

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação**

**Desempenho, consumo, dinâmica ruminal e cinética da
degradação da *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em bovinos de
corte suplementados com proteinados**

LUIZ ORCIRIO FIALHO DE OLIVEIRA

**BELO HORIZONTE
ESCOLA DE VETERINÁRIA – UFMG
2005**

Aos meus pais Ruben e Cléa.
Por tudo que me ensinaram, por terem
corrigido meus erros e estimulado meus
acertos. Por todos os ensinamentos e
exemplos de dignidade, humildade, trabalho
e fé em Deus.
Por terem acreditado que um dia
venceríamos barreiras atingindo nossos
objetivos.
Muito obrigado.

Ao filho Thiago.
Pela felicidade que me trouxeste. Pela
certeza de que vale a pena viver o presente
intensamente e acreditar que o futuro será
sempre melhor.

A Profa. e amiga Eloísa.
Pelo apoio, pelos ensinamentos, pela
dedicação ao nosso trabalho. Por acreditar
na vitória, sempre nos incentivando contra
as dificuldades. Você foi uma verdadeira
amiga, colega e orientadora. Que “Deus”
permita continuarmos trabalhando juntos e
mantenha sempre viva nossa amizade.

A Deus,
“Pela vida, pela natureza, pelos animais e
pela sabedoria”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Ruben e Cléa por tudo que me proporcionaram, pelo sempre constante apoio, pelo exemplo de vida e pelos ensinamentos de coragem, dedicação, ética, comprometimento e responsabilidade com nossas obrigações.

Obrigado aos Membros da Banca "Prof. Lúcio Carlos Gonçalves, Profa. Eloísa de Oliveira Simões Saliba, Prof. Iran Borges, Dr. Luiz Januário M. Aroeira e Dr. Miguel Gontijo", por terem aceitado ajudar-nos nesta tarefa, pelas inúmeras e valiosas contribuições que abrilhantaram este trabalho.

Especial agradecimento ao Sr. Osvaldo (gerente da Fazenda Rancho Alegre, onde se realizaram os experimentos), em nome do qual agradeço a todos os funcionários da fazenda que colaboraram durante o prolongado período experimental, nas colheitas noturnas e nos dias e noites de chuvas que passamos. Muito obrigado.

À Escola de Veterinária da UFMG, por ter nos acolhido e oferecido todas as condições necessárias ao bom êxito deste trabalho.

Muito obrigado ao Toninho e à Kelly pela enorme colaboração prestada durante as análises laboratoriais, aos colegas Eustáquio (*in memorian*) e Bolívar na preparação dos animais fistulados e ao amigo Roberto Torres pela ajuda nas análises estatísticas.

À Nilda do Colegiado de Pós-graduação pelo carinho, pela educação, pela paciência e pela constante ajuda em nossos problemas junto a UFMG, em nome da qual presto meus agradecimentos a todos os outros funcionários da Escola de Veterinária da UFMG.

Muito obrigado aos professores da área de nutrição de ruminantes, em especial aos Profs. Lúcio, Iran, Norberto e Ronaldo, pelo conhecimento transmitido, pelo apoio e pela amizade, a qual será eternamente mantida em minha memória.

Ao Robson, pela amizade, por receber-me em sua casa, pelas agradáveis hospedagens e pelos bons momentos de prosa e cerveja.

Aos meus queridos amigos e colegas do curso de doutorado e de Belo Horizonte: em especial a Verinha, Fabiana, Fabiene, Cláudia, Sílvia, Flávia, ao Dalton, Robertinho, Luiz Gustavo, Petrônio, Bolívar, Warley, Marquinhos, Fernando Lopes, aos gringos Ricardo e Carlos (Colombianos), Eduardo (Equatoriano), meu muito obrigado e que não se esqueçam do amigo sulmatogrossense.

Meu sincero agradecimento aos amigos da M.Cassab (Mário Sergio, Marcos Mena, Carlos Dias, André Cardoso, David e Andréa Paulin) pelo apoio neste projeto. Especial agradecimento ao amigo Betinho da Indústria Servsal, que garantiu a produção uniforme dos produtos utilizados nestes estudos.

Aos meus avós Crizantho e Amélia (*in memorian*), Orcirio (*in memorian*) e Dita e ao Tio Liba (*in memorian*), pelos ensinamentos transmitidos sobre os animais, sobre o campo e a natureza. Pelo exemplo e amor que nos deixaram.

SUMÁRIO

Desempenho, consumo, dinâmica ruminal e cinética da degradação da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu, em bovinos de corte suplementados com proteinados		
Resumo.....	12	
Abstract.....	13	
<hr/>		
Introdução Geral		
14		
CAPÍTULO 1		
<hr/>		
Revisão Geral		
1.1	Características do sistema de produção de bovinos a pasto no Brasil, aspectos produtivos e nutricionais do capim <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu, e metodologias de avaliação de consumo em bovinos.....	14
1.1.1	Considerações sobre os aspectos produtivos e nutricionais da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.....	15
1.1.2	Consumo e desempenho em animais a pasto.....	17
1.1.2.1	Mecanismos de regulação e modelos de estimativa de consumo.....	17
1.1.2.2	Fatores associados ao consumo voluntário.....	17
1.1.3	Métodos de determinação do consumo.....	18
1.1.3.1	Diferenças de peso da forragem.....	18
1.1.3.2	Diferenças no peso do animal.....	19
1.1.3.3	Excreção fecal e digestibilidade.....	19
1.1.3.4	Predições matemáticas.....	19
1.1.3.5	Comportamento alimentar.....	19
1.2	Relações entre a composição dos suplementos protéicos, degradabilidade dos componentes fibrosos da forragem e requerimentos dos microrganismos ruminais.....	20
1.2.1	Disponibilidade ruminal das fontes de proteínas e carboidratos.....	20
1.2.1.1	Degradação dos carboidratos fibrosos da parede celular.....	21
1.2.1.2	Aspectos nutricionais dos microrganismos ruminais.....	22
1.2.1.3	Suplementação com proteinados para bovinos de corte em pastagens com altos níveis de fibra.....	23
1.3	Interações entre níveis de suplementação protéica e eficiência de síntese microbiana em bovinos de corte mantidos em pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.....	24
1.3.1	Eficiência e síntese de proteínas microbiana.....	24
1.3.2	Proteína metabolizável.....	25
1.3.2.1	Contribuições das frações protéicas para a proteína metabolizável	26
1.3.3	Concentrações de N-NH ₃ , ácidos graxos voláteis (AGV) e pH no líquido ruminal.....	27
1.3.4	Eficiência de síntese microbiana.....	29
1.4	Digestibilidade e cinética ruminal de novilhos Nelore em capim brachiarião (<i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu), suplementados com proteinados durante a seca.....	30
1.4.1	Digestibilidade <i>in situ</i>	30
1.4.1.1	Metodologia da digestibilidade <i>in situ</i>	30
1.4.1.2	Modelos de degradação.....	32
1.4.2	Taxas de passagem.....	33

CAPÍTULO 1 (continuação)

1.5	O uso de indicadores na nutrição de bovinos.....	35
1.5.1	Caracterização dos indicadores.....	35
1.5.1.1	Indicadores de fluxo.....	36
1.5.1.2	Indicadores para estimativas de excreção fecal e do consumo.....	36

CAPÍTULO 2

EXPERIMENTO I 39

Efeitos dos níveis de proteína bruta dos suplementos protéicos, sobre o consumo e desempenho de bovinos Nelore em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu..

	Resumo.....	39
	Abstract.....	39
2.1	Introdução.....	40
2.2	Material e Métodos.....	40
2.3	Resultados e Discussão.....	42
2.4	Conclusão	48
2.5	Anexos.....	49

CAPÍTULO 3

EXPERIMENTO II 50

Concentrações de N-NH₃, ácidos graxos voláteis e pH no líquido ruminal e efeitos das frações protéicas na síntese de proteína metabolizável em bovinos de corte suplementados com diferentes níveis de proteína bruta.....

	Resumo.....	50
	Abstract.....	50
3.1	Introdução.....	51
3.2	Material e Métodos.....	51
3.3	Resultados e Discussão.....	53
3.4	Conclusão	60

CAPÍTULO 4

EXPERIMENTO III 61

Digestibilidade *in situ* e cinética das fases líquidas e das partículas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em bovinos de corte a pasto de baixo valor nutricional suplementados com proteínas.....

	Resumo.....	61
	Abstract.....	61
4.1	Introdução.....	62
4.2	Material e Métodos.....	62
4.3	Resultados e Discussão.....	65
4.4	Conclusão.....	72

CAPÍTULO 5

EXPERIMENTO IV

	Estimativas de consumo e excreção fecal calculadas pelo Óxido Crômico ou pela LIPE® (lignina extraída e purificada de <i>Eucalypto grandis</i>).....	73
	Resumo.....	73
	Abstract.....	73
5.1	Introdução.....	74
5.2	Material e Métodos.....	74
5.3	Resultados e Discussão.....	75
5.4	Conclusão.....	77
6	Considerações Finais	78
7	Referências bibliográficas	79

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1	Valores de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cálcio, fósforo e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO), da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu, em alguns meses do ano.....	16
Tabela 1.2	Equações usadas para prever o consumo de bovinos de corte.....	20
Tabela 1.3	Classificação dos carboidratos e das proteínas de acordo com a sua disponibilidade ruminal.....	21
Tabela 1.4	Composição química média de amostras do capim <i>Brachiaria brizantha</i> , segundo Valadares Filho et al. (2002).....	21
Tabela 1.5	Concentrações e proporções dos ácidos graxos voláteis no rúmen de bovinos.....	29
Tabela 1.6	Procedimentos sugeridos para a padronização da metodologia <i>in situ</i>	31
Tabela 1.7	Características de alguns indicadores que podem ser usados na determinação da excreção fecal.....	37

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1	Composição dos suplementos protéicos e do sal mineral utilizados no experimento.....	41
Tabela 2.2	Composição química e energética dos suplementos em base de MS.....	41
Tabela 2.3	Média de disponibilidade de forragem (kg de MS/há) por piquete e por tratamento durante os meses de junho a novembro de 2002.....	43
Tabela 2.4	Consumo médio de suplementos em base MS, durante o período experimental.....	43
Tabela 2.5	Composição química em base de matéria seca, nutrientes digestíveis totais (NDT) e carboidratos fibrosos (CNF) da forragem, colhida durante os meses de junho a novembro de 2002.....	44
Tabela 2.6	Médias de consumo diário de Matéria Seca (MS), de Proteína Bruta (PB), de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e celulose (CEL), de acordo com o tratamento experimental.....	44
Tabela 2.7	Médias de peso e de ganho de peso diário dos animais de acordo com o tratamento experimental.....	46
Tabela 2.8	Custos da suplementação e estimativa de valorização dos animais por tratamento.....	48
Anexo 2.1	Correlações de Pearson existentes entre os principais aspectos estudados.....	49

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1	Composição dos suplementos protéicos utilizados no experimento.....	53
Tabela 3.2	Valores de N-NH ₃ no líquido ruminal nos diversos horários de colheita.....	54
Tabela 3.3	Composição química estimada dos suplementos proteinados conforme Valadares Filho (2000), oferta de proteína via NNP de origem química e de proteína de origem vegetal.....	54
Tabela 3.4	Valores de pH no líquido ruminal nos diversos horários de colheita.....	55
Tabela 3.5	Concentrações de AGV (mMol%) e relações Acetato: Propionato no líquido ruminal de bovinos a pasto suplementados com proteinados, conforme tratamento e horários de colheitas.....	57
...
Tabela 3.6	Concentrações de AGV (mMol%) no líquido ruminal de bovinos a pasto suplementados com proteinados, conforme tratamento e horários de colheita.....	58
Tabela 3.7	Composição química em base de matéria seca, nutrientes digestíveis totais (NDT) e carboidratos não fibrosos (CNF) da forragem, colhida durante os meses de junho a novembro de 2002.....	59
Tabela 3.8	Consumo estimado de proteína bruta (PB), proteína degradável no rúmen (PDR), proteína não degradável no rúmen (PNDR), proteína endógena (PE) e proteína metabolizável (PM), conforme metodologia proposta pelo NRC (1996).....	59

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1	Composição dos suplementos protéicos utilizados no experimento.....	64
Tabela 4.2	Composição química em base de matéria seca, nutrientes digestíveis totais (NDT) e carboidratos não fibrosos (CNF) da forragem, colhida durante os meses de junho a novembro de 2002.....	66
Tabela 4.3	Valores médios obtidos da degradabilidade potencial (DP), da degradabilidade efetiva (DE) e da taxa de degradação (c), das frações fibrosas (FDN e FDA) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.....	67
Tabela 4.4	Valores médios obtidos da degradação potencial (DP), da degradação efetiva (DE) e da taxa de degradação (c), das frações fibrosas (FDN e FDA) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu.....	68
Tabela 4.5	Valores obtidos dos parâmetros da cinética das partículas, pelo trato gastro intestinal de bovinos Nelore em <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu, conforme Grovum e Williams (1973).....	71
Tabela 4.6	Valores obtidos da cinética da fase líquida da digesta pelo trato gastro intestinal de bovinos Nelore em <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu, conforme Colucci et al. (1990).....	71

CAPÍTULO 5

Tabela 5.1	Esquema de períodos de adaptação e colheita, de acordo com os tratamentos.....	75
Tabela 5.2	Excreção fecal e consumo diário estimados pelos indicadores óxido crômico (OC) e LIPE [®] , conforme Prigge et al. (1981).....	76
Tabela 5.3	Excreção fecal e consumo estimados pelos indicadores óxido crômico (OC) e LIPE [®] , conforme Prigge et al. (1981).....	76
Tabela 5.4	Composição química analisada da <i>Brachiaria brizantha</i> (cv Marandu) colhida durante o período experimental.....	77

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1	Consumo de Matéria Seca (MS) e de fibra em detergente neutro (FDN) conforme os tratamentos.....	46
Figura 2.2	Curva de evolução mensal do peso vivo dos animais conforme os tratamentos.....	47

CAPÍTULO 3

Figura 3.1	Concentrações de N-NH ₃ (mg/dL) no líquido ruminal nos diversos horários de colheita.....	55
Figura 3.2	Valores de pH no líquido ruminal observados nos diversos horários conforme os tratamentos.....	56
Figura 3.3	Concentrações de AGV (mMol%) no líquido ruminal, nos diversos horários de colheita....	57

CAPÍTULO 4

Figura 4.1	Desaparecimento da matéria seca da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu nos diversos tempos de incubação <i>in situ</i>	69
Figura 4.2	Desaparecimento da proteína bruta (PB) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu nos diversos tempos de incubação <i>in situ</i>	69
Figura 4.3	Desaparecimento da fibra em detergente neutro (FDN) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu, nos diversos tempos de incubação <i>in situ</i>	70

CAPÍTULO 5

Figura 5.1	Consumos diários estimados pelos indicadores óxido crômico (OC) e LIPE®, conforme Prigge et al. (1981).....	77
------------	---	----

Desempenho, consumo, dinâmica ruminal e cinética da degradação da *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em bovinos de corte suplementados com proteinados

Oliveira, L.O. F.

RESUMO

Foram desenvolvidos quatro estudos sobre a suplementação de novilhos Nelore com proteinados durante a seca. No primeiro trabalho avaliou-se as variações no desempenho e no consumo de forragem, no segundo e no terceiro trabalhos acompanhou-se as mudanças no ambiente ruminal através das medidas das concentrações do pH, do N-NH₃ e dos ácidos graxos voláteis, além dos efeitos da suplementação sobre a dinâmica ruminal das fases líquida e sólida e sobre a digestibilidade da *Brachiaria brizantha* cv Marandu. No último trabalho comparou-se os indicadores óxido crômico e LIPE[®] nas medidas de excreção fecal e consumo. Os suplementos protéicos foram formulados de forma a atender as necessidades de minerais nas mesmas proporções que o tratamento controle (sal mineral), além das fontes de proteína e de carboidratos, estabelecendo um consumo médio estimado por animal de 0,1% do peso vivo. As fontes de proteína (farelo de soja e amiréia), de carboidratos (milho) e de minerais foram as mesmas durante todas as fases experimentais. Os níveis de proteína bruta dos proteinados foram de 30 (P30), 40 (P40) e 50% (P50), sendo mantido constante os níveis de farelo de soja, ajustando-se para este objetivo a inclusão do nitrogênio não protéico (amiréia) e do milho. Os animais permaneceram em piquetes e a suplementação foi diária, em quantidades previamente pesadas e embaladas em sacos plásticos identificados conforme o tratamento, sendo que no momento da colocação dos suplementos no cocho, realizou-se as colheitas das sobras. Foram feitas avaliações mensais das forragens por piquetes (análises químicas e medições de disponibilidade), utilizando-se nas colheitas dois animais com fistulas permanentes no esôfago. Os animais foram pesados a cada 21 dias momento em que se rotacionaram as parcelas experimentais. Para os estudos da digestibilidade, da dinâmica das fases líquida e sólida e dos parâmetros ruminais foram usados quatro bovinos fistulados no rúmen. Observou-se diferenças no desempenho e no consumo ($P < 0,05$), assim como nos parâmetros ruminais e na dinâmica entre os tratamentos que receberam proteína (P30, P40, P50) e o tratamento controle. Não houve diferenças na degradabilidade potencial ($P > 0,05$), porém a degradabilidade efetiva foi maior ($P < 0,05$) nos tratamentos com P30 e P40 em relação aos demais. Os indicadores estudados proporcionaram estimativas de excreção fecal e de consumo compatíveis com os resultados encontrados na literatura, e não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$). A LIPE[®] apresentou um rápido equilíbrio das concentrações nas fezes e um baixo coeficiente de variação quando comparada com o óxido crômico.

Palavras chave: Consumo, digestibilidade, dinâmica ruminal, indicadores, suplementação protéica.

ABSTRACT

Four works of protein supplementation with Nellore steers was developed during in the dryness period. In the first, performance and forage intake changes were evaluated, the second and third works accompanied the changes in the ruminal compartment through pH, N-NH₃ and volatile fatty acids concentrations, beyond supplementation effects on ruminal kinetics of liquid and particles phases and on the digestibility of *Brachiaria brizantha* cv Marandu. The final work chromium oxide and LIPE[®] markers were compared in output fecal and intake estimative. The protein supplements were formulated with objective of supply the minerals requirements in same quantity of control treatment (C), beyond protein and carbohydrates source, establishing intake of 0,1% of live weight for head of supplement. The protein (soybean meal and starea), the carbohydrates (corn) and minerals sources were the same during all experimental period. The crude protein levels of supplements were 30 (P30), 40 (P40) and 50% (P50), and the level of soybean meal included was the same to all supplements, although the nitrogen non protein and the corn inclusion were adjusted in conformity with treatment. The animals were permanent grazing and the supplement was offered daily in individuals bags previous weighty and identified, and the rest was collected in the same hour. Mensal evaluated of forage was made (chemistry analysis and availability), and two throat fistulated animals were used to collection the forage. The animals were weighted in 21 days intervals and the experimental parcels were rotationed in this moment. To the digestibility, kinetics of liquid and particles phases and the ruminal parameters studies, four steers permanent rumen fistulated were used. Differences in the performance and intake ($P < 0,05$), as well as in the parameters and kinetics ruminal were observed between the supply protein treatments (P30, P40, P50) ant the control treatment. Don't have differences in the potential degradability ($P > 0,05$), however the effective degradability was higher in the P30 and P40 treatments. The markers permitted output fecal and intake estimative compatible with science literature, and no differences was observed ($P > 0,05$). The LIPE[®] presented rapid balance in the feces and a minor coefficient of variation than chromium oxide.

Key words: Intake, digestibility, ruminal kinetics, markers, protein supplementation

INTRODUÇÃO GERAL

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. Apresentou-se uma revisão geral no **Capítulo 1**.

O **Item 1.1** tratou sobre as características do sistema de produção de bovinos a pasto, com ênfase nos aspectos produtivos e nutritivos da *Brachiaria brizantha* cv Marandu, no desempenho e no consumo voluntário, incluindo algumas metodologias de estimativa do consumo.

Já no **Item 1.2** do **Capítulo 1**, foram descritas as relações entre a composição dos suplementos protéicos, com a degradabilidade dos compostos fibrosos da forragem e com a nutrição dos microrganismos ruminais. O **Item 1.3** abordou sobre a importância da proteína microbiana na nutrição dos ruminantes, além de rever as contribuições das diversas frações nitrogenadas sobre o *pool* de proteína metabolizável.

Tratou-se sobre a degradabilidade *in situ* dos nutrientes da forragem, modificados ou não pela ação da suplementação protéica em situação de dietas de baixo valor nutricional, no **Item 1.4**. Enquanto no **Item 1.5**, foi apresentada uma revisão sobre o uso de indicadores nos estudos de digestibilidade e de consumo.

O **Experimento I**, descrito no **Capítulo 2**, trata sobre os efeitos dos níveis de proteína bruta (PB) dos suplementos protéicos sobre o consumo e desempenho a pasto. O **Experimento II** (**Capítulo 3**), avaliou as interações entre as quantidades de PB e de proteína degradável no rúmen (PDR), com a eficiência de síntese protéica microbiana, acompanhada pelas concentrações dos parâmetros N-NH₃, ácidos graxos voláteis e pH no líquido ruminal.

Os estudos da dinâmica ruminal das fases líquida e sólida, assim como a degradabilidade *in situ* foram realizados no **Experimento III** do **Capítulo 4**. No **Experimento IV** do **Capítulo 5**, foram comparados pela primeira vez, os indicadores óxido crômico e a lignina extraída e purificada do *Eucalypto grandis* (LIPE[®]) em bovinos de corte.

CAPÍTULO 1

1.1 Características do sistema de produção de bovinos a pasto no Brasil, aspectos produtivos e nutricionais do capim

Brachiaria brizantha cv Marandu, e metodologias de avaliação de consumo em bovinos.

O regime extensivo é a forma predominante de produção da carne bovina brasileira, sendo que boa parte desta produção ocorre em pastagens de médio a baixo valor nutricional e sujeitas à variações climáticas características das regiões tropicais.

Apesar de menos produtivo, o sistema de produção a pasto apresenta riscos menores de contaminação por toxinas, por agentes infecciosos como pelo patógeno da Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE), além do uso reduzido de produtos químicos e farmacêuticos. Estas características têm ajudado na expansão da exportação de carne bovina brasileira.

Em 2003 foram abatidas 40,3 milhões de cabeças de bovinos no Brasil, correspondendo a uma produção de 7,63 milhões de toneladas (Mton) equivalente-carcaça (e.c.). Em 1994 as exportações brasileiras de carne bovina foram de 0,38 Mton e.c., passando para 1,21 Mton e.c. em 2003, correspondendo a um aumento de aproximadamente 318% (Anualpec, 2004).

Nas últimas décadas, a produção agrícola brasileira expandiu-se acentuadamente, saindo das 50 milhões de toneladas de grãos nos anos 80, para mais de 110 milhões na safra 2003/2004 (Anualpec, 2004). Regiões anteriormente ocupadas na cria e engorda de bovinos, perderam espaço para as lavouras de soja, milho, algodão, cana, etc., transferindo-se para terras de solo menos fértil, topografia mais acidentada e clima mais seco.

Nestas condições, as gramíneas do gênero *Brachiaria* trazidas da Austrália nas décadas 60 e 70 e posteriormente melhoradas aqui no Brasil, expandiram-se rapidamente, e hoje provavelmente ocupam mais de 50% da área de pastagens cultivadas. (Soares Filho, 1994).

Apesar de produtivas e adaptadas a estas condições, possuem restrições do ponto de vista nutricional, o que se agrava durante o período seco do ano (Euclides et al. 2001, Oliveira et al. 2004b). Além das variações na composição química e na morfologia das plantas, a produção de massa é diminuída nesta época, prejudicando

intensamente a produtividade do sistema de produção a pasto.

Com o envelhecimento da forragem, observa-se aumento na espessura da parede celular vegetal, aumento na concentração de carboidratos fibrosos e nos teores de lignina, redução dos compostos solúveis do interior da célula, causando conseqüentemente, redução no valor nutricional e na digestibilidade da forragem (Van Soest, 1994).

Este período coincide com determinados momentos críticos da bovinocultura de corte (nascimentos, desmama, início da estação de monta, etc.). Um ajuste nutricional entre a curva de oferta de nutrientes e a curva de demanda animal, parece ser interessante nesta oportunidade (Thiago, 1998), devendo-se entretanto estar atento aos custos da suplementação.

Pastagens secas foram sinônimos de efetivo prejuízo ao tradicional pecuarista. Os baixos níveis de proteína e fósforo associado a elevada concentração de fibra e lignina (Thiago 1998, Oliveira et al., 2004) nesta fase do ano, são apontados do ponto de vista nutricional, como os fatores causadores do baixo desempenho dos bovinos.

No entanto quando há razoável disponibilidade de matéria seca (MS) no campo, o fornecimento de suplementos proteinados ou misturas múltiplas, pode promover significativos aumentos no consumo voluntário (Krysl et al., 1989, Hennesy e Williamson, 1990, Franco et al., 1999), com conseqüente aumento no aporte de nutrientes, melhorando o desempenho animal e a produtividade do rebanho (Manella et al. 2002).

Suplementações nitrogenadas para ruminantes são relativamente baratas, visto a possibilidade de utilização de fontes de nitrogênio não protéico (NNP) como a uréia (Thiago e Silva, 1981). Seu uso entretanto apresenta algumas limitações como baixa palatabilidade, segregação quando misturada com farelos (Chalupa, 1968), e elevada solubilidade no rúmen, podendo causar intoxicações (Owens e Zinn, 1988; Reynolds, 1992).

Os microrganismos ruminais são capazes de utilizar os peptídeos e aminoácidos originários da

proteína dietética, assim como a amônia em sua síntese protéica (Merchen e Bourquim, 1994). Em situações de alta oferta de amônia em contraste com baixa oferta de carboidratos solúveis, uma parcela significativa desta primeira pode não ser aproveitada pelos microrganismos ruminais, promovendo aumento na excreção e no custo energético do N (Russel, et al., 1992).

Os suplementos proteinados de baixo consumo (p.ex 300g/animal/dia), apresentam em geral altos níveis de minerais e de NNP e níveis menores de carboidratos solúveis e proteína verdadeira, o que pode comprometer a sincronia de ofertas entre fontes de nitrogênio e carbono (Oliveira, 2001).

Os níveis de proteína degradável requeridos para a síntese microbiana ainda não estão muito esclarecidos, pois enquanto o excesso de N provoca um custo energético (Russel et al., 1992) a deficiência afeta o crescimento microbiano (Kang-Meznarich e Broderick, 1980, Shain et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar possíveis alterações no consumo, na digestibilidade e no desempenho de bovinos a pasto, submetidos a diferentes níveis de suplementação protéica durante o período seco do ano, bem como acompanhar as alterações provocadas no metabolismo ruminal, na cinética ruminal da ingesta e na sincronia entre fontes de proteína e energia.

1.1.1 Considerações sobre os aspectos produtivos e nutricionais da *Brachiaria brizantha* cv Marandu

Segundo Bogdan (1977) citado por Soares Filho (1994), a *Brachiaria brizantha* é originária de uma região vulcânica da África, onde os solos apresentam bons níveis de fertilidade. Conforme Nunes et al. (1985), o cv Marandu é um ecotipo da *B. brizantha* que foi cultivada por vários anos na região de Ibirarema no Estado de São Paulo, sendo posteriormente levada para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) que realizou avaliações conjuntas no Centro de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC - Campo Grande / MS) e no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC - Planaltina / DF), sendo que em 1984 realizaram o lançamento deste cultivar.

As gramíneas deste gênero adaptam-se às mais variadas condições de solo e clima, ocupando espaço cada vez maior na região dos Cerrados, onde encontrou condições propícias ao seu desenvolvimento.

Segundo Valle (1990), no Brasil até hoje, foram encontradas quinze espécies deste gênero, e conforme Sendulsky (1977) citado por Soares Filho (1994) sete destas foram introduzidas recentemente, entre elas estão: *B. brizantha* (Hochst) Stapf.; *B. decumbens* Stapf.; *B. dictyoneura* (Fig e De Not) Stapf.; *B. humidicola* (Rendle) Schweickerdt, *B. arrecta* (Th.Dur e Schinz) Stent; *B. ruziziensis* Germain e Evrard e *B. vittata* Stapf.

O cv Marandu pode ser diferenciado de outros ecotipos de *B. brizantha*, por apresentar plantas sempre robustas e com intenso afilamento nos nós superiores dos colmos floríferos, presença de

pêlos na porção apical dos entre-nós, bainhas pilosas e lâminas largas e longas com pubescência apenas na face inferior, glabra na face superior e com margens não cortantes, raque sem pigmentação arroxeadada e espiguetas ciliadas no ápice (Valle, 1990).

As braquiárias em geral apresentam alto potencial de produção de matéria seca, no entanto a quantidade de forragem produzida pode variar muito, dependendo das condições de solo, clima e manejo da espécie utilizada.

Valle (1985) apresentou resultados de produção de 183 acessos de *Brachiaria sp.*, que foram estabelecidos em solo do tipo latossolo vermelho escuro distrófico, ácido (pH 4,2), baixa fertilidade (Fósforo < 1ppm e matéria orgânica < 3%), sem adubação. A produção média de MS foi de 9,7 toneladas por hectare ano para a *Brachiaria brizantha*.

Tabela 1.1. Valores de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cálcio, fósforo e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), da *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em alguns meses do ano.

	Janeiro ¹	Maior ²	Julho ²	Setembro ²
	(%MS)	(%MS)	(%MS)	(%MS)
Proteína Bruta	11,2	9,4	5,8	4,4
FDN	76,3	-	-	-
FDA	41,2	-	-	-
Cálcio	-	0,28	0,27	0,25
Fósforo	-	0,12	0,10	0,11
DIVMO (%)	-	59,6	56,5	51,3

Fontes: ¹ Brito et al. (2001); ² Euclides (2001).

O valor nutritivo de uma espécie forrageira é influenciado pela fertilidade do solo, condições climáticas, idade fisiológica e manejo a que está submetida. As maiores mudanças que ocorrem na composição química das forrageiras são aquelas que acompanham a sua maturação, na qual se observa redução dos componentes potencialmente digestíveis como os carboidratos e as proteínas solúveis e aumento nos teores de fibra. Na Tab. 1.1 está demonstrada a composição química da *B. brizantha* cv Marandu, segundo alguns autores.

De acordo com Leite e Euclides (1994), mudanças morfológicas como acréscimo na proporção de caule em relação à folha e acúmulo de material morto, também estão associados a

senescência natural da planta forrageira, e ressaltam que sob regime de pastejo contínuo, o valor nutritivo da forragem disponível é inferior ao da rebrota correspondente ao sistema rotacionado, já que no pastejo contínuo o animal deixa alguma forragem que continua decrescendo em qualidade.

1.1.2 Consumo e desempenho em animais a pasto

Quando a forragem apresenta um bom valor nutricional, ou seja, níveis adequados de fontes energéticas, proteína, vitaminas e minerais, a produção animal será função do consumo de energia digestível (ED). Desta forma um

aumento no consumo pode promover acréscimos no ganho de peso (Minson, 1990).

Segundo Van Soest (1994) o termo consumo voluntário refere-se à quantidade máxima de matéria seca ingerida pelo animal espontaneamente. As características anatômicas do trato digestivo dos ruminantes, com presença de três pré-estômagos (rúmen, retículo e omaso), responsáveis pela fermentação e digestão da forragem, antecedendo o estômago verdadeiro (abomaso), fazem com que o controle de ingestão de alimentos seja específico, envolvendo diversos mecanismos.

1.1.2.1 Mecanismos de regulação e modelos de estimativa de consumo

Mertens (1994) propôs um modelo estático para estimar o consumo, envolvendo os mecanismos da regulação fisiológica, da limitação física e da modulação psicogênica. No mecanismo fisiológico a ingestão é proporcional à demanda energética para a produção e desta forma, com a melhoria do valor nutritivo da forragem, ocorre um aumento do consumo até que o ponto estabelecido pela demanda nutricional e fisiológica seja alcançado.

Em dietas com altos níveis de fibra e baixa concentração energética, o principal mecanismo que atua sobre o consumo é a restrição física do trato digestivo. Neste caso, a dieta pode não ser suficiente para atender a demanda energética do animal e assim este reduzirá seu desempenho de acordo com os limites da mesma (Forbes, 1988).

O volume da digesta no rúmen-retículo pode determinar o limite do consumo de forrageiras de baixa qualidade (Oliveira, 2001), o qual pode ser explicado por um dos mecanismos de controle de consumo de Mertens (1994), onde se aumentando o teor de fibra em detergente neutro (FDN) resulta-se em um decréscimo do consumo voluntário animal.

Penning et al. (1991) observaram que o mecanismo de enchimento é o principal fator no ajuste do consumo em dietas a base de forragens, e que em geral à medida que aumenta o valor nutritivo, há elevação no consumo até o ponto estabelecido pela demanda fisiológica, nem sempre alcançado.

Finalmente as alterações no consumo podem ser decorrentes de fatores associados ao alimento e/ou ao ambiente como cheiro, palatabilidade, cor, textura, forma física, etc., agindo de forma estimuladora ou inibitória do consumo. Este mecanismo que não leva em consideração aspectos nutricionais foi denominado por Mertens (1994), como regulação psicogênica.

Waldo et al. (1972) observaram que a natureza curvilínea dos resultados de digestão devia-se à presença de frações indigestíveis e desenvolveram um modelo de digestão dinâmico, apropriado a tais características. Os mesmos autores combinaram este modelo, com as taxas de passagem a fim de calcular o efeito do enchimento de dietas baseadas em celulose.

1.1.2.2 Fatores associados ao consumo voluntário.

À medida que a forragem envelhece observa-se queda na produtividade, redução na densidade e no peso das plantas, aumento na relação caule: folha (Euclides et al., 1999), aumento na concentração de lignina (Saliba et al., 2001) redução da digestibilidade e conseqüentemente do consumo. Nesta situação os animais tentam reduzir este efeito através de um aumento no tempo de pastejo indicando maior dificuldade em satisfazer seus requisitos (Hunton, 1970 citado por Stobbs, 1973).

Para Hunter (1991), citado por Reis et al. (1997), o consumo de animais em pastagens com digestibilidade aparente superior a 65% pode atingir o nível de 3% do peso vivo (PV) em matéria seca (MS), reduzindo para 1% do PV em pastagens com menos de 40% de digestibilidade aparente.

Além da digestibilidade, a proteína bruta (PB) também é capaz de afetar o nível de consumo voluntário, já que em pastagens com teores de PB abaixo de 7,0%, a atividade microbiana no rúmen fica comprometida, diminuindo a taxa de passagem e retendo o alimento por maior tempo (Egan e Doyle, 1985).

Trabalhando com novilhos submetidos a pastejo contínuo em *Panicum maximum*, Euclides et al. (1999), verificaram queda no consumo voluntário de MS e no ganho de peso diário (GPD), associada à redução da disponibilidade

durante o período seco. O inverso foi observado para o tempo de pastejo, sugerindo tentativa de compensação por parte do animal.

A estrutura da pastagem é um fator importante na determinação da facilidade com que a forragem é apreendida pelo animal. Segundo Euclides et al (1998) quando a pastagem é pouca densa, o animal encontra dificuldade na apreensão. Os trabalhos de Stobbs (1973), Hendrichsen e Minson (1980), Euclides (1985) citados por Euclides e Euclides Filho (1998) mostraram correlações positivas entre a densidade de folhas e a relação folha: caule com o consumo, enquanto Chacon et al. (1978) observaram alta correlação da densidade de folhas na camada superior com o consumo.

O consumo de matéria seca (MS) pelos animais em pastejo está diretamente relacionado com a disponibilidade e qualidade da forragem, sendo que quando a quantidade de forragem disponível é inferior a 2000 kg MS/hectare, ocorre diminuição na ingestão de MS, devido principalmente à redução do tamanho dos bocados, acarretando aumento no tempo de pastejo (Hodgson, 1990; Minson, 1990).

Além da disponibilidade outras características da forragem podem tornar-se importantes, uma vez que a seleção da dieta é função da preferência pelos diferentes componentes da planta. No entanto esta preferência pode ser modificada à medida que as relações material verde: material morto e folha: caule passam a influenciar a oportunidade de seleção.

A seletividade exercida pelo animal é o principal fator que influencia no tamanho do bocado. O animal introduzido na pastagem consome inicialmente as folhas do extrato superior, seguida das folhas do extrato inferior, mas raramente consumirá o caule de gramíneas antes das folhas (Forbes, 1988).

