hectare de pastagem (kg de MS/ha) e oferta de forragem como a estimativa da quantidade diária de matéria seca de forragem presente na pastagem para cada 100 kg de peso vivo animal em pastejo na área (kg de MS/100 kg PV). A matéria seca de forragem total

(MSFT) foi obtida pela soma entre a matéria seca de forragem verde (MSFV) e a matéria seca de forragem morta (MSFM).

Para os dados de MSFT e MSFV foi adotado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial. Os tratamentos foram constituídos pelos tipos de sistema (SSP e BRA), e o esquema fatorial, caracterizado por dois blocos (repetições) em seis períodos de avaliação (outubro/03, novembro/03, dezembro/03, janeiro/04, fevereiro/04 e março/04).

Os dados foram submetidos à análise de variância, a 5% de significância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Utilizou-se nessas análises o programa estatístico SAEG (UFV, 2000).

O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + P_k + TP_{ik} + e_{ijk}$

Onde:

Y_{ijk} = valor referente à observação do tratamento i, no bloco j no período k

μ = média geral

T_i = efeito do tratamento i (i = 1, 2)

B_j = efeito do bloco j (j = 1, 2)

P_k = efeito do período (k = 1, 2, 3, 4, 5, 6)

TP_{ik} = interação dos efeitos do tratamento i com o período k

e_{ijk} = erro aleatório associado à observação

Para os dados de composição da MSFV também foi adotado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial, com os tratamentos (SSP e BRA), e o esquema fatorial caracterizado por dois blocos (repetições) em apenas três períodos de avaliação (outubro/03, dezembro/03, e março/04).

Os dados foram submetidos à análise de variância, a 5% de significância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se nessas análises o programa estatístico SAEG (UFV, 2000).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou diferença entre tratamentos ($P > 0,05$) quanto à disponibilidade de MSFT e MSFV (Tabela 1).

Nas condições deste experimento, a disponibilidade média de MSFT foi de 2.240 ± 210 kg/ha e de 2.292 ± 191 kg/ha para os tratamentos SSP e BRA, respectivamente. Considerando-se que a produção de matéria seca da pastagem depende das condições climáticas (luz, temperatura e umidade) e da fertilidade do solo, a presença de árvores no SSP não teve efeito sobre a produção de MSFT.

Os valores de disponibilidade de MSFT encontrado neste experimento estão próximos daqueles obtidos por Leopoldino et al. (2000), que obtiveram disponibilidade média de MSFT de 2.607 kg/ha, com uma variação de 2.198 a 3.313 kg/ha, em pastagens exclusivas de braquiária, no período das águas, em solos de fertilidade semelhante. Entretanto, Benedetti (1994) que trabalhou com pastagens de braquiária adubada verificou disponibilidade de MSFT bem maior, 5.363 kg/ha, ressaltando as diferenças relacionadas com o nível de fertilidade do solo.

Na análise estatística dos dados verificou-se efeito do período de avaliação ($P < 0,05$) sobre a

disponibilidade de MSFT (Tabela 2), porém não se observou o mesmo efeito (P>0,05) sobre a disponibilidade de MSFV. O aumento da quantidade de MSFT disponível do início para o final do período experimental ocorreu devido ao acúmulo do resíduo após cada período de pastejo, entretanto a quantidade de

Tabela 1. Disponibilidade de matéria seca de forragem total (MSFT) (kg/ha) e de matéria seca de forragem verde (MSFV) (kg/ha) conforme o período de amostragem, obtidas nos tratamentos sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de braquiária (BRA).

PERÍODO	MSFT(kg/ha)		MSFV (kg/ha)	
	SSP	BRA	SSP	BRA
1) OUT/2003	1625	1874	1003	1110
2) NOV/2003	2238	2099	1301	1421
3) DEZ/2003	1348	1745	1105	1268
4) JAN/2004	2776	2127	2065	1494
5) FEV/2004	2596	2662	1669	1578
6) MAR/2004	2861	3252	2075	2315
TRATAMENTO	2240 A	2293 A	1536 a	1531 a

Médias seguidas da mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem estatisticamente pelo teste F a 5%.

Tabela 2. Disponibilidade de matéria seca de forragem total (MSFT) (kg/ha), conforme o período de amostragem.

PERÍODO	Kg/ha
março/2004	2851 A
janeiro/2004	2695 A
fevereiro/2004	2374 A
novembro/2003	2302 A
dezembro/2003	1746 B
outubro/2003	1628 B

Médias seguidas por letra diferente, na mesma coluna, diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5%.

MSFV manteve-se constante permitindo oferta de forragem em quantidade semelhante para os animais dos dois tratamentos, de forma que os animais puderam selecionar a forragem verde, visto que não houve restrição na oferta, ingerindo forragem de melhor valor nutritivo.

A disponibilidade de MSFV foi de 1.536 ± 151 kg/ha no SSP, e de 1.531 ± 146 kg/ha no BRA. A porcentagem de forragem verde, em relação à forragem total, não variou (P > 0,05) entre tratamentos, e nem com a época de amostragem, apresentando valores médios de 69% no SSP e 67% no BRA, valores semelhantes àqueles obtidos por Paciullo et al. (2003).

As disponibilidades de forragem permitiram obtenção de taxas de lotação de 1,13 UA/ha no SSP e de 1,15 UA/ha no BRA, garantindo uma oferta média diária de 7,5 kg MSFV para cada 100 kg de peso vivo animal em pastejo no SSP, e de 7,1 kg de MSFV por 100 kg de PV no BRA. Como este nível de oferta de forragem é duas a três vezes superior aos valores esperados de consumo de vacas

em pastejo em pastagens tropicais (Benedetti, 1994; Aroeira et al., 1999; Lopes, 2002; Morenz, 2004), e está dentro da faixa sugerida por Gomide (1993) para que não haja restrição no consumo voluntário de MS pelo animal em pastejo, 5,0 a 7,5 kg/100 kg de peso vivo (5 a 7 %). Assim, parece razoável afirmar que a forragem verde disponível foi suficiente para a obtenção dos máximos consumos diários por animal devido à elevada quantidade de forragem disponível.

Não se verificou diferença (P>0,05) entre os tratamentos avaliados, quanto aos teores de PB, FDN, FDA, Lignina e DIVMS da MSFV. Os teores médios de PB, FDN, FDA e Lignina foram de 9,3%, 68,3%, 32,2%, e 8,8%, respectivamente (tabela 5). Variações na composição das amostras de forragem são decorrentes da variação da idade da planta ao corte e das condições climático-ambientais onde são conduzidos os experimentos, e também da forma de processar as amostras para análise. Esses valores obtidos são semelhantes àqueles encontrados por Euclides et al. (1998) em experimento com pastagem de braquiária sem adubação, e inferiores àqueles encontrados por Benedetti (1994) que trabalhou com pastagens adubadas de capim-braquiária.

Os resultados obtidos indicam que houve redução no valor nutritivo da forragem disponível com o avanço do período experimental. Os teores de FDN, FDA e Lignina foram crescentes e o de PB decrescentes (P<0,05), mostrando compatibilidade com os teores de DIVMS que mostraram decréscimo (P<0,05).

Tabela 3. Porcentagem de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), da matéria seca da forragem verde (MSFV) disponível conforme o período de amostragem.

	Out/03	Dez/03	Mar/04	Média
PB (%MS)	10,3 A	9,6 AB	8,0 B	9,3
FDN (%MS)	61,8 A	69,5 B	73,6 B	68,3
FDA (%MS)	27,3 A	34,6 B	34,8 B	32,2
LIG (%FDN)	8,5	8,4	9,5	8,8 NS
DIVMS (%MS)	61,0 A	57,0 AB	50,4 B	56,1

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

As concentrações médias de FDN observadas aumentaram de 61,8% no início para 73,6% da MS no final do período das chuvas, e os níveis de FDA mostraram o mesmo comportamento aumentando de 27,3% para 34,8%. Esses dados confirmam os resultados obtidos por Paciullo et al. (2001) que concluíram que à medida que a planta amadurece, a produção dos componentes potencialmente digestíveis, como os carboidratos solúveis, proteína e minerais, tendem a decrescer e os componentes fibrosos da parede celular tendem a aumentar, sendo esperado, conseqüentemente, declínio na digestibilidade e no consumo.

As concentrações médias de PB observadas foram de 10,2 % no início, 9,5 % no meio e 8,0 % no final do período avaliado, estando sempre acima do mínimo necessário para adequada fermentação ruminal (Van Soest, 1994).

Não houve diferença ($P > 0,05$) para as variáveis, ganho de peso por animal, taxa de lotação e ganho de peso por hectare, entre tratamentos. Os ganhos de peso vivo médio diário foram de 637 ± 35 e 612 ± 28 gramas, e os ganhos de peso por hectare de 135,8 e 130,5 kg, nos tratamentos SSP e BRA, respectivamente. Os ganhos de peso vivo por animal acima de 600 g/dia obtidos neste experimento, semelhantes àqueles obtidos por Camarão et al. (2002) com *Brachiaria humidicola* em SSP, e Brâncio et al. (2003) com *Panicum maximum*, em condições de manejo semelhantes, demonstram o bom valor nutritivo da forragem disponível, tanto no SSP quanto no BRA, no período das chuvas.

Ganhos de peso vivo médio da ordem de 600 gramas por dia, como os obtidos neste trabalho, para novilhas leiteiras em crescimento permitiriam desenvolvimento ponderal acelerado garantindo precocidade à primeira cobertura e ao primeiro parto. Porém, a escassez de forragem que advém no período da seca, reduz consideravelmente as taxas de ganho de peso, exigindo estratégias de manejo e suplementação quando se deseja manter altos níveis de ganho de peso ao longo de todo o ano.

Seria esperada menor produtividade do sistema silvipastoril em relação ao monocultivo de braquiária, considerando que a presença das árvores fossem criar competição por nutrientes disponíveis no solo com forrageiras herbáceas, trazendo reflexos negativos sobre a produção de matéria seca do pasto e sobre o ganho de peso dos animais, porém não observou-se diferença entre tratamentos, indicando que a presença das árvores não afetou a capacidade suporte e a qualidade da pastagem.

Outra vantagem do SSP é a possibilidade da obtenção de receitas extras, com a produção de madeira, por exemplo, além do ganho de peso animal. Neste experimento, foram obtidos 400 mourões de cerca, 54 metros cúbicos de lenha, e 12 postes de madeira, através do corte de algumas árvores no tratamento SSP. Este corte reduziu a densidade de árvores na pastagem, de forma a manter um nível de sombreamento que não afetou a produção de matéria seca de forragem da pastagem.

2.4. CONCLUSÕES

Durante o período das chuvas não houve diferença na disponibilidade de forragem e no ganho de peso de novilhas mantidas em sistema silvipastoril ou em monocultivo de braquiária.

Verificou-se uma natural queda no valor nutritivo da forragem verde disponível ao longo do período experimental.

O SSP apresentou maior eficiência produtiva devido à produção de madeira, simultaneamente com a produção animal.

2. 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 15ª ed. Virginia/USA. 1990. 1298p.

AROEIRA, L. J. M.; LOPES, F. C. F.; DERESZ, F. et al. Pasture availability and dry matter intake of lactating crossbred cows grazing elephant grass (*Pennisectum purpureum* SCHUM.). *Animal Feed Science and Technology*, v. 78, n. 3/4, p. 313-324, 1999.

BENEDETTI, E. Atributos de três gramíneas tropicais, parâmetros ruminais e produção de leite em vacas mestiças mantidas a pasto. Belo Horizonte/MG : UFMG-Escola de Veterinária, 1994. 173p. (Tese de Doutorado).

BRANCIO, P. A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V. P. B et al. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* JACQ. sob pastejo: Composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. Revista Brasileira de Zootecnia, v**.** 32, n.5, p.1037-1044, 2003.

CAMARÃO, A. P.; RODRIGUES FILHO, J. A.; RISCHKOWSKY, B. et al. Disponibilidade de forragem, composição botânica e qualidade da pastagem de capim quicuio-da-amazônia *(Brachiaria humidicol*a) sob três condições. In.: Anais da SBZ 2002. Recife/PE.

CARVALHO, M. M. Utilização de sistemas silvipastoris. In.: 3º Simpósio sobre ecossistemas de pastagens, 1997, Jaboticabal/SP. Anais...Editado por Favoreto, V. e Colaboradores. FCAV/UNESP, 1997. p. 164-208.

CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, M.M.; GARCIA, R. Produção forrageira e alterações morfológicas em gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. *Anais* ... Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. Forragicultura, v. 2, p. 338-340.

CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, M.M.; GARCIA, R. Efeito do sombreamento artificial sobre o valor nutritivo de seis gramíneas forrageiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2, 1998, Belém/PA: Resumos expandidos...Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. P. 198-200.

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A. et al. Desempenho agronômico de gramíneas forrageiras sob sombreamento de seringal adulto. *Pasturas Tropicales***,** Cali, v.21, n.2, p.65-68, 1999.

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A. et al. Desempenho agronômico de leguminosas forrageiras sob sombreamento de seringal adulto. *Amapá Ciência e Tecnologia*, Macapá, v.2, n.1, p.43-51, 2001a.

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A. et al. Avaliação agronômica de gramíneas forrageiras sob sombreamento de eucaliptos na Amazônia Ocidental. *Amapá Ciência e Tecnologia*, Macapá, v.2, n.2, p.261-268, 2001b.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 21, p.691-702, 1992.

EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K. E.; ARRUDA, Z. J. de et al. Desempenho de novilhos em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 2, p. 246-254, 1998.

FRANKE, I. L. & FURTADO, S. C. Sistemas Silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco/Acre/Brasil. EMBRAPA. Documentos, 74. 2001, 51p.

GARCIA, R & COUTO, L. Sistemas Silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In. Simpósio Internacional Sobre Produção Animal em Pastejo. 1997. VIÇOSA/MG. ANAIS ... Viçosa:UFV, 1997. p. 446-471.

GOMIDE, J. A. Produção de leite em regime de pasto. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 22, n. 4, p. 591-613, 1993.

LEITE, G. G. & EUCLIDES, V. P. B. Utilização de Pastagens de *Brachiaria spp.* In.: Anais do 11º simpósio sobre manejo de pastagens.. Editado por Aristeu Mendes Peixoto et al. Piracicaba/SP: Ed. FEALQ, 1994. p. 267-297.

LEOPOLDINO, W. M.; RODRIGUEZ, N. M.; BENEDETTI E. et al. Disponibilidade de matéria seca e composição química de pastos consorciados ou não com duas leguminosas tropicais. Anais: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. Viçosa/MG.

LOPES, F. C. F. Taxa de passagem, digestibilidade *in situ*, consumo, composição química e disponibilidade de capim-elefante (*Pennisectum purpureum* SCHUM.) pastejado por vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. Belo Horizonte/MG: UFMG - Escola de Veterinária. 2002. 224p. (Tese de Doutorado).

MANNETJE, L. & EBERSOHN, J. P. Relation between sward characteristics and animal production. *Tropical Grasslands*, v. 14, n. 3, p. 273-280, 1980.

MORENZ, M. J. F. Metodologias de Estimativa do Consumo e Aplicação do Modelo *CNCPS* (Cornell Net Carbohydrate And Protein System), em Vacas Leiteiras em Pastagem de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum., cv. Napier). Campos/RJ: UENF. 2004. 120 p. Tese de doutorado.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S. et al. Composição química e digestibilidade *in vitro* de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade, e da estação de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n. 03, p. 964-974, 2001 (supl.1).

PACIULLO, D. C. C.; AROEIRA, L. J. M.; ALVIM, M. J. et al. Características produtivas e qualitativas de pastagens de exclusiva de *Brachiaria decumbens* ou consorciadas com *Stylosanthes guianensis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 3, p. 421-426, 2003.