A dimensão do bocado é importante tanto para a planta quanto para o animal e segundo Coleman (1992) o tamanho do bocado junto com a densidade do extrato pastejado, definem o peso do bocado que é a variável mais determinante do consumo animal. A relação entre a intensidade e a frequência de desfolhação determinam a quantidade de folhas consumidas, e desta forma é necessário encontrar o ponto ótimo, de pressão

de pastejo, para maximizar a produtividade vegetal e o consumo animal.

1.1.3 Métodos de determinação do consumo

1.1.3.1 Diferenças de peso da forragem

Trata-se de um dos métodos mais antigos, também chamado de método agrônomico. A técnica requer a aplicação de metodologias de estimativa de disponibilidade, já que é praticamente impossível realizar a pesagem total da forragem antes e após o pastejo.

Segundo Burns et al. (1994) o consumo diário poderá ser obtido pela diferença de peso da forragem dividido pelo número de animais e pela quantidade de dias de pastejo. Quando o tempo de pastejo for superior a dois dias, é necessário considerar a taxa de crescimento do pasto (Corbett, 1978).

Gardner (1967) citado por Gardner (1986) descreveu um método de estimativa visual, no qual se lança um quadrado ao acaso em diferentes pontos do piquete, onde se estima o peso visualmente. Alguns pontos necessitam ser cortados para que se crie uma equação de regressão para ajustes das estimativas de todos os pontos.

Outro método de estimativa visual é o rendimento comparativo de Haydock e Shaw (1975). Esta metodologia apresenta a vantagem de não exigir do observador a estimativa da disponibilidade da matéria seca, mas somente a atribuição de valores em uma escala de 1 a 5. O método requer a seleção de cinco quadros que identifiquem os diferentes níveis de disponibilidade presentes na área experimental.

O processo consiste em marcar quinze quadros na pastagem, onde cada observador (em um número mínimo de três) dará a sua nota visual para cada um deles, sendo a forragem contida no interior do quadro cortada, e seca em estufa. Uma equação de regressão entre a nota e peso da forragem seca, é calculada para cada observador. Finalmente serão feitas as estimativas visuais pelos observadores, sendo que conforme Gardner (1986), o número de estimativas por piquete e por observador, deverá ser de 50 a 100.

1.1.3.2 Diferenças no peso do animal

Segundo Horn et al. (1979) a pesagem dos animais antes e depois de curtos períodos de pastejo, constitui-se na melhor e mais coerente metodologia para se medir o consumo de forragem. Neste caso é importante considerar as variações de peso provocadas pelas fezes e pela urina sendo, portanto necessário adaptar bolsas e arreios de colheita para as mesmas. Esta técnica tem sido mais aplicada em ovinos (Penning et al., 1991), já que para bovinos torna-se extremamente trabalhosa.

No sistema telemétrico de peso animal, faz-se o uso de transdutores de pressão, que são afixados sobre os cascos do animal e preso por uma espécie de bota. De acordo com Burns et al. (1994), apesar de bons resultados, tem sido pouco aplicado devido principalmente aos altos custos em equipamentos.

1.1.3.3 Excreção fecal e digestibilidade

A excreção fecal pode ser medida diretamente, usando-se bolsas para colheitas totais ou indiretamente com o auxílio de indicadores. De acordo com Pond et al. (1995), citado por Aroeira (1997), apesar de ser um processo mais simples, a forma direta apresenta significativas reduções de consumo, resultantes de perdas nas colheitas, bem como possíveis alterações no comportamento animal.

Conforme Aroeira (1997), os métodos indiretos de estimativa de consumo a pasto baseiam-se no cálculo da digestibilidade do pasto ingerido e da quantidade de fezes excretada, sendo o consumo estimado a partir da fórmula abaixo:

$$\text{Consumo de MS} = \frac{\text{Produção fecal} \times 100}{(1 - \text{DIVMS})}$$

Onde:

DIVMS = Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

1.1.3.4 Predições matemáticas

O consumo predito pode ser calculado por equações de regressão que consideram a composição dos alimentos, principalmente no que se refere à composição da parede celular vegetal e a digestibilidade destes, sendo que Tabela 1.2. Equações usadas para prever o consumo de bovinos de corte.

excelentes revisões sobre estas equações já foram publicadas (Poppi, 1996). Entretanto, essas equações são de difícil aplicação prática, pois há necessidade de análises constantes já que o sistema biológico é dinâmico. Na Tab. 1.2 estão sumarizadas algumas equações utilizadas na estimativa do consumo a partir da composição da forragem.

Mir et al. (1995) utilizaram características físicas de forrageiras com o objetivo de desenvolver equações de regressão capazes de estimar a composição e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca. A resistência do alimento contra o processo de moagem é possível ser medida através das diferenças entre o gasto de energia aplicado. O coeficiente de regressão para estimar o teor de proteína bruta e a digestibilidade *in vitro* demonstrou ser possível aplicar as equações apresentadas no trabalho.

1.1.3.5 Comportamento alimentar

O método de determinação do consumo baseado no comportamento animal em pastejo é resultante da interação entre três variáveis: o tempo de pastejo (TP), o número de bocados (NB) e o tamanho dos bocados (TB). Estas medidas podem ser feitas de forma visual ou automática, com animais fistulados e não fistulados no esôfago, sendo a estimativa feita através de a equação a seguir:

$$\text{Consumo} = \text{TP} \times \text{NB} \times \text{TB} \text{ (g Matéria Orgânica / minuto)}$$

Luginbuhl et al. (1987) e Houessou et al. (1989) citados por Aroeira (1997), desenvolveram sistemas de automação destas medidas, utilizando uma pêra de borracha, capaz de medir mudanças na pressão causadas pelos processos de mastigação e ruminação, sendo os dados armazenados em medidores dotados de chips para posteriormente serem analisados por um computador. Segundo Burns et al. (1994), o processo de automação possui algumas limitações como a dificuldade em acoplar o medidor no cabresto e a amostragem da extrusa para o cálculo do tamanho do bocado.

1. NRC (1984) e NRC (1987)

IMS (kg/dia) = $\text{Peso}^{-0.75} (0,1493\text{EL}_M - 0,046 \text{EL}_M^2 - 0,0196)$ (NRC, 1984).

Peso em kg e EL_M em Mcal/kg MS

Ajustes para sexo, idade, tamanho corporal, aditivos alimentares, área de pastejo e temperatura; NRC, (1987); Fox et al. (1992).

2. Galyean et al. (1993, 1994).

IMS (kg/dia) = $4,54 + 0,0125 \text{Peso vivo inicial (kg)}$

3. ARC (1980) e AFRC (1990)

Dietas de baixa qualidade:

IMS (g/kg $\text{Peso}^{-0.75}$, Dia) = $106,5 q_m + 37 \text{ concentração prop.} + 24,1$

Dietas de boa qualidade:

IMS (g/kg $\text{Peso}^{-0.75}$, Dia) = $116,8 - 46,6q_m$

Onde : q_m = EM / EB ou metabolizabilidade da dieta

Ajustes para sexo

4. Minson e McDonald (1987)

IMS (kg/dia) = $(1,185 + 0,00454\text{Peso} - 0,0000026\text{Peso}^2 + 0,315G)^2$

Onde: Peso em kg e G = ganho de peso (kg/dia)

Fonte: Poppi (1996)

1.2 Relações entre a composição dos suplementos protéicos, degradabilidade dos compostos fibrosos da forragem e requerimentos dos microrganismos ruminais

1.2.1 Disponibilidade ruminal das fontes de proteínas e carboidratos

Os alimentos são compostos de carboidratos, proteínas, gorduras, cinzas e água. O sistema de análise proximal de Weende, tem sido utilizado para medir componentes como matéria seca (MS), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) como resultado do N total e finalmente por diferença calcula-se o extrato não nitrogenado (ENN).

O sistema Cornell de carboidratos e proteínas líquidos – Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) foi desenvolvido para prever requerimentos, utilização de alimentos e excreção de nutrientes. O sistema envolve diversos modelos que levam em consideração as frações de proteína e de carboidratos (Sniffen et al., 1992), os processos de fermentação e de síntese microbiana (Russel et al., 1992), a oferta

e requerimento de aminoácidos (aa) (O'Connor et al., 1993).

Sniffen et al. (1992), apresentaram uma proposta de fracionamento de carboidratos e proteínas, demonstrada na Tab. 1.3.

De acordo com a Tab. 1.4, a *Brachiaria brizantha* possui alta concentração de polissacarídeos estruturais (FDNcp = 76,80 da MS) e desta fração aproximadamente 80% de celulose e hemicelulose. Apesar de serem capazes de utilizar outras fontes de energia (aa e carboidratos solúveis p.ex., Russel e Wallace, 1997), os polissacarídeos estruturais são as principais fontes de carbono e energia para os microrganismos ruminais (Wolin et al., 1997).

Enquanto os bovinos oferecem um ambiente favorável ao crescimento e multiplicação dos microrganismos, estes são capazes de degradar complexos carboidratos excretando ácidos graxos voláteis com relativa reserva de energia (Van Soest, 1994), que poderão ser utilizados no metabolismo energético dos ruminantes (Wolin et al., 1997).

Tabela 1.3. Classificação dos carboidratos e das proteínas de acordo com a sua disponibilidade ruminal.

Fração	Proteína	Carboidratos	Disponibilidade
A	N-NH ₃ , aa, proteínas solúveis	Açúcares, algum amido, frutanas	Solúvel.
B1	Oligopeptídeos de rápida	Amido rapidamente	De 4%/min a 2%/hora Insolúvel, potencialmente

	degradação	degradável, pectinas, oligossacarídeos	digestível. De 20 a 30%/hora
B2	Proteína de rápida degradação	Amido lentamente degradável	Insolúvel, potencialmente digestível.
B3	Proteína de média degradação	Fibra rapidamente degradável.	De 10 a 20%/hora. Insolúvel, potencialmente digestível.
B4	Proteína de lenta degradação e parte da proteína ligada ao FDA	Fibra lentamente degradável.	De 1 a 5%/hora. Insolúvel, potencialmente digestível.
C	Proteínas ligadas ao FDA	Lignina	< 1%/hora. Não digestível

Fontes: Sniffen et al. (1992), Van Soest (1994).

Tabela 1.4. Composição química média de amostras do capim *Brachiaria brizantha*, segundo Valadares Filho et al. (2002).

	Valor Médio	Observações	Desvio (%)
Matéria Seca (%)	36,71	13	9,85
Proteína Bruta (%)	7,36	31	3,27
Nitrogênio não protéico (%)	49,13	1	0
Nitrogênio indigestível em detergente neutro (%)	11,57	1	0
Nitrogênio indigestível em detergente ácido (%)	8,32	2	2,74
Extrato etéreo (%)	1,21	15	0,55
Matéria Mineral (%)	7,56	21	1,09
Carboidratos totais (%)	86,17	14	3,05
Fibra em detergente neutro (FDN %)	79,16	13	3,75
FDN corrigida para cinzas e proteína (%)	76,80	1	0
Fibra em detergente neutro indigestível (%)	30,28	2	12,29
Carboidratos não fibrosos (%)	8,02	12	3,56
Fibra em detergente ácido (%)	40,84	10	5,73
Hemiceluloses (%)	28,76	1	0
Celulose (%)	29,75	2	9,26
Lignina (%)	8,07	9	3,65
Nutrientes digestíveis totais (%)	40,29	1	0
Digestibilidade da Matéria Seca (%)	52,11	1	0
Cálcio (%)	0,36	7	0,1
Fósforo (%)	0,27	57	0,18
Sódio (%)	0,02	1	0

1.2.1.1 Degradação dos carboidratos fibrosos da parede celular

Os microrganismos do rúmen que utilizam os polissacarídeos da parede celular vegetal como fonte de energia possuem uma forte relação com as partículas dos alimentos que entram no

Os polissacarídeos estruturais são degradados pela associação de bactérias, fungos e protozoários que se aproximam das partículas do alimento para estabelecerem colônias

rúmen e deste modo são capazes de se manter pelo tempo de permanência destas. A habilidade dos microrganismos celulolíticos em iniciarem o ataque à parede celular é muito importante, sendo que a adesão destes é o primeiro estágio da degradação (Grenet e Besle, 1991).

(Dijkstra e Tamminga, 1995). As rotas de colonização são as lesões existentes na epiderme ou através dos estômatos das folhas (Cheng et al, 1984).

O processo de adesão pode ocorrer de diversas formas como por fimbrias, estruturas protéicas de superfície, glicocálix (filamento externo importante em diversas espécies de bactérias celulolíticas), substâncias que atuam como intermediários como lectins. A adesão propriamente dita ocorre por ligações iônicas ou hidrofóbicas movidas pelas forças de Van der Waals (Van Soest, 1994).

As bactérias celulolíticas predominantes no meio ruminal são *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes* e *Butyrivibrio fibrisolvens* (Dehority, 1993), citado por Chenson e Forsberg (1997).

Os protozoários ciliados como dos gêneros *Diplodinium sp.* e *Eudiplodinium sp.* (Grain e Sénaud, 1985, Jouany e Ushida, 1990) e os fungos *Neocallimastix frontalis*, *N. patriciarium*, *Piromyces communis* (Hébraud e Fèvre, 1988, Grenet et al., 1989) citado por Chenson e Forsberg (1988) também possuem celulase e hemicelulase, entretanto com menor atividade comparada com as enzimas bacterianas.

Três enzimas principais fazem parte da hidrólise da celulose: uma endo-1-4- β -glucanase, uma celobiohidrolase e uma β -glucosidase. A endoglucanase ataca a celulose, promovendo um rápido decréscimo no comprimento da cadeia e diversos celo-oligossacarídeos. A celobiohidrolase degrada a celulose liberando unidades de celobiose que não são reduzidas no final da cadeia enquanto a β -glucosidase hidrolisa a celobiose e os oligossacarídeos solúveis com um menor nível de polimerização na glicose (Grenet e Besle, 1991).

As hemiceluloses são hidrolisadas pela L-arabinase, D-galactases, D-manases e pela D-xylanases. A endo D-xylanase degrada seu substrato atacando a parte interna das moléculas. A exo D-xylanase hidrolisa o polímero da xilose agindo repetidamente na porção terminal não reduzida. Elas hidrolisam as xilanas dentro da xilose, da xilobiose e dos polímeros de xilose e liberam a L-arabinose Williams et al. (1984).

Uma β -xylosidase, uma β -glucosidase e uma α -L-arabinofuranosidase são necessárias para degradar totalmente os oligômeros resultantes da hidrólise realizada pelas enzimas que degradam os polissacarídeos e elas são encontradas em um grande número de bactérias (Williams et al., 1984).

As enzimas pectolíticas são divididas em dois principais grupos: as esterases que são aquelas que catalisam a separação do metanol, e as hidrolases ou liases as quais despolimerizam a pectina (Chenson, 1980). Algumas delas são descritas como endoenzimas enquanto as outras são exoenzimas e agem repetidamente reduzindo a porção terminal do substrato e deste modo liberam sucessivamente tanto ácido galacturônico ou dímeros de ácido galacturônico (Williams, 1986).

1.2.1.2 Aspectos nutricionais dos microrganismos do rúmen

Bactérias que degradam fibras necessitam de amônia, CO₂, vitaminas do complexo B e dos ácidos acético, valérico, isobutírico, isovalérico e 2-metilbutírico, os quais são supridos pela própria fermentação ruminal. Apesar de digerirem a celulose e a hemicelulose, algumas espécies do gênero *Ruminococcus* preferem a celobiose ou a glicose como fonte de energia, sendo que estas principalmente requerem os ácidos isovalerato, isobutirato e 2-metilbutirato (Van Soest, 1994).

Bactérias celulolíticas requerem amônia como fonte de N e possuem pequena capacidade de utilizar N a partir de aminoácidos, já algumas bactérias hemicelulolíticas apesar de serem primariamente dependentes de amônia, podem ser estimuladas pelo N originado de a.a. (Tedeschi et al., 2000).

Segundo Gorosito et al. (1985), os AGR de 4 (C4) ou 5 (C5) carbonos servem de esqueleto carbônico para a síntese de aminoácidos ramificados dos microrganismos do rúmen. Os autores observaram um aumento na digestão dos carboidratos estruturais quando adicionaram C4 e C5 em um meio artificial.

Os ácidos graxos voláteis isovalérico, isobutírico e 2-metilbutírico são derivados da fermentação dos aminoácidos ramificados

leucina, valina e isoleucina, enquanto que o ácido valérico além da fermentação destes aminoácidos, pode ser originado a partir da fermentação de carboidratos, sendo que forragens não são capazes de produzir quantidades suficientes de C4 e C5 (Gorosito et al., 1985).

Para atender a demanda de N pelos microrganismos do rúmen, o NRC (1989), recomenda que de 60 a 65% da PB da dieta seja de proteína degradável no rúmen (PDR) e que desta aproximadamente 50% seja de proteína solúvel. No entanto significativa porção de PDR pode deixar o rúmen carregada pelos alimentos sólidos ou líquidos (McCarthy et al., 1989).

Assim combinações entre fontes de NNP com fontes de proteína verdadeira são favoráveis ao crescimento dos microrganismos ruminais que degradam fibras (Toppo et al., 1997, Tedeschi et al., 2000).

Os requerimentos de minerais pelos microrganismos do rúmen para uma adequada fermentação ruminal em geral são menores que os do seu hospedeiro. Fósforo e cálcio são necessários exclusivamente para o metabolismo celular, diferentemente dos vertebrados que também necessitam para sua estrutura (Van Soest, 1994).

Merry e McAllan (1983), observaram que os níveis de P para a maior degradação da fibra não foram os mesmos para a síntese protéica. Apesar da menor síntese protéica, as concentrações de adenosina tri-fosfato (ATP) e a digestão de celulose são as mais afetadas em dietas deficientes em P (Komisarczuk et al. 1987).

Hidrogênio, carbono, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre são os elementos presentes em maiores concentrações nas células orgânicas. Proteínas são as maiores fontes de N e S, sendo que os aminoácidos essenciais apresentam uma relação de N e S de aproximadamente 12:1 (Van Soest, 1994). Cobalto é requerido para a produção de vitaminas do complexo B, enquanto níquel além de ser requerido pelos microrganismos participa como cofator da urease (Spears, 1984).

1.2.1.3 Suplementação com proteinados para bovinos de corte em pastagens com altos níveis de fibra

A suplementação protéica em bovinos tornou-se uma prática comum nos países de clima tropical assim como bovinos em pastagens nativas de baixo valor nutricional. No Brasil segundo Thiago (1998), as vendas de proteinados durante a seca, já ultrapassam as de sal mineral, demonstrando a importância tanto do ponto de vista nutricional como também dos aspectos econômicos do sistema de produção a pasto.

A proteína verdadeira e os compostos de nitrogênio não protéico que chegam ao rúmen, podem ser degradados à amônia que por sua vez poderá ser utilizada na síntese protéica pelos microrganismos (Van Soest, 1994). No abomaso e no intestino delgado, parte da proteína dietética não degradada no rúmen e da proteína microbiana podem ser digeridas e absorvidas (Merchen e Bourquin, 1994).

No Brasil na década de 70, alguns trabalhos de suplementação com uréia misturada ao sal mineral, foram realizados pela EMBRAPA. Thiago e Silva (1981), avaliando este processo de suplementação, observaram desempenhos abaixo do esperado, concluindo que o baixo consumo das misturas teria sido um dos motivos para tal resposta. O consumo médio de 73,4 g/animal/dia para uma mistura contendo 45% de uréia no sal, representou uma oferta de 31,2 g de uréia, insuficiente para melhorar o desempenho.

A uréia foi e continua sendo intensamente utilizada por ser uma fonte de baixo custo de NNP para ruminantes. No entanto devido sua elevada solubilidade pode causar inadequados níveis de amônia no rúmen, podendo promover distúrbios metabólicos além de reduzir a atividade microbiana ruminal (Satter e Slyter, 1974, Arelovich et al., 2000).

Suplementos protéicos contendo altos níveis de NNP podem liberar níveis excessivos de amônia no rúmen (Krysl et al., 1989, Hess et al., 1994, Toppo et al., 1997) promovendo um diferencial entre as ofertas de N e C aos microrganismos ruminais. O N não incorporado à massa microbiana, será então absorvido para a corrente

sangüínea, convertido à uréia e excretada pela urina (Rihani et al., 1993).

Em geral, as frações protéicas das pastagens são degradadas mais rapidamente que a fração fibrosa, situação esta que se agrava com o espessamento da parede celular. Para se atingir a maximização da eficiência metabólica é necessário manter um sincronismo na liberação de nutrientes da dieta no rúmen.

Em um experimento *in vitro* utilizando starea (amiréia) – produto resultante da extrusão que une a uréia à molécula de amido gelatinizado, observou-se redução da velocidade de hidrólise da uréia (Cass et al., 1994, Parré, 1995). Helmer (1970) observou concentrações maiores de proteína e menores de amônia no fluido ruminal, concluindo pela maior eficiência desta quando comparada com a uréia.

Por outro lado Rihani et al. (1993), demonstraram que em virtude da habilidade dos ruminantes de reciclagem do N para o rúmen, a sincronização entre a disponibilidade de energia com o N dietético é o fator mais importante para a eficiência de utilização do N. Os autores compararam o fornecimento contínuo de NNP via fistula ruminal com a oferta de uréia na dieta em duas vezes, não observando diferenças tanto na síntese quanto na eficiência microbiana.

Avaliando o consumo, a digestibilidade e o desempenho de bovinos Nelore a pasto, submetidos a diferentes tratamentos com suplementação protéica, Oliveira et al. (2004b), não observaram diferenças entre o lote que recebera amiréia do lote que recebera uréia, apesar de ambos terem promovido aumento no consumo e na digestibilidade, quando comparados com o lote controle que recebera sal mineral.

O baixo teor de proteína e o alto grau de lignificação limitam a digestibilidade das forragens. A suplementação protéica e o tratamento químico (amonização) de palhadas são considerados alternativas interessantes no aumento do valor nutritivo, entretanto, conforme Fike et al. (1995), o nível ótimo de suplementação protéica ainda não está bem definido.

Wallace (1988) citado por Freeman et al. (1992), estudou três grupos de suplementação protéica de bovinos a pasto. O primeiro lote recebeu um suplemento com 40% de PB, o segundo com 20 % e o terceiro também com 20% de PB, porém em quantidade duas vezes maior que a do segundo. O autor observou que o desempenho dos grupos que receberam a mesma quantidade de proteína (primeiro e terceiro lotes) fora superior ao grupo que recebeu menos proteína.

Suplementos proteinados são muito utilizados na produção de bovinos consumindo pastagens naturais de baixa qualidade no oeste dos Estados Unidos, sendo que os níveis de proteína bruta dos produtos comerciais disponíveis no mercado americano variam entre 20 e 40% (Freeman et al., 1992).

Beauty et al. (1994), estudaram a concentração de proteína nos suplementos sobre o desempenho e o consumo em forragens de baixo valor nutricional. Os suplementos protéicos estudados possuíam 10, 20, 30 e 40% de PB, sendo que o consumo apresentou uma resposta quadrática com o aumento do teor de PB, atingindo um pico nos animais que receberam o suplemento com 30% de PB.

1.3 Interações entre níveis de suplementação protéica e eficiência de síntese microbiana em bovinos de corte mantidos em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu

1.3.1 Eficiência e síntese de proteína microbiana

As exigências protéicas dos ruminantes são atendidas mediante a absorção intestinal de aminoácidos provenientes da proteína microbiana sintetizada no rúmen e da proteína dietética não degradada no rúmen (Valadares Filho, 1995).

Enquanto os protozoários não utilizam amônia, a maioria das espécies de bactérias podem utilizá-la, sendo a principal fonte para as bactérias celulolíticas. A amônia oriunda da fermentação do alimento, de células lisadas e da uréia reciclada e dietética penetra na célula por difusão passiva, principalmente pelos processos envolvendo glutamato-desidrogenase e

glutamina/glutamato-sintetase dependente de ATP (Nolan, 1993).

A proteína microbiana sintetizada no rúmen pode ser suficiente para atender as necessidades de manutenção e de ganho de peso em bovinos a pasto (Cardoso, 1997). A este fato associa-se a possibilidade de utilização de fontes de nitrogênio não protéico (NNP) no suprimento das necessidades de N dos microrganismos ruminais, permitindo redução nos custos dos suplementos.

A composição das células microbianas é relativamente constante, exceto pelo conteúdo de polissacarídeos, que é mais variável (Nolan, 1993). Clark et al. (1992), encontraram na literatura valores médios sobre a composição de bactérias de 77,5% de matéria orgânica (MO), 7,71% de nitrogênio (N), 7,28% para RNA-purinas e 13,7% para a relação N-RNA: N-purinas.

A busca de uma melhor eficiência de síntese microbiana tem levado a pesquisa aprofundar-se nos estudos dos requisitos nutricionais dos microrganismos (Sniffen et al. 1993). Carboidratos, amônia, peptídeos, aminoácidos, fósforo, cálcio, enxofre e alguns ácidos graxos de cadeia ramificada (AGR) são requeridos pelos microrganismos ruminais para seu crescimento e multiplicação (Gorosito et al., 1985, Sniffen et al., 1993).

Em situações de deficiência ou de ineficiência na utilização da PB da dieta, a digestibilidade dos carboidratos totais pode diminuir, por outro lado em situações de falta de carboidratos fermentáveis em relação à proteína degradável no rúmen, os aminoácidos poderão ser fermentados para produção de energia (Russell et al., 1992).

Diversos trabalhos estudaram o efeito da velocidade de degradação da proteína, sobre a eficiência de síntese de proteína microbiana em situações de confinamento (Hristov e Broderic, 1996, Webster et al., 1997, Santos et al., 1998, Volden, 1999, Cardoso et al., 2000, Griswold et al., 2002).

Em dietas controladas como no confinamento é possível tentar a sincronização entre as fontes de proteína e energia visando à maximização do

crescimento microbiano, porém em situações a pasto este processo é praticamente impossível, visto os inúmeros fatores inter-relacionados neste sistema de produção.

Nestas situações, em um mesmo grupo de bovinos a dieta entre os animais pode ser diferente em função da capacidade individual de seleção e de captação do alimento (Van Soest, 1994), o que torna o entendimento das suplementações mais complexa. A concentração de N-NH₃ no líquido ruminal tem sido sugerida como indicação das relações entre as fontes de carboidratos e de nitrogênio (Satter e Slyter, 1974).

Entretanto fatores associados ao alimento como, por exemplo, a composição, a solubilidade e a disponibilidade dos nutrientes, bem como ao animal (comportamento de pastejo, seleção do alimento, ruminação, etc.) além da reciclagem dos nutrientes dificultam a interpretação da concentração de N-NH₃ no rúmen (Syrjala-Quist et al., 1985).

1.3.2 Proteína Metabolizável

A suplementação protéica em ruminantes deve ter como seu principal objetivo prover quantidades adequadas de proteína degradável no rúmen, a fim de que se alcance uma eficiência ruminal ótima, obtendo-se a produtividade animal desejada com a menor quantidade de PB da dieta (NRC, 2001).

Proteína dietética refere-se como proteína bruta, a qual é definida como o conteúdo de N dos alimentos multiplicado pelo fator 6,25, assumindo-se que o teor médio de N é de 16g por 100g de proteína dos alimentos (NRC, 1996).

A proteína microbiana sintetizada no rúmen (PMR), com a proteína não degradada no rúmen (PNDR) e a proteína endógena (PE), contribuem para a passagem de proteína metabolizável (PM) para o intestino delgado. PM é definida como a proteína verdadeira digerida após o rúmen e absorvida na forma de aminoácidos no intestino (NRC, 2001).

A PM foi adotada pelo NRC (1996), levando-se em consideração que os animais, para suas atividades de manutenção e crescimento, requerem

aminoácidos e não proteína para sua síntese protéica intermediária. Criou-se então a necessidade de conhecimento das frações degradáveis e não degradáveis da proteína alimentar no ambiente ruminal.

A proteína degradável no rúmen (PDR) provém uma mistura de peptídeos, aa livres e amônia para o crescimento dos microrganismos e para sua síntese protéica. A PMR é a principal fonte de aa para o intestino delgado, sendo suficiente para atender a exigência de manutenção e crescimento de bovinos a pasto (Cardoso, 1997), situações em que não se procura máximo de desempenho.

Diferentemente do modelo de Cornell (Cornell Net Carbohydrate and Protein System -CNCPS) (Sniffen et al., 1992), que separa a proteína bruta nas frações (A, B1, B2, B3, B4 e C), conforme a sua solubilidade, o NRC (1996), usa o modelo da degradação ruminal *in situ* (Orskov et al., 1980), para dividir a proteína bruta em três frações (A, B e C), conforme sua degradabilidade.

A fração A, é representada pela proteína que escapa rapidamente dos sacos de náilon e é considerada como sendo o nitrogênio não protéico (NNP). A fração C é a proteína não degradável no rúmen, permanecendo no resíduo após o término da degradação. Finalmente a fração B, é a proteína potencialmente degradável à qual está sujeita aos efeitos das taxas de passagem.

Os valores da PDR e da PNDR dos alimentos (em percentagem da PB), são calculados a partir das equações abaixo:

$$\begin{aligned} PDR &= A + B [k_d / (k_d + k_p)], \\ PNDR &= B [k_p / (k_d + k_p)] + C, \text{ onde:} \\ k_d &\text{ é a taxa de degradação;} \\ k_p &\text{ é a taxa de passagem.} \end{aligned}$$

A degradação ruminal da proteína dietética é um processo dependente do tempo, mantendo uma relação inversa entre as taxas de degradação e de passagem, influenciando no volume de saída de proteína não degradada do rúmen (Volden, 1999). A redução da taxa de passagem causa diminuição do consumo e aumento na degradação da proteína de degradabilidade lenta, além de reduzir a

eficiência de síntese protéica microbiana (Sniffen e Robinson, 1989).

1.3.2.1 Contribuição das frações protéicas para a proteína metabolizável

Proteína microbiana é a proteína das bactérias, dos protozoários e dos fungos ruminais que passam para o intestino delgado. Ao contrário dos fungos, os protozoários representam significativa porção da biomassa ruminal, porém são intensamente reciclados no próprio rúmen (Leng et al., 1986, Punia et al., 1992), considerando-se assim a proteína bruta bacteriana (PBB) como sendo a principal fonte de PMR no intestino.

O NRC (1996), adotou duas estratégias diferentes para predizer a PBB. No nível I do modelo, a PBB é estimada como sendo igual a 130 gramas para cada kg de NDT consumido, sendo que em dietas com níveis de forragem abaixo de 40%, deve-se fazer um ajuste, enquanto no nível II, usou-se uma adaptação do modelo CNCPS.

Apesar da dificuldade no entendimento da eficiência de síntese microbiana em função das disponibilidades de N e de energia (Clark et al., 1992), a relação média de 1,18 entre PDR e N microbiano (NRC, 1989) foi adotada pelo NRC (1996). Nas situações em que a ingestão de PDR não atende a estimativa de síntese de PBB segundo o NDT consumido, a PBB deve ser estimada como sendo igual a PDR consumida vezes 0,85 (1,00 / 1,18) (NRC, 1996).

A PBB é composta por 80% de proteína verdadeira e de 20% de ácidos nucléicos. Ao assumir que 80% da proteína verdadeira é digerível e absorvível, atribue-se a conversão de 64% da PBB ((80x80)/100) em PM (NRC, 1989).

As equações para estimar as taxas de passagem dos diversos alimentos, vieram dos estudos com fibra mordentada com cromo. Para forragens verde usa-se a seguinte equação:

$$k_p = 3,054 + 0,614 X1 \text{ onde:}$$

k_p = taxa de passagem do rúmen, em % h;
 $X1$ = consumo de MS, em % do PV.

O sistema francês (PDI System) (Jarrige, 1989), considera a digestibilidade intestinal da PNDR

entre 0,25 e 0,95, resultado da excreção fecal de N dietético em relação ao consumo de MS, em ensaios com carneiros com diversos alimentos.

Webster et al. (1984), citados no NRC (2001), assumiram que o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) é indigestível tanto no rúmen como no intestino, o que permite estimar a digestibilidade da PNDR a partir do NIDA pela equação abaixo:

$$\text{g/kg MS} = 0,9 (\text{N PNDR} - \text{NIDA} / \text{N PNDR}).$$

Apesar de alguns trabalhos reportarem alguma fração de digestibilidade do NIDA (Nakamura et al., 1984, Cleale et al., 1987, Weiss et al., 1989, Water et al., 1992) citados no NRC (2001), valores mais acertados podem ser obtidos por meio de ensaios de digestibilidade intestinal utilizando-se a técnica de sacos móveis NRC (2001).

Em virtude da falta de um volume significativo de informações a respeito da digestibilidade intestinal da PNDR, o NRC (1996), assumiu o valor de 80% para a digestibilidade da PNDR em todos os alimentos.

As fontes de proteína endógena que podem contribuir para a proteína duodenal são: (1) mucoproteínas na saliva, (2) células epiteliais do trato respiratório, (3) debris celulares originados pelo descamamento do tecido da boca, esôfago, rúmen-retículo, omaso e abomaso em consequência da passagem do alimento e (4) secreções enzimáticas no abomaso (NRC, 2001).

A limitação de informações sobre o volume de PE que contribui para a PM, refere-se à dificuldade em separar na digesta duodenal a fração N endógena das frações N microbiana e N alimentar (NRC, 2001). A equação adotada pelo NRC (1996), para cálculo do N endógeno é a seguinte:

$$\text{N (g/d)} = 1,9 * \text{CMS (kg/d)}, \text{ onde:} \\ \text{CMS} = \text{Consumo de MS.}$$

O potencial de transformação das frações protéicas em PM é determinado pela eficiência em particular de cada fração. O NRC (1996), assume que a eficiência da PNDR, da PBB e da PE é de 80, 64 e 40% respectivamente. Tais valores são resultados do produto entre a

digestibilidade intestinal e a concentração de proteína verdadeira das respectivas frações.

1.3.3 Concentrações de N-NH₃, ácidos graxos voláteis (AGV) e pH no líquido ruminal

A concentração de N-NH₃ no rúmen depende das taxas relativas de entrada e saída da mesma. As principais fontes de entrada no rúmen incluem a fermentação dos alimentos, a lise de células, a proteína endógena reciclada e a excreção pelos protozoários, enquanto as principais fontes de saída são a incorporação na massa microbiana, a absorção pela parede ruminal e o escape pelo fluido ruminal para outras porções do trato digestivo (Nolan, 1993).

Apesar da concentração de N-NH₃ no líquido ruminal estar associada à degradação da proteína, Morrison e Mackie (1996) afirmaram que a mesma não necessariamente reflete o estado fisiológico ou a eficiência de crescimento dos microrganismos, já que as concentrações de N-NH₃ próximas às partículas dos alimentos nas quais estão aderidas as bactérias, são menores que as do líquido ruminal.

Segundo Mehrez et al. (1977), a concentração ótima de N-NH₃ é aquela na qual se atinge máxima produção de PMR por unidade de substrato alimentado. Morrison e Mackie (1996), por outro lado afirmaram que os níveis de N-NH₃ para aumentar a degradação da fibra em bovinos alimentando-se de pastagens tropicais de baixo valor nutricional, parecem ser menores que os níveis de maximização da síntese de PMR e de ingestão de alimentos.

Conforme Leng (1990), o N é o nutriente mais limitante da fermentação ruminal, sendo que de 60 a 80% do N incorporado à massa microbiana é originado do N-NH₃ (Satter e Rofler, 1975).

A avaliação do nível de N-NH₃ de acordo com a sua função tem sido aplicada por diversos autores, sendo que a concentração ótima para o crescimento dos microrganismos está entre 2 a 5mg/dL (Satter e Slyter, 1974), já para fermentação entre 3,3 a 8,5mg/dl (Kang-Meznarich e Broderick, 1980), enquanto que para maior digestão da forragem, entre 19 a 23mg/dL (Mehrez et al., 1977).

As exigências de N-NH₃ para a síntese microbiana estão associadas à disponibilidade de substratos e à taxa de fermentação, entretanto para forrageiras tropicais o valor mínimo deve ser de 10mg/dL para maximizar a degradabilidade da MS e de 20 a 28mg/dL para o consumo (Leng, 1990).

Dietas contendo 13% de PB na MS permitem manter níveis médios entre 5 a 8mg/dL de N-NH₃ (Hoover, 1986), sendo que a suplementação protéica de bovinos a pasto, permitiu a elevação de 6,8 para 9,7mg/dL (Hess et al., 1994).

Os níveis de N-NH₃ relacionam-se diretamente com a oferta de PB (Freeman et al., 1992, Hélène e Flipot, 1992, Rihany et al., 1993, Huntington et al., 1996, Thivierge, et al., 2002), e indiretamente com a de carboidratos não fibrosos (CNF) (Pordomingo et al., 1991, Hess et al., 1994).

Hennessy et al. (1983), compararam a suplementação protéica associada ou não ao sorgo e observaram redução da concentração de N-NH₃ nos animais que receberam sorgo em relação aos suplementados apenas com fontes protéicas.

A concentração de N-NH₃ no rúmen não é constante, apresentando picos geralmente de 1 a 2 horas após a alimentação (Rihani et al., 1993). O pH e a taxa de passagem são os fatores químicos e físicos que afetam a fermentação ruminal, e influenciam os níveis de N-NH₃ e dos ácidos graxos voláteis (AGV) (Sniffen et al., 1993). Lana et al., (2000) afirmaram que com o aumento da oferta de alimentos concentrados à dieta, reduz-se o pH e os níveis de N-NH₃, podendo aumentar a retenção total de N.

O pH ruminal é dependente da dieta, e geralmente oscila entre 5,5 e 7,0, podendo ser controlado pela saliva que apresenta alto poder tamponante e pela mucosa ruminal através da absorção dos ácidos produzidos na fermentação ruminal (Van Soest, 1994).

A oferta de carboidratos rapidamente fermentáveis é capaz de reduzir o pH (Russell et al., 1992), assim como a digestibilidade da fibra (Erdman, 1988) e o consumo de forragens

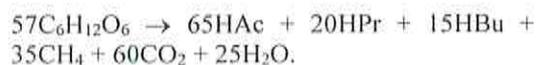
(Hannah et al., 1991, Hess et al., 1994). Mertens (1979), e Orskov (1982), citados por Krysl et al. (1991), afirmaram que a faixa do pH ruminal entre 6,5 a 6,8 é ideal para otimização da digestão da fibra e do crescimento das populações das bactérias celulolíticas, respectivamente.

Os microrganismos do rúmen hidrolisam os carboidratos de origem vegetal (celulose, hemicelulose, amido, pectinas, frutanas, etc.) a monômeros e/ou dímeros de açúcares que são posteriormente fermentados. A ação conjunta de bactérias, protozoários e fungos, produz principalmente os ácidos acético, butírico e propiônico, além de metano e dióxido de carbono (Hobson, 1997).

As principais fontes de energia para o metabolismo dos microrganismos do rúmen são os compostos energéticos contendo diversas ligações fosfatadas como o ATP (Van Houtert, 1993), que por sua vez são produzidos a partir de reações de óxido-redução ocorridas durante a fermentação dos substratos (Russell e Wallace, 1997).

Piruvato é o produto central do catabolismo dos açúcares no rúmen, sendo que para que ocorra de forma contínua é necessário que durante a glicólise o NAD seja convertido em NADH, para posteriormente ser reoxidado durante a fermentação que produzirá principalmente acetato (HAc), propionato (HPr) e butirato (Hbu) (Russell e Wallace, 1997).

Conforme Wolin (1979), citado por Russell e Wallace (1997), a fórmula estequiométrica da fermentação de uma molécula de hexose é:



Os ácidos graxos voláteis (AGVs) contêm de um a sete carbonos como os ácidos fórmico, acético, propiônico, butírico, isobutírico, valérico, isovalérico, 2-metilbutírico, hexanóico e heptanóico, produzidos juntos com outros compostos orgânicos como o metano, o dióxido de carbono, lactato e álcool, por meio de processos de fermentação microbiana (Bergman, 1990).

A energia mantida nos AGVs é de aproximadamente 75% da energia contida originalmente nos carboidratos (Bergman, 1990), representando entre 52 a 55% da energia digestível do alimento (Sutton, 1985), ou de 50 a 86% da energia metabolizável (Owens e Goetsch, 1988).

As concentrações de AGVs no rúmen dependem da composição e da apresentação física da dieta, assim como do consumo e da frequência de alimentação, variando geralmente entre 60 e 150mM (Bergman, 1990). Além da concentração, as proporções dos principais AGVs modificam-se em função da dieta. Relações entre as concentrações de HAc; HPr; HBu estão apresentadas na Tab. 1.5.

Dietas com maior quantidade de alimentos concentrados, favorecem a produção de propionato, enquanto que níveis maiores de fibra favorecem a produção de acetato. A quantidade de AGV absorvida é dependente do tamanho da cadeia e da forma dissociada ou não do AGV, sendo que aproximadamente 70, 50 e 10% do acetato, propionato e butirato respectivamente, chegam ao sangue portal (Bergman, 1990).

Tabela 1.5. Concentrações e proporções dos ácidos graxos voláteis no rúmen de bovinos.

Total AGVs em mM (Bergman, 1990).			
	Dieta		
	Capim	Mista	Concent.
Total	148		122
Proporção de AGVs em % (Bergman, 1990).			
	Dieta		
	Capim	Mista	Concent.
Acetato	70		46
Propionato	19		42
Butirato	11		12
Proporção AGVs em % (Black, 1990).			
	Dieta		
	Capim	Mista	Concent.
Acetato	73	60	50
Propionato	20	30	40
Butirato	7	10	10

Fonte: Bergman (1990).

Apesar dos níveis de entrada para o sangue portal de acetato e propionato serem maiores que os de butirato, as taxas de absorção na parede ruminal são diretamente proporcionais

ao comprimento da cadeia do ácido, demonstrando que enquanto o butirato é altamente metabolizado, o acetato é relativamente pouco metabolizado pelas células da mucosa ruminal (Van Houtert, 1993).

Enquanto o propionato é o principal substrato para a síntese de glicose (neoglicogênese) no fígado dos ruminantes (Brockman, 1993), o acetato é muito pouco utilizado pelos hepatócitos, visto a baixa atividade da acetil-CoA sintetase (Van Houtert, 1993). Conforme Bergman (1990), o acetato é metabolizado principalmente nos tecidos periféricos, o propionato no fígado e o butirato na parede ruminal.

Apesar do propionato ser o principal substrato neoglicogênico, a sua participação na síntese de glicose ainda não está bem definida, encontrando-se na literatura valores entre 30 e 76% (Reynolds, 1995). Outros importantes precursores da glicose são os aminoácidos circulantes, o lactato e o glicerol assim como em menor escala os ácidos isobutirato e valerato e a ribose (Van Houtert, 1993).

1.3.4 Eficiência de síntese microbiana

A quantificação da PB microbiana que chega ao intestino delgado (ID) pode ser obtida por meio do conhecimento da eficiência da síntese microbiana, definida como a proporção de substrato energético que é fixado como célula microbiana (Dehority, 1995).

O NRC (1996) expressa a eficiência de síntese como produção de proteína bruta microbiana (Pbmic), em função dos nutrientes digestíveis totais (NDT) consumidos, o CNCPS como gramas de MS microbiana (gMSbac) por grama de carboidratos totais degradados no rúmen (CHODR) e o AFRC (1995) expressa essa eficiência em grama de PB microbiana por MJ de energia metabolizável fermentada no rúmen.

O nível ideal de amônia no rúmen depende da disponibilidade ruminal de energia, entretanto trabalhos de pesquisa indicam que a otimização do crescimento microbiano e da digestão da MO no rúmen ocorre com concentrações de N amoniacal da ordem de 3,3 a 8,0 mg/dL, respectivamente (NRC, 1996).

O pH e a taxa de renovação são fatores químicos e fisiológicos que influenciam o crescimento microbiano e ambos são influenciados pela dieta e por outros fatores correlacionados como o nível de consumo, o manejo alimentar, a quantidade e qualidade da forragem, etc. Aumentos no consumo proporcionam maior escape de N microbiano e N dietético para o duodeno, possivelmente em virtude do aumento nas taxas de passagem e diluição (Van Soest, 1994).

O ácido diaminopimélico (DAPA) tem sido usado como um indicador nas estimativas de síntese de proteína microbiana. Apesar de ser único de bactérias, sua concentração pode variar entre as várias espécies, podendo causar erros na avaliação da eficiência microbiana (Van Soest, 1994).

O uso das bases purinas nas medidas de síntese microbiana em ruminantes foi proposto em 1965 por Topps e Elliot, segundo Susmel et al. (1994). Atualmente inúmeros trabalhos vêm demonstrando a eficácia deste indicador nas avaliações da síntese protéica microbiana (Chen et al., 1995, Susmel et al., 1994, Chen et al., 1995, De Boever et al., 1998, Rennó et al., 2000). Estimativas de síntese microbiana também podem ser feitas por meio de isótopos como o N¹⁵ (Sadik et al., 1990) e o S³⁵ (Berchielli et al., 1995).

Berchielli et al., (1995), estudando a eficiência de síntese microbiana em novilhos recebendo diferentes dietas, observaram que o método do S³⁵ apresentou menores coeficientes de variação quando comparados com DAPA e bases purinas. Por outro lado Valadares Filho et al. (1990), comparando DAPA com bases purinas, concluíram pelo melhor eficácia das bases purinas.

A excreção dos derivados de purinas na urina está diretamente relacionada com a absorção de purinas e com a concentração destas na massa microbiana (Chen e Gomes, 1995), podendo ser usada nas estimativas do fluxo intestinal de proteína microbiana (Chen et al., 1996). A metodologia é muito interessante, pois além da simplicidade (Rennó et al., 2000), não é invasiva como os outros métodos (Susmel et al., 1994).

1.4 Digestibilidade e cinética ruminal de novilhos Nelore em capim brachiário (*Brachiaria brizantha* cv Marandu), suplementados com proteínados durante a seca

1.4.1 Digestibilidade *in situ*

1.4.1.1 Metodologia da digestibilidade *in situ*

O desempenho animal depende da ingestão de nutrientes digestíveis e metabolizáveis (Weiss, 1994). Dados precisos da digestibilidade da forragem permitem formular dietas mais ajustadas com relação aos aspectos nutricionais e econômicos.

A técnica de digestibilidade *in situ* pode ser utilizada para explorar diversas características dos processos de degradação que ocorrem no rúmen. É uma ferramenta poderosa para se quantificar a degradação relativa dos alimentos; além de permitir um aumento na compreensão dos processos fermentativos do rúmen (Orskov et al., 1980).

O método consiste basicamente na incubação ruminal do alimento por um determinado tempo. Pesa-se o alimento que é colocado em sacos de náilon padronizados e lacrados com um fio marcado com a sua respectiva identificação, podendo a mesma ser escrita com tinta insolúvel no próprio saco. Após a retirada do rúmen os sacos são lavados, secos em estufa ventilada a aproximadamente 65°C e finalmente pesados (Huntington e Givens, 1995).

A análise química da fração não digerida permite calcular a taxa de fermentação e o percentual de degradação nos tempos de incubação, dos diversos nutrientes em estudo (Orskov et al., 1980).

Vários fatores podem influenciar os resultados da degradabilidade *in situ*, sendo que inúmeros estudos e propostas de padronização da metodologia são encontrados na literatura (Nocek, 1988, Huntington e Givens, 1995). Na tentativa de minimização dos efeitos das fontes de variação Vanzant et al. (1998), sugeriram uma padronização da técnica demonstrada na Tab. 1.6.

Segundo Weiss (1994), vários estudos em forragens demonstraram que amostras moídas entre 0,3 a 0,5 mm resultaram em diferenças mínimas nas medidas do desaparecimento *in*

diminuição da área de superfície diminuindo drasticamente a degradabilidade (Vanzant et al, 1998).

Segundo Nocek (1988), a porosidade do saco

esofágica), apresenta vantagens quando comparadas com a colheita manual (Vanzant et al. 1998).

A relação entre o tamanho da amostra e a área de superfície do saco tem um grande impacto nos dados *in situ*. Relações de 10 a 20 mg/cm² entre o tamanho da amostra e a área de superfície do saco podem ser usadas para a maioria das forragens e concentrados (Nocek, 1988).

O tempo necessário para a degradação completa varia de acordo com o material incubado, assim como os tempos intermediários devem variar. Como um guia geral, os concentrados requerem 12 a 36 horas, forragens de alta qualidade de 24 a 60 horas, enquanto forragens de baixa qualidade de 48 a 72 horas (Orskov et al., 1980).

Michalet-Doreau e Ould Bah (1992), relataram que o tempo mais apropriado para a descrição precisa da curva de degradação depende dos modelos destas curvas e que estas variam de acordo com o alimento e, portanto não podem ser fixadas para todos os substratos.

O comprimento da corda que amarra os sacos e a posição destes no rúmen podem alterar os resultados da degradação. Em geral os sacos mantidos na região ventral parecem ser beneficiados devido a maior concentração de bactérias (Huntington e Givens, 1995). Orskov et al. (1980), recomendaram uma extensão de corda de 40 a 60 cm para bovinos, permitindo que os sacos sejam exprimidos pela parede ruminal facilitando a troca de fluidos.

Michalet-Doreau e Ould Bah (1992), sugeriram a colocação dos sacos ao mesmo tempo para que ficassem sujeitos as mesmas condições do meio ruminal. No entanto Nocek (1985), observou que a retirada simultânea resultou em maiores taxas de degradação do nitrogênio (N) e da MS com menores variações entre os sacos.

Após padronizarmos os fatores metodológicos existem ainda três fontes de variações – entre amostras idênticas incubadas no mesmo animal ao mesmo tempo; entre amostras idênticas incubadas em rúmen de animais diferentes ao mesmo tempo e entre amostras idênticas incubadas no mesmo animal em tempos diferentes. Tipicamente o coeficiente de variação (cv) para o desaparecimento da matéria seca *in*

situ em sacos replicados entre animais e tempos, varia de 2 a 10%, sendo 5% uma estimativa média (Weiss, 1994).

Apesar dos cuidados realizados para aumentar a precisão desta técnica, a contaminação do resíduo por microrganismos ruminais durante a incubação ainda é um dos maiores inconvenientes (Olubobokun et al., 1990), sendo maior nas forragens do que nos alimentos concentrados devido ao seu alto teor de FDA (Wanderley, et al., 1993).

1.4.1.2 Modelos de degradação

O modelo proposto da degradação percentual do alimento por Orskov e McDonald (1979), e o modelo compartimental apresentado por Mertens (1994), são aqueles que segundo Sampaio (1997), consideram a existência de uma fração imediatamente solúvel e a existência de um *Lag Time* (tempo de colonização).

Três fases distintas podem ser observadas na curva de degradação de uma amostra, sendo a primeira fase de colonização, a segunda de rápida degradação e a terceira de lenta degradação (Mertens, 1993). Por apresentar elevados níveis de fibra, a degradabilidade das forragens é considerada como o somatório das degradações individuais dos nutrientes (Huntington e Givens, 1995).

Van Soest (1994), classifica os nutrientes em solúvel, degradável e não degradável, conforme sua disponibilidade no rúmen. O modelo exponencial de Orskov e McDonald (1979), contempla estas frações como apresentado abaixo:

$$\text{Deg}(t) = a + b * (1 - e^{-c*t}) \quad \text{para } t > L;$$

Onde:

Deg (t) = degradação no tempo de incubação t;

a = intersecção do modelo em t = 0, correspondendo à fração solúvel, não se existindo o *Lag Time* (L) ou tempo de colonização;

b = fração potencialmente degradável, não se existindo o L;

c = taxa de degradação da fração potencialmente degradável por ação dos microrganismos ruminais (Sampaio, 1997).

Na presença de um *Lag Time*, a somatória dos parâmetros “a” e “b” corresponderia à fração imediatamente solúvel. Na prática esta fração pode ser obtida pela lavagem dos sacos no tempo zero, ou seja, antes da colocação dos mesmos no rúmen (Sampaio, 1997).

O tempo de colonização aparentemente pode exercer menor influência sobre a degradação da fibra (Allen e Mertens, 1988), do que sobre a proteína (McDonald, 1981), que sugeriu o seguinte modelo para determinação da degradação protéica:

$$\text{Deg}(t) = a + b * (1 - e^{-c*(t-t_0)}) \quad \text{para } t > L;$$

Onde:

Deg (t), a, b, c = já definidos no modelo de Orskov e McDonald (1979);

t₀ = tempo de colonização.

O modelo da degradação percentual sofreu diversas adaptações, sendo que Said et al. (1996), sugeriram a simplificação descrita a seguir:

$$\text{Deg}(t) = (a + b) - b * e^{-c*t} \quad \text{para } t > L$$

Finalmente Sampaio (1997), propôs um ajuste do modelo, considerando que as frações “a” e “b” não têm sentido prático, apresentado abaixo:

$$\text{Deg}(t) = A - B * e^{-c*t};$$

Onde:

A = (a + b) ou seja, a fração potencialmente degradável;

B = b;

c = taxa de degradação da fração potencialmente degradável pela ação dos microrganismos ruminais.

1.4.2 Taxas de passagem

O conhecimento do fluxo dos componentes das forragens, principalmente no compartimento do rúmen-retículo é fundamental nos ajustes dos suplementos a serem ofertados aos bovinos a pasto (Offer e Dixon, 2000), permitindo a otimização do processo de produção (Hoover, 1986).

O tamanho das partículas nas fezes tem sido utilizado como uma indicação do tamanho da digesta que passa no rúmen (Poppi et al., 1980, Uden et al. 1982, Prigge et al., 1993). O tamanho das partículas no rúmen diminuem com o tempo

após a alimentação, sendo a sua passagem proporcional a esta velocidade de redução (Prigge et al., 1990).

A passagem da digesta do rúmen para o abomaso é controlada pelo orifício reticulo-omasal (Ash e Kay, 1957), sendo os movimentos de contração do rúmen determinantes para o volume de alimento que deixará o rúmen (Ulyatt et al., 1984). O percentual do alimento que será degradado no rúmen é função direta da relação entre as taxas de passagem e de digestão (Russell et al., 1992).

As taxas de passagem das fases sólida e líquida dos alimentos pelo rúmen-retículo, podem ser estimadas por meio de indicadores e de suas concentrações. A fibra mordentada com cromo ou partículas marcadas com metais denominados “terra raras” (elementos da série lantanídeos), são utilizadas nas estimativas das taxas de passagens (kp) das partículas, enquanto o polietilenoglicol e o EDTA marcado com cromo ou cobalto utilizados nas kp do líquido ruminal (Pond et al., 1989, Berchielli et al., 1996, Saliba, 1998, NRC, 2001).

O tempo de permanência do alimento no rúmen pode ser calculado pela recíproca da taxa de passagem, estando altamente correlacionado com o nível de alimentação do animal. Medidas das taxas de passagem têm variado dentro de um intervalo de 0,02 a 0,08%/hora (AFRC, 1995).

O sistema de Cornell (CNCPS – Sniffen et al., 1992) utiliza equações baseadas no consumo de matéria seca das forragens nas estimativas das taxas de passagem das partículas pelo rúmen-retículo:

$$(kp - \text{forragens}) = 0,38 + (0,022 \times \text{CMS}) + (0,0002 \times \% \text{ de MS da forragem na MS total});$$

CMS = Consumo de matéria seca.

O desaparecimento das partículas digestíveis no rúmen pode ocorrer simplesmente pela passagem desta no compartimento ou através da sua digestão. Em contrapartida as frações indigestíveis desaparecem apenas por meio de sua passagem para fora do compartimento (Waldo et al., 1972).

O trânsito das partículas assim como o consumo de alimento pelos bovinos, são dependentes da fração fibrosa do mesmo (Ellis et al., 1982). O

conteúdo das células vegetais tem sido considerado como totalmente digerido enquanto a parede celular apresenta uma fração digestível que desaparece por digestão e passagem e outra fração indigestível a qual desaparece apenas por passagem (Van Soest, 1994).

Waldo et al. (1972), desenvolveram um modelo de consumo, assumindo uma taxa de passagem fixa e proporcional ao *pool* alimentar. Entretanto em muitas situações as taxas de passagens variam de acordo com a origem dos componentes da dieta, sendo necessário o conhecimento da cinética de cada fração dos alimentos (Aitchinson et al., 1986).

Como o consumo está associado às frações de menor digestibilidade dos alimentos (Ellis et al., 1982), o aumento hipotético da taxa de passagem poderia reduzir a digestibilidade total, o que não seria interessante para animais consumindo forragens de baixa digestibilidade. No entanto a queda da digestibilidade pode ser compensada por um aumento na absorção de nutrientes (Russell et al., 1992).

O NRC (2001), utiliza três equações matemáticas que foram desenvolvidas através de resultados obtidos em inúmeros experimentos de cinética ruminal utilizando os indicadores químicos já citados (cromo, cobalto e “terras raras”):

A. Forragens úmidas:

$$K_p (\%/h) = 3,054 + 0,614 \times CMS;$$

B. Forragens secas:

$$K_p (\%/h) = 3,362 + 0,479 \times CMS - 0,007 \times (\%C) - 0,017 \times (\%FDN);$$

C. Concentrados:

$$K_p (\%/h) = 2,004 + 1,375 \times CMS + 0,02 \times (\%C);$$

Onde: CMS = Consumo de Matéria Seca em % do Peso Vivo; (%C) = % de Concentrado na MS da dieta; (%FDN) = % de FDN do alimento na MS da dieta.

Havendo boa disponibilidade de forragem, a suplementação com proteínados pode melhorar o processo de fermentação ruminal (Hennessy et al., 1995), influenciando positivamente as taxas de passagem (Hess et al., 1994), e provocando um aumento no consumo de MS (Oliveira et al., 2004).

Em alguns estudos com suplementação proteínada em bovinos consumindo forragens de baixa qualidade, foram observados aumentos no consumo de MS sem alteração nas taxas de passagem (Krysl et al., 1989, Freeman et al., 1992, Hess et al., 1994), por outro lado Hannah et al. (1991) e McCollum e Galyean (1985), relataram significativos aumentos nos valores de K_p .

A inconsistência entre os resultados pode estar relacionada aos níveis de suplementação ou aos próprios alimentos utilizados. Suplementando com 1 ou 2 kg de concentrado/dia, Dettman et al. (2001) não observaram aumentos nas taxas de passagem, da mesma forma Vásquez (2002), relatou que a suplementação com concentrados energéticos ao nível de 300 ou 900g/animal/dia não alterou o fluxo das partículas no rúmen.

Mir et al (1991), estimaram as taxas de passagem das partículas, pelo coeficiente de inclinação da regressão linear logarítmica das concentrações do indicador no tempo, enquanto Ellis et al. (1994), sugeriram o uso de modelos não – lineares a fim de se evitar possíveis estimativas majoradas causadas pela determinação exclusiva da concentração do indicador nas fezes proposta nos modelos lineares.

Os modelos bi-compartimental proposto por Grovum e Williams (1973) e o multicompartimental por Dana et al. (1985), tem sido rotineiramente usados nos estudos de cinética dos alimentos. O modelo de Grovum e Williams (1973), procurou ajustar matematicamente as taxas de passagens rápidas (k_2 = abomaso, ceco e cólon) e lenta (rúmen-retículo) sugeridos inicialmente por Blaxter et al. (1956) apud Lascano e Quiroz (1990), conforme apresentado a seguir:

$$Y = A \times e^{-k_1 \times (t - TT)} \times A \times e^{-k_2 \times (t - TT)}$$

Onde:

Y = Concentração fecal do indicador no tempo (“t”);

A é um parâmetro não definidos biologicamente;

“t” = Tempo da colheita;

“TT” = Tempo de trânsito ou estimativa do tempo para aparecimento do indicador nas fezes;

k_1 = taxa de passagem ruminal;

k_2 = taxa de passagem pós-ruminal.

Lopes (2002), comparando os resultados dos modelos não – lineares, observou diferenças nas predições dos modelos de acordo com a estação climática do ano, sugerindo o uso do modelo de Grovum e Williams (1973) na estação chuvosa e do modelo de Dhanoa et al. (1985), na estação seca para bovinos em pastagens de capim elefante.

À medida que se aumenta o tempo de permanência das partículas no rúmen, ocorre uma redução natural de seu tamanho em função dos processos de ruminação, degradação microbiana, etc. (Quiroz et al., 1988, Offer e Dixon, 2000). A consequência natural da redução do tamanho das partículas é o aumento da probabilidade de escape da mesma pelo orifício retículo-omasal (Matis, 1972).

Matis (1972), propôs uma distribuição não exponencial para ajustar os efeitos do tempo de permanência, sobre o tamanho das partículas. O modelo tempo-dependente proposto por Dhanoa et al. (1985), considera a existência de mais de dois pools no trato gastro-intestinal dos bovinos, sendo sua expressão matemática simplificada por Oliveira et al (1999), conforme apresentada abaixo:

$$Y = A \times e^{-k_1 \times t} \times \exp(-B \times e^{-k_2 \times t})$$

Onde:

Y = Concentração fecal do indicador no tempo ("t");

A e B são parâmetros não definidos biologicamente;

k1 = taxa de passagem ruminal;

k2 = taxa de passagem pós-ruminal.

Lira et al. (2000), avaliaram a cinética ruminal de novilhos mestiços em pastagem de brachiaria e observaram que o modelo uni-compartimental de Pond et al. (1988), promoveu melhor ajuste dos dados nas estimativas das taxas de passagem da fase líquida, enquanto Oliveira et al. (1999), recomendaram o uso do modelo de Dhanoa et al. (1985), nas estimativas das taxas de passagem de partículas para bovinos em forrageiras tropicais.

Apesar das divergências sobre a aplicabilidade dos diversos modelos, o modelo de Grovum e Williams (1973) (bi-compartimental) e o de Colucci et al. (1990) (uni-compartimental) tem sido intensamente usados nas avaliações das taxas de passagem das fases sólidas e líquidas

respectivamente. O modelo de Colucci et al. (1990) está demonstrada abaixo:

$$Y = A \times e^{-k \times t}$$

Onde:

Y = Concentração fecal do indicador no tempo ("t");

A = Concentração do indicador no tempo zero;

k = taxa de passagem do indicador.

1.5 O uso de indicadores na nutrição de bovinos

1.5.1 Caracterização dos indicadores

Indicadores são substâncias rotineiramente utilizadas na monitoração dos aspectos químicos (hidrólise e síntese) e físicos (fluxos) da digestão. Conhecendo-se a recuperação fecal de um indicador, é possível calcular o consumo de alimentos a partir da produção de fezes, enquanto que o fluxo pode ser estimado utilizando-se animais fistulados (Owens e Hanson, 1992).

A velocidade da passagem da digesta pelo rúmen afeta a degradabilidade da proteína (Orskov e McDonald, 1979), a digestão da parede celular (Allen e Mertens, 1988) e a eficiência de síntese de proteína microbiana segundo Harrison e McAllan (1980), citados por Huhtanen e Kukkonen (1995).

Com a associação dos valores obtidos na recuperação dos indicadores aos modelos matemáticos, é possível estimar a passagem das partículas e dos líquidos. Grovum e Williams (1973) descreveram um modelo bi-compartimental independente, onde os parâmetros são estimados pela transformação do log natural das concentrações do indicador (Huhtanen e Kukkonen, 1995).

Um bom indicador para as estimativas de excreção fecal, pode não ser eficiente nas determinações da cinética ruminal. Problemas como a migração, separação de fases, inibição da digestão, efeito osmótico e quantificação podem interferir nas estimativas preditas do fluxo (Owens e Hanson, 1992).

1.5.1.1 Indicadores de fluxos

A quantidade de proteína microbiana sintetizada por unidade de carboidrato fermentado pelos microrganismos ruminais aumenta com elevações na taxa de passagem da fase líquida (Isaacson et al., 1975). Presume-se, portanto que a eficiência de síntese de proteína microbiana pode ser aumentada em função da possível redução nos requisitos de manutenção das bactérias ao se elevar a reciclagem dos líquidos (Berchielli et al., 1996).

Os indicadores da fase líquida mais rotineiramente empregados têm sido o polietilenoglicol (PEG) e os quelatos de Cr ou Co com EDTA (Cr-EDTA ou Co-EDTA, respectivamente) (Berchielli et al., 1996).

A determinação dos indicadores de fase líquida é relativamente simples, no entanto as técnicas de análises do PEG são menos precisas (Kotb e Luckey, 1972), que as do Co-EDTA e do Cr-EDTA (Merchen, 1994).

Fibras mordentadas com Cr ou Yb (FDN-Cr ou FDN-Yb) têm sido utilizadas nas avaliações do fluxo da fase sólida da digesta. Os indicadores podem ser administrados em dose diária única ou de forma contínua e conforme Pond et al. (1988), o procedimento de dose única permite estimar a taxa de passagem, o tempo médio de retenção e o volume do trato gastro-intestinal.

Pond et al. (1989), avaliaram o comportamento de elementos “terras raras”: Yterbium (Yb), Terbium (Tb), Chromium (Cr), Samarium (Sm), Lantanium (La), e Lutitium (Lu); sobre os parâmetros do fluxo da fase sólida. Os resultados mostraram características de passagem similares entre os elementos nas primeiras 24 horas, o que permitiria o uso conjunto de dois marcadores, validando a técnica proposta por Wollscheid et al. (1979).

1.5.1.2 Indicadores para estimativas da excreção fecal e do consumo

Conforme Van Soest (1994) vários indicadores têm sido aplicados na estimativa indireta de produção fecal, tais como a cortiça, o sulfeto de prata, o óxido férrico, o itérbio, a fibra detergente ácido indigestível, o óxido crômico e alguns

elementos denominados “terras raras”. Diversos autores (Kotb e Luckey, 1972; Fahey Jr. e Jung, 1983), sugerem que um indicador ideal deve possuir as seguintes propriedades:

- Ser inerte;
- Não tóxico;
- Não ter função fisiológica;
- Não ser metabolizado a fim de ser totalmente recuperado do trato digestivo;
- Poder ser processado com o alimento;
- Ter tamanho apreciável;
- Misturar intimamente com o alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta;
- Não ter influência sobre a motilidade e secreções do trato digestivo;
- Não ter influência sobre a microflora e seus hospedeiros;
- Possuir um método específico e sensível de determinação;
- Ter propriedade físico-químicas que não interfiram nos processos digestivos.

A relação entre a dose diária do indicador e sua concentração nas fezes fornece a estimativa de produção fecal (PF) conforme a fórmula descrita abaixo:

$$PF(g/dia) = \frac{\text{quantidade do indicador fornecido}(g)}{\text{quantidade do indicador nas fezes}(g)}$$

Existem diversas formas de classificação dos indicadores, mas conforme Owens e Hanson (1992), a forma mais usada tem sido a classificação em indicadores internos e externos.

A denominação de indicadores internos refere-se àqueles compostos indigestíveis presentes naturalmente no alimento, e de indicadores externos, àqueles compostos inertes que não fazem parte da dieta, mas que podem ser fornecidos ao animal em dose única, parcelada ou então de forma contínua. Na Tab. 1.7 estão apresentadas algumas características sobre indicadores internos.

Tabela 1.7. Características de alguns indicadores que podem ser usados na determinação da excreção fecal.

Alimento	Isótopos
----------	----------

Item	Seco	Lignina	Dietéticos	NIDA ¹	CIA ²	FDA-IND ³	AGCL ⁴
Preparação do alimento	Simples Partículas	Nenhuma Variáveis	Complexa Todo	Nenhuma Fibra	Nenhuma Fibra	Nenhuma Fibra	nenhuma Parede celular
Digestão	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
Análise	Manual	Gravim. ⁵	Espectr ⁶ .	Gravim. ⁵	Gravim. ⁵	Gravim. ⁵	Cromat. ⁷
Sensibilidade	Boa	Boa	Boa	Satisf. ⁸	Satisf. ⁸	Satisf. ⁸	Boa

Fonte: Owens e Hanson, 1992.

NIDA¹ Nitrogênio insolúvel em detergente ácido;
CIA² Cinzas insolúveis em ácido;
FDA-IND³ Fibra em detergente ácido indigestível;
AGCL⁴ Ácido graxo de cadeia longa.

Gravim.⁵ Gravimétrico;
Espectr⁶. Espectrofotometria de massa;
Cromat.⁷ Cromatografia gasosa;
Satisf.⁸ Satisfatória.

O uso de componentes indigestíveis das plantas como indicadores internos em animais em pastejo é um bom método para se estimar o consumo. Os compostos n-alcenos são ceras presentes naturalmente na cutícula das forragens, que podem ser utilizados como indicadores da digestibilidade (Aroeira, 1997).

Mayes et al. (1986) compararam a recuperação fecal de n-alcenos de cadeia ímpar (C₂₇ a C₃₅) da forragem com os de cadeia par (C₂₈ a C₃₂), os quais foram fornecidos em veículos de ácidos graxos (esteárico e palmítico), observaram que a recuperação fecal dos alcenos de cadeia ímpar aumentou proporcionalmente ao tamanho da cadeia e concluíram que é possível estimar o consumo através da combinação do alceno C₃₂ (externo) e C₃₃, (interno), simultaneamente.

Conforme Casson et al. (1990), citado por Aroeira (1997), para uma estimativa mais acertada do consumo de forragem, é recomendado que o teor de alcenos naturais na planta seja superior a 50 mg/kg MS.

O sesquióxido de cromo tem sido amplamente utilizado nos trabalhos sobre estimativa de consumo a pasto e conforme Stecker (1968) citado por Saliba (1998), é praticamente insolúvel em água, álcool e acetona, mas ligeiramente solúvel em ácidos e álcalis. O indicador deve ser fornecido aos animais em cápsulas de papel, diretamente no rúmen com o auxílio de um lança-bolos durante 10 a 12 dias objetivando gerar um equilíbrio da excreção do mesmo nas fezes (Aroeira, 1997).

Saliba et al (1999a e 2001), estudaram a lignina de palha moída do resíduo de milho, caracterizando-a química e ultraestruturalmente e pesquisaram seu fornecimento diariamente em

cápsulas de gelatina, comparando-a com outros indicadores externos (óxido crômico, cloreto de itérbio) e internos (metoxila, fibra detergente ácido indigestível e lignina Klason) concluindo que a lignina isolada poderia ser uma boa opção de indicador de digestibilidade.

Conforme Titgemeyer (1997), o óxido crômico na forma de Cr₂O₃, foi o indicador mais utilizado nos trabalhos publicados pelo *Journal Animal Science* entre os anos de 1985 a 1995, principalmente pela sua capacidade de atravessar o trato digestivo sem sofrer absorção ou alteração.

Prigge et al. (1981), utilizaram o óxido crômico e outros indicadores externos na estimativa da excreção fecal em comparação com a colheita total das fezes em vacas de leite estabuladas. Os autores concluíram que o óxido crômico fornecido em duas doses diárias de 5g cada durante doze dias (7 dias para adaptação e 5 dias de colheita) foi um método eficiente na estimativa da produção fecal.

Dettman (2001), comparou a aplicação de Cr₂O₃ em duas doses de 5g com uma única aplicação de 10g por dia em animais a pasto. De acordo com os resultados de consumo e desempenho dos animais, concluiu que a aplicação de uma dose foi mais coerente com os resultados, sendo que a aplicação em duas doses teria superestimado o consumo a pasto.

Em geral a digestibilidade é determinada nas amostras provenientes de fistula esofágica ou a partir do pastejo simulado, pelo método da digestibilidade *in vitro* (Tilley e Terry, 1963) ou da digestibilidade *in situ* (Nocek, 1988). Outros métodos de digestibilidade têm sido desenvolvidos como é o caso da espectrofotometria de refletância do

infravermelho próximo (NIRS) e também da produção de gás *in vitro*.

Todorov et al. (1994) compararam 34 amostras analisadas pela metodologia NIRS e pelo método de digestibilidade em sacos de náilon, e concluíram que o NIRS tem potencial para prever a degradabilidade da matéria seca e da proteína das forragens, economizando recursos e tempo.

Pelo fato de serem substâncias não absorvidas, os indicadores internos (lignina, sílica, cromogênio vegetal, FDA e FDN-indigestíveis) também podem ser utilizados na estimativa de digestibilidade. A FDN, a FDA e a lignina quando incubados por seis dias (144 horas) apresentaram resultados semelhantes aos obtidos para colheita total de fezes em oito bovinos machos estabulados em baias individuais (Berchielli et al, 2001).

Desta forma pode-se indiretamente calcular a digestibilidade a partir do teor do indicador na forragem e nas fezes, usando a seguinte fórmula:

Digestibilidade (%) = $100 - (100 \times (IFr / IFe))$,
onde:

IFr = Concentração do indicador na forragem;

IFe = Concentração do indicador nas fezes.