RODRIGUES, L. R. A. & RODRIGUES, T. J. D. Estabelecimento dos capins do gênero *Cynodon* em área de *Brachiaria spp*. In.: Workshop sobre o potencial forrageiro do Gênero Cynodon. 1996, Juiz de Fora/MG. Anais...Juiz de Fora:Embrapa Gado de leite, 1996, p. 8-21.

SAEG, (Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas) versão 8.0 – manual de instruções. CPD/UFV, Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento, Viçosa/MG, 142p. 2000.

VAN SOEST, P. J. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2ª Ed. Cornell University Press, Ithaca/NY, 1994, 476p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WILSON, J.R. & WILD, D.W.M. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. ed. Forages for plantation crops. Canberra: ACIAR, 1991. 168p. p. 77-82. (Proceedings of a Workshop, 1990, Bali).

CAPÍTULO 3

ESTIMATIVA DO CONSUMO VOLUNTÁRIO DE MATÉRIA SECA DE NOVILHAS MESTIÇAS HOLANDÊS X ZEBU EM SISTEMA SILVIPASTORIL E EM MONOCULTIVO DE BRAQUIÁRIA (*Brachiaria decumbens* Stapf.) NO PERÍODO DAS CHUVAS, UTILIZANDO A TÉCNICA DOS N-ALCANOS.

RESUMO

Com o objetivo de estimar o consumo voluntário de matéria seca de novilhas mestiças H x Z em sistema silvipastoril e em monocultivo de braquiária foram utilizadas 12 novilhas, com peso vivo inicial de 340 kg, que receberam cápsulas de liberação controlada de n-alcanos, contendo os alcanos dotriacontano (C32) e hexatriacontano (C36), no início, no meio e no final do período experimental. A administração das cápsulas foi realizada uma única vez pela manhã, juntamente com a pesagem dos animais, sendo os primeiros sete dias destinados a obtenção do estado de equilíbrio de excreção, e as coletas de fezes realizadas a partir do oitavo dia, durante sete dias. A coleta de fezes foi realizada pela manhã, uma vez ao dia. As amostras de forragem consumida foram obtidas da fração da forragem verde separada da forragem total das amostras colhidas antes da entrada dos animais em cada piquete. Após a extração, os n-alcanos das amostras, variando de C27 a C35 foram determinados por análise cromatográfica. O uso destes cromatogramas permitiu calcular o consumo de matéria seca de forragem por animal. Foi adotado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial, e os dados submetidos à análise de variância, a 5% de significância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os alcanos encontrados em maiores concentrações foram o C33 e o C31, sendo que os de cadeia ímpar apresentaram concentrações superiores aos de cadeia par. Utilizou-se o par de alcanos C33:C32 para a determinação do consumo de matéria seca, estimado como percentagem do peso vivo, que não diferiu (P>0,05) entre tratamentos. Os animais do tratamento SSP apresentaram consumo de matéria seca de 2,36% do peso vivo e os animais em pastagem exclusiva de braquiária de 2,22% do peso vivo. Da mesma forma o ganho de peso vivo médio diário não diferiu (P>0,05) entre tratamentos, e foram de 637 g para os animais do SSP e de 612 g para os animais do BRA. Considerando o teor médio de 68,3% de FDN encontrado na MS da forragem verde disponível para os animais em pastejo, e o consumo médio de 2,29% de matéria seca de forragem verde, o consumo de FDN calculado foi de 1,5% do PV do animal.

3.1. INTRODUÇÃO

A estimativa acurada do consumo de matéria seca (CMS) por animais criados sob condição de pastejo, sempre foi um desafio para os pesquisadores, devido ao grande número de variáveis que atuam no controle do consumo, e às limitações impostas pelas metodologias utilizadas para a obtenção destas estimativas. Conhecer a fração das exigências que é atendida pela ingestão de pasto é essencial para a formulação de dietas e de estratégias de alimentação adequadas. Isto possibilita avaliar o desempenho do rebanho, ajustando às condições de produção em função da qualidade e disponibilidade da pastagem, tornando a atividade mais econômica e mais produtiva, contribuindo também para a redução das perdas de nutrientes para o meio ambiente (Morenz, 2004).

Conforme Mertens (1994), a regulação do consumo animal é realizada basicamente por três mecanismos: fisiológico, físico e psicogênico. Estes mecanismos podem agir

isoladamente ou em conjunto, conforme a condição do animal em determinada situação.

Na regulação fisiológica, a ingestão é proporcional à demanda energética para a produção. Quando os animais são alimentados com dietas com alto teor de energia, palatáveis e com baixo teor de fibra, a ingestão é regulada pela demanda energética do animal. Dessa forma a quantidade de energia consumida tende a ser igual à necessidade do animal. Nessas condições, a regulação do consumo é realizada pelo balanço nutricional da dieta do animal, principalmente em função do requerimento energético do mesmo para desempenhar suas funções de manutenção, produção e reprodução (Mertens,1994).

A regulação física ocorre quando os animais são alimentados com dietas palatáveis, ricas em fibra e com baixa concentração de energia. A ingestão é limitada por uma restrição da capacidade do trato digestivo ou capacidade de distensão ruminal (Forbes, 1995). Neste caso, a dieta resulta em consumo de energia que não atende à demanda, havendo redução no desempenho animal para se adequar aos limites impostos pela dieta.

Em dietas de baixa digestibilidade, o consumo de alimentos aumenta com o incremento do valor nutritivo, até um ponto em que a distensão ruminal não permite maior ingestão. Assim, dietas com baixo valor nutritivo, devido à distensão do tubo digestivo, muitas vezes inibem o consumo de matéria seca antes que esteja satisfeita a demanda total de energia do animal. Conrad et al. (1964) sugeriram que há um ponto de inflexão na curva de digestibilidade em que a limitação do CMS pelo efeito físico do enchimento é substituída pelo efeito fisiológico do suprimento de energia. Entretanto este ponto é provavelmente uma conveniente simplificação matemática porque o CMS parece ser controlado por uma múltipla integração de fatores estimulatórios e inibitórios do cérebro (Forbes, 1995).

A regulação do consumo é, provavelmente, uma integração dos vários fatores que afetam o sistema metabólico do animal. Situações específicas podem promover que um fator se torne predominante. Por exemplo, fatores físicos atuam predominantemente na ingestão em vacas gestantes ou animais obesos, e fatores metabólicos em vacas que recebem o alimento moído e apresentam tempo de ruminação reduzido (Van Soest, 1994).

Quando os animais estão em pastejo, as estimativas de consumo tornam-se mais complexas, devido à interação dos fatores relacionados ao animal, à planta e ao meio ambiente. Segundo Vasquez & Smith (2000) as variáveis mais relevantes que influenciaram o consumo de vacas leiteiras sob condições de pastejo foram: a disponibilidade de pastagem, o nível de suplementação, a interação entre disponibilidade e nível de suplementação, a produção de leite, o peso vivo, a variação no peso vivo, a porcentagem de leguminosa na pastagem e a porcentagem de FDN do pasto.

Os carboidratos fibrosos, estimados pela porcentagem de FDN da forragem, são fermentados no rúmen-retículo e apresentam uma taxa de passagem mais lenta que os demais constituintes da dieta resultando em efeito de enchimento ruminal (“rumen fill”) maior que os componentes não fibrosos. Em função disso a %FDN da forragem tem sido apontada como o melhor indicador individual para a predição do consumo voluntário de matéria seca. Entretanto, muitos outros fatores afetam o enchimento ruminal, incluindo o tamanho da partícula, a freqüência e efetividade da mastigação, a fractabilidade da partícula, a indigestibilidade da fração FDN e as

características das contrações reticulares (Allen, 1996).

A estimativa de consumo de animais a pasto é tão problemática, que todos os métodos utilizados têm limitações e comprometimentos que podem induzir a erros. Contudo, enquanto nenhuma das técnicas é completamente adequada, cada uma delas tem valor em situações específicas e podem produzir resultados válidos, desde que suas limitações sejam reconhecidas e discutidas (Aroeira, 1997).

Existem vários métodos de se estimar consumo de animais a pasto que incluem, as medidas diretas e as indiretas. As medidas diretas de consumo podem ser obtidas por meio da diferença de peso dos animais antes e após o pastejo, sendo necessárias correções para perdas invisíveis da respiração, perdas de peso referentes às excreções de fezes e urina, e também o ganho de peso decorrente da ingestão de água. Também podem ser obtidas através do método agronômico, que consiste na medida da diferença da massa de forragem disponível antes e após o pastejo, sendo necessários ajustes para perdas de forragem ocasionadas por pisoteio e excreção fecal, correções para o crescimento da forragem durante o período de pastejo, e coleta de grande número de amostras por área para aumentar a precisão do método (Oliveira, 2003; Morenz, 2004).

As estimativas do consumo baseadas em medidas indiretas têm sido as mais utilizadas. O consumo é calculado a partir das estimativas da digestibilidade do material ingerido e da produção fecal do animal. A produção fecal pode ser determinada diretamente, usando-se sacolas para colheitas totais, ou indiretamente, com auxílio de indicadores externos, que se baseia na razão entre a quantidade do indicador administrado ao animal e a sua concentração nas fezes.

A obtenção de uma amostra representativa da forragem realmente ingerida pelo animal é necessária para a determinação da digestibilidade. Esta amostragem pode ser feita através do pastejo simulado, na qual o pesquisador observa o animal pastando e tenta simular com a mão o que está sendo ingerido, ou pela coleta da extrusa de animal fistulado no esôfago.

Para a estimativa da digestibilidade da amostra de forragem obtida pode-se usar os métodos da digestibilidade *in vitro* da matéria seca ou da matéria orgânica (Tilley & Terry, 1963), ou da digestibilidade *in situ* (Nocek, 1988). Pode-se também usar a técnica do NIRS (*near infrared spectroscopy)*, desde que estejam padronizadas as curvas para cada tipo de forragem. Recentemente, no Brasil, também têm sido propostas estimativas da digestibilidade de forrageiras tropicais, a partir da técnica de produção de gases *in vitro* (Lanna et al., 1996; Malafaia et al., 1997) que se baseiam nos trabalhos de Pell & Schofield (1993), Schofield & Pell (1995), Licitra et al.(1996) e de Maurício et al. (1999).

O método mais utilizado para a determinação do consumo, baseia-se na utilização do óxido crômico (Cr_20_3) como indicador externo, e na digestibilidade *in vitro* (DIVMS) da forragem (Malossini et al., 1996; Aroeira, 1997; Astigarraga, 1997). O óxido crômico usado como indicador é fornecido em duas doses diárias, geralmente 5 gramas por dose, em horários pré definidos, efetuando-se as coletas de fezes nos mesmos horários das aplicações. O período total de avaliação tem duração de 10 dias, sendo que nos primeiros 5 dias a concentração do indicador nas fezes atinge o ponto de equilíbrio *(steady-state)* , e as coletas de fezes realizadas nos últimos 5 dias. Embora seja amplamente utilizado, esse método é considerado trabalhoso e pode ocasionar estresse aos animais, principalmente durante o manejo

de aplicação do indicador, o que pode interferir de maneira direta no consumo de alimento (Aroeira, 1997).

Além disso, acredita-se que há uma variação no coeficiente de digestibilidade da forragem que cada animal obtém no pastejo, e o fato de se utilizar um único valor para todo o grupo de animais, como se faz neste método, pode ser mais uma fonte de erro (Berry et al., 2000; Gedir & Hudson, 2000).
Na Embrapa Gado de Leite, tem-se usado o oxido crômico para os cálculos da produção fecal, e a DIVMS da extrusa, para as estimativas de consumo de animais em pasto de capim-elefante (Aroeira et al., 1999). Soares (1998) utilizou a FDN tratada com dicromato de sódio, administrada em dose única, para estimativas de consumo do capim elefante sob pastejo. Entretanto, considerou-se esta metodologia mais trabalhosa no que diz respeito às determinações do cromo e às estimativas dos resultados usando-se os modelos propostos por Grovun & Williams (1973), Quiroz et al. (1988) e Pond et al. (1989).

A metodologia do duplo alcano (Mayes et al., 1986) tem sido proposta para as estimativas de consumo. Essa técnica baseia-se na combinação do uso de um n-alcano indicador interno e um n-alcano indicador externo. Os alcanos são substâncias naturalmente encontradas na cera cuticular das plantas e são, predominantemente, formados por cadeias ímpares de 25 a 35 átomos de carbono. O consumo é estimado usando-se um par de alcanos com número de carbonos próximos e com taxas de recuperação fecal semelhantes. As estimativas são feitas, analisando-se o alcano de cadeia ímpar, que ocorre naturalmente na forragem e outro sintético, de cadeia par, administrado aos animais (Mayes et al., 1986; Hameleers & Mayes, 1998), utilizando-se a fórmula proposta por Mayes et al. (1986).

A dificuldade deste método, é que as concentrações de alcanos podem ser muito baixas em algumas gramíneas tropicais (Laredo et al., 1991). Entretanto, Oliveira et al. (1997) encontraram quantidades relativamente elevadas dos alcanos C_{29} a C_{33} em capim-elefante. Estimativas de consumo utilizando-se o par de alcanos C_{32}/C_{33} apresentaram resultados confiáveis em capim quicuio (*Pennisetum clandestinum*) (Reeves et al., 1996). Laredo *et al.* (1991) verificaram níveis suficientes de n-alcanos em *Brachiaria decumbens*, *Digitaria decumbens*, *Pennisetum glaucum e Stylosanthes scabra* para estimativa do consumo de matéria seca.

Segundo Gedir & Hudson (2000) os n-alcanos considerados mais viáveis como indicadores externos são o dotriacontano (C_{32}) e o hexatriacontano (C_{36}), por serem de menor custo, de mais fácil obtenção na forma pura, e por estarem presentes em baixas concentrações nas plantas. O n-alcano de cadeia ímpar, para ser utilizado como indicador interno de digestibilidade, deve estar presente na forragem em uma concentração de, no mínimo, 50 mg/kg MS (Laredo et al., 1991).

O indicador inerte pode ser fornecido em administrações diárias de uma ou duas doses, ou em dose única com cápsulas de liberação controlada. As cápsulas de liberação controlada (*Controled Release Capsules)* liberam doses constantes do indicador inerte, superando o problema das administrações diárias e das variações diurnas da excreção do indicador (Piaggio et al., 1995; Santos & Petit, 1996, Hongerholt & Muller,1998). Dove & Mayes, 1991 testaram o funcionamento de cápsulas de liberação controlada de n-alcanos sintéticos em ovinos intactos ou fistulados no rúmen, e verificaram que as taxas de liberação foram constantes e o consumo estimado foi idêntico ao consumo real. De modo geral, os resultados obtidos com essas cápsulas têm sido satisfatórios.

São descritos na literatura diferentes métodos de administração dos n-alcanos em bovinos. Atualmente recomenda-se o uso das cápsulas de gelatina ou das cápsulas de liberação controlada. As cápsulas de gelatina são aplicadas duas vezes ao dia, efetuando-se as coletas de fezes concomitantes às aplicações. No caso da utilização de cápsulas de liberação controlada faz-se uma única aplicação no primeiro dia do experimento, sendo as coletas de fezes realizadas uma vez ao dia, em horários pré-definidos. A duração média do procedimento, em ambos os tipos de cápsulas, é de 12 dias, sendo os primeiros sete dias para alcançar o estágio de equilíbrio da excreção do indicador inerte, e os últimos cinco dias para as coletas de fezes (Morenz, 2004).