Segundo Burns et al. (1994), tanto a lignina como o cromogênio podem apresentar problemas quanto à sua recuperação nas fezes, e lembraram que os motivos para tais problemas são que:

- em gramíneas jovens a lignina possui menor grau de polimerização;
- a lignina bruta pode sofrer contaminação com material não lignificado;
- a lignina pode formar material fenólico insolúvel;
- pode haver perda de pequenas quantidades durante o processo de filtragem.

CAPÍTULO 2

Experimento I

Efeitos dos níveis de proteína bruta dos suplementos protéicos, sobre o consumo e desempenho de bovinos Nelore em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu

Effect of supplemental protein percentage on availability of metabolizable protein and on intake and performance of Nelore cattle grazing Brachiaria brizantha cv Marandu

RESUMO

Foram utilizados quarenta novilhos nelore com peso médio de 335 kg, em um delineamento inteiramente casualizado, com objetivo de estudar o consumo e o desempenho de bovinos a pasto submetidos à suplementação com proteinados contendo diferentes níveis de proteína bruta (PB). Quatro animais fistulados no rúmen foram utilizados nas avaliações da degradabilidade e da cinética ruminal, e dois animais fistulados no esôfago nas amostragens seletivas da forragem. Para o tratamento com alto teor de proteína (P50) os animais receberam 335g/cabeça/dia de um suplemento com 50% de PB, no tratamento intermediário (P40) receberam 335g/cabeça/dia de um suplemento com 40% de PB, no tratamento com baixo teor de proteína (P30) receberam 335g/cabeça/dia de um suplemento contendo 30% de PB, enquanto que no tratamento controle (C) os animais receberam apenas sal mineral. Os bovinos foram mantidos em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, distribuídos em quatro piquetes com área de 8,0 ha. cada, sendo a oferta do suplemento efetuada diariamente. Os animais suplementados (P50, P40, P30) obtiveram maiores ganhos de peso ($P<0,05$) em relação ao tratamento controle (C), sendo o tratamento com baixo teor de proteína (P30) superior ($P<0,05$) aos tratamentos com média (P40) e alta proteína (P50). O consumo de matéria seca (MS) do tratamento P30 foi superior ($P<0,05$) aos dos tratamentos P50 e C, mas similar ($P>0,05$) ao P40. Observou-se maior consumo ($P<0,05$) de fibra em detergente neutro e de celulose no tratamento P30, e de PB no tratamento P40 em relação aos demais.

Palavras-chave: Consumo, desempenho, suplementos protéicos, suplementação de bovinos a pasto.

ABSTRACT

It was used forty Nelore steers with an average weight of 335 kg each, in a total casualized delinement. The objective of experiment was evaluated the intake and performance of bovines grazing forages supplemented with protein supplements containing different levels of crude protein (CP). Four animals fistulated in the rumen were used at the evaluation of degradability and the rumen kinetics, and two throat fistulated animals were used at the evaluation of forage. For the high protein treatment (P50), the animals were given 335g/head/day of a 50% CP supplement, for the intermediate treatment (P40) it was given 335g/head/day of a 40% CP supplement, for the low protein treatment (P30) it was given 335g/head/day of a 30% CP supplement, while the control treatment (C) the animals were given just mineral salt. The animals were kept on *Brachiaria brizantha* cv Marandu forage, distributed in four areas of 8,0 ha each. The supplemented animals (P50, P40, P30) obtained more weight gain ($P<0,05$) compared to the animals of control treatment (C), whereas the low protein treatment was superior ($P<0,05$) to the intermediate (P40) and high (P50) treatments. The intake of dry material (DM) of the P30 was superior ($P<0,05$) to treatments P50 and C, but similar ($P>0,05$) to P40. It was observed more cellulose and neutral detergent fiber intake ($P<0,05$) at P30 treatment, and of CP at P40 treatment in relation to the rest.

Key words: Intake, performance, protein supplement, supplementation bovine at pasture.

2.1 INTRODUÇÃO

Segundo Minson (1990), a produção de animais a pasto está diretamente relacionada ao

consumo e conforme Mertens (1994), bovinos alimentando-se de dietas ricas em fibra e com baixa concentração energética, têm sua ingestão limitada por uma restrição da capacidade do

trato digestivo, explicado pelo mecanismo físico de consumo.

Em dieta com níveis de proteína bruta (PB) abaixo de 7%, observou-se redução na atividade dos microrganismos ruminais (Egan e Doyle, 1985), situação comum para bovinos a pasto durante o período seco do ano em regiões tropicais, sendo a suplementação protéica uma medida necessária para melhorar os resultados deste sistema de produção.

Ganhos de peso, consumo e digestibilidade freqüentemente são aumentados como resultado de uma suplementação protéica nestas condições (Krysl et al., 1989). Taxas de passagem de partículas sólidas são influenciadas pelo consumo, podendo ser alteradas em situações de suplementação protéica (McCollum e Galyean, 1985).

Estudando o desempenho de bovinos suplementados com proteinados na seca (Oliveira et al. 2004b), observaram diferenças de até 196 gramas no ganho de peso diário (GPD) entre o lote controle que recebera apenas sal mineral, dos lotes suplementados com proteinados.

Em um estudo sobre a concentração de proteína dos suplementos para bovinos mantidos em pastagem de baixo valor nutricional Beauty et al. (1994), verificaram que o consumo apresentou resposta quadrática em relação ao nível de proteína. Os suplementos protéicos estudados possuíam 10, 20, 30 e 40% de PB, sendo que o maior consumo foi atingido pelos animais que receberam o suplemento com 30% de PB.

Apesar dos resultados positivos da suplementação protéica nestas situações, o nível ótimo de proteína e a composição desta ainda não estão bem definidos (Fike et al. 1995).

Este trabalho tem como objetivo, estudar o consumo e o desempenho de bovinos mantidos em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, recebendo suplementos proteinados com diferentes níveis de proteína bruta durante o período seco do ano.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Rancho Alegre em Campo Grande – MS, no período de 15 de junho a 9 de novembro de 2002, e implantado em uma área de 32 hectares (ha.), dividida em quatro piquetes de 8 ha., formada de *Brachiaria brizantha* cv Marandu. O volume pluviométrico no período foi de junho (0mm), julho (91mm), agosto (34mm), setembro (44mm), outubro (75mm) e novembro (84mm).

Para as avaliações de consumo e desempenho foram utilizados quarenta machos Nelore com idade aproximada de 24 meses, distribuídos entre os tratamentos de forma a permitir média semelhante (313kg) de peso vivo (PV). Quatro novilhos Nelore fistulados no rúmen foram usados nas medidas da degradabilidade dos nutrientes e da cinética ruminal.

Os animais foram suplementados com 0,1% do peso vivo (PV) na base de matéria natural, conforme os tratamentos, descritos a seguir: T1=313gramas/animal/dia do suplemento protéico com 50% de PB (P50); T2=313 gramas/animal/dia do suplemento protéico com 40% de PB (P40); T3=313 gramas/animal/dia do suplemento protéico com 30% de PB (P30) e T4= controle (C), sal mineral *ad libitum* contendo 72 gramas de fósforo/kg da mistura. Na Tab. 2.1 estão apresentadas as formulações e na Tab. 2.2 as composições químicas dos suplementos proteinados utilizados neste experimento.

Previamente foram embalados sacos plásticos contendo 3,130kg na matéria natural (10 animais x 0,313kg) de cada suplemento oferecido diariamente aos animais em seus respectivos lotes. Os suplementos foram oferecidos sempre no mesmo horário (6h), sendo as sobras recolhidas e pesadas. Formaram-se amostras composta das sobras por semana de acordo com seu peso natural para análises químicas. O volume de suplemento consumido diariamente por tratamento foi calculado a partir das diferenças entre a oferta e as sobras corrigidas pela MS.

Os animais foram pesados a cada 21 dias em um total de oito pesagens, procedendo-se a rotação entre piquetes das unidades experimentais. Foram preparados dois animais com fistula esofágica, de acordo com a técnica citada por

Cook et al.(1958), os quais foram utilizados nas colheitas mensais de forragens. Os animais permaneceram em piquetes de *Brachiaria*

brizantha cv Marandu e foram mantidos em jejum nas noites anteriores às colheitas.

Tabela 2.1. Composição dos suplementos protéicos utilizados no experimento.

Ingrediente (%)	Suplementos		
	P30	P40	P50
Milho	28,00	17,00	5,00
Farelo de soja	15,00	15,00	15,00
Uréia extrusada ¹	21,00	32,00	44,00
Fosfato bicálcico	10,00	10,00	10,00
Carbonato de cálcio	2,00	1,75	1,50
Enxofre ventilado	0,00	0,25	0,50
Núcleo Premix ²	4,00	4,00	4,00
Sal branco	20,00	20,00	20,00
Total	100,00	100,00	100,00

¹ Ureia extrusada : Níveis de garantia (100% equivalente protéico e 50% NDT);

² Núcleo Premix : Níveis de garantia por kg do produto (S=165g; Mg=120g; Zn=28000mg; Mn=9600mg; Fe=11000mg; Co=1000mg; I=800mg; Cu =12500mg; Se=125mg);

Tabela 2.2. Composição química e energética dos suplementos proteinados em base de MS.

	Suplementos protéicos		
	P30	P40	P50
Proteína Bruta (PB) (%)	29,21	39,49	50,38
Matéria Seca (MS) (%)	92,37	93,44	94,86
Proteína degradável no rúmen (PDR) (%) ¹	23,45	33,64	44,72
Extrato Etéreo (EE) (%)	1,69	1,56	1,41
Carboidratos não fibrosos (CNF) (%) ¹	29,63	27,26	24,84
Relações entre PDR e CNF	0,79	1,45	1,80
Fibra em detergente neutro (FDN) (%)	6,23	5,84	5,43
Nutrientes digestíveis totais (NDT) (%) ²	45,46	50,23	55,32
Energia metabolizável (Mcal/kg) ³	1,66	1,83	2,01

¹ Calculada conforme Valadares Filho (2000);

² NDT = PBD + CNFD + FDND + (EED x 2,25) (Weiss, 1999);

³ Energia metabolizável estimados a partir das fórmulas:

1 kg de NDT= 4,44 Mcal de Energia digestível (ED);

Energia metabolizável = 0,82 x ED. (NRC, 1996).

O método do “rendimento comparativo” descrito por Haydock e Shaw (1975) foi aplicado para avaliar a disponibilidade de forragem dos piquetes. Foram treinados 3 observadores, que atribuíram notas de 1 a 5, de acordo com uma seleção prévia de cinco quadros padrões que representavam as diferenças de produção da forragem.

Criou-se uma equação de regressão baseada na MS contida nos quadros (0,25m²), para cada observador, a partir de 15 quadros lançados de forma a cobrir toda a variação do terreno. Foram realizadas 75 observações visuais por

piquete e por observador a fim de se obter a disponibilidade mensal de forragem.

As amostras de forragem foram secas em estufa ventilada a 55° C por 48 horas e processadas em moinho do tipo Willey em peneira de 2mm. Posteriormente procedeu-se a análise de cada amostra, a fim de se determinar o teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), extrato não nitrogenado (ENN), cálcio e fósforo, segundo AOAC International (Cuniff, 1995).

A determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) seguiram o método descrito por Robertson e Van Soest (1981).

Nas amostras do capim e dos suplementos, determinou-se além da PB, as frações :

NIDN = fração nitrogenada insolúvel em detergente neutro;

NIDA = fração nitrogenada insolúvel em detergente ácido, conforme recomendação de Valadares Filho, 2000.

Para se estimar a produção fecal utilizou-se o óxido crômico como indicador externo, fornecido diariamente às 15 horas em dose única de 10 gramas, em cápsulas de papel colocadas diretamente no rúmen com o auxílio de uma sonda, durante 12 dias. Utilizou-se dois períodos nas estimativas de produção fecal (julho e outubro de 2002).

Estimou-se a produção fecal pela razão entre a quantidade do indicador administrado ao animal e sua concentração nas fezes, conforme equação proposta por Saliba (1998):

$$PF(\text{g/dia}) = \frac{\text{qde. do indicador consumido}}{\text{qde. do indicador nas fezes / g MS fecal}}$$

Os parâmetros de degradabilidade foram determinados pelo método da digestibilidade *in situ* (Orskov, 1980) até 120 horas (Craig et al., 1984), ajustando-se a degradabilidade efetiva (DE) pelo modelo não linear adaptado conforme Sampaio (1998):

$$\text{Deg}(t) = A - B * e^{-ct}$$

O consumo diário da MS, da PB e das frações fibrosas foi calculado a partir da DE e da quantidade de fezes excretada, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Consumo do nutriente} = \frac{\text{Produção fecal} \times 100}{(1 - \text{DE do nutriente})}$$

Devido ao fato de não terem sido observadas diferenças na composição química da forragem entre os piquetes, foi utilizado o seguinte modelo matemático na análise de variância do consumo e do desempenho:

$$Y_{ij} = \mu + D_j + P_k + E_{ijk}, \text{ onde:}$$

Y_{ij} = variável observada no animal i e na dieta j ;

μ = média geral;

D_j = efeito da dieta j ;

P_k = efeito do período k ;

E_{ijk} = erro aleatório.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e 10 repetições por tratamento. Os resultados foram comparados pelo teste SNK usando-se o modelo linear do procedimento PROC GLM do SAS... (1985). Determinou-se as correlações entre as variáveis, conforme recomendado por Sampaio (1998).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tab. 2.3 estão apresentados os dados de disponibilidade de MS por piquete e por tratamento durante os meses experimentais. Observou-se redução gradativa da disponibilidade de MS ao decorrer do experimento.

Apesar de ter permanecido acima de 2000 kg de MS/ha, quantidade mínima necessária para não comprometer os resultados de consumo e desempenho (Hodgson, 1990, Minson, 1990), convém salientar que gramíneas tropicais acumulam quantidade significativamente maior de material morto quando comparadas com gramíneas de clima temperado (Euclides et al. 1992).

Observaram-se correlações positivas (0,2127) entre a disponibilidade de MS (DISP) e o consumo de MS (CMS), conforme apresentado no Quadro 1. Euclides e Euclides Filho (1998) verificaram menores correlações do consumo com a disponibilidade de MS quando comparadas com a disponibilidade de MS verde.

Segundo t'Mannetje e Ebersohn (1980) citado por Euclides et al. (1999), o consumo está correlacionado com a fração verde do pasto e não com a disponibilidade de MS, diferentemente dos resultados observados neste trabalho.

As gramíneas tropicais do gênero *Brachiaria sp.*, apesar de maior resistência à seca quando comparadas com espécies dos gêneros *Panicum sp.* e *Andropogon sp.*, por exemplo, concentram grande parte da sua produção de matéria verde anual, durante os meses da primavera e do verão (Reis et al., 1997). Desta forma é necessário

garantir previamente, uma disponibilidade de capim suficiente para todos os meses de seca, já

que o volume de produção de matéria verde nesta época quase sempre é restrito.

Tabela 2.3. Médias de disponibilidade de forragem (kg de MS/ha) por piquete e por tratamento durante os meses de junho a novembro de 2002.

	Disponibilidade (kg MS/hectare)					
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Piquete 1	5874,3	5229,3	4689,4	3973,5	3106,3	2285,8
Piquete 2	5965,4	5187,4	4733,2	3877,6	3085,4	2107,3
Piquete 3	5699,2	5175,3	4655,5	3954,8	2987,5	2075,8
Piquete 4	5487,3	5077,6	4489,0	3886,9	2995,7	2101,4
	Tratamentos					
		P30	P40	P50	C	
Médias (kg/ha.)		3136,3	3187,4	3178,9	3210,4	

Nas condições deste trabalho em que se usou a técnica de lotação fixa (Euclides et al., 1998a), com taxa de lotação de 0,93 unidades animal (UA) por hectare (7,44 UA / 8 ha.), a disponibilidade de 5756,5 kg de MS no início

do período experimental (15/6), garantiu oferta de capim acima do limite sugerido por Minson (1990). O consumo médio dos suplementos está demonstrado na Tab. 2.4.

Tabela 2.4. Consumo médio de suplementos em base de MS, durante o período experimental.

	Suplemento consumido (kg/mês)					
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
P30	42,5	94,4	92,7	90,5	92,3	24,7
P40	41,4	94,6	93,4	91,2	90,8	23,9
P50	35,6	88,3	89,7	90,1	86,5	21,8
	Suplemento consumido (kg/animal/dia)					
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
P30	0,283	0,304	0,299	0,302	0,298	0,309
P40	0,276	0,305	0,301	0,304	0,293	0,299
P50	0,237	0,285	0,289	0,300	0,279	0,272
	Tratamentos					
		P30	P40	P50	C	
Médias (kg/animal/dia)		0,299	0,298	0,282	0,063	

A composição química da forragem, apresentada na Tab. 2.5 permaneceu relativamente estável. Durante os meses mais secos do período experimental (junho, julho e agosto) os teores de PB e de fósforo foram menores, enquanto os níveis das frações fibrosas (FDN e FDA) foram maiores.

A suplementação protéica promoveu aumento nos consumos de MS, PB, FDN e celulose (CEL) ($P < 0,05$), conforme dados demonstrados na Tab. 2.6. Observou-se relação inversa entre o nível de proteína do suplemento e o consumo de MS e de FDN.

As correlações entre a DISP e o consumo de proteína bruta (CPB) e entre a DISP e o consumo de FDN (CFDN) foram de -0,3325 e de -0,1259, respectivamente. A oferta constante de PB oriunda dos suplementos protéicos proporcionou uma elevação no consumo desta independente das variações ocorridas na DISP.

As correlações negativas entre a DISP e o CFDN (-0,1259), mostraram que à medida que se diminui a quantidade de forragem dos piquetes, ocorreu aumento do consumo de FDN. A redução na oferta de capim provavelmente dificultou a seleção de pastejo, fazendo com que os animais obtivessem uma dieta mais fibrosa.

Tabela 2.5. Composição química em base de matéria seca, nutrientes digestíveis totais (NDT) e carboidratos não fibrosos (CNF) da forragem, colhida durante os meses de junho a novembro de 2002.

	Meses					
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
MS (%)	31,27	33,18	35,19	32,78	26,57	26,70
Proteína Bruta (%)	6,38	5,00	4,93	5,37	6,41	6,64
Extrato Etéreo (%)	2,58	2,14	2,09	1,89	2,26	2,34
Fibra Bruta (%)	35,33	40,65	38,47	39,64	33,39	32,67
Extr. Não Nitrogenado (%)	49,11	47,91	49,33	47,98	54,39	55,72
Cinzas (%)	6,95	4,36	4,73	5,97	5,75	5,04
Fibra Detergente Neutro (%)	78,30	82,31	80,13	80,75	80,11	79,77
Fibra Detergente Ácido (%)	42,27	46,42	43,92	45,86	42,14	42,78
NIDN ¹ (%)	0,41	0,37	0,34	0,39	0,47	0,40
NIDA ² (%)	0,37	0,28	0,21	0,24	0,31	0,28
FDNcp	75,74	80,00	78,00	78,31	77,06	77,27
Celulose (%)	35,44	40,13	38,37	39,32	36,65	37,20
Hemicelulose (%)	37,03	35,89	36,24	34,89	37,97	37,44
Lignina (%)	5,45	5,95	5,60	6,06	4,89	4,95
CNF ³	8,35	8,50	10,25	8,46	8,52	6,31
Cálcio (%)	0,39	0,37	0,40	0,39	0,36	0,39
Fósforo (%)	0,16	0,11	0,11	0,09	0,13	0,14
NDT ⁴ (%)	51,78	52,71	52,40	51,78	52,43	50,04

¹ NIDN = Nitrogênio insolúvel em detergente neutro;

² NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido;

³ CNF = 100 - (%FDNcp + %PB + % EE + % Cinzas) (Weiss, 1999);

⁴ NDT= PBD + CNFD + FDND + (EED x 2,25) (Weiss, 1999).

Tabela 2.6. Médias do consumo diário de matéria seca (MS), de proteína bruta (PB), de fibra em detergente neutro (FDN) e celulose (CEL), de acordo com o tratamento experimental.

	Tratamentos				Desvio	CV (%)
	P30	P40	P50	C		
Consumo de MS						
Kg/dia	7,97 ^a	7,60 ^{ab}	7,34 ^b	6,31 ^c	0,822	7,968
% do Peso Vivo	2,11 ^a	2,03 ^b	2,00 ^b	1,87 ^c	0,110	7,648
(g/kg ^{0,75})	93,05 ^a	89,41 ^b	87,64 ^b	80,08 ^c	5,825	3,409
Consumo de PB						
Kg/dia	0,483 ^b	0,533 ^a	0,498 ^b	0,374 ^c	0,05	5,887
g/kg de Peso Vivo	1,28 ^c	1,43 ^a	1,36 ^b	1,11 ^d	0,04	7,602
Consumo de FDN						
Kg/dia	6,28 ^a	5,81 ^b	5,64 ^b	4,88 ^c	0,670	7,998
g/kg de Peso Vivo	16,64 ^a	15,56 ^b	15,41 ^b	14,44 ^c	0,954	3,592
Consumo de CEL						
Kg/dia	3,05 ^a	2,79 ^b	2,75 ^b	2,21 ^c	0,375	8,149
g/kg de Peso Vivo	8,08 ^a	7,47 ^b	7,51 ^b	6,54 ^c	0,498	5,379

^a Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P>0,05).

O tratamento P30 foi superior (P<0,05) aos demais tratamentos nas medidas de consumo de MS e de FDN em porcentagem do peso vivo e em g/kg de peso vivo, sendo semelhante apenas ao tratamento P40 no consumo de MS medido

em Kg/dia. Os tratamentos P40 e P50 não diferiram estatisticamente entre si para as medidas de consumo de MS e FDN (P>0,05). Estes resultados demonstraram que a suplementação protéica apresentou resposta

positiva para consumo, até o nível de 30% (P30), permanecendo estável a partir deste, levando-se em consideração as condições deste estudo e a composição dos suplementos utilizados.

Hess et al. (1994) não observaram aumento no consumo da matéria orgânica (MO) da forragem com suplementação protéica em pastagem madura. Entretanto os níveis de suplementação utilizados foram de 0,52%, 0,22% e 0,36% do PV para os tratamentos com feno de alfafa, farelo de algodão e glúten de milho com farelo de trigo respectivamente. Já o somatório do consumo de MO da forragem e dos suplementos foram superiores ao tratamento controle.

Em alguns trabalhos com suplementação de bovinos em pasto de baixa qualidade (Krysl et al, 1989, Hennesy e Williamson, 1990), foram observados aumentos no consumo de MO em relação ao controle (suplementação mineral), quando se utilizou fontes protéicas (uréia, farelo de soja, e uréia com caseína protegida), não se observando o mesmo com fontes energéticas (sorgo floculado e milho).

Resultados contrários foram observados por Barbosa et al. (2001), que registraram aumentos de 35% e de 41,2% no consumo de MS total entre os animais suplementados com fubá de milho e farelo de soja, respectivamente, em relação aos animais não suplementados. O nível de PB da forragem consumida foi de 5,21% na MS.

O consumo de um suplemento pode levar a diminuição na ingestão da forragem pelo processo de substituição. Minson (1990), encontrou altos coeficientes de substituição quando foi fornecido grande quantidade de milho moído. Segundo Herd (1977) e citado por Souza et al. (1983), um suplemento consumido até 0,3% do peso vivo não reduz a ingestão de forragem, em acordo com os resultados aditivos encontrados nos trabalhos de Hennesy e Williamson, (1990) e de Barbosa et al. (2001).

Em números absolutos os animais do tratamento P30, consumiram em média 1,66 kg de MS a mais por dia que os animais do lote C, ou seja, 242,36 kg de MS a mais por animal durante o período experimental (146 dias) ou 2423,6 kg de MS a mais para o tratamento P30, reforçando

a importância da reserva estratégica de capim para o sucesso da suplementação protéica durante a seca. O mesmo raciocínio aplica-se aos demais tratamentos com suplementação protéica (P40 e P50), uma vez que superaram o tratamento controle.

Conforme Mertens (1994), o consumo é limitado quando a ingestão de FDN é maior que 12g/kg PV. Euclides et al. (1999) trabalhando com pastagens do gênero *Panicum sp.*, observaram consumos médios de 14,5g/kg PV.

O consumo de FDN foi de 16,54, 15,56, 15,42 e 14,44 g/kg de peso vivo nos tratamentos P30, P40, P50 e C respectivamente. Oliveira et al. (2004b), avaliando suplementação protéica em *Brachiaria brizantha* observaram um consumo médio de 14,4 g/kg PV.

Trabalhando com suplementação energética em capim *Panicum maximum* cv Mombaça Vásquez (2002), observou consumo de FDN superior (1,27% do PV) em relação a 1,2% do PV sugeridos por Mertens (1994), o mesmo observado por Detmann et al. (2001).

Toppo et al. (1997) observaram aumentos no consumo da MO, da FDN e da CEL, em novilhos recebendo dieta de baixa qualidade nutricional (palha de trigo) suplementados com uma mistura contendo melaço, uréia e mineral, denominada de UMMB, com 49,3% de PB e 14,0% de CHOT.

O consumo médio de UMMB / animal / dia foi de $170,0 \pm 26,5$ g, aproximadamente 123g a menos do consumo de proteinados encontrados neste experimento (293g/animal/dia). O consumo de FDN observados por Toppo et al. (1997), foi de 9,97g/kg de PV para os animais suplementados e de 7,27g/kg de PV para os não suplementados e de CEL foi de 5,97 e 4,23g/kg de PV para os animais suplementados ou não respectivamente.

Os valores de PB e de FDN encontrados na palha de trigo foram de 3,3 e 77,4% em base de MS. O consumo diário de PB foi de 190,6g (106,8g da forragem e 83,8g do UMMB) nos animais suplementados e de 94,0g nos animais do lote controle. Os níveis de PB da dieta do lote suplementado com UMMB foi de 5,35%, enquanto que neste estudo os valores de PB da

dietas dos animais suplementados foi superior a 6,0% o que pode ter auxiliado na melhoria da degradabilidade e do consumo da fibra.

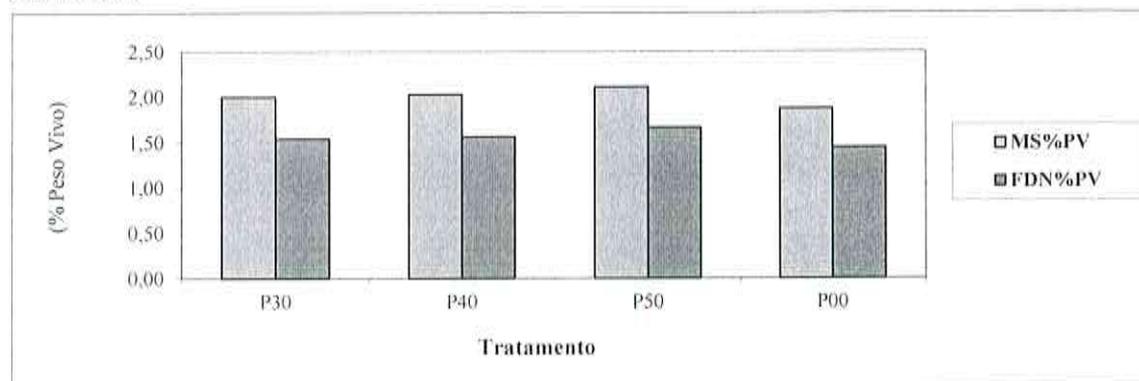
Apesar de apresentarem composições diferentes, a FDN e a FDA possuem um componente em comum que interfere na degradabilidade e no consumo, que é a lignina. Os níveis de FDA e de CEL encontrados por Toppo et al. (1997), foram de 59,5 e de 47,2% na palha de trigo, muito acima dos valores médios encontrados neste estudo (Tab. 2.4).

A ingestão de PB dos animais suplementados (P30, P40 e P50), foi superior ($P < 0,05$) ao controle (C), apresentando efeito quadrático em função do nível de proteína, ocorrendo maior ingestão de PB nos animais do tratamento P40 ($P < 0,05$), em relação ao P30 e ao P50.

Não se esperava observar consumo maior de PB no tratamento P40 ($P < 0,05$) em relação aos demais tratamentos, já que não houve diferenças no consumo de MS ($P > 0,05$), entre os tratamentos P30 e P40, assim como entre os tratamentos P40 e P50 ($P > 0,05$). Estes resultados podem ter sido uma função do baixo desvio padrão encontrado nas análises estatísticas (50g).

Beauty et al. (1994), também observaram efeito quadrático em relação aos níveis de PB dos suplementos (10, 20, 30 e 40% de PB), no entanto a maior ingestão ocorreu no tratamento com 30% de PB, o que pode ter sido influenciado pelo maior nível de suplementação utilizado naquele estudo (0,5% do PV), permitindo ofertas maiores de proteína e carboidratos.

Figura 2.1. Consumo de matéria seca (MS) e de fibra em detergente neutro (FDN) conforme os tratamentos.



Os dados de desempenho (peso e ganho de peso diário) estão apresentados na Tab. 2.7. Todos os tratamentos com suplementação protéica (P30, P40 e P50) superaram ($P < 0,05$) o tratamento controle (C), entretanto maiores ganhos de peso foram observados no P30 ($P < 0,05$), declinando

conforme o aumento de PB dos suplementos. Apesar de não ter sido observado diferenças do PV ($P > 0,05$) entre os animais suplementados (P30, P40 e P50), estes foram superiores ($P < 0,05$) ao tratamento que não recebeu proteinado (C).

Tabela 2.7. Médias de peso e de ganho de peso diário dos animais, de acordo com o tratamento experimental.

	Tratamentos				Desvio	CV (%)
	P30	P40	P50	C		
Médias (kg)	377,4 ^a	373,7 ^a	365,7 ^a	338,1 ^b	27,2	6,38
GPD (kg/dia)	0,438 ^a	0,414 ^b	0,359 ^c	0,171 ^d	0,06	7,17

^a Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK ($P > 0,05$).

Estes resultados são semelhantes aos observados por Krysl et al. (1989), Hennessy e Williamson (1990), Hess et al. (1996), Thiago et

al. (1998), Euclides et al. (2000), Paulino et al. (2001), Oliveira et al. (2004b), confirmando a

importância da suplementação protéica em diversos sistemas de produção a pasto.

Maior eficiência de síntese de proteína microbiana tem sido um dos objetivos da nutrição de ruminantes (NRC, 2001). A liberação sincronizada de N e energia, pode ser uma alternativa para se atingir tal fim.

Suplementos protéicos possuem altas concentrações de PDR e conforme Russel et al. (1992), quando a quantidade de carboidratos fermentáveis em relação à PDR não é suficiente, aminoácidos podem ser usados como fonte de energia.

O suplemento utilizado no tratamento P30 apresentou a relação PDR: CNF mais equilibrada (2:1), quando comparada com os suplementos dos outros tratamentos que foram de 2,3: 1 e 2,6: 1 para o P40 e o P50,

respectivamente. A melhor relação entre as fontes de N e energia no tratamento P30 podem ter contribuído com o aumento do consumo de MS e conseqüentemente reduzido as perdas energéticas, conforme demonstrou Oldham (1984).

Conforme Rihani et al. (1993), quando a disponibilidade de carboidratos solúveis é inadequada no momento da liberação da amônia no rúmen, esta pode não ser incorporada à massa microbiana, sendo então absorvida para a corrente sangüínea e posteriormente eliminada pela urina. Este processo metabólico é indesejável, pois requer o uso de energia que poderia ser utilizada para a produção (Thiago, 1998).

Na Tab. 2.8 estão demonstrados os custos da suplementação e estimativas de valorização dos animais para os diversos tratamentos.

Figura 2.2. Curva da evolução mensal do peso vivo dos animais conforme os tratamentos.

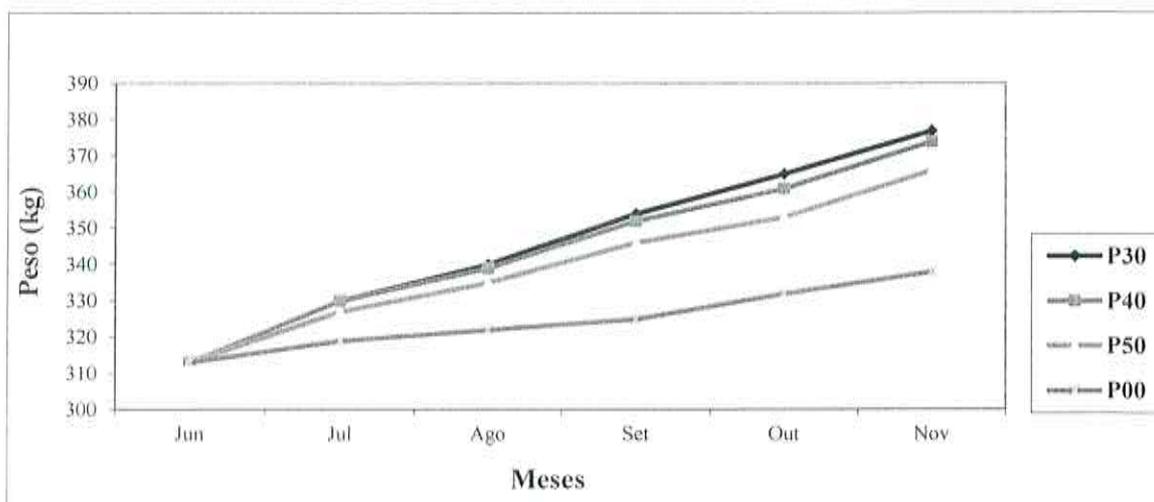


Tabela 2.8. Custos da suplementação e estimativa de valorização dos animais por tratamento.

Tratamentos			
P30	P40	P50	C

Custo do suplemento (R\$/kg)	0,587	0,641	0,700	0,705
Custo diário por animal (R\$)	0,184	0,201	0,219	0,044
Custo no período (CP) por animal (R\$)	36,06	39,40	42,92	6,47
Ganho de PV por animal (kg)	64,39	60,86	52,77	25,14
Ganho em kg de carcaça por animal ¹	33,48	31,65	27,44	13,07
Valor kg de carcaça (R\$) ²	3,79	3,79	3,79	3,79
Valor agregado (VA) por animal (R\$)	126,82	119,95	103,99	49,53
Diferença (CP – VA) (R\$)	90,76	80,55	61,07	43,06
Diferença para o tratamento C (R\$)	+ 47,70	+ 37,49	+ 18,01	-

¹ Considerando rendimento médio da carcaça de 52% do PV;

² Valor @ de R\$ 56,90 em novembro de 2002 em Campo Grande / MS (Fonte: FNP/Boletim Pecuário).

O desempenho em ganho de peso dos animais foram coerentes com os resultados observados na literatura em suplementações com proteínados durante o período seco do ano (Oliveira et al. 2001, Paulino et al. 2001, Oliveira et al. 2004b). Maiores ganhos de peso podem ser alcançados nas suplementações com ração, geralmente ao nível de 1% do peso vivo dos animais em sistemas de semi-confinamento (Euclides et al. 1998b).

No entanto, deve-se levar em consideração os custos da alimentação ao se elaborar estratégias de suplementação. Segundo Paulino et al. (2001), o objetivo principal de uma suplementação durante a seca em animais de recria deve ser a manutenção do peso.

Os resultados alcançados em ganho de peso e em benefício econômico parecem ter sido favoráveis para todos os tratamentos, o que de certa forma difere de situações não

experimentais a campo. Entretanto devemos salientar que fatores como a disponibilidade de forragem, o controle das condições de campo, o manejo, etc., normalmente necessários e aplicados em situações experimentais estabelecem condições geralmente não observadas em outras situações (Euclides et al. 1998a).

2.4 CONCLUSÃO

A suplementação com proteínados promoveu aumentos no ganho de peso e no consumo de MS e de FDN de bovinos em pasto de baixo valor nutricional. O suplemento contendo 30% de PB mostrou-se mais eficaz na promoção de ganho de peso em relação aos suplementos com 40 e 50% de PB, nas condições em que este experimento fora realizado.

2.5 ANEXOS

Anexo 1 Correlações de Pearson existentes entre os principais aspectos estudados.