O método dos n-alcanos apresenta algumas vantagens. Teoricamente, a estimativa do consumo não é influenciada pela digestibilidade individual da dieta ou pela recuperação dos indicadores, desde que estes sejam similares (Dove & Mayes, 1991; Malossini et al., 1996). Os possíveis erros associados à recuperação incompleta dos indicadores são nulos no caso do uso de um par de alcanos de recuperação fecal semelhante.

O objetivo do presente trabalho foi de estimar o consumo voluntário de matéria seca de novilhas mestiças H x Z, em sistema silvipastoril e em monocultivo de braquiária, no período das águas, utilizando a técnica dos n-alcanos.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na EMBRAPA Gado de Leite, no campo experimental localizado em Coronel Pacheco/MG, situado na Zona da Mata, a 21° 55´ 50´´ de latitude Sul (S) e 43° 16´ 15´´ de longitude Oeste (W), no período de 30 de setembro de 2003 a 07 de março de 2004, em área de Latossolo Vermelho-Amarelo de baixa fertilidade e de topografia montanhosa. O tipo climático do local, segundo Koppen, é o Cwa, com período seco no inverno e chuvoso no verão. No período seco (abril a setembro) a precipitação média mensal é de 60 mm e a temperatura média mensal é de 17° C, e no período chuvoso (outubro a março) a precipitação é de 230 mm e a temperatura de 24°C.

Foi utilizada uma área de 12 hectares dividida em 24 piquetes de 0,5 ha, sendo 12 para o sistema silvipastoril e 12 para o monocultivo de capim braquiária (*B. decumbens).* No sistema silvipastoril as espécies arbóreas presentes foram a *Acacia mangium*, *Acacia angustissima*, *Mimosa arthemisiana* e *Eucaliptus grandis* distribuídas em faixas de 10 metros intercaladas com faixas de 30 metros de pastagem de braquiária.

Cada grupo de piquetes de cada repetição de área foi pastejado por quatro novilhas leiteiras Holandês x Zebu, de peso vivo inicial médio de 340 kg, o que correspondeu a uma taxa de lotação inicial de 1,0 Unidade Animal por hectare. Esses animais foram pesados a cada 35 dias nas quatro primeiras pesagens, e após 20 dias na última pesagem, perfazendo um período experimental de 160 dias. Os piquetes foram manejados segundo o método de lotação rotacionada, com sete dias de ocupação e 35 dias de descanso. Os tratamentos consistiram de sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de braquiária (BRA).

Dos 16 animais em pastejo, 12 receberam as cápsulas de liberação controlada de n-alcano, para determinação do consumo. O consumo foi estimado em três ocasiões durante o período experimental, no início (outubro/03), no meio (dezembro/03) e no final (março/04) do período experimental.

Os indicadores externos (n-alcanos) utilizados foram o dotriacontano (C_{32}) e o

hexatriacontano (C_{36}) em cápsulas de liberação controlada (CRC, type MCM, Captec Ltd, Auckland, New Zealand), desenvolvidas para uso em bovinos com peso vivo entre 300 e 650 kg. O tempo de liberação dos n-alcanos no interior do rúmen, à uma taxa constante é de aproximadamente 20 dias. A taxa de liberação, informada pelo fabricante é de 397,2 mg/dia e 401,3 mg/dia, para os n-alcanos C_{32} e C_{36}, respectivamente.

A cápsula de liberação controlada consiste de um tubo plástico cilíndrico medindo 3,7 cm de diâmetro e 16 cm de comprimento, com duas "asas" na extremidade, contendo 5 pastilhas com n-alcanos. As pastilhas são pressionadas por um êmbolo, impulsionado por uma mola e, à medida que a pastilha entra em contato com o líquido ruminal, seu conteúdo é liberado lentamente no interior do rúmen. Durante a aplicação, as asas plásticas são dobradas, de forma a ficar junto ao corpo da cápsula, que é então colocada com aplicador próprio dentro do rúmen. Dentro do rúmen essas "asas" se abrem formando um T, assim evita-se que o animal venha expelir a cápsula, e facilita a flutuação da cápsula no material ruminal.

A administração da cápsula foi realizada uma única vez pela manhã, juntamente com a pesagem dos animais, sendo os primeiros sete dias destinados a obtenção do estado de equilíbrio de excreção, e as coletas de fezes realizadas a partir do oitavo dia, durante sete dias.

A coleta de fezes foi realizada pela manhã, uma vez ao dia. Cada novilha foi acompanhada no pasto até que ela defecasse, e então parte das fezes foi coletada, aproximadamente 500 gramas, para constituir uma amostra individual de cada animal.

As amostras de forragem consumida foram obtidas da fração da forragem verde separada da forragem total das amostras colhidas antes da entrada dos animais em cada piquete.

As amostras coletadas foram identificadas e congeladas a -18°C de temperatura, aproximadamente. Ao final do período experimental as amostras foram descongeladas e pré-secadas em estufas de ventilação forçada, regulada a 55°C, durante 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo *Willey* com peneiras de 1 mm, identificadas e guardadas em frascos de vidro com tampa para posteriores análises.

Os n-alcanos variando de C27 a C35 foram extraídos das amostras de forragem e fezes, seguindo protocolo de extração proposto por Oliveira (2003). Foram pesadas alíquotas de 1,5 g para amostras de forragem e 0,5 g para amostras de fezes, que foram colocadas em tubos de ensaio (20 x 100 mm) com tampas de rosca.

Foi utilizado o n-tetratriacontano ($C_{34}H_{70}$) como padrão interno, considerando que os dados da literatura indicam a ausência deste n-alcano na maioria das forrageiras. No entanto, como algumas forrageiras tropicais podem apresentar C_{34} em seu perfil de n-alcanos, foi necessária a realização de "extrações em branco" (sem a adição do padrão $C_{34}H_{70}$) em amostras de forragens, para se obter o fator de correção do padrão interno. A área do cromatograma referente ao C_{34}, obtida do material sem o padrão interno, é então descontada daquela do C_{34} nas amostras de forragens e de fezes, onde adicionou-se o padrão. Foi utilizado, aproximadamente 0,2 mg do C_{34} por amostra. Uma "solução estoque" foi preparada, contendo 10 ml de n-heptano e 1 g do padrão interno. Uma alíquota de 200 µl foi adicionada em cada tubo contendo a amostra.

Aos tubos contendo a amostra e o padrão interno, foi adicionada solução etanólica de KOH (1 M), sendo 14 ml para forragem e 7

ml para as fezes, com o objetivo de converter os ésteres nos correspondentes álcoois e sais de potássio dos ácidos (saponificação), facilitando as etapas de extração e purificação. Os tubos foram deixados em repouso por 30 minutos, e em seguida, colocados em banho-maria, previamente aquecido a 90°C, por 4 horas.

Após a saponificação, foi feita a primeira extração, denominada extração líquido-líquido. Às amostras resfriadas foram adicionados 14 ml de heptano mais 4 ml de água destilada para as amostras de forragem, e 7 ml de n-heptano mais 2 ml de água destilada para as amostras de fezes, agitando-se os tubos por 30 segundos. A camada superior foi retirada com o auxílio de pipetas e colocada em becker de 50 ml. Repetiu-se todo o procedimento, com exceção da adição de água, adicionando-se a segunda extração à primeira. O conteúdo dos beckers foi evaporado em capela com exaustão, em temperatura ambiente.

Após a evaporação, a camada superior removida na extração líquido-líquido foi reconstituída em 3 ml de n-heptano, aquecida levemente, e aplicada no topo de uma coluna (seringa de 5 mL) de sílica gel (70-230 mesh) suspensa em n-heptano, com volume de leito de 5 mL. Então foi realizada a eluição em beckers com 20 ml de n-heptano adicionados com uma proveta, e evaporou-se novamente em temperatura ambiente, com auxílio de uma capela com exaustão. O eluído final, após evaporação, foi reconstituído em 2 ml de n-heptano, com leve aquecimento, sendo colocados em vidros para cromatografia.

Os n-alcanos variando de C27 a C35 foram determinados por análise cromatográfica, em cromatógrafo a gás com detector de ionização de chama. Foi utilizada coluna capilar (J e W 122-1022) com 20 m x 0,25 mm x 0,25 µm de espessura de filme,. As condições cromatográficas, de gases de arraste e da chama foram: temperaturas do injetor e detector de 280 e 320°C, respectivamente. A temperatura da coluna iniciou em 200°C, aquecendo a uma taxa de 10°C por minuto, até uma temperatura final de 300°C, mantida por 20 minutos. Foi usado o gás hidrogênio como gás carregador (arraste), com velocidade linear de 20 mL por minuto. O modo de injeção foi do tipo "split", com uma razão de 50:1, e volume de amostra de 1 µl, injetado automaticamente.

A identificação individual dos n-alcanos foi feita utilizando-se a dependência linear entre os logaritmos dos tempos de retenção (Y) e o número de átomos de carbonos (X) da molécula para compostos de séries homólogas (Debbrecht (1985), citado por Oliveira et al., 1997), obtidos com uma mistura dos padrões C32, C34 e C36. A equação utilizada para a identificação individual dos n-alcanos baseado no tempo de retenção foi: Y = -0294 + 0,0327 * X. As áreas de cada pico do cromatograma foram convertidas em quantidades de n-alcanos (mg/kg de matéria seca), tendo como referência o padrão interno ($C_{34}H_{70}$) de acordo com a seguinte fórmula:

$C_x = (((Q_p \times A_x) / (Fr_x \times A_p)) \times 1000)/$peso da amostra (g)

onde:
C_x = n-alcano a ser identificado (mg/kg MS)
Q_p = quantidade do padrão interno na amostra (mg)
A_x = área absoluta no cromatograma do n-alcano a ser identificado
Fr_x = fator de resposta do n-alcano a ser identificado
A_p = área absoluta do padrão interno no cromatograma.

O cálculo para o fator de resposta correspondente a cada n-alcano identificado em relação ao padrão interno ($C_{34}H_{70}$) foi feito de acordo com a seguinte fórmula:

Fr_x = (nº C_n/massa molecular C_nH_{2n+2}) /
(nº C_{34}/massa molecular ($C_{34}H_{70}$)

onde:
Fr_x = fator de resposta do n-alcano x a ser calculado
C_n = n° de carbonos do n-alcano x
C_nH_{2n+2}= fórmula geral para qualquer n-alcano

Para o cálculo do consumo de forragem (kg MS/dia) foi utilizada a equação (Dove & Mayes, 1991; Dove & Mayes, 1996):

CMS (kg/d) = (Fi/Fj)*Dj / Hi–{(Fi/Fj) *Hj}

onde:
Fi = concentração (mg/kg MS) do n-alcano de cadeia ímpar nas fezes;
Fj = concentração (mg/kg MS) do n-alcano de cadeia par nas fezes;
Dj = quantidade do n-alcano sintético fornecido (mg/dia)
Hi = concentração (mg/kg MS) do n-alcano de cadeia ímpar natural da forragem;
Hj = concentração (mg/kg MS) do n-alcano de cadeia par na forragem.

Foi adotado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial. Os tratamentos foram constituídos pelos tipos de sistema (SSP e BRA), e o esquema fatorial, caracterizado por dois blocos (repetições) em três períodos de avaliação (outubro/03, dezembro/03 e março/04).

Os dados foram submetidos à análise de variância, a 5% de significância pelo teste de F, e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se nessas análises o programa estatístico SAEG (UFV, 2000).

O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:
$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + P_k + TP_{ik} + e_{ijk}$

Onde:
Y_{ijk} = valor referente à observação do tratamento i, no bloco j no período k
μ = média geral
T_i = efeito do tratamento i (i = 1, 2)
B_j = efeito do bloco j (j = 1, 2)
P_k = efeito do período (k = 1, 2, 3)
TP_{ik} = interação dos efeitos do tratamento i com o período k
e_{ijk} = erro aleatório associado à observação

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de n-alcanos nas amostras de forragem verde disponível na pastagem, variando de C27 a C35, exceto o C34 que foi utilizado como padrão interno, são mostradas na Tabela 1.

Os alcanos encontrados em maiores concentrações foram o C33 e o C31. Os n-alcanos de cadeia ímpar apresentaram concentrações superiores aos de cadeia par, concordando com os dados existentes na literatura (Dove & Mayes, 1991; Dove & Mayes, 1996; Oliveira et al., 1997; Lopes et al., 2001; Oliveira, 2003; Morenz, 2004).

Os valores obtidos neste experimento para os alcanos C31 e C33, respectivamente, são semelhantes aos obtidos por Laredo et al. (1991), 121 e 153 mg/kg de MS, em folhas de capim braquiária (*B. decumbens)*.

Côrtes et al. (2002) avaliando folhas de capim braquiarão (*B. brizantha*), encontraram valores de 112 e 88 mg/kg de MS para estes alcanos. Estes autores avaliando diferentes partes da planta concluíram que há maior quantidade de n-alcanos nas lâminas foliares em comparação com as outras partes da planta (hastes e material morto). Além da variação entre as partes das plantas, há também uma variação entre espécies. Hendricksen et al. (2002) encontraram valores de 638 e 542 mg/kg de MS para os alcanos C31 e C33, em forragem de capim-buffel *(Cenchrus ciliaris).*

Para a utilização da técnica dos n-alcanos na determinação do consumo de matéria seca em bovinos, deve-se levar em consideração estas variações, principalmente para determinação da forragem que está sendo ingerida pelo animal, pois o exato perfil de alcanos desta forragem é parte importante da fórmula de Dove & Mayes (1991) para os cálculos de consumo de MS.

Uma das limitações ao uso da técnica durante este ensaio foi a obtenção de amostras representativas da forragem realmente ingerida pelo animal. A simulação de pastejo seria uma boa alternativa se o tratamento SSP não fosse bastante heterogêneo em espécies forrageiras. O uso de animais fistulados no esôfago seria a melhor alternativa, porém não foi possível a sua implementação devido à falta de mão de obra treinada e animais disponíveis. A opção pela utilização da fração verde da forragem disponível parece ter sido bastante adequada porque pode-se observar que os animais tiveram oportunidade de selecionar a forragem verde disponível considerando que a oferta de matéria seca de forragem verde foi bastante elevada, 7,5 e 7,1 kg de MS por 100 kg de peso vivo animal nos tratamento SSP e BRA, respectivamente, o que representou mais que o dobro do consumo de MS esperado.

Outra dificuldade encontrada foi o domínio da técnica para a extração dos n-alcanos das amostras coletadas. O protocolo para extração apresentado por Oliveira (2004) mostrou-se bastante eficaz. Uma vez estabelecida e dominada as rotinas e procedimentos de laboratórios, as extrações passam a ser bastante confiáveis pois os resultados mostraram boa repetibilidade.

Tabela 1. Concentração de n-alcanos (mg/kg de MS) na forragem verde disponível nos tratamentos sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de braquiária (BRA).

TRAT	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C35	C36
SSP	22,41	12,57	46,12	5,80	119,64	12,98	188,00	69,30	NI
BRA	18,63	9,40	39,64	5,09	115,38	12,24	168,01	58,23	NI

NI = não identificado

O consumo de matéria seca, estimado como percentagem do peso vivo, não diferiu (P>0,05) entre tratamentos. Utilizando-se o par de alcanos C33:C32, verificou-se que os animais do tratamento SSP apresentaram consumo de matéria seca de 2,36 ± 0,089 % do peso vivo e os animais em pastagem exclusiva de braquiária de 2,22 ± 0,097 % do peso vivo.

A escolha do par de n-alcanos C33:C32 baseou-se nos resultados obtidos por Oliveira (2003) com ensaio de consumo de novilhos Nelore mantidos em gaiolas metabólicas, que não encontrou diferença significativa entre os valores médios observados e os valores estimados utilizando este par de alcanos, e nos dados obtidos por Morenz (2004) com vacas em lactação sob pastejo em capim-elefante, que verificou que este par de n-alcano apresentou a melhor estimativa de consumo em comparação com a utilização do óxido crômico e de outros pares de n-alcanos.

Os valores estimados de consumo dos animais nas pastagens são próximos aos valores de tabela recomendados pelo NRC (2001). Conforme o NRC (2001), novilhas de reposição, em crescimento, de 350 kg de PV, devem ingerir diariamente 7,80 kg de MS com 60% de NDT para apresentar um ganho de peso vivo médio diário de 600 gramas, o que corresponde à ingestão de 2,22 % do PV.

Para estes consumos de MS estimados, os ganhos de peso vivo médio diário observados foram de 637 ± 35 g para os animais do SSP e de 612 ± 28 g para os animais do BRA.

Esses dados são semelhantes àqueles observados por Souza et al. (2004) na avaliação do desempenho de novilhas 3/4 Holandês x Zebu com peso vivo médio de 285 kg e idade média de 13 e 14 meses, em pastejo rotacionado em pastagem de capim Tanzânia (*P. maximum),* no período das chuvas. Estes autores obtiveram consumo voluntário de matéria seca de 2,2 % do peso vivo, com ganho de peso diário de 578 g.

Considerando o teor médio de 68,3% de FDN encontrado na MS da forragem verde disponível para os animais em pastejo, e o consumo médio de 2,29% de matéria seca de forragem verde, o consumo de FDN calculado foi de 1,5% do PV do animal. Esse resultado difere do valor de 1,2% de consumo de FDN encontrado por Mertens et al. 1987, em condições de clima temperado com animais taurinos e forrageiras temperadas.

Alguns trabalhos revisados mostram grande variação no consumo de FDN em condições tropicais. Lopes (2002) encontrou valores de 1,14 a 2,67% e Morenz (2004) de 1,40 a 1,77% do PV para o consumo de FDN. De fato os animais sob condição de pastejo em pastagens tropicais devem apresentar maior consumo de FDN, ou selecionar as partes mais digestíveis das plantas, para atender suas exigências de mantença e crescimento, uma vez que os níveis de FDN são mais elevadas nas forrageiras tropicais, caso contrário, com baixos consumos, os animais não atingiriam a ingestão de nutrientes digestíveis suficiente para os ganhos de peso alcançados.

Observa-se efeito da estação do ano e da composição da forragem disponível sobre o consumo de matéria seca e conseqüentemente sobre o desempenho dos animais em pastejo. Euclides et al. (2000), utilizando óxido crômico como indicador da produção fecal, verificaram consumo de 2,67% do peso vivo em MS no período das águas, e de 1,98% do PV no período das secas, com novilhos nelore em pastagens de *B. decumbens.* Conseqüentemente o ganho de peso vivo médio diário foi maior no período das chuvas, 530 g por animal, do que no período da seca, 260 g por animal.

Detmann et al. (2001), também utilizando óxido crômico como indicador de produção fecal, trabalhando com novilhos mestiços F1 Limousin x Nelore, em pastagem de braquiária nas águas, obtiveram consumo de 2,32% do peso em matéria seca de forragem da pastagem. Genro et al. (2000) utilizando cápsula de alcano de liberação controlada, obtiveram consumo de 1,74% do peso vivo em MS com o capim *Brachiaria brizanta* cv Marandu, e 2,03% do PV com o capim Mombaça, no final da época das chuvas.

A eficiência do pastejo, medida como fração da oferta de forragem verde consumida pelo animal, foi baixa, 31,5% no SSP e 31,0% no BRA, caracterizando uma condição de subpastejo. Provavelmente, a elevação da carga animal aumentaria a eficiência de utilização da forragem verde disponível nos dois tratamentos, sem reduzir o ganho de peso por animal e aumentaria o ganho por hectare.

3.4. CONCLUSÕES

Durante o período das chuvas não se observou diferença no consumo de matéria seca e no ganho de peso de novilhas mantidas em sistema silvipastoril ou pastagem exclusiva de braquiária.

De fato, o verdadeiro consumo obtido em condições de pastejo não é conhecido. Por isso o valor estimado com o uso dos n-alcanos, ou qualquer outra técnica, oferece uma referência comparativa a ser usada em conjunto com a composição, a disponibilidade da forragem, o potencial individual do animal, e as condições climáticas, para explicar o desempenho do animal nas diferentes condições de pastejo.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v. 74, p. 3063-3075, 1996.

AROEIRA, L. J. M.; LOPES, F. C. F.; DERESZ, F. et al. Pasture availability and dry matter intake of lactating crossbred cows grazing elephantgrass (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 78, p. 313-324.1999

AROEIRA, L.J.M. Estimativa de consumo de gramíneas tropicais. In.: Simpósio sobre digestibilidade, 1997. Lavras/MG. FAEPE. 1997. p.127-163.

ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In.: JOBIM, C. C.; SANTOS, G. T.; CECATO, U.: (Eds.). Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais. Maringá/PR, 1997.

BERRY, N. R.; SHEEDER, M. R. L.; SUTTER, F. E et al. The accuracy of intake estimation based on the use of alkane controlled-release capsules and faeces grab sampling in cows. *Ann. Zootech*., v. 49, p. 3-13, 2000.

CONRAD, H.R.; PRATT, A.D.; HIBBS, J.W. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science*, v.47, n.1, p.54-62, 1964.

CÔRTES, C.; DAMASCENO, J. C.; FUKUMOTO, N. M. et al. Perfil de n-alcanos em algumas espécies de gramíneas e leguminosas tropicais. In.: RUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, Recife/PE, 2002. Anais...Recife:SBZ, 2002.

DETMANN, E; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T. et al. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: Parâmetros Ingestivos e digestivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, n. 30, v. 4, p. 1340-1349, 2001.

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 Agric. Research*, Melbourne, v. 42, p. 913-952, 1991.

DOVE, H. & MAYES, R. W.: Plant wax components: A new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. *Journal of Nutrition*, v.126, n. 1, p.12-26, 1996.

EUCLIDES, V. P. B.; CARDOSO, E. G.; MACEDO, M. C. M et al. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 6, p. 2200-2208, 2000 (supl.2).

FORBES, J. M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Leeds/UK. Ed. CAB - International, 1995, 532p.

GEDIR, J. V. & HUDSON, R. J. Estimating of dry matter digestibility and intake in wapiti (*Cervus elaphus canadensis*), using the double n-alkane ratio technique. *Small Ruminant Research*, v. 36, p. 57-62, 2000.

GENRO, T. C. M.; PRATES, E. R.; THIAGO, L. R. S. et al.. Estimativas de consumo de bovinos em pastejo utilizando duas formas de administração de alcanos como indicadores em gramíneas tropicais. Anais...: XXXVII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Viçosa/MG, Julho/2000. CD ROM.

GROVUM, W, L & WILLIAMS, V. J. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage rate of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *British Journal Nutrition*, London, v. 30, p. 313-329, 1973.

HAMELEERS, A. & MAYES, R. W. The use of n-alkanes to estimate herbage intake and diet composition by dairy cows offered a perenial ryegrass/white clover mixture. *Grass and forage Science*, v. 53, n. 2, p. 164-169, 1998.

HENDRICKSEN, R.E.; REICH, M. M.; ROBERTON, R. F. et al. Estimating the voluntary intake and digestibility of buffel-grass and lucerne hays offered to Brahman-cross cattle using n-alkanes. *Animal Science*, n.74, v. __ , p. 567 – 577, 2002.

HONGERHOLT, D, D. & MULLER, L. D. Supplementation of rumen-undegradable protein to diets of early lactation Holstein cows on grass pasture. *Journal Animal Science*, v. 81, n. 8, p. 2204-2214, 1998.

LANNA, D. P. D.; FOX, D. G.; BALSALOBRE, M. A. A. et al. Utilização da metodologia de análise de alimentos do CNCPS e do sistema de produção de gás in vitro na estimativa do valor nutricional do capim elefante. In REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 33., 1996, Fortaleza, Anais... Fortaleza: SBZ,1996. p.289-291.

LAREDO, M. A.; SIMPSON, G. D.; MINSON, M. J. et al. The potential for using n-alkanes in tropical forages as a marker for the determinations of dry matter intake by grazing ruminants**.** *Journal Agricultural Science*, Champaign, v. 117, p. 355-361, 1991.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. *Animal Feed Science and Technology*, v. 57. p. 347-358, 1996.

LOPES, F. C. F.; RODRIGUEZ, N. M.; AROEIRA, L. J. M. Uso dos n-alcanos em estimativas de consumo de ruminantes sob pastejo. *Veterinária Notícias*, Uberlândia/MG, v. 7, n. 2, p. 165-175, 2001.

LOPES, F. C. F. Taxa de passagem, digestibilidade *in situ*, consumo, composição química e disponibilidade de capim-elefante (*Pennisectum purpureum* SCHUM.) pastejado por vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. Belo Horizonte/MG: UFMG-Escola de Veterinária. 2002. 224p. (Tese de Doutorado).

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M. et al. Determinação e cinética ruminal das frações protéicas de alguns alimentos para ruminantes. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 6, p. 1243-1251, 1997.

MALOSSINI, F.; BOVOLENTA, S.; PIASENTIER, C. et al. Comparison of n-alkane and chromium oxide methods for estimating herbage intake by grazing dairy cows. *Animal Feed Science Technology*, v. 61, p. 155-165, 1996.

MAURÍCIO, R. M.; MOULD, F. L.; DHANOA, M. S. et al. A semi-automated in vitro gas production tecnique for ruminant feedstuffs evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, 79, p. 312-330. 1999.

MAYES, R. W.; LAMB, C. S.; COLGROVE, P.M. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for determination of herbage intake. *Journal Agricultural Science*, Champaign, v. 107, p. 161-170, 1986.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v. 64, n. 5, p. 1538-1548, 1987.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In.: FAHEY, G. C. Jr. et al. (Eds). Forage quality evaluation and utilization. Nebraska: American Society of Agronomy, Crop Science of America; Soil Science of America. 1994. 988p.

MORENZ, M. J. F. Metodologias de Estimativa do Consumo e Aplicação do Modelo *CNCPS* (Cornell Net Carbohydrate And Protein System), em Vacas Leiteiras em Pastagem de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum., cv. Napier). Campos/RJ: UENF. 2004. 120 p. Tese de doutorado.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6ª edição revisada. Washington/DC, National Academy Press, 2001.
NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. *Journal of Dairy Science*, v. 71, p.2051-2069, 1988.

OLIVEIRA, D. E. Uso da técnica dos n-alcanos para medir o aporte de nutrientes através de estimativas do consumo de forragem em bovinos. Piracicaba/SP: ESALQ, 2003, 129p. Tese de doutorado.

OLIVEIRA, D. E.; PRATES, E. R.; PERALBA, M. do C. Identificação e quantificação de n-alcanos presentes nas ceras de plantas forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 5, p. 881-886, 1997.

OLIVEIRA, D. E. Determinação de alcanos: manual de extração e análise cromatográfica em forragens, concentrados e fezes. Piracicaba/SP: Ed. FEALQ, 2004. 30p. Il.

PELL, A. N. & SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion “in vitro” gas production. *Journal Dairy Science*, v. 76, p. 1063-2073, 1993.

PIAGGIO, L.; PRATES, E. R.; SILVA, C. F. et al. Cromo de liberação lenta (CAPTEC) como indicador externo da produção fecal. Anais... XXXII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Brasília, 1995, p. 349-350.

POND, K. R., ELLIS, W. C.; MATIS, J. H. et al. Passage of chromium-mordanted and rare earth-labeled fiber: time dosing kinetics. *Journal Animal Science*, Champaign, v. 67, p. 1020-1028, 1989.

QUIROZ, R. A.; POND, K. R.; TOLLEY, E. A. et al. Selection among nonlinear models for rate of passage studies in ruminants. *Journal Animal Science*, Champaign, v. 66, p. 2977-2986, 1988.

REEVES, M.; FULKERSON, W. J.; KELLAWAY, R. C. et al. A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuiu (*Pennisetum clandestinum*) pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 36, n. 1. p. 23-30,1996.

SAEG, (Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas) versão 8.0 – manual de instruções. CPD/UFV, Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento, Viçosa/MG, 142p. 2000.

SANTOS, G. T. & PETIT, H. V. Prediction of total fecal output in sheep fed silage using the Captec chrome controlled-release capsule. *Small Ruminant Research*, v. 20, p. 223-227, 1996.

SCHOFIELD, P. & PELL, A. N. Measurements and kinetics of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *Journal Animal Science*, v. 73, n. 11, p. 3455-3463. 1995.

SOARES, J. P. G. Produção de leite e consumo voluntário de vacas mestiças em pastagem de capim-elefante (P*ennisetum purpureum*, schum.) adubada com nitrogênio. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 1998, 123p.

SOUZA, G. M.; NARANJO, A.; MATOS, M. R. F. et al. Desempenho e consumo voluntário de novilhas mestiças mantidas em pastagens na época de verão com suplementação de carboidratos não estruturais. Semana de Iniciação Cientifíca. Centro de Ciências Biológicas e Agrárias. Escola de Veterinária. Departamento de Zootecnia. UFMG. 2004.

TILLEY, J. M. A. & TERRY, R. A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal British Grassland Society*, v. 18, p. 104-11, 1963.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* 2ª Ed. Cornell University Press, Ithaca/NY, 1994, 476p.

VASQUEZ O. P. & SMITH T. R.: Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science***,** v. 83, p. 2301- 2309, 2000.

CAPÍTULO 4

CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO E DEGRADABILIDADE RUMINAL DA MATÉRIA SECA DA FORRAGEM DISPONÍVEL EM SISTEMA SILVIPASTORIL E EM MONOCULTIVO DE BRAQUIÁRIA (*Brachiaria decumbens* Stapf.), NO PERÍODO DAS CHUVAS, UTILIZANDO A TÉCNICA *"in vitro"* SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES.

RESUMO

Para a avaliação da cinética da fermentação e degradabilidade ruminal da matéria seca da forragem disponível as amostras de forragem verde obtidas foram submetidas ao processo de fermentação in vitro, e os gases produzidos medidos com um transdutor de pressão conectado a uma agulha permitiram estimar o potencial máximo de produção de gases, o tempo de colonização, e a taxa fracional de produção de gases. O resíduo da amostra incubada obtido após a fermentação permitiu calcular a degradabilidade da matéria seca. As equações de regressão obtidas entre os resultados de produção cumulativa de gases (PCG) e degradabilidade da matéria seca (DEGMS), demonstraram que o volume de gás produzido no processo de incubação refletiu bem o processo de degradação da matéria seca. Não se observou diferença entre tratamentos (P>0,05) quanto a PCG considerando-se a qualidade média da forragem no período experimental avaliado, entretanto verificou-se variação sistemática na qualidade da forragem verde disponível ao longo do período experimental, quando se avaliou as amostras por época de coleta. As baixas taxas de fermentação obtidas nas primeiras 12 horas de incubação refletiram o baixo conteúdo de carboidratos não fibrosos da forragem disponível, verificando-se níveis comparativamente mais baixos no final do período e níveis mais altos no início do período. As maiores taxas de produção de gases foram obtidas, após 12 horas de fermentação, provavelmente devido à fermentação dos carboidratos fibrosos, visto que os níveis de carboidratos fibrosos foram altos para todas as amostras. Semelhantemente, não se verificou diferença entre tratamentos (P > 0,05) quanto à degradabilidade da matéria seca, porém verificou-se redução na degradabilidade da matéria seca das amostras de forragem verde disponível com o avanço do período experimental, confirmando os dados de produção de gases.

4.1. INTRODUÇÃO

Os sistemas silvipastoris (SSP), modalidade dos sistemas agroflorestais, se referem aos sistemas de produção nos quais se integram os animais, as pastagens e as árvores em uma mesma área. Tais sistemas representam uma forma de uso da terra onde as atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (Garcia & Couto, 1997).