	DISMS	CMS	CPB	CNDT	CFDN	CFDA	Ccag	Cpg	Peso	GPD	DISP
DISMS	1,0000	0,4593	0,7385	0,6670	0,3424	0,2327	0,3615	0,0113	0,0875	0,1830	0,7597
CMS	0,4593	1,0000	0,9325	0,9456	0,9388	0,7534	0,5467	0,1523	0,1031	0,1231	0,2127
CPBKg	0,7385	0,9325	1,0000	0,8323	0,8234	0,3374	0,3141	0,4211	0,0322	0,0421	0,3325
CNDTKg	0,6670	0,9456	0,8323	1,0000	0,9078	0,4934	0,7750	0,5443	0,0022	0,0317	0,1145
CFDNKg	0,3424	0,9388	0,8234	0,9078	1,0000	0,9344	0,7634	0,0236	0,0537	0,0113	0,1259
CFDAKg	0,2327	0,7534	0,3374	0,4934	0,9344	1,0000	0,1454	0,1606	0,3298	0,1467	0,1173
Ccag	0,3615	0,5467	0,3141	0,7750	0,7634	0,1454	1,0000	0,8344	0,0133	0,0659	0,7746
CPg	0,0113	0,1523	0,4211	0,5443	0,0236	0,1606	0,8344	1,0000	0,0321	0,0253	0,6367
Peso	0,0875	0,1031	0,0322	0,0022	0,0537	0,3298	0,0133	0,0321	1,0000	0,0745	0,0233
GPD	0,1830	0,1231	0,0421	0,0317	0,0113	0,1467	0,0659	0,0253	0,0745	1,0000	0,1442
DISP	0,6776	0,2127	0,3325	0,1145	0,1259	0,1173	0,7746	0,6367	0,0233	0,1442	1,0000

Onde:

DISMS = Digestibilidade *in situ* da MS

CMS = Consumo de Matéria Seca

CPB = Consumo de proteína Bruta

CNDT = Consumo de NDT

CFDN = Consumo de FDA

Ccag = Consumo de Cálcio

Cpg = Consumo de Fósforo

GPD = Ganho de peso

DISP = Disponibilidade de Matéria Seca

OBS. Valores em preto apresentam correlação significativa ($P < 0,05$);

Valores em vermelho apresentam correlação não significativa ($P > 0,05$);

Valores em azul representam o encontro de iguais aspectos analisados (linha x coluna)

CAPÍTULO 3

Experimento II

Concentrações de N-NH₃, ácidos graxos voláteis e pH no líquido ruminal e efeitos das frações protéicas na síntese de proteína metabolizável em bovinos de corte suplementados com diferentes níveis de proteína bruta

N-NH₃, volatile fatty acid concentrations and pH in ruminal liquid and effect of protein fractions on metabolizable protein synthesis of beef cattle supplemented with different levels of crude protein

RESUMO

Avaliou-se os efeitos dos níveis de N de suplementos protéicos, em bovinos de corte mantidos em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, sobre as concentrações de N-NH₃, ácidos graxos voláteis (AGVs) e pH. Foram realizadas estimativas da síntese microbiana, do aporte de proteína não degradável no rúmen (PNDR) e da proteína endógena (PE) e das suas contribuições no *pool* de proteína metabolizável (PM), conforme metodologia aplicada pelo National Research Council (NRC, 1996). Quatro bovinos Nelore com peso médio de 395 kg (\pm 9kg) e fistulados no rúmen, foram utilizados nas medidas dos parâmetros ruminais e nas avaliações da degradabilidade, da cinética ruminal e das estimativas de síntese microbiana em um delineamento quadrado latino. Ofereceu-se 400g/cabeça/dia dos suplementos com 50, 40 e 30% de proteína bruta (PB) nos tratamentos P50, P40 e P30 respectivamente, enquanto no tratamento controle C, os animais não receberam suplementação protéica. Os animais foram mantidos em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, distribuídos em quatro piquetes com área de 1,0 ha. cada, sendo a oferta do suplemento e a retirada das sobras realizada diariamente. Os animais suplementados (P50, P40, P30), apresentaram níveis de N-NH₃ e AGV superiores ($P < 0,05$) em relação ao tratamento controle (C), sendo o nível de N-NH₃ do P50 superior ($P < 0,05$) ao dos tratamentos P30 e P40. Não se observou diferença ($P > 0,05$) do pH entre os tratamentos, enquanto que a estimativa de oferta da proteína microbiana e de PNDR foi semelhante ($P > 0,05$) entre os tratamentos que receberam suplemento protéico, porém superiores ($P < 0,05$) em relação ao tratamento controle C.

Palavras-chave: Proteína degradável, síntese microbiana, suplementação protéicos.

ABSTRACT

The effects of N levels supplementation was evaluated, on beef cattle grazing *Brachiaria brizantha* cv Marandu. The N-NH₃ and volatile fatty acids (VFAs) concentrations and pH was measured. Estimative of the microbial synthesis, the ruminally undegraded feed crude protein (RUP) and endogenous crude protein (ECP) and its contributions in the pool of metabolizable protein (MP) were made in according to National Research Council methodology (NRC, 1996). Four Nelore bovines rumen fistulated, on average weight of 395 kg (\pm 9kg) were used as measures of ruminal parameters, degradability, ruminal kinetics and microbial synthesis in a Latin square delinement. It was offered 400g/head/day of the supplement containing 50, 40, and 30% of crude protein (CP) on treatments P50, P40 and P30 respectively, and to the control treatment (C) the animals did not receive protein supplementation. The animals were grazing *Brachiaria brizantha* cv Marandu pastures, distributed in four areas with 1,0 ha where the supplement offer and the leftover retrieval were held daily. The supplemented animals (P50, P40, P30) presented superior levels of N-NH₃ and VFAs ($P < 0,05$) than the control treatment (C), being the P50's N-NH₃ level superior ($P < 0,05$) than treatments P30 and P40. It was not observed any pH difference ($P > 0,05$) between the treatments. The microbial synthesis and RUP offer estimative was similar between the treatments that received protein supplementation, although superior ($P < 0,05$) than control treatment (C).

Key words: Ruminal degraded protein, microbial synthesis, protein supplementation.

3.1 INTRODUÇÃO

Bovinos alimentando-se em dietas com níveis de proteína bruta (PB) abaixo de 7%, são incapazes de manter o nível de 8mg/dL de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no líquido ruminal, necessário para manutenção do crescimento das bactérias celulolíticas (Egan e Doyle, 1985).

Estudos sobre os efeitos da suplementação protéica de bovinos em pasto de baixo valor nutricional (Freeman et al., 1992, Beauty et al., 1994, Hess et al., 1994, Euclides et al., 2000, Paulino et al., 2001), apresentaram efeitos positivos sobre o consumo, digestibilidade e ganho de peso.

Oliveira et al. (2004b), avaliaram os efeitos dos níveis de suplementação protéica de bovinos a pasto. Foram observados aumentos no consumo e no desempenho em relação à ausência de suplementação, entretanto não verificaram diferenças entre os animais que receberam 346g daqueles suplementados com 545g de PB/cabeça/dia.

A oferta de proteína para bovinos a pasto promove aumentos nas concentrações de N-NH₃ (Volden, 1999), e de acordo com Satter e Rofler (1975), de 60 a 80% do N incorporado à massa microbiana é originado do N-NH₃.

A síntese de proteína microbiana no rúmen pode ser elevada pela oferta de fontes de N solúveis associadas à oferta de carboidratos rapidamente fermentáveis, melhorando conseqüentemente o aporte de proteína microbiana no intestino delgado (Hennessy e Williamson, 1990).

Entretanto suplementos protéicos contendo elevada concentração de NNP podem liberar níveis excessivos de amônia no rúmen (Krysl et al. 1989, Hess et al. 1994, Toppo et al. 1997) promovendo um diferencial entre as ofertas de N e C aos microrganismos ruminais. Rihani et al. (1993), demonstraram que a sincronização entre a disponibilidade de energia com o N dietético é o fator mais importante para a eficiência de utilização do N pelos microrganismos do rúmen.

A fração de proteína microbiana sintetizada no rúmen (PMR), associada às frações da proteína

não degradada no rúmen (PNDR) e da proteína endógena (PE), representam o volume potencial de proteína metabolizável (PM) que passa para o intestino delgado (NRC, 2001).

Enquanto a PMR é a principal fonte de AA para o intestino delgado, a proteína degradável no rúmen (PDR) provém peptídeos, AA livres e amônia para a síntese protéica dos microrganismos do rúmen. Estima-se que para cada kg de NDT são produzidas 130 gramas de PMR (NRC, 1996).

Tanto a deficiência como a oferta excessiva de N, podem prejudicar a síntese de PMR, reduzindo significativamente o volume de PM. Este trabalho tem como objetivo, avaliar os diferentes níveis de suplementação com PB, sobre os volumes de PMR e de PNDR e suas respectivas contribuições para o pool de PM.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Rancho Alegre, localizada em Campo Grande (Mato Grosso do Sul) em uma área de 4 hectares formada por *Brachiaria brizantha* cv Marandu e dividida em quatro piquetes uniformes, entre o período de 22 de abril a 30 de novembro de 2002.

Durante o período experimental, registrou-se o seguinte volume de chuvas: abril (18mm), maio (69mm), junho (0mm), julho (91mm), agosto (34mm), setembro (44mm), outubro (75mm) e novembro (84mm).

Foram preparados quatro animais da raça nelore com peso vivo aproximado de 395 kg, canulados no rúmen para serem usados nas avaliações dos parâmetros ruminais de N-NH₃, AGVs, pH, da cinética ruminal, da degradabilidade e da síntese protéica.

Ofereceu-se 400g/cabeça/dia dos suplementos com 30, 40 e 50% de proteína bruta (PB) nos tratamentos P30, P40 e P50 respectivamente, enquanto no tratamento controle (C), os animais não receberam suplementação protéica. Os animais foram mantidos em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, distribuídos em quatro piquetes com área de 1,0 ha. cada, sendo a oferta do suplemento e a retirada das sobras realizadas diariamente. A composição

percentual dos suplementos encontra-se na Tab. 3.1.

Dois animais com fistula de esôfago (Cook et al., 1958), foram utilizados nas colheitas de forragens, que foram realizadas com auxílio de sacolas de fundo telado para evitar acúmulo de saliva, e afiveladas por cintas ao pescoço e ao dorso dos animais.

As amostras da forragem mastigadas foram conservadas em isopor com gelo e armazenadas em câmara fria a -17°C . Posteriormente foram secas em estufa ventilada a 55°C por 48 horas e processadas em moinho do tipo Willey em peneira de 2mm para análises químicas.

A proteína bruta foi dividida em três frações: **A**, **B** e **C** (NRC, 1996), de acordo com sua degradabilidade pelo modelo da degradação ruminal *in situ* (Orskov et al., 1980). A fração **A**, representada pela proteína que escapa rapidamente dos sacos de náilon e considerada como sendo o nitrogênio não protéico (NNP), foi determinada pela diferença entre o teor de PB na matéria original e no resíduo após imersão e retirada imediata no rúmen.

A fração **C** considerada a proteína não degradável no rúmen (PNDR), foi calculada pela diferença entre a PB na matéria original e no resíduo após o término da degradação. A fração **B**, considerada a proteína degradável no rúmen (PDR) foi calculada nos diversos tempos, sujeitando-se aos efeitos das taxas de passagem.

Assumiu-se o valor de 80, 64 e 40% para o potencial de transformação em PM, da PNDR, da PMR e da PE respectivamente, resultado do produto entre a digestibilidade intestinal e a concentração de proteína verdadeira das respectivas frações (NRC, 1996).

Foram utilizados oito períodos de 28 dias, sendo 14 dias de adaptação e 14 dias de colheita (5 para digestibilidade, 5 para cinética e parâmetros ruminais, e 4 dias de intervalos entre colheitas).

Os animais permaneceram nos piquetes durante todo o período de colheitas, sendo recolhidos no curral apenas nos horários estabelecidos para as colheitas.

Amostras de líquido ruminal foram colhidas imediatamente antes (0 horas), e após o fornecimento dos suplementos nos seguintes tempos: 3, 6, 9, 12, 18 e 24 horas. Realizou-se imediatamente após a colheita a leitura do pH em potenciômetro digital de bolso (Q 400 BI, Quimis, SP/Brasil).

O líquido ruminal fora filtrado em camadas duplas de gaze, retirando-se de cada horário e tratamento duas amostras, as quais foram guardadas em tubos de plástico devidamente identificados e armazenados a -20°C , conforme procedimentos a seguir:

1. Aliquotas de aproximadamente 50 mL que foram acidificadas em 1 mL de ácido sulfúrico 1:1, para análises do N-NH_3 ;
2. Aliquotas de 4 mL nas quais adicionaram-se 1 mL de ácido metafosfórico 25% para análise dos níveis de AGVs;

A concentração de N-NH_3 foi determinada por destilação com óxido de magnésio, utilizando-se ácido bórico como solução receptora e ácido clorídrico 0,01N na titulação (AOAC International, Cuniff, 1995).

Procedeu-se a centrifugação em centrífuga Sorvall RC-5B - Refrigerated Superspeed Centrifuge (Du Pont Instruments[®]) a 5000g por 20 minutos a 4°C , no líquido ruminal a fim de se analisar os níveis de AGVs.

As concentrações de acetato, propionato e butirato foram analisadas por cromatografia gasosa (Erwin et al., 1961) em aparelho Shimadzu[®], modelo Gás Chromatograph GC - 17 A, usando coluna capilar com fase estacionária NUCOL.

As amostras de forragem foram secas em estufa ventilada a 55°C por 48 horas e processadas em moinho do tipo Willey em peneira de 1mm. Posteriormente procedeu-se as análises de cada amostra, a fim de se determinar o teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), extrato não nitrogenado (ENN), cálcio e fósforo, segundo AOAC International (Cuniff, 1995).

Tabela 3.1. Composição dos suplementos protéicos utilizados no experimento.

Ingrediente (%)	Suplementos		
	P30	P40	P50
Milho	28,00	17,00	5,00
Farelo de soja	15,00	15,00	15,00
Uréia extrusada ¹	21,00	32,00	44,00
Fosfato bicálcico	10,00	10,00	10,00
Carbonato de cálcio	2,00	1,75	1,50
Enxofre ventilado	0,00	0,25	0,50
Núcleo Premix ²	4,00	4,00	4,00
Sal branco	20,00	20,00	20,00
Total	100,00	100,00	100,00

¹ Ureia extrusada : Níveis de garantia (100% equivalente protéico e 50% NDT);

² Núcleo Premix : Níveis de garantia pôr kg do produto (S=165g; Mg=120g; Zn=28000mg; Mn=9600mg; Fe=11000mg; Co=1000mg; I=800mg; Cu=12500mg; Se=125mg);

A determinação da fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácida (FDA) seguiu o método descrito por Robertson e Van Soest (1981). Nas amostras do capim e dos suplementos, determinou-se além da PB, a fração nitrogenada insolúvel em detergente neutro (NIDN) e a fração nitrogenada insolúvel em detergente ácido (NIDA), conforme recomendação de Valadares Filho (2000).

O modelo matemático utilizado para análise de variância foi:

$Y_{ijkl} = \mu + A_i + T_j + P_k + H_l + DH_{jl} + E_{ijkl}$, onde:

Y_{ij} = variável observada no animal;

μ = média geral;

A_i = efeito do animal i ;

T_j = efeito da dieta j ;

P_k = efeito do período k ;

H_l = efeito do horário l ;

TH_{jl} = interação tratamento x horário;

E_{ijkl} = erro aleatório.

O delineamento estatístico aplicado foi um quadrado latino (4 x 4) repetido (4 dietas x 4 animais), com 8 momentos (colheitas), e 7 horários. Os resultados foram comparados pelo teste SNK usando-se o modelo linear do procedimento PROC GLM do SAS... (1985).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de N-NH₃ no líquido ruminal foi influenciada pela suplementação protéica (Tab. 3.2). Dos animais suplementados com proteína observou-se maior concentração de N-NH₃ no tratamento P50 ($P < 0,05$) em relação à

concentração do P40 e similar ($P > 0,05$) à concentração do P30, enquanto os animais não suplementados (C) apresentaram menores ($P < 0,05$) níveis de N-NH₃ em relação ao P50 e ao P30, porém semelhante ($P > 0,05$) ao P40. Essa resposta não era esperada já que a oferta de N no P40 foi 33,3% maior que no P30 (24g de N no P40 para 18g no P30).

As quantidades oferecidas de proteína via NNP de origem química (NNPQ), de proteína de origem vegetal (POV) e de carboidratos não fibrosos (CNF) estão apresentadas na Tab. 3.3.

Dietas contendo 13% de PB na MS, permitem manter níveis médios entre 5 a 8mg/dL de N-NH₃ (Hoover, 1986), e segundo o NRC (1996) uma dieta com 12% de PB atenderia as exigências protéicas de bovinos para ganhos moderados. A suplementação protéica elevou os níveis de N-NH₃ de 5,933 mg/dL em C para 9,919 mg/dL em P50, valores próximos dos encontrados por Hess et al. (1994) que foi de 6,8 para 9,7mg/dL.

As curvas das concentrações de N-NH₃ no líquido ruminal estão demonstradas no Fig. 3.1. As maiores concentrações foram encontradas nos horários de 3 horas após a suplementação para P50 e P40 e de 6 horas para P30, enquanto que os níveis de amônia permaneceram praticamente constantes durante todo o período no tratamento C (não suplementado).

Tabela 3.2. Valores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no líquido ruminal nos diversos horários de colheita pós-prandial.

Horário	Tratamentos			
	C	P30	P40	P50
0	4,481	5,955	5,206	5,527
3	6,595	10,686	10,945	18,675
6	6,814	11,516	8,436	13,801
9	5,299	8,592	8,052	11,334
12	5,952	10,146	5,980	6,327
18	5,124	6,779	4,906	7,841
24	7,689	5,014	4,477	5,930
Média	5,933^c	8,384^{ab}	6,857^{bc}	9,919^a

^a Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P>0,05).

Tabela 3.3. Composição química e nutricional estimada dos suplementos proteinados¹, oferta de proteína via NNP de origem química e de proteína de origem vegetal.

	Suplementos protéicos		
	P30	P40	P50
Matéria Seca (MS) (%)	92,24	92,52	93,05
Proteína Bruta (PB) (%)	29,21	39,49	50,38
Proteína degradável no rúmen (PDR) (%)	23,45	33,64	44,72
Proteína via NNP de origem química (PNNPQ) (%)	19,57	29,85	41,05
Proteína via NNP de origem química (% da PDR)	83,45	88,73	91,79
Proteína de origem vegetal (POV) (%)	9,64	9,64	9,33
Proteína de origem vegetal (% da PDR)	16,55	11,27	8,21
Carboidratos não fibrosos (CNF) (%)	29,63	27,26	24,84
Oferta de proteína via NNPQ (g/animal/dia)	77,37	118,37	163,72
Oferta de proteína de origem vegetal (g/animal/dia)	38,11	38,11	37,20
Oferta de CNF (g/animal/dia)	117,15	108,10	99,07
Relações entre a oferta em gramas de PNNPQ e POV	2,03:1,00	3,09:1,00	4,40:1,00
Relações entre a oferta em gramas de PNNPQ e CNF	0,66:1,00	1,09:1,00	1,65:1,00
Relações entre a oferta em gramas de POV e CNF	0,32:1,00	0,35:1,00	0,37:1,00
Relações entre PDR e CNF	0,79:1,00	1,45:1,00	1,80:1,00

¹Calculado segundo Valadares Filho (2000).

Tal resposta pode ser devido às solubilidades das fontes de proteínas. Conforme apresentado na Tab. 3.3 a oferta de POV foi semelhante para P30 (9,64), P40 (9,64) e P50 (9,33), entretanto ofereceu-se 1,53 (118,37 / 77,37) e 2,12 (163,72 / 77,37) vezes a mais de PNNPQ no P40 e no P50 em relação ao P30, respectivamente, o mesmo observado para a PDR.

Ressalta-se ainda que quando a quantidade de carboidratos fermentáveis em relação à PDR não é suficiente, aminoácidos podem ser usados como fonte de energia (Russel et al., 1992), desta forma pode ter sido utilizada uma fração maior da POV durante as primeiras três horas no tratamento P40 em relação ao P30, justificando as diferenças nas concentrações

destes tratamentos as seis horas após a suplementação.

As relações entre ofertas de proteína e de CNF são informações importantes do ponto de vista da sincronia entre N e carboidratos. Devido a sua alta solubilidade, as fontes químicas de NNP podem causar inadequados níveis de amônia no rúmen, podendo reduzir a atividade microbiana ruminal (Satter e Slyter, 1974, Arelovich et al., 2000).

Os níveis de N-NH₃ relacionam-se diretamente com a oferta de PB (Freeman et al., 1992, Hélène e Flipot, 1992, Rihany et al., 1993, Huntington et al., 1996, Thivierge, et al., 2002), e indiretamente com a de carboidratos não

fibrosos (CNF) (Pordomingo et al., 1991, Hess et al., 1994).

Nas primeiras 12 horas após a suplementação (durante o dia) observa-se relativa semelhança nas concentrações de N-NH₃ no líquido ruminal nas curvas dos tratamentos C e P30, e entre as curvas dos tratamentos P40 e P50 (Fig.3.1). Em C e P30 observa-se um pico as 6 horas (meio dia) e outro as 12 horas pós-suplementação (18h), enquanto em P40 e P50 nota-se um pico as 3 horas e uma relativa manutenção das concentrações no intervalo entre 6 e 9 horas após a suplementação.

Diferentemente da suplementação com ração em níveis elevados de inclusão, a suplementação com proteinados aplicados neste estudo (0,1% do peso vivo), tem como objetivo melhorar o consumo de forragens secas e de baixa digestibilidade, procurando manter o comportamento de pastejo e de ruminação dos animais a pasto. A semelhança entre as curvas citadas pode estar associada a este comportamento, pois durante o período de ruminação um novo aporte de N-NH₃ chega ao rúmen via saliva.

Figura 3.1. Concentrações de N-NH₃ (mg/dL) no líquido ruminal nos diversos horários de colheita.

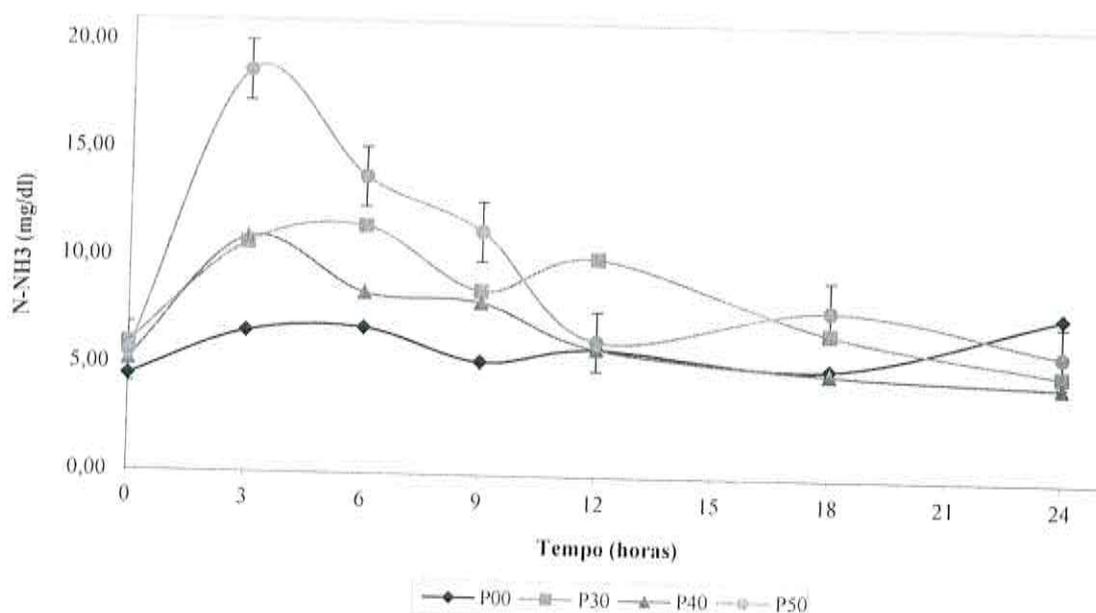
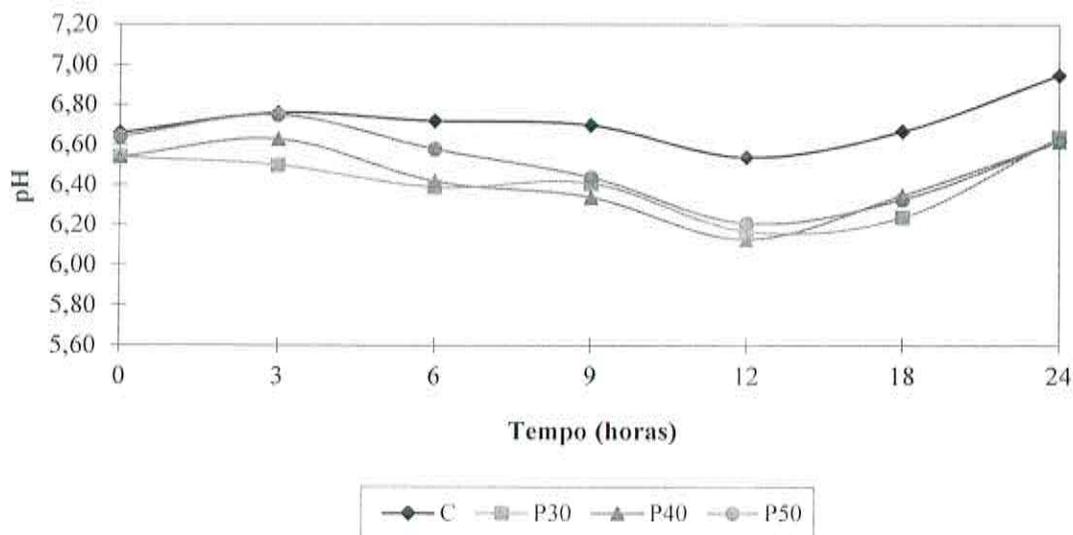


Tabela 3.4. Valores de pH no líquido ruminal de bovinos nos diversos horários de colheita, recebendo distintos suplementos protéicos.

Horário	Tratamentos			
	C	P30	P40	P50
0	6,66	6,54	6,53	6,64
3	6,76	6,50	6,63	6,75
6	6,72	6,39	6,42	6,58
9	6,70	6,41	6,34	6,44
12	6,54	6,17	6,13	6,21
18	6,67	6,24	6,35	6,33
24	6,95	6,64	6,62	6,62
Média	6,71^a	6,41^b	6,43^b	6,51^b

^a Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P>0,05).

Figura 3.2. Valores de pH no líquido ruminal observados nos diversos horários conforme os tratamentos.



Após 18 horas da oferta do suplemento, ou seja entre a meia noite e as seis horas do dia seguinte, a concentração de amônia dos animais suplementados (P30, P40 e P50) continuou em redução, comportamento este diferente do observado no tratamento C, que sofreu uma elevação nas concentrações da mesma (de 5,124 para 7,689 mg/dL).

A suplementação protéica (P30, P40 e P50) promoveu queda no pH ($P < 0,05$) em relação ao tratamento controle (C), apesar de não ser observado diferenças entre os animais suplementados ($P > 0,05$), conforme dados mostrados na Fig. 3.2. A menor média de pH encontrada foi de 6,41 em P30 e de 6,71 em C (Tab. 3.4), comportamento semelhante para animais a pasto observado em outros trabalhos (Freeman et al., 1992, Manterola et al., 2001, Vásquez, 2002).

Os valores médios do pH ruminal neste experimento, permaneceram dentro da faixa ideal para otimização da digestão da fibra e do crescimento das populações das bactérias celulolíticas, que segundo Mertens (1979), e Orskov (1982), citados por Krysl et al. (1991), é de 6,5 a 6,8.

O maior pH foi observado as 9 horas da manhã, que correspondeu ao tempo de 3 horas após a oferta dos suplementos. Das 3 horas até 12 horas, ou seja, as 18 horas do dia observou-se

queda constante do pH, passando a subir a partir deste horário ate as 24 horas.

A alta concentração de amônia nas primeiras três horas após a suplementação (Fig.3.1), pode ter influenciado na elevação do pH neste intervalo. Arelovich et al. (2000), observaram resposta semelhante na curva do pH ao testarem a influencia dos níveis de Zn no fluido ruminal sobre a hidrólise da uréia à amônia, a qual possui um pK de 9,3 consequentemente age como uma base neutralizante do pH.

Os suplementos proteínados utilizados continham altas quantidades de minerais e de NaCl, o que de certa forma pode ter controlado a velocidade de ingestão dos mesmos, provocando uma redução constante do pH ao longo do dia. Este fato também foi observado por Vásquez (2002) suplementando novilhas com 300g e 900g/animal/dia de suplementos energéticos.

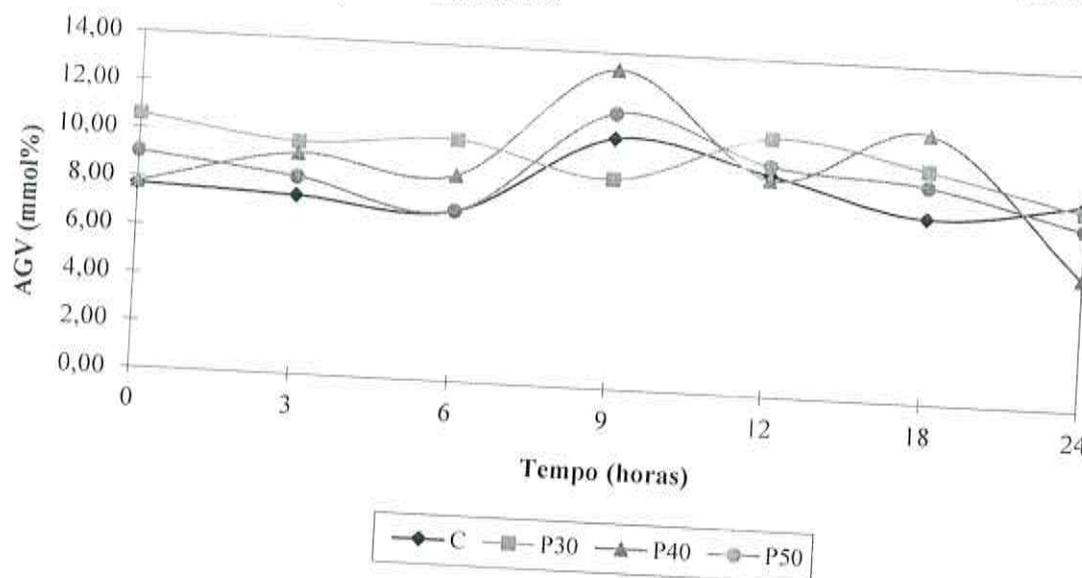
O tratamento P30 promoveu maior produção de AGVs ($P < 0,05$) que o tratamento C, entretanto foi semelhante ($P > 0,05$) aos tratamentos P40 e P50 (suplementados com proteína). Não houve diferenças na produção de AGVs ($P > 0,05$) entre os suplementos P40, P50 e C, conforme dados apresentados na Tab. 3.5.

Tabela 3.5. Concentrações de AGV (mMol%) e relações Acetato: Propionato no líquido ruminal de bovinos a pasto suplementados com proteinados, conforme tratamento e horários de colheita.

Horário	AGV (mMol%)				Acetato : Propionato			
	C	P30	P40	P50	C	P30	P40	P50
0	7,71 ^b	10,57 ^a	7,78 ^b	9,04 ^a	3,97 ^a	2,55 ^b	3,29 ^a	3,07 ^a
3	7,47 ^b	9,70 ^a	9,22 ^a	8,25 ^b	2,65 ^a	2,78 ^a	3,00 ^a	3,38 ^a
6	7,13 ^c	10,08 ^a	8,61 ^b	7,13 ^c	3,20 ^a	2,72 ^a	2,91 ^a	3,48 ^a
9	10,45 ^b	8,77 ^c	13,31 ^a	11,50 ^{ab}	3,19 ^{ab}	4,03 ^a	3,22 ^{ab}	2,83 ^b
12	9,24 ^{ab}	10,75 ^a	9,05 ^{ab}	9,62 ^a	3,23 ^a	2,66 ^a	3,16 ^a	2,27 ^b
18	7,74 ^c	9,71 ^b	11,79 ^a	9,01 ^b	3,15 ^a	2,48 ^a	3,00 ^a	3,13 ^a
24	8,55 ^a	8,25 ^a	5,50 ^b	7,53 ^{ab}	3,23 ^a	3,41 ^a	3,06 ^a	3,76 ^a
Média	8,33 ^b	9,69 ^a	9,32 ^{ab}	8,87 ^{ab}	3,23 ^a	2,95 ^a	3,09 ^a	3,13 ^a

^a Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P>0,05).

Figura 3.3. Concentrações de AGV (mMol) no líquido ruminal de bovinos, nos diversos horários de colheita e recebendo distintos suplementos protéicos.



As concentrações de AGVs observadas neste estudo (9,05 mMol%) (Tab. 3.6), são semelhantes aos valores citados em outros trabalhos (Freeman et al., 1992, Toppo et al., 1997, Arelovich et al., 2000, Vásquez, 2002), e diferente dos encontrados por Hess et al. (1994) (13,2 mMol%).

Em animais a pasto a produção de AGVs e conseqüentemente a concentração destes no líquido ruminal, é influenciado pelos teores de FDN da forragem, assim como da rotina de pastejo e ruminação dos animais (Hess et al. 1994).

Freeman et al. (1992) não encontraram diferenças na produção de AGVs em bovinos suplementados com proteína a pasto, os quais receberam 600g/animal/dia do suplemento com 43% de PB ou 1200g/animal/dia do suplemento com 22% de PB, quando comparados com o tratamento controle (não suplementado).

Avaliando o uso de suplementação protéica através de blocos contendo uréia, melaço e sais minerais, Srinivas e Gupta (1997), observaram diferenças na produção de acetato bem como nas relações acetato: propionato, sendo que os animais não suplementados (recebendo forragem apenas) mantiveram níveis superiores de acetato no fluido ruminal.

Krysl et al (1989), registraram diferenças na concentração de AGVs em bovinos a pasto suplementados com proteína (farelo de soja), apenas no intervalo de 1 hora após a oferta do suplemento, o mesmo observado por Freeman et al. (1992) nos animais que receberam suplemento com 43% de PB.

Na Fig. 3.3 acompanha-se as curvas de concentrações de AGVs durante 24 horas (dia e noite) e nota-se um pico 9 horas após a suplementação em C e P50 (15h) e 12 horas após em P30 (18h). O tratamento P40 apresentou dois picos de concentração de AGVs, sendo o primeiro 9 horas e o segundo 18

horas após a suplementação. Não é possível explicar as razões desta diferença, já que o manejo dos animais durante a rotina experimental foi semelhante entre os tratamentos.

O valor médio das relações entre as concentrações de acetato e propionato foi de 3,1, não havendo diferenças entre os tratamentos ($P>0,05$). Este valor aproximou-se da relação de 3,29 observada por Vásquez (2002), mas ficou distante da relação de 3,99 encontrada por Arelovich et al. (2000).

Tabela 3.6. Concentrações de AGV (mMol%) no líquido ruminal de bovinos a pasto suplementados com proteinados, conforme tratamento e horários de colheita.

Horário	Acetato (mMol%)				Propionato (mMol%)				Butirato (mMol%)			
	C	P30	P40	P50	C	P30	P40	P50	C	P30	P40	P50
0	5,7 ^a	7,23 ^a	5,5 ^a	6,3 ^a	1,4 ^b	2,5 ^a	1,7 ^{ab}	2,1 ^a	0,56 ^a	0,84 ^a	0,62 ^a	0,66 ^a
3	5,0 ^b	6,81 ^a	6,4 ^a	5,9 ^a	1,9 ^a	2,1 ^a	2,1 ^a	1,7 ^a	0,61 ^a	0,79 ^a	0,69 ^a	0,58 ^a
6	5,0 ^b	7,38 ^a	5,9 ^a	5,1 ^{ab}	1,5 ^a	1,9 ^a	2,0 ^a	1,5 ^a	0,61 ^a	0,8 ^a	0,68 ^a	0,54 ^a
9	7,4 ^b	6,14 ^b	9,4 ^a	7,8 ^b	2,3 ^{ab}	1,9 ^b	2,9 ^a	2,8 ^a	0,73 ^a	0,73 ^a	1,03 ^a	0,9 ^a
12	6,5 ^a	7,41 ^a	6,4 ^a	6,2 ^a	2,0 ^a	2,4 ^a	2,0 ^a	2,7 ^a	0,69 ^a	0,94 ^a	0,70 ^a	0,66 ^a
18	5,4 ^b	6,65 ^a	7,8 ^a	6,3 ^a	1,7 ^b	2,2 ^a	2,6 ^a	2,0 ^a	0,64 ^a	0,86 ^a	1,38 ^a	0,75 ^a
24	6,0 ^a	5,78 ^a	3,8 ^b	5,5 ^a	1,9 ^a	1,8 ^a	1,2 ^a	1,5 ^a	0,68 ^a	0,67 ^a	0,43 ^c	0,53 ^b
Média	5,85 ^a	6,77 ^a	6,45 ^a	6,18 ^a	1,83 ^a	2,12 ^a	2,09 ^a	2,04 ^a	0,65 ^b	0,80 ^a	0,79 ^a	0,66 ^b

^a Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

A pequena magnitude nas diferenças assim como nas respostas ao longo do dia das concentrações de AGVs observados neste estudo, dificulta o estabelecimento de uma importância biológica. No entanto pode-se sugerir que o nível de suplementação usado (0,1% do peso vivo), não alterou suficientemente o ambiente ruminal, de forma a prejudicar a população de bactérias fibrolíticas, mantendo constante a produção do Acetato.