O pastejo pelos animais domésticos ou selvagens e a regeneração das árvores e arbustos são compatíveis e benéficos para a produtividade da terra. As grandes áreas de cerrados, campos, caatingas, pantanal e outras formações vegetais existentes no Brasil vêm sendo utilizadas por muitos séculos pelos animais selvagens e domésticos. É um exemplo da própria natureza para o homem, de uma consorciação natural em que espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas se misturam em equilíbrio perfeito. Isto, todavia, não quer dizer que a exploração nestas áreas vem ocorrendo da melhor forma e que estudos não necessitam de

ser conduzidos. É importante o acompanhamento dos mesmos e que o manejador tenha conhecimentos para interpretar as mudanças que ocorrem no meio (Garcia & Couto, 1997).

Em pastagens arborizadas, as mudanças microclimáticas e o melhoramento da fertilidade do solo, que resultam em maior disponibilidade de água e incremento na mineralização do N do solo, contribuem para estimular o crescimento de forrageiras. No entanto, há outros efeitos que as árvores podem exercer sobre o crescimento das forrageiras, como redução na luminosidade e competição por água e nutrientes. Esses efeitos, quando ocorrem, podem reduzir o crescimento das forrageiras. A redução na luminosidade disponível para as forrageiras pode ser prejudicial ou favorável, dependendo de sua intensidade e de outras condições, como nível de N no solo, tolerância das forrageiras ao sombreamento, características das espécies arbóreas e manejo da pastagem (Carvalho, 1997).

Diversos autores relatam sobre a qualidade da forragem influenciada pelas adaptações morfológicas que as plantas exibem em condições de sombreamento. Castro *et al.* (1998) avaliando diversas gramíneas forrageiras (*B. decumbens, B. brizantha* cv. Marandu, *A. gayanus* cv. Planaltina e *Panicum maximum* cv. Vencedor), sob três níveis de sombreamento (0, 30 e 60%), constataram incrementos lineares nos teores de PB e de lignina, ocorrendo o inverso quanto à DIVMS. Já os teores de FDN (fibra em detergente neutro) de todas as gramíneas, exceto os de *B. brizantha*, foram reduzidos com o aumento da intensidade de sombreamento, como conseqüência dos maiores teores de proteína bruta (PB) verificados sob condições de sombreamento.

O valor nutritivo de uma espécie forrageira é influenciado pela fertilidade do solo, condições climáticas, idade fisiológica e manejo a que está submetida. A variação do valor nutritivo entre espécies é pequena quando comparada à variação do valor nutritivo entre idades fisiológicas da planta. No início do estádio vegetativo, o conteúdo de PB e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) da *B. decumbens* são geralmente altos, entretanto, à medida que a planta amadurece, há decréscimo nesses valores, e o valor nutritivo pode tornar-se o principal limitante da produção animal (Euclides et al., 1996).

Nos ruminantes, a associação entre o animal e os microrganismos do rúmen permite a utilização indireta de carboidratos estruturais refratários à atuação das enzimas. Contudo, a fração do alimento ingerido que é absorvida depende da velocidade em que é fermentada no rúmen e do tempo que permanece susceptível ao ataque microbiano, portanto, a fração efetivamente degradada é função das taxas de digestão e de passagem (Tomich et al., 2003).

A taxa e a extensão da digestão no rúmen dependem, entre outros fatores, da natureza e do teor dos constituintes da parede celular e da disponibilidade ruminal de nitrogênio. Desse modo, a avaliação dos componentes da parede celular e do conteúdo protéico, juntamente com a determinação da taxa e da extensão de fermentação no rúmen, constituem parâmetros importantes nos estudos do valor nutritivo de forragens (Van Soest, 1994).

A estreita associação entre a fermentação no rúmen e a produção de gases é conhecida por mais de um século, mas apenas nos anos 40 foram desenvolvidas técnicas para a quantificação dos gases produzidos nessa fermentação. A técnica de produção de gases vem merecendo grande atenção por parte dos pesquisadores, devido ao fato de possibilitar o estudo da cinética de fermentação, a detecção da contribuição das frações solúveis dos alimentos para a fermentação ruminal, a determinação da digestibilidade da matéria orgânica, a predição da energia metabolizável, a degradabilidade ruminal da proteína do alimento, a predição do consumo voluntário, e a avaliação de fatores anti-nutricionais do alimento (Getachew et al., 1998).

Os resultados de avaliação de forrageiras utilizando a técnica *in vitro* de produção de gases têm mostrado eficiência na determinação das taxas de degradação ruminal das amostras (Malafaia et al., 1998; Santos et al., 2003) e fornecido importante parâmetro de seleção para valor nutritivo de acessos de forrageiras no programa de melhoramento do capim braquiária (Sabatel et al., 1999).

O modelo de produção de gases, em relação à digestão da fibra e ao crescimento microbiano, assume que a produção de massa celular bacteriana e de gases é proporcional à quantidade de substrato digerido (Schofield et al., 1994). Essa produção de gases é gerada diretamente do metabolismo dos carboidratos por oxidação (CO_2) ou redução (CH_4) dos produtos finais e, também, pela reação dos ácidos graxos voláteis (AGV) com o tampão bicarbonato.

Existe alta correlação entre o volume de gases produzido e a perda de matéria seca (MS) durante a digestão, daí a validade desta técnica. De fato, quanto maior o volume de gases produzido, e menor o tempo de espera para o início do processo de fermentação, maior será a taxa de degradação da MS, e menor seu tempo de permanência no rúmen, o que, finalmente, resulta em maior consumo (Mertens, 1993).

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999) utiliza um transdutor digital de pressão para mensuração dos gases produzidos nos frascos de fermentação em ambiente anaeróbico, com substrato a ser testado, meio de cultura e inóculo microbiano ruminal. Essa técnica possibilita a avaliação de grande número de amostras, tem relativo baixo custo e alta repetibilidade. Dessa forma, pode ser utilizada como metodologia para estudos de triagem e de seleção de forrageiras.

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a cinética da fermentação e a degradabilidade ruminal da matéria seca da forragem disponível em sistema silvipastoril e em monocultivo de braquiária utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, durante o período de 30 de setembro de 2003 a 07 de março de 2004, em área de Latossolo Vermelho-Amarelo de baixa fertilidade, de topografia montanhosa. A região apresenta precipitação média mensal de 60 mm e temperatura média de 17°C, de abril a setembro, e de 230 mm e 24°C, de outubro a março.

Foi utilizada uma área de 12 hectares, que foi dividida em 24 piquetes de 0,5 ha cada, sendo 12 para o SSP e 12 para

pastagem exclusiva de capim braquiária (*B. decumbens)* (BRA). As árvores componentes do SSP foram: *Acacia mangium*, *Acacia angustissima*, *Mimosa arthemisiana* e *Eucalyptus grandis* distribuídas em faixas de 10 metros intercaladas com faixas de 30 metros de pastagem de braquiária.

Cada grupo de piquetes de cada repetição de área foi pastejado por quatro novilhas leiteiras, Holandês x Zebu, de peso vivo inicial médio de 340 kg, o que correspondeu a uma taxa de lotação inicial de 1,0 U.A./ha. Estes animais foram pesados a cada 35 dias nas quatro primeiras pesagens, e após 20 dias na última pesagem, perfazendo um período experimental de 160 dias. Os piquetes foram manejados segundo o método de lotação rotacionada, com sete dias de ocupação e 35 dias de descanso.

As avaliações de disponibilidade de forragem foram realizadas antes da entrada dos animais no piquete, a cada 14 dias. Os dados de cada duas coletas foram agrupados para formar uma média, o que resultou em seis épocas de coleta (outubro/03, novembro/03, dezembro/03, janeiro/04, fevereiro/04 e março/04). Das seis épocas de coleta foram analisadas amostras da forragem disponível no início (outubro/03), meio (dezembro/03) e final (março/04) do período experimental.

As análises de composição química e de produção de gases foram realizadas no Laboratório de Nutrição animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

As amostras de forragem verde disponível coletadas foram submetidas à análise para determinação dos teores de proteína bruta (PB) (AOAC, 1990), cinzas, FDN, FDA e lignina (Van Soest et al., 1991).

Os parâmetros da cinética da degradação ruminal pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases foram estimados conforme técnica descrita por Maurício et al. (1999).

Pesou-se um grama de amostra, que foi acondicionada em cada frasco de fermentação (160 mL), previamente injetado com CO_2. Foram utilizados três frascos por amostra. Frascos contendo somente líquido ruminal e meio de cultura tamponado foram usados como controle. Para cada frasco, foram adicionados, manualmente, utilizando uma proveta, 90 mL de meio de cultura tamponado, preparado de acordo com Theodorou et al.(1994), e vedados com rolhas de borracha (14 mm). Os frascos foram mantidos a 4ºC durante a noite e no dia posterior foram incubados. Cinco horas antes da inoculação os frascos foram removidos da geladeira para a estufa a 39°C até o momento da inoculação.

O inóculo ruminal foi coletado de um bovino adulto, adaptado com fistula ruminal, mantido sob dieta à base de volumoso (silagem de milho) fornecido à vontade, e 2 kg/dia de concentrado comercial com 22% de PB. O líquido ruminal foi retirado e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas. No laboratório, o líquido ruminal foi filtrado através de duas camadas de gaze de algodão sob injeção contínua de CO_2 e mantido aquecido a 39°C. A inoculação foi feita por meio de injeção de 10 ml de inóculo por frasco, usando seringa plástica conectada a uma agulha (0,6 mm). Após a inoculação os frascos foram colocados em estufa a 39°C.

As leituras da pressão dos gases foram tomadas às 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas após a inoculação através de um transdutor de pressão (T443A – BAILLEY e

MACKEY Inglaterra) conectado a uma agulha de 0,6 mm. A partir da inserção da agulha na tampa de borracha a pressão produzida no interior do frasco foi lida no leitor digital. Após a leitura, com a remoção do transdutor da agulha, os gases acumulados vazavam do frasco através da agulha zerando a pressão. Os resultados de pressão foram usados para o cálculo do volume de gases, adotando-se a equação matemática ($V = -0,004 + 4,43\ P + 0,051\ P^2$) desenvolvida por Mauricio et al. (2003).

Após 96 horas, procedeu-se à filtragem e a recuperação dos resíduos remanescentes nos frascos de fermentação, empregando-se cadinhos de vidro com porosidade um. Esses resíduos foram secos a 105°C até peso constante e os resultados utilizados para os cálculos da degradabilidade da MS.

Os dados das produções acumuladas de gases foram ajustados ao modelo de France et al. (1993), para determinação do potencial máximo de produção de gases (A), do tempo de colonização (LAG), e para o cálculo da taxa fracional de produção de gases (m):

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

Sendo:
Y = produção cumulativa de gases (mL)
A = assíntota ou potencial máximo de produção de gases
L = tempo de colonização (*lag time*)
b (h^{-1}) e c ($h^{-0,5}$) = taxas fracionais constantes.
A taxa fracional (h^{-1}) combinada com a produção de gases (μ) foi calculada como:

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

Sendo:
μ = taxa de produção de gases (h^{-1})
b e c = parâmetros semelhantes ao da equação anterior
t = tempo de incubação

Os parâmetros calculados foram analisados utilizando-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com dois tratamentos, três blocos caracterizados pelos três períodos de coleta, com duas repetições por tratamento, perfazendo um total de 12 amostras testadas, conforme o modelo estatístico:

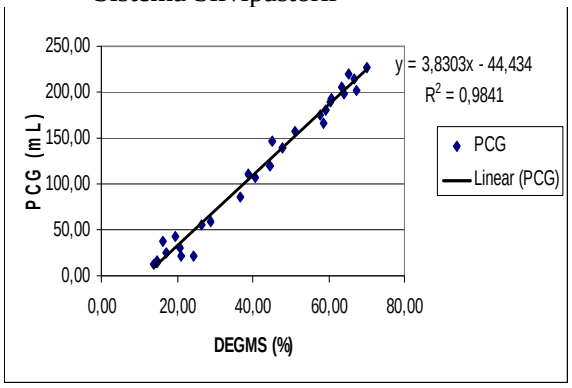
$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + P_k + TP_{ik} + e_{ijk}$$

Onde:
Y_{ijk} = valor referente à observação do tratamento i, no bloco j e no período k
μ = média geral
T_i = efeito do tratamento i (i = 1, 2)
B_j = efeito do bloco j (j = 1, 2, 3)
P_k = efeito do período k (k = 1, 2, 3)
TP_{ik} = interação dos efeitos do tratamento i com o período k
e_{ijk} = erro aleatório associado à observação

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações de regressão obtidas mostraram altos valores de r^2 entre os resultados de produção cumulativa de gases (PCG) e degradabilidade da matéria seca (DEGMS), demonstrando que volume de gás produzido no processo de incubação refletiu bem o processo de degradação da matéria seca (Figura 1). A equação obtida com as amostras de forragem verde disponível no tratamento SSP foi igual a $Y = 3,8303x - 44,31$ ($r^2 = 0,98$); e a equação obtida no tratamento BRA foi igual a $Y = 3,8629x - 39,158$ ($r^2 = 0,97$). Estas equações são semelhantes àquelas encontradas por Maurício et al. (2003) em amostras de silagem de sorgo, Tomich et al. (2001) em amostras de capim elefante, cana-de-açúcar e silagem de sorgo e Tomich et al. (2003) em amostras de silagem de híbridos de sorgo e capim Sudão.

Sistema Silvipastoril



Monocultivo braquiária (BRA)

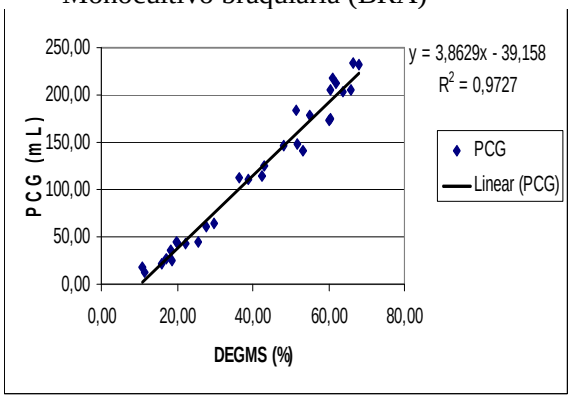


Figura 1. Equações de Regressão entre Produção Cumulativa de Gases (PCG) e Degradabilidade da Matéria Seca (DEGMS) em amostras de forragem verde disponível no Sistema Silvipastoril (SSP) e em monocultivo de braquiária (BRA).

Não se observou diferença entre tratamentos (P>0,05) quanto a PCG (Tabela 1), considerando-se as médias das amostras nas três épocas de coleta. Isto indica que a qualidade nutritiva da forragem disponível no tratamento SSP foi semelhante a do tratamento BRA, apesar da presença das árvores que promoveu algum sombreamento da pastagem. Provavelmente, porque no período das chuvas a taxa de crescimento da forrageira é elevada devido à abundância de luz, temperatura e água, e o sombreamento imposto pelas árvores não teve efeito significativo sobre esta taxa de crescimento.

Entretanto verificou-se variação sistemática na qualidade da forragem verde disponível ao longo do período experimental (Tabela 2), quando se considerou os resultados médios das análises por época de coleta.

Na Figura 2 podem ser observadas as curvas de produção cumulativa dos gases da forragem disponível conforme a época de coleta. Nota-se, graficamente, maior PCG da forragem disponível das amostras do início do período (outubro/03) e menor PCG das amostras do final do período (março/04), indicando que o valor nutritivo da forragem decresceu à medida que avançava o período de avaliação, provavelmente em função da redução do teor de PB e do aumento dos teores de FDN, FDA e LIGNINA das amostras de forragem disponível do início para o final do período experimental. (Tabela 2).