Considerando os valores médios de PB (menor que 7,0%) e das frações fibrosas (FDN=80,23% e FDA=43,90%) da forragem durante o período experimental (Tab.3.7), é totalmente justificável o uso da suplementação protéica. Resultados semelhantes também foram registrados em outros trabalhos com bovinos a pasto (Beauty et

al., 1994, Paulino et al., 2001, Oliveira et al., 2004).

A fração protéica da forragem ligada ao FDA (NIDA) variou de 1,31 (agosto) a 2,31 (junho) representando 26,62 e 36,25% da proteína bruta da forragem respectivamente. O CNCPS considera esta fração ("C"), como sendo não degradável e não digestível sendo quimicamente correspondente ao N ligado à lignina e aos compostos de *Maillard*.

Os valores da fração "C" obtidos neste trabalho aproximaram-se da PB não degradável obtida nos testes de digestibilidade *in situ* (Capítulo 4 – Experimento III) aplicando-se o modelo de Orskov (1980) que variou de (20,3 a 32,2 %) da PB.

Tabela 3.7. Composição química em base de matéria seca, nutrientes digestíveis totais (NDT) e carboidratos não fibrosos (CNF) da forragem, colhida durante os meses de junho a novembro de 2002.

	Meses					
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
MS (%)	31,27	33,18	35,19	32,78	26,57	26,70
Proteína Bruta (%)	6,38	5,00	4,93	5,37	6,41	6,64
Extrato Etéreo (%)	2,58	2,14	2,09	1,89	2,26	2,34
Cinzas (%)	6,95	4,36	4,73	5,97	5,75	5,04
Fibra Detergente Neutro (%)	78,30	82,31	80,13	80,75	80,11	79,77
Fibra Detergente Ácido (%)	42,27	46,42	43,92	45,86	42,14	42,78
NIDN ¹ (%)	0,41	0,37	0,34	0,39	0,47	0,40
NIDA ² (%)	0,37	0,28	0,21	0,24	0,31	0,28
Prot. ligada ao FDA ³ (%)	2,31	1,75	1,31	1,50	1,93	1,75
Prot. ligada ao FDA(% da PB)	36,25	35,00	26,62	27,93	30,22	26,35
Lignina	5,45	5,95	5,60	6,06	4,89	4,95
FDNep	75,74	80,00	78,00	78,31	77,06	77,27
CNF ⁴ (%)	8,35	8,50	10,25	8,46	8,52	6,31
NDT ⁵ (%)	51,78	52,71	52,40	51,78	52,43	50,04

¹ NIDN = Nitrogênio insolúvel em detergente neutro;

² NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido;

³ Prot. ligada ao FDA = NIDA x 6,25;

⁴ CNF = 100 - (%FDNep + %PB + % EE + % Cinzas) (Weiss, 1999);

⁵ NDT= PBD + CNFD + FDND + (EED x 2,25) (Weiss, 1999).

Tabela 3.8. Consumo estimado de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), proteína degradável no rúmen (PDR), proteína não degradável no rúmen (PNDR), proteína endógena (PE) e proteína metabolizável (PM), conforme metodologia proposta pelo NRC (1996)¹.

Consumo	Tratamentos			
	C	P30	P40	P50
MS (g/dia)	6310 ^c	7970 ^a	7600 ^{ab}	7340 ^b
PB (g/dia)	365 ^b	545 ^a	561 ^a	585 ^a
NDT (g/dia)	2405	3065	2741	2675
PDR ² (g/dia)	328 ^c	474 ^b	487 ^a	505 ^a
PMR ³ (g/dia)	378 ^c	463 ^a	421 ^{ab}	412 ^b
Eficiência de síntese ⁴ (%)	115	98	86	82
PNDR ⁵ (g/dia)	143 ^a	166 ^a	166 ^a	168 ^a
PE ⁶ (g/dia)	75 ^b	94 ^a	90 ^a	87 ^a
PM da fração PNDR ⁷ (g/dia)	115	133	133	134
PM da fração PMR ⁸ (g/dia)	242	297	270	264
PM da fração PE ⁹ (g/dia)	30	38	36	35
PM total (g/dia)	387 ^b	468 ^a	439 ^a	433 ^a
Taxa de passagem=Kp (%/hora)	0,024	0,026	0,026	0,025
Taxa de degradação=Kd (%/hora)	0,035	0,041	0,04	0,039

^a Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P>0,05).

¹ Conforme NRC (1996);

² PDR = A + B [kd/(kd+kp)]; ³ PMR = NDT x 0,13.

⁴ Eficiência de síntese = (PMR/PDR) x 100;

⁵ PNDR = C + B [kp/(kd+kp)]; ⁶ PE = (1,9 x Consumo MS) x 6,25; ⁷ PM da fração PNDR = PNDR x 0,8;

⁸ PM da fração PMR = PMR x 0,64; ⁹ PM da fração PE = PE x 0,4.

Não houve diferenças na oferta de PNDR (P>0,05) entre os tratamentos que receberam

suplementos protéicos (P30, P40 e P50). Apesar de receber menor oferta de PNDR oriunda do

suplemento, os animais suplementados com P30 registraram maior consumo de forragem ($P<0,05$) quando comparados com P50, sendo esta suficiente para nivelar o aporte da PNDR entre os tratamentos.

O consumo diário de PM por tratamento está demonstrado na Tab. 3.8, e variou de 387 a 468g/animal. Como era esperado, foi observado maior consumo de PM ($P<0,05$) pelos animais que receberam suplementação (P30, P40 e P50), porém uma parcela significativa desta diferença foi devido ao aumento do consumo da forragem, promovido pela melhoria da digestibilidade desta.

De acordo com o NRC (1996), as exigências de PM são de 307g para manutenção e 157g para ganhos de 0,5kg/animal/dia totalizando 464g/dia para animais da raça Nelore com PV de 350kg. Os animais suplementados tiveram ganhos de peso de aproximadamente 0,4kg/dia, o que foi compatível com os consumos de PM observados neste estudo (média de 447g/dia).

Paulino et al. (2004), estudando exigências protéicas de zebuínos, observaram que a exigência líquida de proteína foi reduzida com o aumento do PV, enquanto a exigência de PM foi de 307,49g para manutenção e de 229,1g para ganhos de 1,0kg de peso metabólico/dia (peso vivo vazio).

A síntese de proteína microbiana no rúmen foi maior nos animais suplementados ($P<0,05$). Entre estes observou-se maior síntese em P30 quando comparado com P50 ($P<0,05$), porém ambos não se diferiram de P40 ($P>0,05$). Os dados de eficiência de síntese microbiana mostraram que o aproveitamento da PDR atingiu os níveis de 98, 86 e 82% em P30, P40 e P50 respectivamente.

Entretanto a estimativa da eficiência de síntese microbiana a partir da oferta de PDR permite questionar o uso da equação aplicada pelo NRC (1996) ($PMR=NDT \times 0,13$) para todas as forragens no nível I do modelo (dieta com mais de 40% de forragem), em função dos altos índices de aproveitamento registrados.

Pode-se incorrer em inúmeras falhas ao se estabelecer uma estimativa de síntese uniforme a partir da ingestão de NDT. A metodologia de

análise pelo sistema Weende pode ser um dos fatores a promover diferenças nos valores de NDT (Silva, 2001). Forragens de baixa digestibilidade levam a menores taxas de passagem, fazendo com que mais energia seja requerida na manutenção dos microrganismos, reduzindo conseqüentemente a eficiência de síntese de proteína microbiana (Russel et al., 1992).

3.4 CONCLUSÃO

A suplementação com proteínados elevou as concentrações de $N-NH_3$ no líquido ruminal para valores próximos dos níveis indicados para otimização da degradabilidade da forragem. Não houve efeitos da suplementação no pH e nas concentrações de AGV, sendo o consumo estimado de PM compatível com as exigências propostas pelo NRC (1996).

A síntese de PMR foi maior nos animais que receberam suplemento proteínados, observando superioridade do suplemento com 30% em relação ao suplemento com 50% de PB. A quantidade de PNDR consumida foi superior nos animais suplementados em relação ao controle, entretanto não se observou diferenças entre estes.

CAPÍTULO 4

Experimento III

Digestibilidade *in situ* e cinética das fases líquidas e das partículas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em bovinos de corte em pasto de baixo valor nutricional suplementados com proteína.

Digestion in situ and kinetics of liquid and particles phases of Brachiaria brizantha cv Marandu in beef steers grazing poor quality forage and supplemented with protein.

RESUMO

Foram estudados os efeitos da suplementação com proteinados em bovinos de corte mantidos em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, sobre a degradabilidade da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e das frações fibrosas. Avaliou-se a cinética da fase líquida e das partículas utilizando-se os indicadores Co-EDTA e fibra mordentada com Cr, respectivamente. Quatro bovinos Nelores com peso médio de 395 kg (\pm 9kg) foram preparados com fistulas permanentes no rúmen, para os estudos da degradabilidade e da cinética, e outros dois bovinos com fistulas esofagianas para a colheita de extrusas. Ofereceu-se 400g/cabeça/dia dos suplementos com 50, 40 e 30% de proteína bruta (PB) nos tratamentos P50, P40 e P30 respectivamente, enquanto no tratamento controle C, os animais não receberam suplementação protéica. Os animais foram mantidos em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, distribuídos em quatro piquetes com área de 1,0 ha. cada, sendo a oferta do suplemento e a retirada das sobras realizada diariamente. Apesar de não se observar mudanças na degradabilidade potencial (DP) ($P>0,05$), os animais suplementados (P50, P40, P30) promoveram aumentos ($P<0,05$) na degradabilidade efetiva (DE) da MS e da FDN, entretanto apenas os tratamentos P40 e P30 foram superiores ao C ($P<0,05$) na DE da PB. O comportamento das taxas de passagem das partículas sob a ação da suplementação protéica acompanhou os resultados apresentados para a DE da PB, ou seja, apesar de não observar diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos que receberam suplementação proteinada, apenas P40 e P30 causou incrementos ($P<0,05$) na velocidade de saída das partículas do rúmen em relação ao C. As taxas de passagem da fase líquida foram modificadas mediante a ação da suplementação protéica ($P<0,05$).

Palavras-chave: Cinética ruminal, digestibilidade, suplementação a pasto, taxas de passagem

ABSTRACT

It was studied the effects of protein supplementation on beef cattle grazing *Brachiaria brizantha* cv Marandu pastures, over the degradability of dry material (DM), of crude protein (CP) and of the fiber fractions. It was evaluated the kinetics of liquid and particle phases using Co-EDTA indicator and mordented fiber with Cr, respectively. Four Nellore steers on average weight of 395kg (\pm 9kg) were prepared with permanent fistulas in rumen, for the kinetics and degradability studies, and other two steers with throat fistulas for the collection of forage. It was offered 400g/head/day of supplements with 50, 40 and 30% of crude protein (CP) in the treatments P50, P40 and P30 respectively, and the control treatment (C) the animals did not received protein supplementation. The animals were kept in *Brachiaria brizantha* cv Marandu pasture, distributed in four areas with 1.0 ha, where the supplement offer and the left-over retrieval were held daily. Despite the fact it was not observed any changes on the potential degradability (PD) ($P>0,05$) on the effective degradability (ED) of the DM and of the NDF, however, only treatments P40 and P30 were superior than C ($P<0,05$) at ED and CP. The behavior of the passage particle rate under action of protein supplementation followed the results presented for ED and CD, or even though it was not observed differences ($P>0,05$) between the treatments that received protein supplementation, only P40 and P30 caused increments ($P<0,05$) on the rumen particle flow compared to C. The rate of ruminal liquid passage was modified under action of protein supplementation.

Key-words: Digestibility, protein supplementation, rates of passage, ruminal kinetics.

4.1 INTRODUÇÃO

A produção de carne bovina depende da ingestão de nutrientes digestíveis e metabolizáveis (Weiss, 1994). O conhecimento da digestibilidade é um fator primordial nas avaliações do valor nutricional dos alimentos consumidos pelos animais.

Níveis de desempenho desejados na produção de bovinos de corte mantidos em pastagens tropicais podem não ser atingidos quando a forragem apresenta baixos teores de proteína bruta (PB) e digestibilidade, o que geralmente ocorre durante a estação de seca na maior parte do Brasil tropical.

Suplementos proteínados têm sido intensamente utilizados durante este período nos sistemas de produção a pasto (Thiago, 1998). Estudos sobre este processo de suplementação têm demonstrado respostas positivas na melhoria da digestibilidade e do consumo (Hess et al., 1994, Oliveira et al., 2004a e b).

Os suplementos proteínados presentes no mercado brasileiro apresentam níveis de PB que variam de 20 a 50% da matéria seca (MS) e são formulados com o objetivo de suprir as necessidades de minerais e de proteína dos bovinos a pasto com ingestão diária de aproximadamente 0,1% do seu peso vivo (PV).

Em geral apresentam alta inclusão de uréia ou amiréia, as quais em função de sua elevada solubilidade, podem liberar quantidades excessivas de N-NH₃ (Cass et al., 1994), limitando a resposta microbiana e sua eficiência de síntese e degradação do alimento (Hennessy e Williamson, 1990, Song e Kennelly, 1990, Hess et al., 1994, Arelovich et al., 2000).

Apesar do N-NH₃ ser a forma preferida de N das bactérias que degradam fibras (Hungate, 1966 apud Song e Kennelly, 1990, Gorosito et al., 1985, Van Soest, 1994), dúvidas permanecem sobre as concentrações ótimas deste no líquido ruminal. Satter e Slyter (1974), indicaram concentrações de 2 a 5 mg/dL para otimizar o crescimento microbiano, Kang-Meznarich e Broderick (1980) de 3,3 a 8,5 mg/dL para a fermentação e Mehrez et al. (1977) de 19 a 23 mg/dL na otimização da digestão da forragem.

Havendo deficiência ou utilização ineficiente da proteína bruta (PB), a digestibilidade dos carboidratos pode diminuir (Russel et al., 1992). A oferta sincronizada de N e carboidratos, melhora a eficiência de síntese microbiana, a ingestão de alimento e o consumo de energia (Oldham, 1984).

A suplementação com proteínados pode melhorar o processo de fermentação ruminal (Hennessy et al., 1995), influenciando positivamente as taxas de passagem (Hess et al., 1994), e provocando um aumento no consumo de MS (Oliveira et al., 2004b).

O aumento da taxa de passagem poderia reduzir a digestibilidade total (Ellis et al., 1982), o que não seria interessante para animais consumindo forragens de baixa digestibilidade. No entanto a queda da digestibilidade pode ser compensada por um aumento na absorção de nutrientes (Russell et al., 1992).

Suplementos proteínados visam melhorar os processos fermentativos do rúmen, elevando as taxas de degradação das forragens e aumentando a eficiência de síntese e de absorção dos nutrientes.

O objetivo deste estudo é avaliar a cinética e a degradabilidade dos nutrientes no rúmen de bovinos em pasto com baixo valor nutricional, recebendo suplementação protéica.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Rancho Alegre, localizada em Campo Grande (Mato Grosso do Sul) em uma área de 4 hectares formada por *Brachiaria brizantha* cv Marandu entre 17 de junho a 7 de outubro de 2002. Durante o período experimental, registrou-se o seguinte volume de chuvas: junho (0mm), julho (91mm), agosto (34mm) setembro (44mm) e outubro (75mm).

Foram preparados quatro animais da raça nelore com peso vivo aproximado de 395 kg, canulados no rúmen para serem usados nas avaliações dos parâmetros ruminiais de degradabilidade e da cinética ruminal.

Foram utilizados quatro períodos de 28 dias, sendo 14 dias de adaptação e 14 dias de colheita (5 para digestibilidade, 5 para cinética e parâmetros ruminais, e 4 dias de intervalos entre colheitas).

Ofereceu-se 400g/cabeça/dia dos suplementos com 50, 40 e 30% de proteína bruta (PB) nos tratamentos P50, P40 e P30 respectivamente, enquanto no tratamento controle C, os animais não receberam suplementação protéica. A composição dos suplementos utilizados está apresentada na Tab. 4.1.

Os animais foram mantidos em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, distribuídos em quatro piquetes com área de 1,0 ha cada, sendo a oferta do suplemento e a retirada das sobras realizada diariamente. Dois animais com fistula de esôfago (Cook et al., 1958), foram utilizados nas colheitas de forragens, que foram realizadas com auxílio de sacolas de fundo telado para evitar acúmulo de saliva, e afiveladas por cintas ao pescoço e ao dorso dos animais.

As amostras mensais da forragem mastigada foram conservadas em isopor com gelo, e armazenadas em câmaras frias para análises químicas posteriores. Amostras compostas dos piquetes e animais fistulados foram formadas previamente (junho de 2002) para os ensaios de digestibilidade e para as análises químicas.

As amostras compostas utilizadas nos testes de digestibilidade *in situ* foram processadas em moinho do tipo Willey em peneira de 4mm, enquanto uma segunda porção foi processada em peneira de 2 mm para as análises químicas.

Utilizou-se sacos de náilon com porosidade de 50µm e 20 cm de altura por 10cm de largura (Forage Bags-Tectrigo®). Os sacos foram secos, pesados individualmente e numerados com caneta de tinta insolúvel. Aproximadamente 6g de amostra da forragem processada foram colocadas em cada saco.

Uma argola de metal com aproximadamente 2cm de diâmetro, foi colocada na extremidade aberta de cada saco, sendo o fechamento dos sacos realizado com elásticos de borracha

modelo 18 - Mercur®. Utilizou-se dois sacos (repetições) para as colheitas das primeiras 24 horas (0, 3, 6, 12, 18 e 24 horas) e 3 para as últimas colheitas (48, 72, 96 e 120 horas).

Os sacos foram amarrados em grupos de 2 ou 3 em uma corda de náilon com 5 âncoras de ferro (100g de peso cada). Antes da colocação no rúmen, os saquinhos foram mergulhados por um período de 10 minutos em um balde de água, sendo retirados 2 sacos após este período referentes ao tempo de “0” horas (fração solúvel).

Os sacos foram colocados no rúmen ao mesmo tempo, sendo retirados conforme seus horários de colheitas. Após a retirada, os sacos foram imersos novamente em balde com água antes de serem congelados em freezer a temperatura de -10°C.

Após o descongelamento dos sacos procedeu-se a lavagem em “máquina de lavar” da marca Brastemp®, antes de serem colocados em estufa ventilada a 55°C por 72 horas para a efetivação da secagem. Determinou-se as composições químicas das amostras originais e dos resíduos nos tempos (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120h).

Para a taxa de degradação aplicou-se o modelo não linear de Orskov (1980), até 120 horas (Craig et al., 1984) e ajustado conforme Sampaio (1988):

$$\text{Deg}(t) = A - B * e^{-ct} \text{ para } t > L$$

Onde: “A” corresponde a fração solúvel potencialmente degradável; “B” a fração potencialmente degradável sob a ação dos microrganismos, se não houvesse *lag-time* ou tempo de colonização (L) e “c” a taxa constante de degradação da fração “B”.

Nos cálculos da degradabilidade efetiva (DE), utilizou-se o modelo proposto por Orskov e McDonald (1979):

$$DE = S + ((B1 * c)/(c + kp))$$

Onde: “S” é a fração solúvel, “B1” a fração potencialmente degradável pela ação dos microrganismos e “kp” a taxa de passagem das partículas pelo rúmen.

As taxas de passagem das partículas de cada tratamento (C = 0,0242; P50 = 0,0253; P40 = 0,0260; P30 = 0,0261), foram calculadas

previamente neste mesmo trabalho e aplicadas na equação.

As taxas de passagem das fases líquida e sólida da digesta, foram estimadas pelos indicadores Co-EDTA (14,83% de Co) e fibra mordentada com cromo (Miles et al., 2001) respectivamente. Os animais permaneceram nos piquetes durante todo o período de colheitas, sendo recolhidos no curral apenas nos horários estabelecidos para as colheitas.

As amostras compostas de forragens foram mordentadas com cromo a base de 12% da MS de FDN, utilizando-se dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) conforme técnica descrita por Burns et al. (1994). Administrou-se 60g de fibra mordente por animal e período as 6h diretamente no rúmen através da cânula ruminal.

Fezes foram colhidas diretamente no reto com auxílio de sacos de plástico os quais foram

posteriormente identificados com etiquetas, antes de seus congelamentos a temperatura de -17°C . Os tempos de colheitas foram 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 48, 72, 96, 120h.

Foram infundidos diretamente no rúmen 200mL de uma solução aquecida a 37°C de Co-EDTA (20g de Co-EDTA + Água destilada em quantidade suficiente para 200mL), conforme recomendações de Uden et al. (1980), no mesmo horário da administração da fibra mordente.

As amostras de fezes foram descongeladas, secas em estufa ventilada a 55°C por 72 horas e processadas em moinho do tipo Willey em peneira de 2mm. Dosou-se o teor de Cr em espectrômetro de absorção atômica com chama da marca Perkin Elmer, modelo 5000 com controlador de gases no laboratório da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC).

Tabela 4.1. Composição centesimal dos suplementos protéicos utilizados no experimento.

Ingrediente (%)	Suplementos		
	P30	P40	P50
Milho	28,00	17,00	5,00
Farelo de soja	15,00	15,00	15,00
Uréia extrusada ¹	21,00	32,00	44,00
Fosfato bicálcico	10,00	10,00	10,00
Carbonato de cálcio	2,00	1,75	1,50
Enxofre ventilado	0,00	0,25	0,50
Núcleo Premix ²	4,00	4,00	4,00
Sal branco	20,00	20,00	20,00
Total	100,00	100,00	100,00

¹ Ureia extrusada: Níveis de garantia (100% equivalente protéico e 50% NDT);

² Núcleo Premix: Níveis de garantia pôr kg do produto (S=165g; Mg=120g; Zn=28000mg; Mn=9600mg; Fe=11000mg; Co=1000mg; I=800mg; Cu=12500mg; Se=125mg);

Amostras de líquido ruminal foram colhidas imediatamente antes (0 horas), e após a infusão da solução de Co nos seguintes tempos: 3, 6, 9, 12, 18 e 24 horas. O líquido ruminal foi filtrado em camadas duplas de gaze, retirando-se de cada horário e tratamento uma amostra de 100mL colocadas em potes de polietileno com tampas e identificados com etiquetas antes de seu armazenamento em câmara fria a -17°C .

As amostras de líquido ruminal foram mais tarde descongeladas e centrifugadas a 10.000g por 15 minutos (Sorvall RC-5B / Refrigerated

Superspeed Centrifuge / Du Pont Instruments[®]) a temperatura de 4°C . Procedeu-se a leitura de Co no sobrenadante em espectrofotômetro de absorção atômica no aparelho VARIAN[®] Spectr AA 220FS / Fast Sequential, conforme Cunniff, (1995).

As amostras originais da forragem e dos resíduos da digestibilidade nos diversos tempos foram secas em estufa ventilada a 55°C por 48 horas e processadas em moinho do tipo Willey em peneira de 2mm. Posteriormente procedeu-se as determinações dos teores de matéria seca (MS),

proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM), segundo AOAC International (Cuniff, 1995), além da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácida (FDA) conforme metodologia proposta por Robertson e Van Soest (1981).

Nas amostras originais da forragem e dos suplementos, determinou-se também os teores de extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), extrato não nitrogenado (ENN), cálcio e fósforo, segundo AOAC International (Cuniff, 1995) assim como os níveis de N insolúvel em detergente neutro (NIDN) e N insolúvel em detergente ácido (NIDA), conforme recomendação de Valadares Filho (2000).

Nos cálculos das taxas de passagem da fase líquida, os dados das concentrações de Co foram ajustados pelo modelo unicompartimental proposto por Colucci et al. (1990):

$$Y = A \times e^{-k \times t}$$

Onde:

Y = Concentração do indicador no líquido ruminal no tempo ("t");

A = Concentração do indicador no tempo zero;

k = taxa de passagem do indicador.

O modelo bicompartimental de Grovum e Williams (1973), descrito abaixo, foi aplicado nos ajustes das concentrações de Cr nas estimativas das taxas de passagem da fase sólida.

$$Y = A \times e^{-k1 \times (t - TT)} \times A \times e^{-k2 \times (t - TT)}$$

Onde:

Y = Concentração fecal do indicador no tempo ("t");

A é um parâmetro não definidos biologicamente;

"t" = Tempo da colheita;

"TT" = Tempo de trânsito ou estimativa do tempo para aparecimento do indicador nas fezes;

k1 = taxa de passagem ruminal;

k2 = taxa de passagem pós-ruminal.

O volume de fluido ruminal foi estimado pela relação entre a dose administrada de Co e a concentração de equilíbrio (no tempo zero do modelo), enquanto pela multiplicação do valor da taxa de passagem e do volume obteve-se o fluxo ruminal (Vásquez, 2002).

As estimativas dos tempos de retenção da fase sólida no rúmen (TRR) e no pós-rúmen (TRPOS)

foram obtidas pelas recíprocas das respectivas taxas de passagem (k1 e k2). O tempo de trânsito (TT) corresponde ao tempo percorrido até o aparecimento do indicador (Cr) nas fezes e finalmente o tempo de retenção médio (TRM) a somatória dos tempos TRR, TRPOS e TT (Vásquez, 2002).

Estimou-se o volume do fluido ruminal (VFR) pela relação entre a concentração de equilíbrio e a dose administrada de Co, o tempo de retenção (TRL) pela recíproca da taxa de passagem da fase líquida (kp). Calculou-se o fluxo de líquidos (FL) pela multiplicação entre VFR e kp e a taxa de reciclagem diária dividindo-se as 24 horas do dia pelo TRL (Colucci et al., 1990).

Os resultados obtidos foram submetidos à análises de variância em um delineamento quadrado latino com parcelas sub-divididas, onde os dados por parcelas (tratamentos = 4) e sub-parcelas (horários: 11 para taxa de passagem das partículas; 7 para taxa de passagem de líquidos; 9 para taxa de degradação) foram observados em cada animal (4).

O modelo matemático utilizado para análise de variância foi:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + D_j + P_k + H_l + L_{kj} + E_{ijkl}$$

onde:

Y_{ij} = variável observada no animal i e na dieta j;

μ = média geral;

A_i = efeito animal i;

D_j = efeito da dieta j;

P_k = efeito do período k;

H_l = efeito do horário l;

L_{kj} = ação do período k sobre a dieta j;

E_{ijkl} = erro aleatório.

Os parâmetros de digestibilidade e da cinética ruminal foram estimados pelo processo iterativo do algoritmo Marquadt, com os procedimentos de modelos não lineares do PROC NLIN do SAS... (1985).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos resultados encontrados nas análises da forragem, observou-se baixos níveis de proteína (PB média de 5,62%) associados a progressivos aumentos nos teores de fibra e de lignina no decorrer do experimento, assemelhando-se aos dados registrados em outros trabalhos (Thiago et

al., 1998, Oliveira et al. 2004b), durante o período de seca. A composição química da

forragem colhida durante os meses de junho a novembro de 2002, está apresentada na Tab. 4.2.

Tabela 4.2. Composição química em base de matéria seca, nutrientes digestíveis totais (NDT) e carboidratos não fibrosos (CNF) da forragem, colhida durante os meses de junho a novembro de 2002.

	Meses				
	Junho ⁵	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
MS (%)	31,27	33,18	35,19	32,78	26,57
Proteína Bruta (%)	6,38	5,00	4,93	5,37	6,41
Extrato Etéreo (%)	2,58	2,14	2,09	1,89	2,26
Fibra Bruta (%)	35,33	40,65	38,47	39,64	33,39
Extr. Não Nitrogenado (%)	49,11	47,91	49,33	47,98	54,39
Cinzas (%)	6,95	4,36	4,73	5,97	5,75
Fibra Detergente Neutro (%)	78,30	82,31	80,13	80,75	80,11
Fibra Detergente Ácido (%)	42,27	46,42	43,92	45,86	42,14
NIDN ¹ (%)	0,41	0,37	0,34	0,39	0,47
NIDA ² (%)	0,37	0,28	0,21	0,24	0,31
FDNcp	75,74	80,00	78,00	78,31	77,06
Celulose (%)	35,44	40,13	38,37	39,32	36,65
Hemicelulose (%)	37,03	35,89	36,24	34,89	37,97
Lignina (%)	5,45	5,95	5,60	6,06	4,89
CNF ³	8,35	8,50	10,25	8,46	8,52
Cálcio (%)	0,39	0,37	0,40	0,39	0,36
Fósforo (%)	0,16	0,11	0,11	0,09	0,13
NDT ⁴ (%)	51,78	52,71	52,40	51,78	52,43

¹ NIDN = Nitrogênio insolúvel em detergente neutro;

² NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido;

³ CNF = $100 - (\%FDNcp + \%PB + \%EE + \%Cinzas)$ (Weiss, 1999);

⁴ NDT = $PBD + CNFD + FDND + (EED \times 2,25)$ (Weiss, 1999).

⁵ Amostra utilizada nos testes de digestibilidade *in situ*.

Não houve diferenças na degradabilidade potencial da MS, PB e FDN ($P > 0,05$) da forragem entre os tratamentos sem (C) ou com suplementação protéica (P30, P40 e P50), o mesmo acontecendo na degradabilidade potencial entre os animais suplementados. Os valores médios obtidos nos ensaios de digestibilidade *in situ*, estão apresentados na Tab. 4.3 (MS e PB) e na Tab. 4 (FDN e FDA).

Martim e Hibberd (1990), avaliando a suplementação de novilhos submetidos a pastagens de baixo valor nutricional, não observaram aumentos na digestibilidade da matéria orgânica quando ofertaram de 1 a 3 kg de casca de soja por animal/dia, entretanto à medida que a casca de soja fora sendo substituída por farelo de algodão, observaram incrementos lineares na digestibilidade.

A degradabilidade efetiva (DE) da MS foi superior ($P < 0,05$) nos tratamentos que

receberam suplementação protéica (P30, P40 e P50) em relação ao controle. Os valores da DE da MS variaram de 48,97% em P30 à 36,85% em C. A DE da PB foi maior ($P < 0,05$) nos tratamentos P30 e P40 quando comparados ao C, no entanto não se notou diferenças ($P > 0,05$) entre o tratamento P50 e o tratamento controle.

A suplementação protéica com blocos contendo uréia, melação e minerais (Urea Molasses Mineral Block) em bovinos a pasto promoveu aumentos na digestibilidade da matéria orgânica e da PB, nos trabalhos de Toppo et al. (1997).

Petit e Flipot (1992), compararam o uso de farinha de peixe e/ou uréia nas suplementações protéicas de novilhos Hereford e não observaram diferenças nas digestibilidades da MS, da FDN e da FDA entre os diversos tratamentos. Entretanto a digestibilidade da PB fora maior nos animais suplementados, o mesmo observado por Steen e Moore (1989).

Tabela 4.3. Valores médios obtidos da degradabilidade potencial (DP), da degradabilidade efetiva (DE) e da taxa de degradação (c), da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB) da *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Tratamento	MS			
	Parâmetros da digestibilidade <i>in situ</i>			
	DE (%) ¹	c (/h)	DP (%)	R ²
P30	48,97 ^a	0,034 ^a	87,13 ^a	93,55
P40	45,97 ^a	0,033 ^a	83,74 ^a	92,47
P50	42,19 ^a	0,036 ^a	76,85 ^a	94,54
C	36,85 ^b	0,029 ^a	67,74 ^a	93,96

Tratamento	PB			
	Parâmetros da digestibilidade <i>in situ</i>			
	DE (%) ¹	c (/h)	DP (%)	R ²
P30	43,72 ^a	0,041 ^a	79,72 ^a	78,87
P40	41,44 ^a	0,040 ^a	77,86 ^a	71,74
P50	36,35 ^{ab}	0,039 ^a	72,43 ^a	82,89
C	33,23 ^b	0,035 ^a	64,20 ^a	81,42

^a Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste SNK ($P > 0,05$).

¹ Valores calculados aplicando-se as taxas de passagens de partículas obtidas pelo modelo de Grovum e Williams (1973).

O uso de suplementos múltiplos promoveu aumentos na DE, mas não modificou a DP da MS de diversas forragens incubadas no rúmen de novilhos de corte (Oliveira et al., 2004a), coincidindo com os resultados obtidos neste trabalho, no qual a DE do tratamento C (36,85%) fora inferior ($P > 0,05$) aos tratamentos que receberam suplementação protéica (P30= 48,97%, P40= 45,97% e P50= 42,19%).

Os baixos teores de proteína e o alto grau de lignificação podem limitar a digestibilidade das forragens. Apesar de não se ter observado diferenças na DP da MS e da PB, a suplementação nitrogenada mostrou-se necessária para se obter aumentos na DE, confirmando que a deficiência em N pode limitar a ação dos microrganismos do rúmen (Russell et al. 1992, Beauty, 1994, Tedeschi et al., 2000).

O coeficiente de regressão (R^2) da digestibilidade *in situ* da PB obtidos pelo modelo utilizado, foram inferiores aos R^2 obtidos para a MS e frações fibrosas (FDN e FDA). Nenhum procedimento de correção para contaminação da proteína microbiana fora realizado, assumindo-se, portanto que este fora semelhante entre os tratamentos, o que deve ter sido um dos motivos para os menores valores de R^2 obtidos.

As respostas da DP e da DE da PB foi similar às observadas para a MS. O N total (PB/6,25) médio da forragem durante o período experimental foi de 0,90, enquanto o N indigestível (NIDA) médio para o período foi de 0,28, ou seja, de acordo com as análises químicas, aproximadamente 31,1% do N da forragem não estaria susceptível a degradabilidade.

A degradabilidade potencial (DP) da FDN foi semelhante ente os tratamentos ($P > 0,05$), oscilando de 54,87 (C) a 64,90 (P30), enquanto que a degradabilidade efetiva (DE) sofreu um incremento com a suplementação protéica ($P < 0,05$), passando de 22,06 (C) para 30,05 (P30). Estes valores foram diferentes dos resultados observados por Oliveira et al. (2004a) que variaram de 71,88 a 76,10 para a DP e de 38,16 a 40,01 para DE, ao suplementarem novilhos com misturas múltiplas contendo milho e uréia.

Novilhos de corte em pastagem com menos de 6%de PB e suplementados com 22 ou 43% de PB ao nível de 600g/cabeça/dia, reduziram o tempo de degradação da FDN em 18%. A taxa de degradação da FDN foi maior para os animais que receberam farelo de algodão (43% PB), daqueles que receberam uma mistura de

farelo de algodão com milho (22% de PB), entretanto ambas foram superiores ao tratamento não suplementado (Freeman et al. 1992).

Sanson et al. (1990), relataram redução na digestibilidade da FDN, à medida que se aumentou o nível de inclusão de milho (20 para 40%) nos suplementos testados, da mesma forma relatado por DelCurto et al. (1990) quando suplementaram novilhos em pastagens de baixa qualidade.

Não se observou diferenças nas digestibilidades da FDN ($P>0,05$), entre os animais que receberam suplementação protéica (P30, P40 e P50), apesar das diferentes inclusões de milho

nos suplementos (28, 17 e 5% respectivamente), o que pode ter sido causado pelos baixos níveis de suplementação ou a uma possível associação favorável entre as fontes de N e carboidratos nesta situação.

A adição de carboidratos de rápida disponibilidade promove um aumento na oferta de energia que pode ser aproveitada pelas bactérias celulolíticas (Bryant, 1973 apud Hess et al., 1994). Nestas situações pode ocorrer uma competição entre os microrganismos pelo N-NH₃ disponível, o que explicou a redução na digestibilidade da FDN encontradas nos trabalhos de Judkins et al. (1991) e Hess et al. (1994).

Tabela 4.4. Valores médios obtidos da degradação potencial (DP), da degradação efetiva (DE) e da taxa de degradação (c), das frações fibrosas (FDN e FDA) da *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Tratamento	FDN			
	Parâmetros da digestibilidade <i>in situ</i>			
	DE (%) ¹	c (/h)	DP (%)	R ²
P30	30,05 ^a	0,033 ^a	64,90 ^a	92,60
P40	29,37 ^a	0,032 ^a	64,69 ^a	90,90
P50	27,00 ^a	0,029 ^a	61,50 ^a	94,70
C	22,06 ^b	0,027 ^a	54,87 ^a	95,30

Tratamento	FDA			
	Parâmetros da digestibilidade <i>in situ</i>			
	DE (%) ¹	c (/h)	DP (%)	R ²
P30	16,75 ^a	0,028 ^a	38,69 ^a	94,60
P40	14,82 ^a	0,026 ^a	36,50 ^a	92,80
P50	13,95 ^a	0,025 ^a	34,20 ^a	89,50
C	12,19 ^a	0,025 ^a	30,70 ^a	93,60

^a Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

¹ Aplicando-se as taxas de passagens de partículas obtidas pelo modelo de Grovum e Williams (1973).

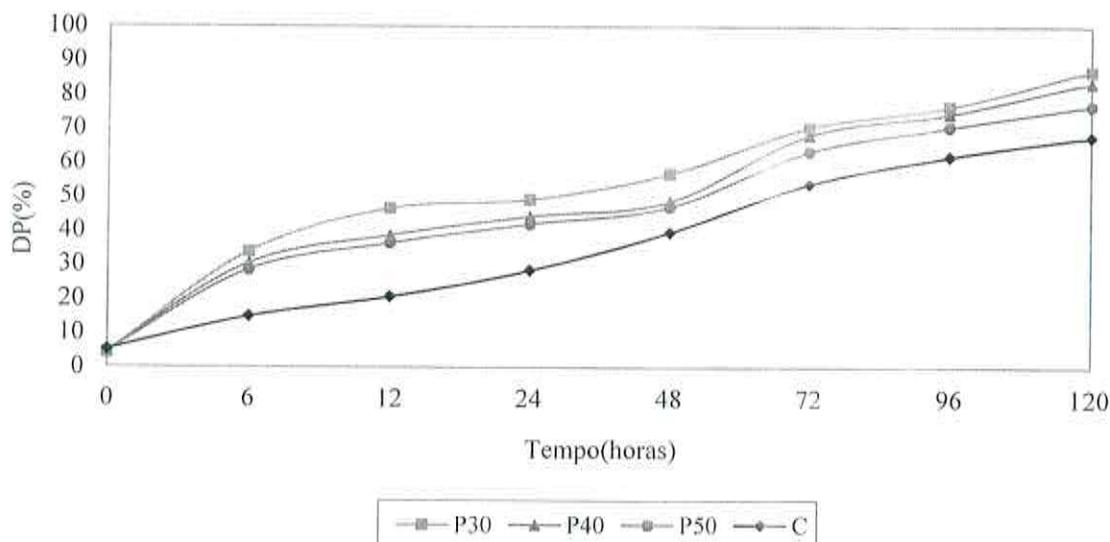
Os suplementos utilizados por estes autores, continham teores de PB entre 20 e 40% e foram oferecidos de 0,26 a 0,52% do peso vivo. Entretanto, apenas em um tratamento houve inclusão de uréia sendo no restante utilizadas fontes de proteína verdadeira como o farelo de algodão, o glúten de milho e o farelo de soja.

Freeman et al. (1992) sugeriram que a digestibilidade da fibra pode sofrer maior influencia da fonte de proteína do que do teor protéico dos suplementos. Discordando deste ponto de vista Hess et al. (1994), observaram mudanças na digestibilidade da fibra quando

variaram níveis de carboidratos solúveis dos suplementos, não observando os mesmos efeitos quanto às fontes de proteínas.

Estudos sobre as taxas de degradação da *Brachiaria brizantha* durante o período de seca são relativamente escassos, entretanto Oliveira et al. (2004a) encontraram valores de 0,0234 a 0,0300 %h para a MS e de 0,0113 a 0,0313 para a PB. Freeman et al. (1992), relataram valores de "c" entre 0,026 a 0,032 %h para a FDN, semelhantes aos relatados por Hess et al. (1994) que foi de 0,024 a 0,032 %h e aos obtidos neste trabalho (0,027 a 0,0335h)

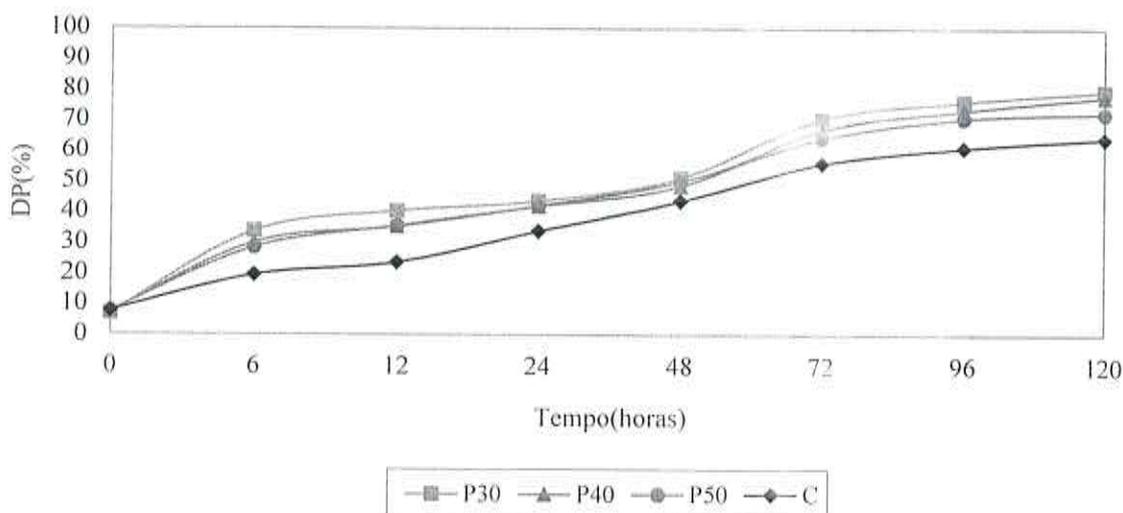
Fig.4.1 Desaparecimento da matéria seca da *Brachiaria brizantha* cv Marandu nos diversos tempos de incubação *in situ*.



As curvas de desaparecimento da MS e da PB, mostradas nas Fig. 4.1 e 4.2 respectivamente, apresentaram resposta similar. Maiores diferenças no gráfico são observadas no intervalo de 0 a 48 horas. Os tecidos das células vegetais de melhor valor nutricional ou de

menor resistência (parênquimas) citados por Alves de Brito et al. (1999) podem ser mais facilmente atacados pelas bactérias celulolíticas quando há disponibilidade imediata de N, conseqüentemente promovendo um rápido desaparecimento (consumo) do material.

Fig.4.2 Desaparecimento da proteína bruta (PB) da *Brachiaria brizantha* cv Marandu nos diversos tempos de incubação *in situ*.



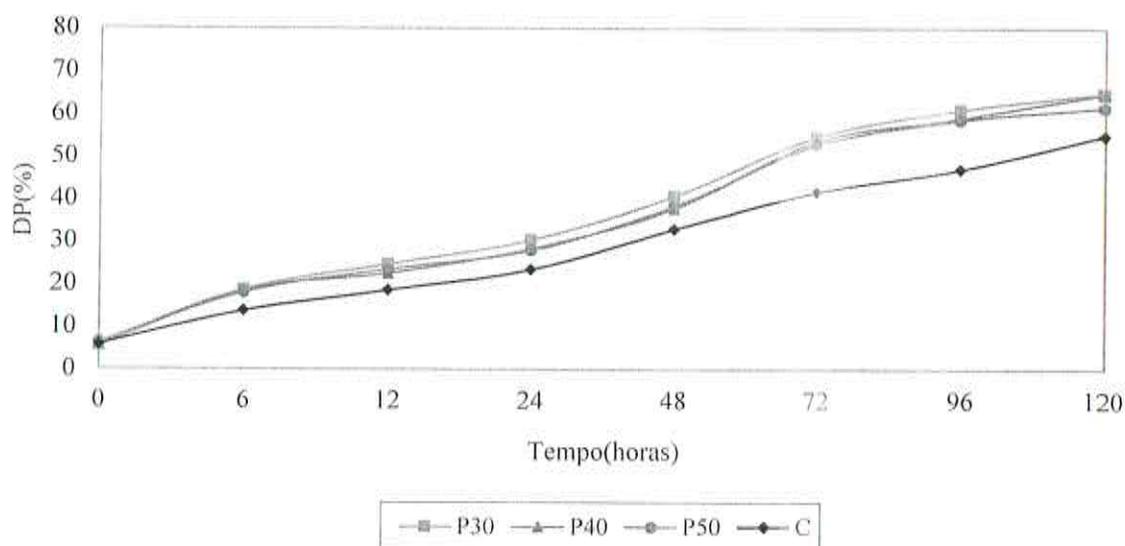
Em contrapartida os tecidos mais lignificados e de difícil acesso (xilema, bainhas esclerenquimáticas), passam a sofrer ação contínua dos movimentos ruminais e do ataque microbiano, em função da prolongada

permanência dos sacos no rúmen. Este processo induzido pela técnica da digestibilidade usada permite que a DP dos tratamentos aproximem-se entre si, como observado neste trabalho e por

outros autores (Freeman et al., 1992, Hess et al.,

1994, Oliveira et al., 2004a).

Fig.4.3 Desaparecimento da fibra em detergente neutro (FDN) da *Brachiaria brizantha* cv Marandu nos diversos tempos de incubação *in situ*.



Os parâmetros encontrados da cinética da fase sólida (taxas de passagem e tempos de retenção), estão apresentados na Tab. 4.5. Os valores de k_1 (passagem no rúmen) variaram de 0,0243/h em C a 0,0264/h em P30. Não foram observadas diferenças ($P < 0,05$) para k_1 entre os tratamentos que receberam proteína, porém os animais que receberam suplementos protéicos com maiores níveis de carboidratos solúveis (P30 e P40) apresentaram k_1 superior ao tratamento não suplementado.

Estudando o comportamento da cinética ruminal mediante a suplementação protéica com farelo de soja em novilhos a pasto Krysl et al. (1989), relataram taxas de passagem de partículas de 0,031/h (controle sem suplementação) a 0,034/h (suplementados), enquanto Freeman et al. (1992), relataram valores de 0,022/h (controle) a 0,025/h (suplementado).

Caton et al. (1988) relataram aumentos nas taxas de passagem da fração sólida em novilhos de corte suplementados com farelo de algodão em relação aos não suplementados. A taxa de fermentação é uma propriedade do alimento, no entanto a intensidade de degradação apresenta

direta relação com a passagem e o consumo (Russel et al., 1992).

Importante lembrar que taxas de passagens maiores não necessariamente significam maior degradabilidade, entretanto podem proporcionar maiores aporte de nutrientes pós-rúmen e conseqüentemente melhores desempenhos, sendo este uma das propostas da suplementação proteinada.

O tempo médio de retenção foi maior nos tratamentos C e P50 ($P < 0,05$) em relação aos tratamentos P30 e P40. Os valores obtidos neste trabalho assemelham-se aos relatados por Freeman et al. (1992), que variaram de 69,0 horas (suplementados com proteína) a 78,9 horas (não suplementados); porém são superiores aos encontrados por Krysl et al (1989) (média de 52h42').

McCollum e Gulyean (1985), relataram aumentos nas taxas de passagem e redução nos tempos de retenção das partículas em novilhos de corte recebendo feno de capim nativo e suplementados com farelo de algodão em relação aos novilhos não suplementados. Hess et al. (1994), observaram resposta semelhante

para as taxas de passagem e tempo de retenção em novilhos suplementados, enquanto Barton et al. (1992) reportaram que a suplementação protéica não alterou a dinâmica das partículas pelo trato gastro intestinal.

Empiricamente ao se considerar um mesmo alimento, a fração mais lignificada da fibra

(menos digestível) apresentaria taxas de passagem superiores saindo mais rapidamente do rúmen que as frações mais digestíveis (Tamminga et al., 1989). Este fato vem valorizar a suplementação protéica, já que a maior permanência das frações fibrosas potencialmente degradáveis seriam beneficiadas pelo aporte de N.

Tabela 4.5. Valores obtidos para os parâmetros¹ da cinética das partículas pelo trato gastro intestinal de bovinos Nelore em *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Parâmetros	Tratamentos			
	C	P50	P40	P30
Taxa de passagem no rúmen (/h)	0,0243 ^b	0,0254 ^{ab}	0,0260 ^a	0,0264 ^a
Taxa de passagem pós ruminal (/h)	0,0368 ^a	0,0341 ^a	0,0393 ^a	0,0387 ^a
Tempo de trânsito (h)	12h26' ^a	11h32' ^a	10h25' ^a	11h57' ^a
Tempo de retenção no rúmen (h)	41h9' ^a	39h22' ^a	38h28' ^{ab}	37h53' ^b
Tempo de retenção pós ruminal (h)	27h10' ^{ab}	29h20' ^a	25h26' ^b	25h50' ^b
Tempo médio de retenção (h)	80h45' ^a	80h14' ^a	74h19' ^b	75h40' ^b
R ²	82,67	84,74	78,95	83,99

^a Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P>0,05).

¹ Valores calculados pelo modelo de Grovum e Williams (1973).

A suplementação com proteinados promoveu mudanças na cinética da fase líquida, conforme dados demonstrados na Tab. 4.6. A taxa de passagem encontrada em P30 (kp=0,099) foi 12,5% maior (P>0,05) que em C (kp=0,088), sendo a média de kp dos animais suplementados (0,095) 11,4% superior (P>0,05) ao dos animais não suplementados (C).

Este tipo de resposta foi também observado por Freeman et al. (1992) e Hess et al. (1994), que

relataram valores de kp de 7,7% para animais não suplementados com proteína, enquanto animais suplementados tiveram incremento na kp que variou de 8,3 a 8,6%. Em contrapartida Krysl et al. (1989) não observaram efeitos da suplementação protéica, encontrando valores de 9,7% para o tratamento sem adição protéica e de 10,4% para o tratamento com adição de farelo de soja.

Tabela 4.6. Valores obtidos para os parâmetros¹ da cinética da fase líquida da digesta pelo trato gastro intestinal de bovinos Nelore em *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Parâmetros	Tratamentos			
	C	P50	P40	P30
Volume (l)	54,790 ^a	55,043 ^a	54,986 ^a	54,678 ^a
Taxa de passagem (kp) (/h)	0,085 ^b	0,093 ^a	0,092 ^a	0,099 ^a
Tempo de retenção no rúmen (h)	11h46' ^a	10h45' ^{ab}	10h52' ^{ab}	10h6' ^b
Fluxo de líquidos (l/h)	4h 40' ^b	5h7' ^a	5h,3' ^{ab}	5h25' ^a
Taxa de reciclagem diária (ciclos/dia)	2,040	2,232	2,208	2,376

^a Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P>0,05).

¹ Valores calculados pelo modelo dColucci et al. (1990).

Vásquez (2002) não observou efeitos da suplementação energética para bovinos a pasto durante o verão, encontrando valores médios de kp de 13,4%. Apesar dos inconsistentes resultados, aparentemente os maiores valores de kp relatados pelos autores acima tenderam a

semelhança estatística (Krysl et al., 1989, Vásquez et al., 2002), enquanto o inverso ocorreu para menores valores de kp (Freeman et al., 1992, Hess et al., 1994).

Em uma revisão sobre a cinética da fase líquida Estell e Galyean (1985), reportaram que a redução da energia metabolizável da forragem poderia aumentar a kp como um reflexo direto do aumento no consumo, em adição a isso Adams et al. (1987) apud Hess et al. (1994), encontraram queda na kp à medida que a forragem foi perdendo valor nutricional.

Caton et al (1988) observaram aumentos nas taxas de passagem e de reciclagem dos líquidos com a suplementação protéica. Segundo Adams e Kartchner (1984), o aumento no consumo de MS promovido pela suplementação proteinada, foi responsável pela elevação do kp que obtiveram.

Os resultados de kp obtidos neste trabalho, parecem ter sofrido ação do aumento do consumo (**Capítulo 2 – Experimento I**), corroborando a afirmativa de Adams e Kartchner (1984). Importante ressaltar que as partículas que deixam o rúmen, através do orifício reticulo-omasal, encontram-se em suspensão (Poppi et al., 1980), ajudando a esclarecer as respostas semelhantes obtidas para os parâmetros das fases líquidas e sólidas deste trabalho.

4.4 CONCLUSÃO

A suplementação protéica promoveu aumento na DE da MS, da PB e da FDN, apesar de não ter alterado a DP. Houve aumento na taxa de passagem dos líquidos nos animais suplementados com proteína, sendo que a taxa de passagem de partículas foi maior nos animais que receberam suplementos com 30 e 40% de PB em relação ao animais que receberam suplemento com 50% de PB e o controle.

A suplementação protéica otimizou respostas da cinética ruminal de bovinos de corte mantidos em *Brachiaria brizantha* cv Marandu na época seca do ano.

CAPÍTULO 5

Experimento IV

Estimativas de consumo e excreção fecal calculadas pelo Óxido Crômico ou pela LIPE[®] (lignina extraída e purificada de *Eucalipto grandis*)

Estimative of intake and fecal output from chromium oxide or LIPE[®] calculated (isolated and purified lignin from Eucalipto grandis).

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar os indicadores externos: LIPE[®] (lignina extraída e purificada do *Eucalipto grandis*) e óxido crômico (OC) nas estimativas de excreção fecal e de consumo de bovinos em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Foram preparados dois bovinos com fistulas esofagianas para a colheita de extrusas. Doze animais foram utilizados em um delineamento em blocos ao acaso em um esquema fatorial 2 x 2 (2 indicadores e 2 tempos de adaptação). Foram utilizados 3 dias para os tratamentos de curta adaptação com LIPE[®] (LIPEC) ou com OC (OCC) e 7 dias para os tratamentos de longa adaptação com LIPE[®] (LIPEL) ou com OC (OCL). Estimou-se a produção fecal com o indicador OC pela razão entre a quantidade do indicador administrado ao animal e sua concentração nas fezes sendo o consumo obtido pela razão entre a produção fecal e o inverso da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Prigge et al., 1981). A leitura das concentrações de LIPE[®] foram realizadas por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier conforme Sarkanen e Ludwig (1971) e a produção fecal foi calculada pela razão logarítmica das bandas espectrais entre os comprimentos de onda λ_1 (1050nm) e λ_2 (1650 nm) (Saliba et al., 2003). O consumo estimado de matéria seca foi de 2,12%, 2,09%, 2,16% e de 2,10% do peso vivo para os tratamentos OCC, LIPEC, OCL e LIPEL respectivamente, não se observando diferenças entre os mesmos ($P>0,05$).

Palavras-chave: Excreção fecal, indicadores, lignina, LIPE[®], óxido crômico.

ABSTRACT

The aim of this work was evaluate external markers: LIPE[®] (isolated and purified lignin from *Eucalipto grandis*) and chromium oxide (OC) on fecal output an intake of steers grazing *Brachiaria brizantha* cv Marandu. Two steers were prepared with throat fistulas for the collection of forage. Twelve animals in a block casualized delinement in a factorial 2 x 2 (2 markers and 2 adaptation times). In the rapid adaptation was used two days with LIPE[®] (LIPEL) or with OC (OCL) and seven days in slow adaptation LIPE[®] (LIPEL) or with OC (OCL). The output fecal was estimated with OC from the ratio of the marker offered and fecal concentration and the intake obtained from the ratio of output fecal and the inverse of *in vitro* dry material digestibility (Prigge et al., 1981). The LIPE[®] concentration was made in an infrared spectroscopy with Fourier transformed (Sarkanen and Ludwig, 1971) and the output fecal was calculated from the logarithm ratio of spectra's bands between λ_1 (1050nm) e λ_2 (1650 nm) (Saliba et al., 2003). The intake of dry material estimated was 2,12%, 2,09%, 2,16% and 2,10% of live weight to the OCC, LIPEC, OCL and LIPEL treatments respectively, and no differences were observed within them ($P>0,05$).

Key words: Output fecal, markers, lignin, LIPE[®], chromium oxide.

5.1 INTRODUÇÃO

Indicadores são substâncias rotineiramente utilizadas na monitoração dos aspectos químicos (hidrólise e síntese) e físicos (fluxos) da digestão. Conhecendo-se a recuperação fecal de um indicador, é possível calcular o consumo de alimentos a partir da produção de fezes, enquanto que o fluxo pode ser estimado utilizando-se animais fistulados (Owens e Hanson, 1992).

Estimativas de consumo de bovinos a pasto por meio de colheita total de fezes apresenta diversas desvantagens (sub-estimativas por inibição do consumo, perdas de fezes, etc.) além de ser extremamente trabalhosa. Pode-se estimar o consumo, utilizando-se equações de regressão que levam em consideração a composição e a digestibilidade da forragem, no entanto apresentam alta variabilidade, além de difícil aplicação (Aroeira, 1997).

Conforme Van Soest (1994) vários indicadores têm sido aplicados na estimativa indireta de produção fecal, tais como a cortiça, o sulfeto de prata, o óxido férrico, o itérbio, a fibra detergente ácido indigestível, o óxido crômico e alguns elementos denominados "terras raras".

De acordo com Titgemeyer (1997), o óxido crômico fora o indicador mais utilizado nos trabalhos publicados entre 1986 e 1995, no *Journal of Animal Science*. O cromo na forma insolúvel e estável como no Cr_2O_3 , atravessa o trato digestivo sem reagir ou sofrer absorção, sendo totalmente recuperado nas fezes.

Prigge et al. (1981), avaliando o uso de marcadores externos em vacas confinadas, ofereceram diariamente 10g de Cr_2O_3 divididas em duas doses de 5g, e 400mg de $YbCl_3$ hidratado em uma única dose. Utilizaram doze dias como período experimental, sendo cinco dias para adaptação e sete para colheita de fezes, e concluíram que estes haviam sido suficientes para determinação do consumo, quando comparados com as medidas diretas.

Dettman (2001), comparou o uso de cromo na forma de óxido crômico em uma ou duas doses diárias, e na forma mordentada, concluindo que a oferta de óxido crômico uma vez ao dia

forneceu o valor de excreção fecal mais coerente para estimação do mesmo.

Saliba et al (1999a e 2001), estudaram a lignina de palha moída do resíduo de milho, caracterizando-a química e ultraestruturalmente e pesquisaram seu fornecimento diariamente em cápsulas de gelatina, comparando-a com outros indicadores externos (óxido crômico, cloreto de itérbio) e internos (metoxila, fibra detergente ácido indigestível e lignina Klason) concluindo que a lignina isolada poderia ser uma boa opção de indicador de digestibilidade.

A lignina de madeira moída extraída do *Eucalyptus grandis* apresenta-se de forma mais rígida e condensada, possuindo fórmula mínima $C_9H_7,9O_2,73(OCH_3)1,5$ e peso molecular 206 (Morais, 1992 apud Saliba et al., 2001). Estudo da LIPE[®] como indicador externo, mostrou não haver diferenças nas estimativas de excreção fecal quando comparadas com a colheita total em coelhos (Saliba et al., 2003).

Este trabalho teve como objetivo comparar as estimativas de consumo e de excreção fecal a partir do óxido crômico e da LIPE[®] em bovinos a pasto.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Rancho Alegre, Campo Grande - MS, no período de 10 de março a 9 de abril de 2003, e implantado em área de 12 hectares formada de *Brachiaria brizantha* cv Marandu. Usaram-se doze animais machos Nelore com aproximadamente 18 meses de idade e com peso vivo médio de 346,3 kg.

Dois animais com fistula de esôfago (Cook et al., 1958), foram utilizados nas colheitas de forragens, que foram realizadas com auxílio de sacolas de fundo telado para evitar acúmulo de saliva, e afiveladas por cintas ao pescoço e ao dorso dos animais.

Amostras semanais da forragem foram colhidas, imediatamente conservadas em isopor com gelo antes de serem armazenadas em câmaras frias a $-17^\circ C$. Posteriormente procedeu-se a secagem das amostras em estufa ventilada a $55^\circ C$ por 72

horas, sendo formadas amostras compostas com base em seu peso seco.

Cápsulas contendo 0,5g de LIPE® e sacos de papel contendo 10g de óxido crômico (OC) foram preparados previamente em quantidade suficiente no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

Os indicadores foram administrados diariamente às 15 horas em dose única, com o auxílio de uma sonda esofágica diretamente no rúmen dos animais. Durante todo o período de administração dos indicadores, realizaram-se colheitas de fezes diretamente na ampola retal em sacolas de plástico identificadas com etiquetas.

As amostras de fezes foram descongeladas, secas em estufa ventilada a 55°C por 72 horas e processadas em moinho do tipo Willey em peneira de 1mm. Dosou-se o teor de Cr em espectrômetro de absorção atômica da marca Perkin Elmer, modelo 5000 com controlador de gases no laboratório da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), conforme Williams et al. (1962),

O delineamento experimental foi em blocos (animais) ao acaso em um esquema fatorial 2 x 2 (2 indicadores e 2 tempos de adaptação). Foram utilizados 3 dias para os tratamentos de curta adaptação com LIPE® (LIPEC) ou com OC (OCC) e 7 dias para os tratamentos de longa adaptação com LIPE® (LIPEL) ou com OC (OCL).

O período de colheitas para efeito de estimativas de consumo e de excreção fecal foi de 5 dias (Prigge et al., 1981), respeitando-se os tempos de adaptação determinados para cada tratamento, conforme esquema demonstrado na Tab. 5.1

Procedeu-se as determinações dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) na forragem segundo AOAC International (Cuniff, 1995), além da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácida (FDA) conforme metodologia proposta por Robertson e Van Soest (1981). A digestibilidade foi determinada pelo o método

da digestibilidade *in vitro* descrito por Tilley e Terry (1963).

Tabela 5.1 Esquema dos períodos de adaptação e colheita, de acordo com os tratamentos.

Curta Adaptação (OCC, LIPEC).		
	Adaptação	Colheita
Dias	1, 2 e 3.	4, 5, 6, 7 e 8.
Longa adaptação (OCL, LIPEL).		
	Adaptação	Colheita
Dias	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.	8, 9, 10, 11 e 12.

Parte das amostras de fezes moídas foram misturadas em KBr a 1%, a fim de se proceder a leitura das concentrações de LIPE®, as quais foram realizadas por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier conforme Sarkanen e Ludwig (1971). A produção fecal foi calculada pela razão logarítmica das bandas espectrais entre os comprimentos de onda λ_1 (1050nm) e λ_2 (1650 nm) (Saliba et al., 2003).

Estimou-se a produção fecal com o indicador OC pela razão entre a quantidade do indicador administrado ao animal e sua concentração nas fezes, conforme equação abaixo:

$$PF(\text{kg}/\text{dia}) = \frac{\text{Qde. do indicador aplicado}}{\text{Qde. do indicador nas fezes} / \text{g MS fecal}} \quad (\text{Saliba, 1998}).$$

O consumo foi obtido pela razão entre a produção fecal e o inverso da DIVMS, conforme a equação:

$$\text{Consumo}(\text{kg}/\text{dia}) = \frac{\text{Produção fecal (kg)}}{(1 - \text{DIVMS})}$$

(Prigge et al., 1981).

Os resultados foram submetidos a análise de variância, utilizando-se o programa SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV, 1995), sendo as diferenças entre os tratamentos comparadas pelo teste SNK em nível de 5% de probabilidade.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 5.2 e 5.3 estão apresentados os resultados de excreção fecal e de consumo estimados a partir dos indicadores LIPE® e óxido crômico. As médias de excreção fecal e

de consumo estimadas por estes indicadores foram semelhantes entre si ($P>0,05$).

A Fig. 5.1 apresenta as curvas estabelecidas a partir das médias estimadas do consumo. Observamos menor variabilidade dos dados a

partir do terceiro dia, razão para obter resultados semelhantes estatisticamente ($P>0,05$) entre os tratamentos de curta (OCC e LIPEC) e longa adaptação (OCL e LIPEL).

Tabela 5.2. Excreção fecal e consumo diário¹ estimados pelos indicadores óxido crômico (OC) e LIPE[®].

Dia	Excreção Fecal		Consumo	
	Indicador		Indicador	
	OC	LIPE [®]	OC	LIPE [®]
1	4,90	2,52	9,93	5,11
2	6,38	3,52	12,93	7,13
3	3,81	3,60	7,72	7,29
4	3,70	3,46	7,50	7,01
5	3,49	3,89	7,07	7,88
6	4,40	3,73	8,10	7,56
7	3,04	3,15	6,16	6,38
8	3,93	3,66	7,96	7,42
9	3,51	3,51	7,11	7,11
10	4,71	3,38	7,48	6,85
11	3,53	3,73	7,15	7,56
12	3,84	3,70	7,78	7,50

¹ Valores estimados conforme Prigge et al. (1981).

Tabela 5.3. Excreção fecal e consumo estimados¹ pelos indicadores óxido crômico (OC) e LIPE[®].

Tratamentos	Parâmetros			
	Consumo de MS (kg/dia)	(%PV)	CV	Excreção fecal (kg/dia)
OCC	7,36 ^a	2,12 ^a	28,6	3,71 ^a
LIPEC	7,25 ^a	2,09 ^a	16,7	3,58 ^a
OCL	7,50 ^a	2,16 ^a	22,8	3,90 ^a
LIPEL	7,29 ^a	2,10 ^a	10,3	3,60 ^a

^a Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

¹ Valores estimados conforme Prigge et al. (1981).

Oliveira et al. (2004c), compararam diferentes períodos de adaptação utilizando o OC como indicador e observaram resultados semelhantes entre as estimativas de consumo a partir do quarto dia de adaptação.

O consumo médio de MS estimados a partir do terceiro dia (OCC e LIPEC) foi de 2,10% do P.V. e partir do sétimo dia (OCL e LIPEL) de 2,13% do P.V. Estes valores coincidem com os dados apresentados por Dettman (2001) nas estimativas de consumo com o OC utilizando sete dias de adaptação e cinco de colheita com uma aplicação diária de OC.

Segundo Villas Boas et al. (2002) apud Saliba et al. (2003), a degradação da lignina é um processo oxigênio-dependente, o que impossibilita a sua ocorrência no rúmen dos bovinos e de outros ruminantes, tornando-a capaz de ser usada com sucesso como indicador de consumo.

Saliba et al. (2003), apresentaram resultados observados utilizando a lignina extraída e purificada do *Eucalypto grandis* em diversas espécies (suínos, ovinos e coelhos), concluindo que a LIPE[®] fora capaz de estimar adequadamente a digestibilidade e a excreção fecal, além de apresentar fácil preparação e análise.

Trabalhos sobre estimativas de consumo de MS em bovinos Nelore em diferentes regimes de alimentação (Ladeira et al. 1999, Oliveira et al., 2004b), têm apresentado resultados que variam entre 1,8 e 2,2% do P.V.

Segundo Mertens (1994), o consumo pode ser controlado pelos níveis de fibra em detergente

neutro (FDN) presentes na forragem. Oliveira et al. (2001), observaram um consumo médio de 2,1% do P.V. para animais em pastagem de *Brachiaria brizantha* com 77,8% de FDN, valores estes compatíveis com os resultados obtidos neste trabalho, de acordo com a composição química da pastagem apresentada na Tab. 5.4

Figura 5.1 Consumos diários estimados pelos indicadores óxido crômico (OC) e LIPE[®], conforme Prigge et al. (1981).

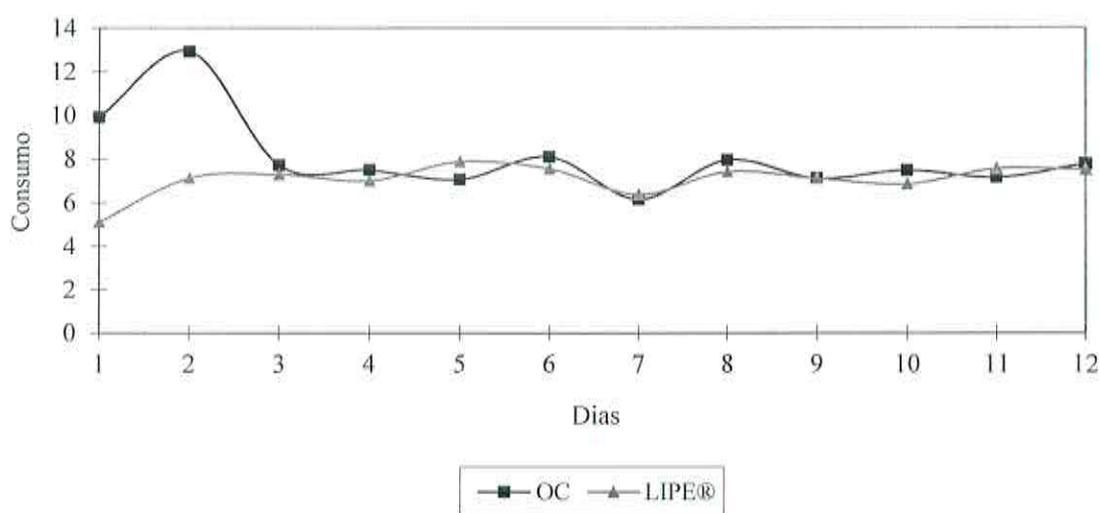


Tabela 5.4 Composição química analisada da *Brachiaria brizantha* cv Marandu colhida durante o período experimental.

Componente	Analisado
Matéria Seca (%)	26,57
Proteína Bruta (%)	6,11
Extrato Etéreo (%)	2,45
Fibra Bruta (%)	32,67
Extrato Não Nitrogenado (%)	53,73
Minerais (%)	5,04
Fibra em Detergente Neutro (%)	79,77
Fibra em Detergente Acido (%)	42,78
Celulose (%)	37,20
Hemicelulose (%)	37,44
Lignina (%)	4,95

5.4 CONCLUSÃO

A lignina extraída e purificada (LIPE[®]), mostrou ser um indicador externo capaz de estimar satisfatoriamente a excreção fecal e o

consumo de bovinos Nelore em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu. Os períodos de adaptação de três dias foram suficientes para estabilizar a concentração dos indicadores óxido crômico e LIPE[®] nas fezes dos animais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos estudos sobre a suplementação protéica de novilhos Nelore em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv Marandu durante o período de seca do ano, indicam claramente a necessidade do suprimento de proteína nestas condições.

Os microrganismos ruminais (principal fonte protéica dos ruminantes), requerem quantidades mínimas de N para sua manutenção, crescimento e multiplicação. Os estudos têm mostrado que pastagens secas, degradadas ou nativas de baixo valor nutricional não atendem essa exigência dos microrganismos, prejudicando assim a sua sobrevivência e multiplicação e principalmente seu desempenho, fundamental para manutenção das boas relações simbióticas entre estes e seus hospedeiros (bovinos).

Os parâmetros ruminais apresentados no Experimento 2, mostraram que os níveis de N-NH₃ alcançaram concentrações ideais para a degradação dos componentes fibrosos da forragem em todos os tratamentos que receberam proteína, quando comparados com o tratamento sem suplementação protéica. O pH não sofreu qualquer modificação mediante a ação da suplementação, o que já era esperado em função da pequena quantidade de carboidratos solúveis adicionados à dieta.

Estes aspectos formam um conjunto interessante e relevante no processo de suplementação com proteinados, pois conseguiu-se obter resultados satisfatórios quanto ao aumento de consumo e no ganho de peso dos animais (Experimento I), ao mesmo tempo em que se melhorou as condições do ambiente ruminal (Experimento II), adicionando-se a dieta dos bovinos pequena quantidade de suplementos (aproximadamente 350g/cabeça/dia), com elevada concentração de proteína.

Apesar de não se ter notado diferenças na degradabilidade potencial, os resultados mostraram que a degradabilidade efetiva foi aumentada, assim como observa-se relativa aceleração na dinâmica ruminal das partículas e dos líquidos, sob a ação dos suplementos protéicos (Experimento III).

Apesar dos resultados terem mostrado aumento no consumo e no desempenho animal, bem como melhores condições ambientais do rúmen propiciando uma boa ação dos microrganismos celulolíticos, em função da suplementação protéica, ainda permaneceram dúvidas sobre a composição e os teores de proteína dos suplementos.

Entretanto pode-se considerar que de forma geral, os suplementos contendo 30 ou 40% de PB, apresentaram maior equilíbrio e melhores resultados quando comparados com o suplemento com 50% de PB, levando-se em consideração as quantidades oferecidas (0,1% do peso vivo) e nas condições dos trabalhos apresentados nesta Tese.