Na Figura 3 observa-se o gráfico das taxas de produção de gases da forragem disponível avaliadas nos diferentes tempos de fermentação. As baixas taxas de fermentação obtidas nas primeiras 12 horas de incubação refletem o baixo conteúdo de carboidratos não fibrosos da forragem disponível, verificando-se níveis comparativamente mais baixos para a forragem do final do período (março/04) e níveis mais altos para a forragem do início do período (outubro/03), que parecem estar de acordo com a composição das amostras observadas na tabela 2.

Tabela 1. Produção cumulativa dos gases (mL) obtida das amostras de forragem verde disponível incubadas nos períodos de 6, 12, 24, 48 e 96 horas, nos tratamentos Sistema Silvipastoril (SSP) e Pastagem Exclusiva de braquiária (BRA).

PRODUÇÃO CUMULATIVA DOS GASES (mL)					
TRAT	6 H	12 H	24 H	48 H	96 H
SSP	16,37 A	41,66 A	117,93 A	178,28 A	209,21 A
BRA	18,59 A	45,32 A	119,15 A	181,17 A	212,96 A

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5%.

Tabela 2. Teores de proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) e lignina da matéria seca da forragem verde disponível, nos tratamentos Sistema Silvipastoril (SSP) e Pastagem exclusiva de braquiária (BRA), no início (outubro/03), meio (dezembro/03) e final (março/04) do período experimental.

VARIÁVEL	Out/03	Dez/03	Mar/04	Média
PB (%MS)	10,26 A	9,57 AB	7,96 B	9,26
FDN (%MS)	61,77 A	69,53 B	73,60 B	68,30
FDA (%MS)	27.27 A	34,56 B	34,82 B	32,22
LIG (%FDN)	8.47	8.37	9.54	8,79 NS
DIVMS (%MS)	60,99 A	56,97 AB	50,40 B	56,12

Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5%.

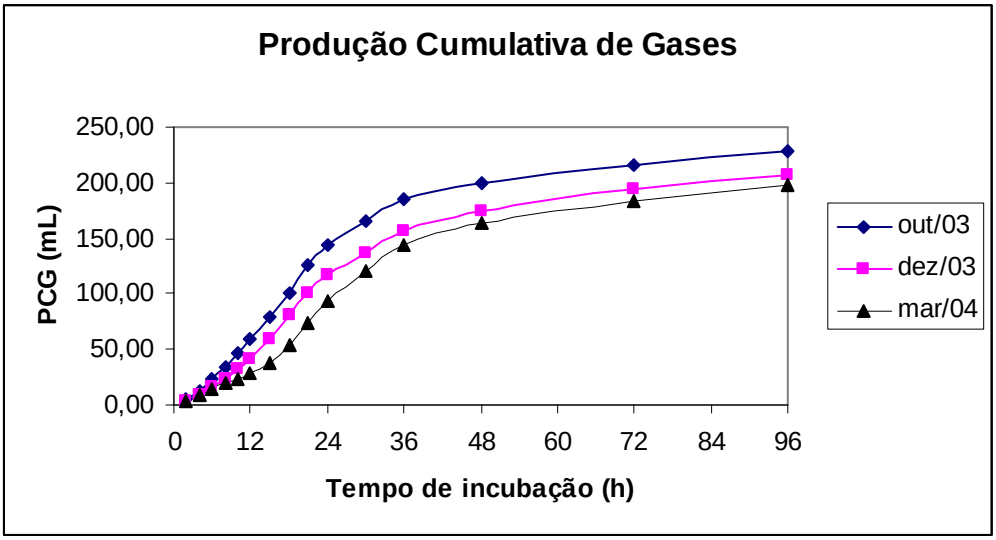


Figura 2. Produção cumulativa dos gases das amostras de forragem verde disponível no início (outubro/03), meio (dezembro/03) e final (março/04) do período experimental.

As maiores taxas de produção de gases foram obtidas, após 12 horas de fermentação (figura 3), fato provavelmente ligado à fermentação dos carboidratos fibrosos, quando então as amostras passam a apresentar fermentação mais homogênea, visto que os níveis de carboidratos fibrosos são altos para todas as amostras.

Os parâmetros de produção de gases (France et *al.*,1993), os quais descrevem numericamente a cinética de fermentação ruminal, e a degradabilidade da matéria seca (DEGMS) determinada com os resíduos das amostras após incubação confirmam os dados mostrados pelas curvas de PCG indicando que não houve diferença entre tratamentos (Tabela 3).

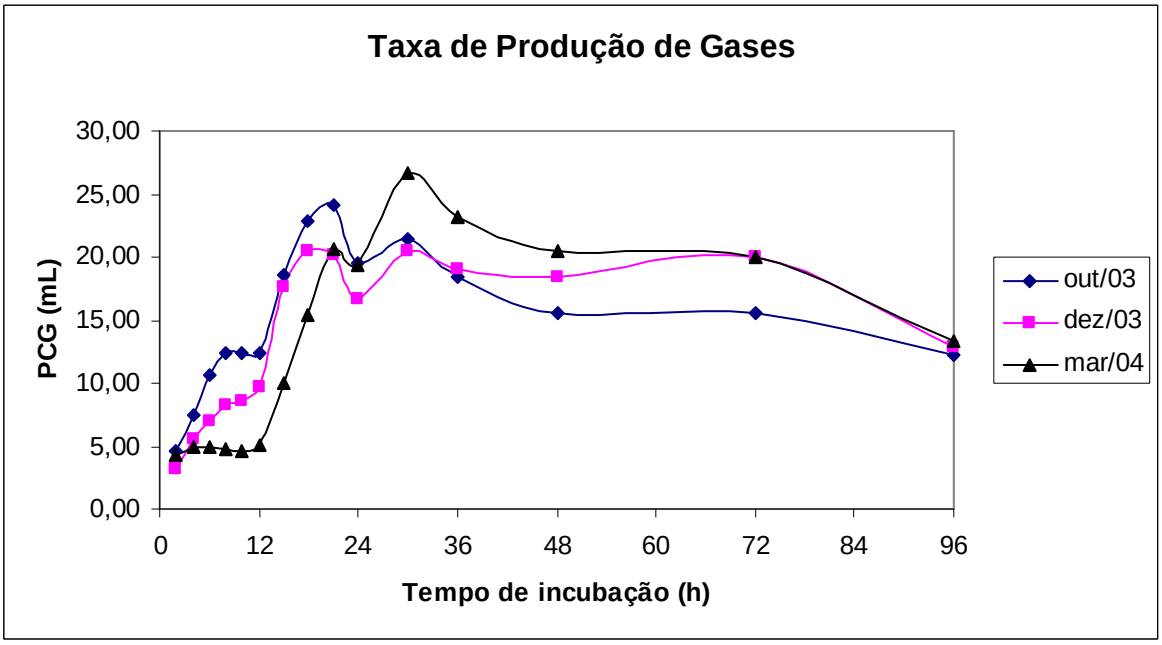


Figura 3. Taxa de produção de gases (mL) das amostras de forragem verde disponível no início (outubro/03), meio (dezembro/03) e final (março/04) do período experimental conforme os tempos de incubação (h).

Tabela 3. Potencial máximo de produção de gases (A), tempo de colonização (LAG), tempo para atingir a metade do potencial máximo de produção de gases (T/2), taxa de fermentação (m) e degradabilidade da matéria seca (DEGMS) com 48 e 96 horas de incubação de amostras de forragem verde disponível nos tratamento sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de braquiária (BRA).

TRAT	PARÂMETROS DE FRANCE				DEGMS	
	A (ml)	LAG (h)	T/2 (h)	m (h^{-1})	48 H (%)	96 H (%)
SSP	207 ± 4	3,43 ± 0,93	22,34 ± 1,18	0,0190 ± 0,01	59,07± 2,09	65,10
BRA	211± 7	3,17 ± 0,34	22,63 ± 1,39	0,0200 ± 0,01	57,36 ± 1,99	63,95

Semelhantemente, não se verificou diferença entre tratamentos (P>0.05) quanto à degradabilidade da matéria seca, Porém verificou-se redução na degradabilidade da matéria seca das amostras de forragem verde disponível com o avanço do período experimental. O potencial máximo de produção de gases (A), que representa a máxima produção de gases quando a curva atinge o seu platô, a taxa de fermentação (m) e a DEGMS com 48 e 96 horas, decresceram com o avanço do período experimental. A forragem verde disponível, em ambos os tratamentos, no início da estação (março/03) mostrou maior qualidade e a do final da estação (março/04) menor qualidade nutritiva em função dos seus teores de substrato fermentável (Tabela 4).

Tabela 4. Potencial máximo de produção de gases (A), tempo de colonização (LAG), tempo para atingir a metade do potencial máximo de produção de gases (T/2), taxa de fermentação (m) e degradabilidade da matéria seca (DEGMS) com 48 e 96 horas de incubação de amostras de forragem verde disponível no início (outubro/03), meio (dezembro/03) e final (março/04) do período experimental.

ÉPOCA AMOSTRAGEM	PARÂMETROS DE FRANCE				DEGMS	
	A (mL)	LAG (h)	T/2 (h)	m (h^{-1})	48 H (%)	96 H (%)
out/03	224 A	2,58 A	19,27 A	0,023 A	63,05 A	67,47
dez/03	205 B	2,91 B	22,36 AB	0,021 B	58,22 AB	64,66
mar/04	199 B	4,41 B	25,82 B	0,014 C	53,38 A	61,45

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5%.

4.4. CONCLUSÕES

Durante o período das chuvas não houve diferença na cinética de fermentação e na degradabilidade ruminal da matéria seca da forragem verde disponível no sistema silvipastoril ou em pastagem exclusiva de braquiária.

Verificou-se redução na taxa de fermentação e na degradabilidade ruminal da matéria seca da forragem verde disponível do início para o final do período das chuvas.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 15ª ed. Virginia/USA. 1990. 1298p.

CARVALHO, M. M. Utilização de sistemas silvipastoris. In.: 3º Simpósio sobre ecossistemas de pastagens, 1997, Jaboticabal/SP. Anais...Editado por Favoreto, V. e Colaboradores. FCAV/UNESP, 1997. p. 164-208.

CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, M.M.; GARCIA, R. Efeito do sombreamento artificial sobre o valor nutritivo de seis gramíneas forrageiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2, 1998, Belém/PA: Resumos expandidos...Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. P. 198-200.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. et al. Valores nutritivos de cinco gramíneas sob pastejo. In.: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 33, 1996, Fortaleza. Anais...Fortaleza: SBZ, 1996, v. 2, p. 89-92.

FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K. A model to interpret gas acumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminants feeds. *Journal of Theorethical Biology*. v. 163, p. 99-111, 1993.

GARCIA, R & COUTO, L. Sistemas Silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In. Simpósio Internacional Sobre Produção Animal em Pastejo. 1997. VIÇOSA/MG. ANAIS ... Viçosa:UFV, 1997. p. 446-471.

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

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M. et al. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 2, p. 370-380, 1998.

MAURÍCIO, R. M.; MOULD, F. L.; DHANOA, M. S. et al. A semi-automated in vitro gas production tecnique for ruminant feedstuffs evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, 79, p. 312-330. 1999.

MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Relação entre pressão e volume para a implantação da técnica in vitro semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia***,** v. 55, n. 2, abril, 2003.

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

SABATEL, V. O.; VALE, C. B.; THIAGO, L. R. S. et al. Produção de gás como parâmetro comparativo de qualidade entre 20 acessos de *brachiaria*. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999. Porto Alegre, anais...Porto Alegre: SBZ, 1999, p.1435 – 1346.

SANTOS, R. A. dos; TEIXEIRA, J. C.; PEREZ, J. R. O. et al. Estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos utilizando a técnica de produção de gás em bovinos, ovinos e caprinos. *Ciências Agrotécnicas.*, Lavras. v. 27, n. 3, p. 689-695, maio/jun., 2003.

SCHOFIELD P.; PITT R. E.; PELL A. N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. *Journal of Animal Science***, v**. 72, p. 2980 – 2991, 1994.

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

TOMICH, T. R.; GONÇALVES, L. C.; MAURICIO, R. M. et al. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.55, n.6, p.747-755, 2003.

TOMICH, T. R.; GONÇALVES, L. C.; FARIA, B. N. et al. Forrageiras em regime de corte avaliadas pela técnica in vitro semi automática de produção de gases. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. Anais...SBZ, 2001, CD-ROM.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* 2ª Ed. Cornell University Press, Ithaca/NY, 1994, 476p.

CAPÍTULO 5

AVALIAÇÃO DO MODELO CNCPS (*CORNELL NET CARBOHYDRATE AND PROTEIN SYSTEM*) PARA A ESTIMATIVA DO GANHO DE PESO DE NOVILHAS MESTIÇAS HOLANDÊS X ZEBU EM PASTAGEM DE BRAQUIÁRIA (*Brachiaria decumbens* Stapf.), NO PERÍODO DAS CHUVAS.

RESUMO

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o modelo CNCPS versão 5.0 na predição do ganho de peso de novilhas mestiças, manejadas em pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). Foram utilizadas 16 novilhas ¾ Holandês x Zebu, apresentando peso vivo médio de 340 kg e 23 meses de idade ao início do experimento. Os animais foram pesados no início e no final do período experimental, e os ganhos de peso obtidos foram comparados com os valores estimados pelo modelo CNCPS de predição do desempenho dos animais, baseado na composição química da forragem verde disponível, nas características dos animais e nas condições ambientais. As amostras de forragem coletadas foram separadas, manualmente, em material verde e morto, sendo que as de forragem verde disponível foram pré-secas por 72 horas a 55°C, e submetidas à análise, visando às determinações dos teores de matéria seca, proteína bruta, cinzas, fibras em detergente neutro e ácido, lignina e fracionamento dos compostos nitrogenados e de carboidratos. O ganho de peso médio diário observado foi de 623,0 gramas por animal, enquanto que o valor estimado pelo modelo foi de 226,0 gramas por animal, subestimando os valores observados em 63,7%. O CNCPS não foi eficiente na predição do ganho médio de peso diário de novilhas mestiças manejadas em condição de pastejo em capim-braquiária.

5.1. INTRODUÇÃO

A utilização do pasto como fonte primária de energia na dieta de bovinos tem, indiscutivelmente, suas vantagens econômicas. Entretanto, um dos maiores desafios à otimização da nutrição de bovinos, sob regime de pasto, é o conhecimento da extensão em que a forragem atende aos requerimentos de energia do animal (Aroeira, 1997).

É bem freqüente o conceito de que manejar corretamente vacas em pastejo é muito difícil. Isto se deve, em parte, à grande variação na produção de forragem da pastagem, às mudanças nos requerimentos dos animais e às variações climáticas, e ainda, à busca de alimentos suplementares que permitam aumentar a eficiência produtiva dos animais. Os produtores e técnicos capazes de lidar com essas variações para prever as mudanças que irão acontecer com as condições de pastejo conseguem maior sucesso nesta prática. Essa capacidade é desenvolvida, em parte, pela experiência obtida com o manejo quotidiano dos animais na pastagem, e pelo uso da intuição na previsão do desempenho dos animais. Porém, isto demanda tempo, trabalho e boa percepção dos fatores causais.

Como a pastagem representa significativa proporção do alimento disponível aos animais, e muitas vezes constitui a única fonte de proteína e energia, uma maneira de aumentar a eficiência do manejo dos animais em pastejo é substituir a parte intuitiva das decisões de manejo pelo uso das teorias dos modelos nutricionais

capazes de predizer com acurácia o comportamento e o desempenho dos animais.

Um modelo nutricional que tem sido extensivamente usado nos Estados Unidos da América para prever e avaliar o desempenho de bovinos, de leite ou de corte, em confinamento ou em pastejo, é o CNCPS *(Cornell Net Carbohydrate and Protein System*). O CNCPS é um modelo nutricional computadorizado que usa os dados de animal, ambiente, manejo e alimento para predizer o desempenho do animal sob diferentes condições de alimentação e manejo. É um modelo mecanístico de natureza biológica, baseado em sub-modelos que incluem o consumo, a avaliação do alimento, o ambiente, a fermentação ruminal, a digestão intestinal, a absorção, o metabolismo e a excreção.

O CNCPS integrou o modelo de utilização dos nutrientes e o de requerimentos, com o objetivo de quantificar as respostas dos animais em relação às dietas. A utilização dos alimentos depende do nível de ingestão de matéria seca, dos ingredientes presentes na dieta, da taxa de digestão ruminal de proteínas e carboidratos, da taxa de passagem, dos requerimentos para manutenção e crescimento microbiano ruminal, da taxa de produção de amônia ruminal, da digestibilidade intestinal e das condições ambientais.

O sistema assume que os alimentos são constituídos de proteínas, carboidratos, lipídios, minerais e água. As proteínas e os carboidratos são subdivididos conforme sua degradação ruminal e características digestivas. As frações de proteínas e carboidratos dos alimentos foram descritas por Sniffen et al. (1992).
Os compostos nitrogenados são fracionados em: A (fração solúvel composta por nitrogênio não-protéico), B1 (proteínas solúveis rapidamente degradadas no rúmen), B2 (proteínas insolúveis com taxa de degradação ruminal intermediária), B3 (proteínas insolúveis lentamente degradadas no rúmen) e C (fração nitrogenada que não é digerida ao longo de sua permanência no trato digestivo) (Sniffen et al.,1992).

Os carboidratos são fracionados em: A (açúcares solúveis em água, prontamente fermentados no rúmen), B1 (amido e pectina que apresentam taxas de fermentação ruminal intermediária), B2 (celulose e hemicelulose que apresentam taxa de fermentação ruminal lenta e são potencialmente degradáveis no rúmen) e C (ligninas e substâncias associadas que não são digeridas ao longo do trato digestivo) (Sniffen et al.,1992).

De modo geral, os trabalhos publicados raramente reportam informações completas para a sua utilização em programas computadorizados de avaliação nutricional como o CNCPS, que requer dados detalhados sobre a composição do alimento (FDN, FDA, Lignina, proteína solúvel, nitrogênio não-protéico), sobre a caracterização do animal (raça, estádio fisiológico, peso, produção, escore corporal) e sobre as condições de ambiente (temperatura, umidade relativa do ar, vento), sendo normalmente utilizados dados de um mesmo alimento obtidos em diferentes estudos. Assim se faz necessário um esforço de pesquisa para obter estes dados completos, para que se possa estimar com mais acurácia o desempenho animal.

Para utilização do modelo CNCPS é necessário estimar as taxas de degradação das diferentes frações de carboidratos e proteínas. No trabalho original de Sniffen et al. (1992), as taxas de degradação dos compostos nitrogenados foram estimadas com procedimentos de digestão *in vitro*

com uso de proteases de *Streptomyces gryseus* e ajustes matemáticos para identificação de cada fração protéica, e as taxas de degradação dos carboidratos foram obtidas utilizando os procedimentos *in situ* no rúmen recomendados por Nocek (1985) e por Nocek & Russel (1988).

Devido às limitações inerentes à técnica *in situ* de avaliação de alimentos, o método que mensura a produção cumulativa dos gases vem sendo utilizado com sucesso para a estimativa das taxas de digestão das frações solúveis e insolúveis dos carboidratos, baseado no princípio de que os gases produzidos são oriundos do metabolismo microbiano, a partir da fermentação do material incubado (Pell & Schofield, 1993; Malafaia et al., 1998). Juarez Lagunes (1999) e Tedeschi et al. (2002) têm sugerido o uso de valores baseados na porcentagem de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) para a determinação das taxas de degradação da fração nitrogenada das forragens.

Uma das vantagens do modelo CNPCS é a utilização de relações mecanicistas e empíricas no diagnóstico nutricional e na formulação e avaliação de dietas para bovinos (Fox et al., 1995), de forma que ele pode ser aplicado em diversas condições de ambiente e manejo a que o rebanho esteja submetido.

Kolver et al. (1998) avaliaram a capacidade preditiva e o potencial para uso do CNCPS para dietas baseadas em pastagens com dados obtidos de oito estudos conduzidos nos Estados Unidos e na Nova Zelândia, e verificaram que o modelo foi capaz de predizer com acurácia a produção de leite e a variação do escore da condição corporal em condições de pastejo. Baseado nestes estudos o CNCPS tem sido recomendado para avaliar dietas de animais em pastejo.

O CNCPS foi desenvolvido com a utilização de requerimentos nutricionais de animais de raças européias especializadas, criadas em condições controladas de confinamento, com composição de alimentos de clima temperado, ou seja, em situações bastante diversas daquelas encontradas em condições tropicais. Molina et al. (2004) recomendaram que, antes de se usar o CNCPS nestes sistemas de produção, devem ser realizados estudos e experimentos para validação do modelo em condições tropicais, com animais mestiços e alimentos e forrageiras tropicais.

Fox et al. (2000) chamaram a atenção para a falta de informações referentes aos alimentos tropicais, sugerindo a realização de pesquisas nesta área, para atualizar e possibilitar o uso mais confiável do banco de dados de alimentos tropicais para as predições do CNCPS. Porém, poucos trabalhos têm sido realizados com objetivo de avaliar e ou validar a utilização do CNCPS em condições tropicais, sendo em sua maioria simulações.

Molina et al. (2004) avaliaram o Modelo CNCPS v. 5.0 na predição do consumo de matéria seca, com vacas da raça Holandesa e vacas mestiças em condições tropicais e verificaram que o modelo gerou estimativas de consumo de matéria seca acuradas para animais em confinamento, no entanto, para animais a pasto, o modelo não se mostrou eficiente.

Sampaio et al. (2001 e 2002) e Brito et al. (2002), estudando sistemas de avaliação de dietas para bovinos em sistema de produção intensiva de carne em confinamento, reportaram que o modelo CNCPS foi eficiente na predição do desempenho de bovinos de corte (3/4 Holandês x Zebu).

Capelle et al. (2001) comparando as estimativas de consumo e de ganho de peso de bovinos obtidas em seis trabalhos conduzidos em condições brasileiras, com as predições de consumo e de ganho de peso estimadas pelo CNCPS concluíram que o modelo apresentou boa predição do consumo de matéria seca, porém não foi adequado para predizer o ganho de peso.

Avaliando o trabalho de Souza (1987), Capelle et al., 2001, comparou o ganho de peso obtido em confinamento, de novilhas mestiças holandês x zebu, com peso vivo inicial de 236 kg e 16 meses de idade, com as predições de desempenho utilizando o CNCPS, e verificaram que os consumos estimados pelo modelo foram inferiores (31 a 40% menores) aos valores observados, e que o ganhos de peso obtidos foram inferiores (27 a 35% menores) aos valores estimados pelo CNCPS.

O objetivo do presente trabalho foi de avaliar a capacidade do modelo CNCPS versão 5.0 (Fox et al., 2003) de estimar o ganho de peso de novilhas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de braquiária, no período das chuvas.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, durante o período de 30 de setembro de 2003 a 07 de março de 2004, em área de pastagem cujo solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo de baixa fertilidade, de topografia montanhosa. A região apresenta precipitação média mensal de 60 mm e temperatura média de 17° C, de abril a setembro, e de 292 mm e 22,8°C, de outubro a março.

Foram utilizadas 16 novilhas mestiças leiteiras com peso vivo inicial de 340 kg, com 23 meses de idade ao início do experimento e grau de sangue médio ¾ Holandês x Zebu. O período experimental foi de 160 dias, onde os animais foram pesados no início e no final do experimento.

Os piquetes foram manejados segundo o método de lotação rotacionada, com sete dias de ocupação e 35 dias de descanso, com taxa de lotação média inicial de uma unidade animal (U.A) por hectare.
As avaliações de disponibilidade de forragem foram realizadas antes da entrada dos animais nos piquetes. Em cada piquete, foram coletadas vinte amostras de 0,25 m^2, separadas manualmente em forragem verde e material morto. Cada componente foi pesado, e seco em estufa regulada a 55 ºC para determinação da MS.

As amostras de forragem verde foram preparadas para a determinação da matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), seguindo os procedimentos padronizados pelo AOAC (1990), e a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e a lignina, conforme Van Soest et al. (1991).

O fracionamento dos compostos nitrogenados foi realizado de acordo com os protocolos descritos por Krishnamoorthy et al. (1983), Licitra et al. (1996) e Malafaia & Vieira (1997).

A Fração "A" ou compostos nitrogenados não-protéicos (NNP) foi obtida após o tratamento de 0,5 g de amostra com 50 mL de água por 30 minutos, e em seguida adição de 10 mL da solução de ácido tricloroacético (TCA) a 10%, deixando-se em repouso por mais 30 minutos. Em seguida, filtrou-se em papel de filtro de filtragem rápida, e determinou-se o teor de nitrogênio do resíduo + papel. A fração A ou NNP foi calculada pela

diferença entre o teor de N-total e o teor de N-insolúvel no TCA.

A Fração "B3" foi determinada pela diferença entre o N insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o N insolúvel em detergente ácido (NIDA).

A Fração "C" foi obtida pela determinação do N insolúvel em detergente ácido.

A Fração "B1 + B2", foi obtida pela diferença entre o N insolúvel em TCA e o NIDN, ou subtraindo-se de 100 a soma das frações A, B3 e C.

Todas as análises de N foram realizadas pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990) e, para conversão em proteína bruta, foi utilizado o fator de correção 6,25.

Os carboidratos totais e as frações de carboidratos correspondentes aos carboidratos não-fibrosos (CNF), fração B2 e fração C, foram calculadas de acordo com Sniffen et al. (1992), utilizando as seguintes fórmulas:

Carboidratos totais: CHT (%MS) = 100 – {PB (%MS) + EE (%MS) + MM (%MS)}

Fração C (%MS) = FDN (%MS) * 0,01 * LIGNINA (%FDN) * 2,4

Fração B2 (%MS) = FDN (%MS) - {PIDN (%PB) * 0,01 * PB (%MS)} – C (%MS)

Carboidratos não-fibrosos (A + B1): CNF(%MS) = CHT(%MS) – B2(%MS) – C(%MS)

Devido às dificuldades experimentais para determinação das taxas de digestão das frações de carboidratos (CNF e B2) e as taxas de digestão das frações nitrogenadas B1, B2 e B3, e dos teores de aminoácidos e minerais, bem como a digestibilidade das frações de carboidratos e proteínas na porção intestinal, utilizou-se os dados da biblioteca de alimentos tropicais do programa CNCPS versão 5.0 (Tedeschi et al., 2002).

Foi avaliado o modelo CNCPS, versão 5.0 (nível 2), na predição do consumo. O nível dois do modelo CNCPS considera os efeitos da fermentação ruminal, realizando as avaliações baseadas no sub-modelo do rúmen. Foram fornecidos ao programa dados (*inputs*) referentes aos animais (peso vivo, escore corporal, idade, produção e composição do leite, tipo racial, etc.), ao ambiente (temperatura, umidade relativa do ar, manejo, etc.) e à composição do alimento em cada período experimental. A composição químico-bromatológica da forragem encontra-se na Tabela 1, e os dados relativos à caracterização dos animais e do ambiente encontram-se na Tabela 2.

O modelo CNCPS foi avaliado por meio da comparação dos parâmetros preditos pelo modelo com aqueles observados (ganho de peso médio diário), seguindo-se a metodologia descrita por Tedeschi et al. (2000). Foi utilizado um delineamento em blocos (sub-blocos) casualizados, onde os sub-blocos corresponderam à interação animal (bloco) x período experimental.

Para avaliar o desempenho do modelo na predição do ganho de peso de novilhas, foi utilizado o desvio médio (DM) (Cochran & Cox, 1968), o quadrado médio do erro da predição (QMEP) (Bibby & Toutenburg (1997) citados por Tedeschi et al., 2000; Molina *et al.*, 2004; Tedeschi, 2004), que foram calculados da seguinte maneira:

$DM=1/n\Sigma(predito_i-observado_i)$;

$QMEP=1/n\Sigma(predito_i-observado_i)^2$

Utilizou-se também a regressão entre os valores observados ou estimados (variável-Y) e os valores preditos pelo modelo CNCPS (variável-X). A tendência do modelo foi calculada por meio da divisão da diferença das médias da variável Y e X, pela média da variável X. O uso do R^2 para fins de avaliação do modelo não é recomendado nestes casos (Tedeschi et al., 2000).

As análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SAS (1991). Os parâmetros das regressões regulares foram obtidos utilizando-se o procedimento PROC REG. Os desvios médios (DM) e os parâmetros das equações de regressão foram testados utilizando-se o teste t, a 5% de probabilidade.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação da composição química da matéria seca da forragem verde disponível na pastagem encontram-se na Tabela 1.

A porcentagem de PB encontrada, 9,27%, foi numericamente superior, e a porcentagem de FDN, 68,30%, foi numericamente inferior aos valores encontrados por Malafaia et al. (1997); Kabeya et al. (2000) e Tedeschi et al. (2002). Níveis de proteína maiores e de carboidratos fibrosos menores são indicativos de melhor qualidade da forragem disponível, o que está, provavelmente, relacionado com a idade de corte ou pastejo da planta, que neste experimento, foi de 35 dias.

A porcentagem de lignina da MS foi de 6,00%, o que representou 8,78% do FDN, é maior que os valores relatados por Kabeya et al. (2000), 6,07% a 7,30% do FDN, e por Tedeschi et al. (2002) 6,30% a 7,50% do FDN, indicando haver variação na composição dos carboidratos fibrosos de uma mesma espécie forrageira em função das condições climático-ambientais que influenciam a taxa de crescimento da planta. Esta variação na composição tem efeito sobre o valor nutritivo da planta para o animal, ou seja, quanto maior a fração de lignina dos carboidratos fibrosos da planta, menor sua digestibilidade.

Os trabalhos consultados mostram grande variação nos dados de composição química e nas taxas de degradação dos carboidratos e proteínas das forrageiras tropicais (Malafaia et al., 1997 e 1998; Kabeya et al., 2000; Valadares Filho et al., 2002; Maurício et al., 2002; Tedeschi et al., 2002) devido, provavelmente, às naturais variações da composição das plantas em função do amadurecimento fisiológico e das variações climáticas, e também devido à falta de uniformidade das metodologias empregadas nos diferentes laboratórios de análises.

Quanto às frações de carboidratos, pode-se verificar que as porcentagens de CHT (%MS) 80,34%, de CNF (%CHT) 17,64% (frações A + B1), e de carboidratos fibrosos indigestíveis (fração C)(%CHT), 17,93%, estão dentro da faixa de valores encontrados por Kabeya et al. (2000), para amostras de *Brachiaria decumbens* obtidas em pastejo simulado nos meses de outubro e novembro, na região de Viçosa/MG. Elevada porcentagem de CNF e baixa % de fração indigestível são indicativos da boa qualidade da forragem verde disponível para os animais em pastejo.

Quanto às frações de proteínas, Malafaia et al. (1997) encontraram valores de 32,28%; 4,54%; 32,97%; 18,55%; e 11,66 % da PB para as frações A, B1, B2, B3 e C, respectivamente, em amostras de forragem verde de capim braquiária (*B. decumbens*) cortadas com 60 dias. Comparando com os dados obtidos neste

experimento (Tabela 1), apenas a fração B3 foi semelhante, os menores valores encontrados para a fração C (%PB) 4,74%, que resultou em maiores valores de B1 e B2, o que provavelmente, está relacionado ao corte ou pastejo com um período curto de apenas 35 dias.

Neste experimento observou-se uma tendência no aumento da fração C (% PIDA na PB) das proteínas, do início para o final do período experimental, de onde pode-se inferir que houve conversão do nitrogênio solúvel para formas insolúveis, C e B, associadas à parede celular. Apesar dessa transformação observada, a % de fração C média, obtida no experimento foi baixa, indicativo de que maior parte da proteína esteve disponível para ser fermentada e aproveitada pelo animal no rúmen e intestinos.

Tabela 1. Valores médios da composição bromatológica, frações de carboidratos e proteínas, e respectivas taxas de digestão da forragem verde da pastagem de braquiária.

Composição Forragem		% MS
PB		9,27
EE*		1,50
FDN		68,30
FDA		33,05
LIGNINA		6,00
MM		8,88
Frações Carboidratos (CHO)	%MS	%CHT
CHT (carboidratos totais)	80,34	100,00
CNF (A + B1)	14,18	17,64
B2	51,75	67,41
C	14,41	17,94
Taxas de degradação CHO		%/h
A**		25,6
B1**		25,6
B2**		8,1
Frações Nitrogenadas (N)	%MS	%PB
A	2,48	26,75
B1 + B2	4,62	49,83
B3	1,72	18,55
C	0,44	4,74
Taxas de degradação N		%/h
A**		135,0
B1 + B2**		11,0
B3***		5,0

* Valores citados conforme dados de Maurício et al. (2002).
**Dados da biblioteca de alimentos tropicais do CNCPS (Tedeschi et al., 2002).
***Valor sugerido por Tedeschi et al. (2002), conforme teor de PIDN (% PB).

A fração A (NNP-solúvel) foi de 26,75%, não alcançando proporções tão altas quanto àquelas relatadas por Maurício et al. (2002), Tedeschi et al.(2002) e Valadares Filho et al. (2002), de 34,1% a 46,6% da PB, que poderiam resultar em perdas nitrogenadas ruminais, especialmente quando não há carboidratos fermentáveis no rúmen.

Os resultados do ganho de peso, da descrição dos animais e das condições ambientais a que foram submetidos os animais são apresentados na tabela 2. Esses dados foram utilizados no *software* do CNCPS parar gerar os dados de ganho de peso e consumo de matéria seca esperados.

O ganho de peso (GP) médio diário observado foi de 623 g/animal, enquanto que o valor estimado pelo modelo foi de apenas 226 g/animal, mostrando acentuada inadequação do modelo para predizer o ganho de peso.

Tabela 2. Descrição dos dados utilizados para avaliação do modelo CNCPS na predição do consumo de matéria seca e do ganho de peso de novilhas leiteiras em crescimento em sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de braquiária (BRA).

Descrição dos animais	
Categoria animal	Novilhas
Tipo racial	Mestiça ¾
Idade inicial (meses)	23
Idade final (meses)	28
Peso corporal inicial (kg)	340,0
Peso corporal final (kg)	439,8
Ganho de peso (g/dia)	623,7
Descrição do ambiente	
Velocidade do vento (KPH)	3,96
Temperatura mês anterior (°C)	19,7
Temperatura mês atual (°C)	22,9
Umidade relativa anterior (%)	75,0
Umidade relativa atual (%)	78,6
Animal ofegante	NÃO
Tipo de sistema	INTENSIVO

O desvio médio (DM) obtido entre os valores preditos e observados diferiu estatisticamente de zero (P<0,05), pelo teste t (Tabela 3). A tendência do modelo (1,76), que em termos de porcentagem, equivale ao valor do desvio médio (% do valor predito), evidencia a tendência do modelo em subestimar esta variável.Os parâmetros estimados na regressão regular, para os coeficientes linear (intercepto) e angular (inclinação) diferiram significativamente (P<0,01) de zero e um, respectivamente, pelo teste t.
A regressão evidenciou a falta de ajuste do modelo na predição do ganho de peso de novilhas mestiças em sistema de pastejo (Figura 1). O valor obtido para o DM (175,7 gramas) também indicou a falta de ajuste do modelo na predição desta variável, o que é confirmado pelo elevado valor da raiz do quadrado médio do erro da predição (RQMEP) (Tabela 3), sendo a subestimativa da variável.A análise dos desvios (diferença entre valores preditos pelo CNCPS e os observados), evidenciou a não adequação do modelo, haja visto a não observação de pontos dentro da faixa aceitável (Figura 1).

Tabela 3. Avaliação do modelo CNCPS na predição do ganho de peso (GP) de novilhas leiteiras em condições tropicais.

	GP (gramas)	**DM (gramas)[3]**	DM (%predito)	DP ou RQMEP[4]
Observado[1]	623,7	175,7*	63,72	88,75
CNCPS [2]	226,3			408,74
	Regressão[5]			
	Intercepto	Inclinação	R^2	P
	771,41	-0,6529	0,04	0,22

[1]Ganho de peso observado; [2]Ganho de peso predito pelo modelo CNCPS v.5.0; [3]Desvio médio=média do ganho de peso predito pelo CNCPS menos o observado; [4]Desvio padrão dos valores observados, e raiz quadrada do quadrado médio do erro da predição (RQMEP) para os valores preditos (CNCPS); [5]Os parâmetros estimados, intercepto e inclinação, foram testados pelo teste t (0,05), para $B_0=0$ e $B_1=1$.

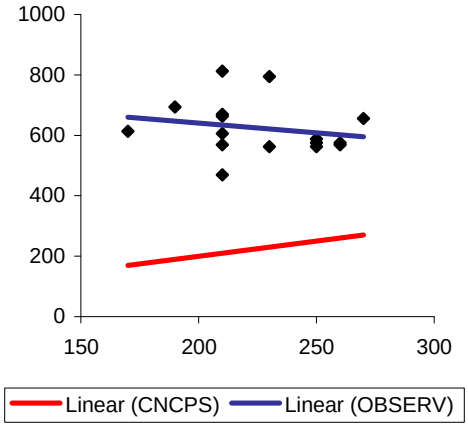


Figura 1. Relação entre valores de ganho de peso diário (gramas) observados e preditos pelo modelo CNCPS.

Os resultados observados indicam que o modelo CNCPS 5.0 (Fox *et* al., 2003), não se mostrou adequado na predição do GP diário de novilhas, em condições de pastejo, predizendo um valor médio menor (P<0,01) do que o observado.

O modelo CNCPS subestimou o ganho de peso observado porque subestimou o teor de energia metabolizável (EM), 2,03
Mcal/kg MS, da forragem verde disponível na pastagem, baseado na composição de suas frações de Carboidratos e Proteínas (Tabela 1). A baixa quantidade de EM ingerida foi o principal limitante para a obtenção dos ganhos de pesos observados.

Alguns dados da literatura permitem especular que há, uma tendência do modelo em superestimar a taxa de passagem (Kp), o que pode ser um problema na predição da partição energética, em função de uma subestimativa da digestibilidade da forragem no rúmen, ocasionado pelo fato de a Kp predita pelo CNCPS ser mais elevada do que aquela realmente observada.

O consumo médio diário de MS predito pelo CNCPS, foi de 8,63 kg por animal, o que correspondeu a 2,21% do seu peso vivo. Estes valores são semelhantes aos dados de consumo obtido com a utilização da técnica do n-alcano (2,29% do PV). Considerando-se que não se sabe o real consumo apresentado pelos animais em pastejo, o desempenho apresentado pelos animais (ganho de peso) passa a ser a referência mais importante para indicar se as estimativas de consumo e predição de desempenho são aceitáveis.

Para este consumo de MS predito, o ganho de peso esperado de acordo com o CNCPS, conforme o nível de energia metabolizável disponível na forragem seria de apenas 230 g/dia, enquanto que o ganho de peso observado no experimento foi de 623 g/dia. Por outro lado, a quantidade de proteína metabolizável disponível na forragem, predita pelo modelo permitiria um ganho de peso 670 g/dia.

Para ingerir energia metabolizável suficiente para alcançar os níveis de ganho de peso observados neste experimento, as novilhas em pastejo teriam que apresentar um consumo de MS estimado pelo modelo CNCPS de 13,7 kg por dia, o que corresponderia a 3,5% do PV médio das novilhas durante o período experimental, o que parece biologicamente, pouco provável de ter ocorrido.

Estes resultados mostram um certo descompasso do modelo CNCPS na interpretação da cinética das frações de carboidratos e proteínas da forragem disponível. Neste experimento o modelo subestimou a energia metabolizável disponível na forragem, apesar de uma razoável predição da proteína metabolizável disponível na forragem ingerida pelo animal. Assim pode-se afirmar que o modelo não conseguiu predizer adequadamente o ganho de peso das novilhas em pastejo. Conclusão semelhante foi obtida por Paiva et al. (2004) na avaliação da habilidade do CNCPS v. 5.0 em predizer a produção de leite de vacas da raça holandesa suplementadas em pastagem de "coast-cross", onde o modelo não foi eficiente na predição do desempenho, sendo a energia metabolizável a limitante da produção de leite.

Estes resultados estão de acordo com Capelle et al. 2001, que compararam as estimativas de consumo e ganho de peso de bovinos obtidas em 06 trabalhos conduzidos em condições brasileiras utilizando o CNCPS e concluíram que o modelo não foi adequado para predizer o ganho de peso.

Morenz (2004) especula que a falta de ajuste do modelo esteja mais relacionada com a composição, especialmente da FDN, e menos com as taxas de degradação, considerando-se que além dos teores de carboidratos fibrosos e lignina, as caracteristicas anatômicas (estrutura do complexo lignina-celulose) são importantes para o aproveitamento da forragem pelo animal, uma vez que pode-se obter digestibilidades e taxas de degradação diferentes para alimentos com teores semelhantes de FDN e lignina.

5.4. CONCLUSÕES

Nas condições deste experimento o modelo CNCPS v.5.0 não apresentou boa capacidade de predição do ganho de peso de novilhas em pastagem de braquiária.

5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 15ª ed. Virginia/USA. 1990. 1298p.

AROEIRA, L.J.M. Estimativa de consumo de gramíneas tropicais. In.: Simpósio sobre digestibilidade, 1997. Lavras/MG. FAEPE. 1997. p.127-163.

BRITO, R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; CRUZ, G. M. Comparação de sistemas para avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne: Creep Feeding**.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n. 2 (sup.), p. 1002-1010, 2002.

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; COELHO DA SILVA, J. F. et. al. Estimativa do consumo e do ganho de peso de bovinos, em condições brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 6, p. 1857-1865, 2001.

COCHRAN, W. G. & COX, G. M.: *Experimental designs*. New York, Wiley, 1968.

FOX, D. G.; BARRY, M. C.; PITT, R. E.; et al. Application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein model for cattle consuming forages. *Journal Animal Science*, v. 73, p. 267, 1995.

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P.; CZYMMEK, K. J. et al. Development and application of the Cornell University Nutrient Management Planning System. In.: Proceedings of Cornell Nutrition Conference of Feed Manufacturers, Cornell University, p. 167-179, 2000.

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P.; TEDESCHI, L. O. et al. The Net Carboidrate and Protein System for evaluating herd nutrition and nutrient excretion (CNCPS version 5.0). Model documentation. Animal Science Mimeo 213, Department of Animal Science, Cornell University, 2003.

JUAREZ LAGUNES, F. I.; FOX, D. G.; BLAKE, R. W.; PELL, A. N.: Evaluation of tropical grasses for milk production by dual purpose cows in tropical Mexico. *Journal Dairy Science*, v. 82, p. 2136-2145, 1999.

KOLVER, E. S.; BARRY, M. C.; PENNO P. W. et al. Evaluation and application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System for dairy cows fed diets based on pasture. *Journal Dairy Science*, v. 81, p. 2029–2039, 1998.

KABEYA, K. S; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. de C. et al. Composição químico-bromatológica e frações de carboidratos de alguns alimentos volumosos e concentrados. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Viçosa/MG, 2000. Anais... Viçosa: SBZ, 2000.Cd Rom.

KRISHNAMOORTHY, U.; SNIFFEN, C. J.; STERN, M. D. et al. Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and in vitro simulation of rumen proteolisis to estimate rumen-undegraded nitrogen content of feedstuffs. *British Journal of Nutrition*, v. 50, n. 3, p. 555-568, 1983.

LICITRA, G.; HERNANDES, T. M; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*, v. 57, p. 347-358, 1996.

MALAFAIA, P. A. M. & VIEIRA, R. A. M. Técnicas de determinação e avaliação dos compostos nitrogenados em alimentos para ruminantes. In. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, Lavras/MG, 1997. Anais...Lavras:UFLA, p. 29-54.

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M. et al. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 2, p. 370-380, 1998.

MAURÍCIO, R. M.; AROEIRA, L. J. M.; CARNEIRO, J. C. et al. Composição química, fracionamento do nitrogênio e taxa de degradação da matéria seca de forrageiras tropicais. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, Recife/PE, 2002. Anais... Recife: SBZ, 2002, cd rom.

MOLINA, D. O.; MATAMOROS, I.; ALMEIDA, Z. Evaluation of the dry mater intake predictions of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System with holstein and dual purpose lactating cattle in the tropics. *Animal Feed Science Technology*, v. 114, p. 261-278, 2004.

MORENZ, M. J. F. Metodologias de Estimativa do Consumo e Aplicação do Modelo *CNCPS* (Cornell Net Carbohydrate And Protein System), em Vacas Leiteiras em Pastagem de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum., cv. Napier). Campos/RJ: UENF. 2004. 120 p. Tese de doutorado.

NOCEK, J. E. Evaluation of specific variable affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *Journal Animal Science*, v. 60, p. 1347, 1985.

NOCEK, J. E. & RUSSEL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial protein synthesis and milk production. *Journal Dairy Science*, v. 71, p. 2070, 1988.

PAIVA, P. C. A.; ELYAS, A. C. W.; ARCURI, P. B. Aplicação do modelo CNCPS para vacas da raça holandesa a pasto. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, Campo Grande/MS, 2004. Anais...Campo Grande/SBZ, 2004, cd rom.
PELL, A. N. & SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion “in vitro” gas production. *Journal Dairy Science*, v. 76, p. 1063-2073, 1993.

SAS. SAS/STAT. Users Guide (Version 6, 4th Ed.). SAS Inst. Inc., Cary/NC, 1991.

SAMPAIO, A. A. M.; BRITO, R. M.; AGUIAR, L. L. M. et al. Comparação de sistemas para avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne: Suplementação do pasto para vacas na estação seca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n. 4, p. 1287-1292, 2001.

SAMPAIO, A. A. M.; BRITO, R. M.; CARVALHO, M. R. Comparação de sistemas para avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne: Confinamento de tourinhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n. 1, p. 157-163, 2002.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets II. Carbohydrate and protein availability. *Journal Animal Science*, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SOUZA, J.B. Substituição parcial e total do farelo de algodão pela uréia, em rações de novilhas mestiças, em regime de confinamento e sua economicidade. Viçosa, MG. 42p. Dissertação de Mestrado em Zootecnia - Universidade Federal de Viçosa, 1987.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *Journal Animal Science*, v. 78, p. 1648-1658, 2000.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N. Development and evaluation of tropical feed library for the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 1, p. 1-18, 2002.

TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. disponível em http://www.cncps.cornell.edu/modeval. acesso 05 de junho 2004.

VALADARES FILHO, S. de C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.* Viçosa/UFV. Ed. Suprema Gráfica, 2002, 297p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.