Nesta área portanto, os estudos conduzidos ao longo deste trabalho, permitiram a identificação de alguns aspectos de interesse necessários a um melhor entendimento por meio de novas pesquisas a serem realizadas futuramente. Relações entre as fontes de proteína e de carboidratos, utilizando-se metodologias de análises dos alimentos conforme sua solubilidade, com certeza fazem parte desta necessidade.

Da mesma forma a associação dos trabalhos de nutrição, com os estudos de comportamento animal, da produção animal, de forragicultura e outras áreas correlacionadas são de fundamental importância no desenvolvimento de técnicas mais adequadas de suplementação de bovinos nestas condições.

Finalmente o Experimento IV, mostrou a eficácia do indicador LIPE® nos estudos de consumo e digestibilidade em bovinos a pasto, confirmando os resultados observados deste indicador em outras espécies. O resultado apresentado nesta Tese permite a aplicação deste em outros estudos, facilitando a realização de novas pesquisas mediante a sua facilidade de aplicação e de análise.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, D.C., KARTCHNER, R.J. Effect of level of forage intake on rumen ammonia, pH, liquid volume and liquid dilution rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, v.58., p.708-716, 1984.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL'S TECHNICAL COMMITTEE. *Energy and protein requirements of ruminants*. Cambridge:CABI, 1995. 159p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The nutrient requirements of ruminants livestock*. Farnham Royal: CAB, 1980, 351p.
- AITICHISON, E., GILL, M., FRANCE, J., DHANOA, M.S. Comparison of methods to describe the kinetics of digestion and passage of fiber in sheep. *J. Sci. Food Agric.*, v.73, p.1065-1074, 1986.
- ALLEN, M.S., MERTENS, D.R. Evaluation constraints on the fiber digestion by rumen microbes. *J.Nutr.*, p.261-270, 1988.
- ALVES DE BRITO, C.J.F., RODELLA, R.A., DESCHAMPS, F.C. et al. Anatomia quantitativa e degradação in vitro de tecidos em cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schumack). *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, n.2, p.223-229, 1999.
- ANUALPEC. Anuário da pecuária brasileira. In: Nakamae J. I. (ED.) *Pecuária de corte* São Paulo: FNP Consultoria & AgroInformativos, 2004, p.91-125.
- ARELOVICH, H.M., OWENS, F.N., HORN, G.W., VIZCARRA, J.A. Effects of supplemental zinc and manganese on ruminal fermentation, forage intake, and digestion by cattle fed prairie hay and urea. *J. Anim. Sci.*, v.78, p.2972-2979, 2000.
- AROEIRA, L.J.M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: TEIXEIRA, J.C. (ED.) *Simpósio Internacional de Digestibilidade em Ruminantes*. Anais... (1997) Lavras: UFLA-FAEPE, 1997, p.127-163.
- ASH, R.W., KAY, R.N.B. The response of reticulum and parotid gland of the conscious sheep stimulation of the forage stomachs. *J. Physiology*, v.139, p.23-24, 1975.
- BARBOSA, N.G.S., LANA, R.P., JHAM, G.N., BORGES, A.C., MÂNCIO, A.B., PEREIRA, J.C., OLIVEIRA, J.S. Consumo e fermentação ruminal de proteínas em função de suplementação alimentar energética e protéica em novilhos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1558-1565, 2001.
- BARTON, R.K., KRYSL, L.J., JUDKINS, M.B., HOLCOMBE, D.W., BROESDER, J.T., GUNTER, S.A., BEAM, S.W. Time of daily supplementation for steers grazing dormant intermediate wheat grass pasture. *J. Anim. Sci.*, v.70, p. 547-556, 1992
- BEAUTY, J.L., COCHRAN R.C., LINTZENICH, B.A., VANZANT, E.S., MORRILL, J.L., BRANDT, R.T., JOHNSON, D.E. Effect of frequency of supplementation and protein concentration in supplements on performance and digestion characteristics of beef cattle consuming low-quality forages. *J. Anim. Sci.*, v.72, p.2475-2486, 1994.
- BERCHIELLI, T.T., RODRIGUEZ, N.M., ANDRADE, P., SAMPAIO, I.B.M. Eficiência de síntese de proteína microbiana estimada por diferentes marcadores microbianos. *R. Bras. Zootec.* v.24, p.800-809, 1995.
- BERCHIELLI, T.T., RODRIGUEZ, N.M., GONÇALVES, L.C. Polietilenoglicol e cobalto-EDTA como marcadores da fase líquida ruminal. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.* v.48, p.463-471, 1996.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal in various species. *Physiological Reviews*, v.70, p.567-590, 1990.
- BLACK, J.L. Nutrition of the grazing ruminant. *Proc. New Zeal. Soc. Anim. Prod.*

- Blacktown, CSIRO. v.50, n.1, p.17-27, 1990.
- BLÜMMEL, M., LEBZIEN, P. Predicting ruminal microbial efficiencies of dairy rations by in vitro techniques. *Livestock Production Science*, v.68, p.107-117, 2001.
- BRITO, C.J.F.A.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C. Composição química e bromatológica de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. IN: MATTOS, W.R.S.; FARIA, V.P.; SILVA, S.C.; NUSSIO, L.G.; MOURA, J.C. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais...* (38:2001). Piracicaba: FEALQ, 2001.p.150-151.
- BROCKMAN, R.P. Glucose and short-chain fatty acid metabolism. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (ED.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Wallingford: UK. CAB International, 1993, p.249-265.
- BRODERICK, G.A ; WALLACE, R.J.; ORSKOV, E.R. Control of rate and extent of protein degradation. In: TSUDA,T.; KAWASHIMA, R. (ED.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. Proceedings of the seventh international symposium on ruminant physiology. San Diego. Academic Press. 1991, p.541-592.
- BURNS, J.C., POND, K.R., FISHER, D.S. Measurements of forage intake. In: FAHEY Jr, G.C.(Ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Ohio: American Society of Agronomy, Inc. 1994, p.494-532.
- CARDOSO, E.G. Nutrição de bovinos. In: *Curso de nutrição de bovinos de corte*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1997, 17p.
- CARDOSO, R.C., VALADARES FILHO, S.C., SILVA, J.F.C., VALADARES, R.F.D., CECON, P.R., COSTA, M.A.L., OLIVEIRA, R.V. Síntese microbiana, pH e concentrações de amônia ruminal e balanço de compostos nitrogenados, em novilhos F1 Limousin x Nelore. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.1844-1852, 2000.
- CASS, J.L.; RICHARDSON, C.R., SMITH K.J. Evaluation of slow ammonia release from urea/calcium compounds. *J. Anim. Sci.* v.72, p. 234 (suppl.1), 1994.
- CATON, J.S., FREEMAN, A.S., GALYEAN, M.L. Influence of protein supplementation on forage intake, in situ forage disappearance, ruminal fermentation and digesta passage rates in steers grazing dormant blue grama rangeland. *J. Anim. Sci.*, v.66, p.2262-2271, 1988.
- CHACON, E.; STOBBS, T.H.; DALE, M.B. Influence of sward characteristics on grazing behavior and growth of hereford steers grazing tropical grass pastures. *Australian Journal Agricultural Research*, Victoria, v.29, p.89-102, 1978
- CHALUPA, W. Problems in feeding urea to ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.27, p. 207, 1968.
- CHEN, X.B., ORSKOV, E.R., HOVELL, F.D.D. Excretion of purine derivatives by ruminants: endogenous excretion, differences between cattle and sheep. *Br. J. Nutr.*, v.63, p.121-129, 1990.
- CHEN, X.B., GOMES, M.J. *Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of the technical details*. Occasional publication. Bucksburnd Aberdeen. Ed. Rowett Research Institute, 21p., 1995.
- CHENG, K.J., STEWART, C. S., DINSDALE, D., COSTERTON, J.W. Electron microscopy of bacteria involved in the digestion of plant cell walls. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.10, p.93-120, 1984.
- CHESSON, A. Maceration in relation to the post-harvest handling and processing of plant material. *J.Appl. Bacteriol.*, v.48, p.1-45, 1980.

- CHESSON, A., FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen micro-organism. In: HOBSON, P.N.(Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London:Elsevier Applied Science. 1988, p.18-25.
- CHESSON, A., FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganism. In: HOBSON, P.N., STEWART, C.S. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London:Blackie Academic & Professional. 1997, p.329-381.
- CLARK, J.M.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.75, n.8, p.2304-2323, 1992.
- COHEN, R.D.H. Factors influencing the estimation of the nutritive value of the diet selected by cattle fistulated at the oesophagus. *J. Agric. Sci. Camb.* v.93, p.607-618, 1979.
- COLEMAN, S.W. Plant-animal interface. *J. Prod. Agric.*, v.5, p.7-13, 1992.
- COLUCCI, P.E., MACLEOD, G.K., GROVUM, W.L., McMILLAN, I., BARNEY, D.J. Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ratios at high and low intakes. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.2143-2156, 1990.
- CONRAD, J.H.; McDOWELL, L.R.; ELLIS, G.L.; LOOSLI, J.K. Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais. In: *Congresso sobre minerais em pastejo* EUCLIDES, V.P.B. (TR.) Campo Grande: CNPQC-EMBRAPA, 1986, 98p.
- COOK, C.W.; THORNE, J.L.; BLAKE, J.T.; EDLEFSEN, J. Use of an esophageal fistula cannula forage for collecting forage samples by grazing sheep. *J. Anim. Sci.*, v.17, n.1, p.189-193, 1958.
- CORBETT, F.L. Measuring animal performance. In: t'MANNETJE, L. (Ed.) *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Bucks, Cab, 1978. p. 163-231.
- CRAIG, W.M., HONG, B.J., BRODERICK, G. A., BULA, R. J. In vitro inoculum enriched with particle associated microorganism for determining rates of fiber digestion and protein degradation. *J. Dairy Sci.* v.46, n.5, p.2176-2182, 1984.
- CUNNIFF, P. (ED.). *Official methods of analysis of AOAC International*. 16th. Ed. Arlington:AOAC international, 1995, v.1
- DE BOEVER, J.L., IANTCHEVA, N. COTTYN, B.G., DE CAMPENEERE, S., FIEMS, L.O., BOUCQUÉ, CH.V. Microbial protein synthesis in growing-finishing bulls estimated from the urinary excretion of purine derivatives. *Animal Feed Science and Technology*, v.75, p.93-109, 1998.
- DEHORITY, B.A. Methodology for measuring microbial growth in the rumen. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: DZO, 1995, p. 121-138.
- DELCURTO, T.R., COCHRAN, R.C. HARMON, D.L., BEHARKA, A.A., JACQUES, K.A., TOWNE, G., VANZANT, E.S. Supplementation of dormant tall-grass prairie forage. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. *J. Anim. Sci.*, v.68, p.515-527, 1990.
- DETTMAN, E., PAULINO, M.F., ZERVOUDAKIS, J.T., VALADARES FILHO, S.C., LANA, R.P., QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1340-1349, 2001.
- DETTMAN, E., PAULINO, M.F., ZERVOUDAKIS, J.T., CECON, P.R., VALADARES FILHO, S.C.,

- GONCALVES, L.C., CABRAL, L.S., MELO, A.J.N. Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiços em pastejo durante a época seca: desempenho produtivo e características de carcaça. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.1, p.169-180, 2004.
- DHANOVA, M.S., SIDDON, R.C., FRANCE, J. A multicompartimental model to describe marker excretion patterns in ruminant faeces. *Br. J. Nutr.*, v.53, n.3, p.385-396, 1993.
- DIJKSTRA, J., TAMMINGA, S. Simulation of the effects of diet on the contribution of rumen protozoa to degradation of fibre in the rumen. *Br. J. Nutr.*, v.74, p.617-634, 1995.
- EGAN, J.K., DOYLE, P.T. Effect of intraruminal infusion of urea on the response in voluntary feed intake by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.36, n.3, p. 483-495, 1985.
- ELLIS, W.C., MATIS, J.H., HILL, T.M. et al. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forage. IN: FAHEY Jr., G.C., MOSER, L.E., MERTENS, D.R., et al. (ED) National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Madison : American Society of America/Soil Science Society of America. 1994, p.682-756.
- ERDMAN, R.A. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cows: A review. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.3246-3266, 1988.
- ERWIN, E.S., MARCO, G.J., EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid gás chromatography. *J. Dairy Sci.*, v.44, p. 1768-1771, 1961.
- ESTELL, R.E., GALYEAN, M.L. Relationships of rumen fluid dilution rate to rumen fermentation and dietary characteristics of beef steers. *J. Anim. Sci.*, v. 60, p.1061-1070, 1985.
- EUCLIDES, V.P.B. Produção intensiva de carne bovina em pasto. IN: BITTENCOURT, A; FERREIRA, C.C.B.; FIGUEIREDO, F. de C.; ... (ED) *Simpósio de produção de gado de corte. Anais...* (2:2001). Viçosa: UFV, DZO, 2001, p. 55-82.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem sob pastejo. *Rev. Bras. Zootec.* v.21, n.4, p.691-702, 1992.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VIEIRA, A.; OLIVEIRA, M.P. Evaluation of *Panicum maximum* cultivars under grazing. In: *International Grassland Congress*, (17:1993), Palmerston North. Proceedings... Palmerston North:New Zealand Grassland Association, 1993, p.1999-2000.
- EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; ARRUDA, Z.J., FIGUEIREDO, G.R. *Suplementação a pasto : uma alternativa para a produção de novilho precoce*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC. 3p., 1995.
- EUCLIDES, V.P.B., EUCLIDES FILHO, K. *Uso de animais na avaliação de forrageiras*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 59p., 1998a.
- EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; ARRUDA, Z.J., FIGUEIREDO, G.R. Desempenho de novilhos em pastagens de *Brachiaria brizantha* submetidos a diferentes regimes alimentares. *R. Bras. Zootec.*, v.27, n2, p.246-254, 1998b.
- EUCLIDES, V.P.B.; THIAGO, L.R.L de S., MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, n6, p.1177-1185, 1999.
- FAHEY JR, G.C.; JUNG, H.G. Lignin as a marker in digestion studies: a review. *J. Anim. Sci.* v.57, n.1, p.220-225, 1983.
- FIKE, G.D.; SIMMS, D.D.; COCHRAN, R.C.; VANZANT, E.S.; KUHL, G.L. ; BRANDT JR. R.T. Protein Supplementation of ammoniated wheat straw: Effect on performance and forage

- utilization of beef cattle. *J. Anim. Sci.* v.73, p. 1595-1601, 1995.
- FORBES, T.D.A. Researching the plant-animal interface: The investigation on ingestive behaviour in grazing animals. *J. Anim. Sci.* v.66, p.2369-2379, 1988.
- FORSBERG, C.W., BEVERIDGE, T.J., HELLSTROM, A.H. Cellulase and xylanase release from *Bacteroides succinogenes* and its importance in the rumen environment. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.42, p.886-896, 1981.
- FRANCO, A.V.M., FRANCO, G.L., ANDRADE, P. Efeito da degradabilidade da proteína e níveis de suplementação sobre os parâmetros ruminais pH e N-NH₃ In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1999, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: UFCE, p.333-334.
- FREEMAN, A.S., GALYEAN, M.L., CATON, J.S. Effects of supplemental protein percentage and feeding level on intake, ruminal fermentation, and digesta passage in beef steers fed prairie hay. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.1562-1572, 1992
- GARDNER, A.L. *Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistema de produção*. Brasília: EMBRAPA-CNPGL, 197p., 1986.
- GOROSITO, A.R., RUSSEL, J.B. VAN SOEST, P.J. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on digestion of plant cell wall in vitro. *J. Dairy Sci.* v.68, n.4, p.840-847, 1985.
- GRENET, E., BARRY, P. Microbial degradation of normal maize and bm3 maize in the rumen observed by scanning electron microscopy. *J. Sci. Food Agric.*, v.54, p.199-210, 1991.
- GRISWOLD, K., APGAR, G.A., BOUTON, J., FIRKINS, J.L. Effects of urea infusion and ruminal degradable protein concentration on microbial growth, digestibility, and fermentation in continuous culture. *J. Anim. Sci.*, v.81, p.329-336, 2003.
- GROVUM, W.L., WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digest in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *Br. J. Nutr.*, v.30, p.313-329, 1973.
- HANNAH, S.M., COCHRAN, R.C., VANZANT, E.S., HARMON, D.L. Influence of protein supplementation on site and extent of digestion, forage intake and nutrient flow characteristics in steers consuming dormant bluestem-range forage. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.2624-2633, 1991.
- HARROP, C.J.F.; PHILLIPSON, A.T. Nitrogen metabolism in the ovine stomach. The transfer of urea from the blood to the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* v.82, p.399-408, 1974.
- HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, v.15, p.663-670, 1975.
- HÉLÈNE, V.P., FLIPOT, P.M. Feed utilization of beef steers fed grass as hay or silage with or without nitrogen supplementation. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.876-884, 1992
- HELMER, L.G.; BARTLEY, E.E., DEYOE, C.W. Feed processing. VI. Comparison of starea, urea, and soybean meal as protein sources for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* v.53, n.7, p.883-887, 1970
- HENNESSY, D.W., WILLIAMSON, P.J., NOLAN, J.V., KEMPTON, T.J., LENG, R.A. The role of energy-or-protein-rich supplements in the subtropics for young cattle consuming basal diets that are low in digestible energy and protein. *J. Agric. Sci.*, v.100, p. 657-668, 1983.
- HENNESSY, D.W., WILLIAMSON, P.J. Feed intake and liveweight of cattle on subtropical native pasture hays. II.* The effect of urea and maize flour, or protected-

- casein. *Aust. J. Agric. Res.*, v.41, p.1179-1185, 1990.
- HENNESSY, D.W., KOHUN, P.J., WILLIAMSON, P.J et al. The effect of nitrogen and protein supplementation on feed intake, growth and digestive function of steers with different *Bos indicus*, *Bos taurus* genotypes when fed a low quality grass hay. *Aust. J. Anim. Agric. Sci.*, v.46, p.1121-1136, 1995.
- HESS, B.W., PARK, K.K., KRYSL, L.J., JUDKINS, M.B., McCRACKEN, B.A., HANKS, D.R. Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheat grass pasture: Effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior, ruminal fermentation, and digestion. *J. Anim. Sci.* v.72, p. 2113-2123, 1994.
- HOBSON, P.N. Introduction. In: HOBSON, P.N., STEWART, C.S. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London:Blackie Academic & Professional. 1997, p.1-9.
- HODGSON, J. *Grazing management Science into practice*. Loughman Group UK Ltda.:Essex.-England, 203p. 1990.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.*, v.69, p.2755-2766, 1986.
- HORN, F.P.; TELFORD, J.P., Mc CROSKEY, J.E. Relationship of animal performance and dry matter intake to chemical constituents of grazed forage. *J. Anim. Sci.*, v.49, p. 1051-1058, 1979.
- HRISTOV, A.N., BRODERICK, G.A. Synthesis of microbial protein in ruminally cows fed alfafa silage, alfafa hay, or corn silage. *J. Dairy Sci.*, v.79, p. 1627-1647, 1996.
- HUHTANEN, P., KUKKONEN, U. Comparison of methods, markers, sampling sites and models for estimating digesta passage kinetics in cattle fed at two levels of intake. *Animal Feed Science and Technology*, v.52, p. 141-158, 1995.
- HUNTINGTON, J.A., GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. *Nutr. Abst. Rev. (Series B)*, v.65, n.2, p.63-93, 1995.
- HUNTINGTON, G.B., ZETINA, E.J., WHITT, J.M., POTTS, W. Effects of dietary concentrate level on nutrient absorption, liver metabolism, and urea kinetics of beef steers fed isonitrogenous and isoenergetic diets. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.908-916, 1996.
- ISAACSON, H.R., HINDS, F.C., BRYANT, M.P. et al. Efficiency of energy utilization by mixed rumen bacteria in continuous culture. *J. Dairy Sci.*, v.58, p.1645-1659, 1975.
- JARRIGE, R. *Ruminant Nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables*. Institut National de la Recherche Agronomique, Libbey, Eurotext, Paris, 1989.
- JUDKINS, M.B., SHAIN, D.H., RADLOFF, H.D. Effects of supplemental corn vs. corn fortified with soya-bean meal or urea fed with low-quality mixed grass hay on forage intake, particulate passage rate and neutral detergent fiber digestion in beef heifers. *Anim. Feed Sci. Technol.* V.33, p.323-334, 1991.
- KANG-MEZNARICH, J.H., BRODERICK, G.A. Effects of incremental urea supplementation on ruminal ammonia concentration and bacterial protein formation. *J. Anim. Sci.* v.51, p.422-431, 1980.
- KLUTH, H., GABEL, M., VOIGT, J., SCHÖNHUSEN, U. The use of endogenous nitrogen for microbial crude protein synthesis in the rumen of growing bulls. *J. Anim. Physiol. a. Anim.Nutr.*, v.84, p.136-147, 2000.
- KOMISARCZUK, S., DURAND, M., BEAUMATIN, Ph., HANNEQUART, G. Effects of phosphorus deficiency on rumen microbial activity associated with the solid and liquid phases of a fermentor (Risitec).

- Reprod. Nutr. Dévelop.* v.27 (5), p. 907-919, 1987.
- KOTB, A.R., LUCKEY, T.D. Markers in nutrition. *Nutr. Abstr. Rev.* v.42, n.3, p.813-845, 1972.
- KRYSL, L.J., BRANINE, M.E., CHEEMA, A.U., FUNK, M.A., GALYEAN, M.L. Influence of soybean meal and sorghum grain supplementation on intake, digesta kinetics, ruminal fermentation, site and extent of digestion and microbial protein synthesis in beef steers grazing blue grama rangeland. *J. Anim. Sci.*, v.67, p.3040-3051, 1989.
- KRYSL, L.J., JUDKINS, M.B., BOHMAN, V.R. Influence of ruminal or duodenal soybean oil infusion on intake, ruminal fermentation, site and extent of digestion, and microbial protein synthesis in beef heifers consuming grass hay. *J. Anim. Sci.*, v.69, p. 2585-2590, 1991.
- LADEIRA, M.M., VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C., LEÃO, M.I., SAMPAIO, R.L. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de dietas contendo cinco diferentes níveis de concentrado, em novilhos nelore. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, n.2, p.395-403, 1999.
- LANA, R.P., CUNHA, L.T., BORGES, A.C. Efeito da acidez no controle da produção de amônia e crescimento microbiano. *Rev. Bras. Zootec.*, v.26, p.1876-1882, 2000.
- LASCANO, C. QUIROZ, R. Metodologia para estimar la dinámica de la digestión em ruminantes. IN: RUIZ, M.E., RUIZ, A. (ED) *Nutricion de ruminantes: Guia metodológica de investigacion*. San Jose: ALPA/IICA/RISPAL, 1990, p.89-104.
- LEITE, G.G.; EUCLIDES, V.P.B. Utilização de pastagens de *Brachiaria* sp. IN: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (ED.) *Simpósio sobre manejo de pastagem*. Anais... (11:1994). Piracicaba: FEALQ, 1994, p.267-298.
- LENG, R.A., DELLOW, D., WAGHORN, G., 1986. Dynamics of large ciliate protozoa in the rumen of cattle fed on diets of freshly cut grass. *Br. J. Nutr.*, v.56, p. 455-462, 1986.
- LENG, R.A., factors that affecting the utilization of poor quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.*, v.3, p. 177-186, 1990.
- LIRA, V.M.C., PEREIRA, J.C., CECON, P.R., SIVA, I.M., AMARAL, A.M., OLIVEIRA, E.C., MAGIEIRO, D. Estimativa da taxa de passagem de fluidos em novilhos mestiços mantidos em pastagem de capim brachiaria. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia - SBZ*. Viçosa, MG, Anais... Viçosa: SBZ, 2000. p.438.
- LOPES, F.C.F., AROEIRA, L.J.M., DERESZ, F., NASCIMENTO, J.L. Concentração de amônia no rúmen de vacas mestiças Holandes-Zebu, em pastagem de capim elefante na estação das chuvas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 50, p 341-343, 1998.
- LOPES, F.C.F. *Taxa de passagem, digestibilidade in situ, consumo, composição química e disponibilidade de capim-elefante (Pennisetum purpureum, Schumack) pastejado por vacas mestiças Holandes x Zebu em lactação*. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 2002, 223p. Tese (Docência-livre)
- MANTEROLA, H.B., CERDA, D.A., MIRA, J.J. Protein degradability of soybean meal coated with different lipid substances and its effects on ruminal parameters when included in steer rations. *Animal Feed Sci. Technol.*, v.92, p.249-257, 2001.
- MARTIM, S.K., HIBBERT, C.A., Intake and digestibility of low-quality native grass hay by beef cows supplemented with graded levels of soybean hulls. *J. Anim. Sci.*, v.68, p.4329-4325, 1990.
- MATIS, J.H. Gamma time-dependency in Blaxter's compartmental model. *Biometrics*, v.28, p.597-602, 1972.

- MAYES, R.W.; LAMB, C.S.; COLGROVE, P.M. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *J. Agric. Sci.*, v.70, n.1, p.161-170, 1986.
- McCARTHY, R.D, KLUSMEYER, T.H., VICINI, J.L., CLARK, J.H. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J. Dairy Sci.* v.72, p. 2002-2016, 1989.
- McCOLLUM, F.T., GALYEAN, M.L. Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage prairie hay in beef steers. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.570-577, 1985.
- McDOWEELL, L.R; ELLIS, G.L.; LOOSLI, J.K. Minerais para ruminantes em regiões tropicais. In: EUCLIDES, V.P.B. (Tr.). *Minerais para ruminantes em regiões tropicais*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1986, p.103.
- McMANUS, W.R. Oesophageal fistulation technique as a rumen fistula samples compared to diet. *J. Range Manage.*, Dwer, v.30, p.388-390, 1981.
- MEERY, R.J., McALLAN A.B. A comparison of the chemical composition of mixed bacteria harvested from the liquid and solid fractions of rumen digesta. *Br. J. Nutr.*, v.50, p. 701-709, 1983.
- MEHREZ, AZ., ORSKOV, E.R., McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr.*, v.38, p.437-448, 1966.
- MERCHEN, N.R., BOURQUIN, L.D. Process of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: FAHEY JR., G.C. (ED.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison, 1994. p.564-602.
- MERTENS, D.R. Factors influencing feed intake in lactating cows: From theory to application using neutral detergent fiber. In: *Georgia Nut. Conf. Anim. Sci. Proceedings...* Athens:University of Georgia, 1985. p.1-18.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr, G.C.(Ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Ohio:American Society of Agronomy, Inc. 1994, p.450-493.
- MILES, P.H., WILKINSON, N.S., McDOWELL, L.R. *Analysis of mineral for animal nutrition research*. 3^a ed., Department of Animal Sciences. University of Florida, Gainesville, Florida, USA, 2001, p.96-101.
- MINSON, D.J. *Forage in ruminant nutrition*. Academic Press : New York. 483p., 1990
- MIR, P.S., MIR, Z., HALL, J.W. Relationships among rate of passage of fed, dry matter intake and chemical components of several diets. *Can. J. Anim. Sci.*, v.71, p.1159-1166, 1991.
- MIR, P.S.; MIR, Z.; BROESNA, K.; BITTMAN, S.; HALL, J.W. Prediction of nutrient composition and in vitro dry matter digestibility from physical characteristics of forages. *Animal Feed Science and Technology*, v.55, p.275-285, 1995.
- MORAES, S.S. Importância da suplementação mineral para bovinos de corte. In: *Curso sobre suplementação mineral em bovinos*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, p.6-28, 1998.
- MOORRISON, M. MACKIE, R.I. Nitrogen metabolism by ruminal microorganism: current understanding and future perspectives. *Aust. J. Agric. Res.*, v.47, p.227-246, 1996.
- MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. IN: *International Grassland Congress Proceedings...* (6:1952), Pasadena, 1952. p.1380-1385.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6.ed. Washington: National Academic Press, 1984, 90p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7.ed. Washington : National Academic Press, 1989, 265p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7.ed. Washington : National Academic Press, 1996, p.3-39.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington : National Academic Press, 2001, 362p.
- NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. *J. Dairy Sci.*, v.71, n.8, p. 2051-2069, 1988.
- NOLAN, J.V. Nitrogen Kinetics. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (ED.) *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and metabolism*. Wallingford. UK. CAB International, 1993. p.123-143.
- NUNES, S.G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M.I. de O.; GÓMES, D.T. *Brachiaria brizantha* cv Marandu. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 31p., 1985.
- OFFER, N.W. DIXON, J. Factors affecting outflow rate from the reticulo-rumen. *Nut. Abs. & Rev. (Series B)*, v.70, p.833-844, 2000.
- OLDHAM, J.D. Protein-energy interrelationships in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.67, p. 1090-1114, 1984.
- OLIVEIRA, M.A T. *Estimativa da digestibilidade através de indicadores e colheita total de fezes, consumo alimentar e biometria do trato gastrintestinal, em bovinos de cinco grupos genéticos*. Viçosa: UFV, 1991. 57p. Dissertação Mestrado Zootecnia.
- OLIVEIRA, E.R. PEREIRA, J.C., SILVA, P.R.C., VIEIRA, R.A.M. Degradabilidade ruminal da cama de frango e do feno de capim Coast-Cross e avaliação de modelos matemáticos para a estimativa da taxa de passagem de partículas. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, n.4, p.839-849, 1999.
- OLIVEIRA, L.O.F. Influencia da suplementação de novilhos Nelore com misturas múltiplas, em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 2001, 42p. Dissertação (Mestrado).
- OLIVEIRA, E.R., PAIVA, P.C.A., BABILONIA, J.L., BANYS, V.L., PEREZ, J.R.O., MUNIZ, J.A., TOSETTO, E.M. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro, de diferentes gramíneas, em novilhos suplementados com misturas múltiplas. *Cienc. Agrotec.*, v.28, p.425-430, 2004a.
- OLIVEIRA, L.O.F., SALIBA, E.O.S., RODRIGUEZ, N.M., GONCALVES, L.C., BORGES, I., AMARAL, T.B. Consumo e digestibilidade de novilhos Nelore sob pastagem suplementados com misturas múltiplas. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.*, v.56, n.1, p.61-68, (2004b).
- OLIVEIRA, L.O.F., SALIBA, E.O.S., AMARAL, T.B., OLIVEIRA, A.R. Avaliação de diferentes períodos de fornecimento de óxido crômico como marcador externo nas estimativas de consumo para bovinos. IN: 41ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004, Campo Grande. *Proceedings...* Cd-rom.
- OLUBOBOKUN, J.A. CRAIG, W.M., PPOND, K.R. Effects of mastication and microbial contamination on ruminal *in situ* forage disappearance. *J. Anim. Sci.*, v. 68, p.3371-3381, 1990.
- ORSKOV, E.R., McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, v.92, p.499-503, 1979.

- ORSKOV, E.R., DeB HOVEEL, F.D., MOULD, F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Prod. Anim. Tropic.*, v.5, p. 213-233, 1980.
- ORSKOV, E.R., MEEHAN, D.E., MacLEOD, N.A., KYLE, D.J. Effect of glucose supply on fasting nitrogen excretion and effect of level and type of volatile fatty acid infusion on response to protein infusion in cattle. *British Journal of Nutrition*, v.81, p.389-393, 1999.
- OWENS, F.N., GOETSCH, A.L. Fermentación ruminal. In: CHURCH, D.C., (ED.). *El ruminante: fisiología digestiva y nutrición*. Prentice Hall, New Jersey, USA., 1988, p.145-216.
- OWENS, F.N., HANSON, C.F. Symposium: External and internal markers for appraising site and extent digestion in ruminants. *J.Dairy Sci.*, v.75,n.9,p.2605-2617, 1992.
- OWENS, F.N., ZINN, R. Metabolismo de la proteína en los ruminantes. In: CHURCH, C.D. *El ruminante: fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza: Acribia, 1988, 641p.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, D.S.; SILVA, E.A M. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de gramíneas forrageiras *Rev. Bras. Zootec.* v.30, n.3, , p.955-963, 2001.
- PAULINO M.F.; DETMAN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastejo. In: BITTENCOURT, A ; FERREIRA,C.C.B.; FIGUEIREDO, F. de C.. (ED) *Simpósio de produção de gado de corte*. Anais... (2:2001) Viçosa: UFV, DZO, 2001, p. 187-232.
- PAULINO, P.V.R., COSTA, M.A.L., VALADARES FILHO, S.C., PAULINO, M.F., VALADARES, R.F.D., MAGALHAES, K.A., PORTO, M.O., ANDREATTA, K. Exigências nutricionais de zebuínos: proteína. *R. Bras. Zootec.*, v.33, p.759-769, 2004.
- PARRÉ, C. *Utilização da uréia e da zeolita na alimentação de ovinos*. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1995, 96p. Tese (Docência livre).
- PENNING, P.D.; PARSONS, A.J.; ORR, R.J.; TREACHER, T.T. Intake and behavior responses by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. *Grass and Forage Sci.*, v.46, p.15-28, 1991.
- PETIT, H.V., FLIPOT, P.M. Feed utilization of beef steers fed grass as hay or silage with or without nitrogen supplementation. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.876-883, 1992.
- POND, K.R. ELLIS, W.C. Compartmental models for estimating attributes of digesta flow in cattle. *Brit. J. Nutr.*, v.60, p.571-595, 1988.
- POND, K.R. ELLIS, W.C., MATIS, J.H. Passage of chromium-mordanted and rare earth-labeled fiber : time of dosing kinetics. *J. Anim. Sci.*, v.67, p.1020-1028, 1989.
- POND, K. R., ELLIS, W.C., MATIS, J.H., DESWYSEN, A.G. Passage of chromium-mordanted and rare earth-labeled fiber: time of dosing kinetics. *J. Anim. Sci.*, v.67, p. 1020-1028, 1989.
- POPPI, D.P., HORTON, B.W., MINSON, D.J., HENDERICKSON, R.E. The validity of the critical size theory particles leaving the rumen. *J. Agric. Sci.*, v.94, p.275-286, 1980.
- POPPI, D.P., MINSON, D.J., TERNOUTH, J.H. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. II Factors controlling the retention of feed in the reticulo-rumen. *Aust. J. Agric. Res.*, v.32, p.109-121, 1988.
- POPPI, D.P. Predictions of food intake in ruminants from analyses of food

- composition. *Aust. J. Agric. Res.*, v.47, p. 489-504, 1996.
- PORDOMINGO, A.J., WALLACE, J.D., FREEMAN, A.S., GALYEAN, M.L. Supplemental corn grain for steers grazing native rangeland during summer. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.1678-1687, 1991.
- PRIGGE, E.C.; VARGA, G.A.; VICINI, J.L. et al. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. *J. Anim. Sci.*, v.53, p.1629-1633, 1981.
- PRIGGE, E.C., STUTHERS, B.A., JACQUEMENT, N.A. Influence of forage diets on ruminal particle size, passage of digesta, feed intake and digestibility by steers. *J. Anim. Sci.* v.68, p. 4352-4360, 1990.
- PRIGGE, E.C., FOX, J.T., JACQUEMENT, N.A., RUSSELL, R.W. Influence of forage species and diet particle size on the passage of digesta and nylon particles from the reticulorumen of steers. *J. Anim. Sci.* v.71, p. 2769-2769, 1993
- PUNIA, B.S., LEIBHOLZ, J., FAICHNEY, G.J. Rate of production of protozoa in the rumen and flow of protozoal nitrogen to the duodenum in sheep and cattle given a pelleted diet of lucerne hay and barley. *J. Agric. Sci.*, v.118, p. 229-236, 1992.
- QUIROZ, R.A., POND, K.R., TOLLEY, E.A. et al. Selection among nonlinear models for rate of passage studies in ruminants. *J. Anim. Sci.*, v. 66, p.2977-2986, 1988.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A., PEREIRA, J.R.A. A suplementação como estratégia de manejo da pastagem. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (ED.). *Simpósio sobre manejo de pastagem*. Anais... (13:1997) Piracicaba: FEALQ, 1997, p. 123-150.
- RENNÓ, L.N., VALADARES, R.F.D., LEÃO, M.I., VALADARES FILHO, S.C., SILVA, J.F.C., CECON, P.R., DIAS, H.L.C., COSTA, M.A.L., OLIVEIRA, R.V. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.1223-1234, 2000.
- REYNOLDS, C.K. Metabolism of nitrogenous compounds by ruminants liver. *J. Nutr.*, v.122, n. 6, p. 1251-1255, 1992.
- REYNOLDS, C.K. Quantitative aspects of liver metabolism in ruminants. In: ENGELHARDT, W.V., LEONHARD-MAREK, S. BREVES, G. (ED.) *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. Stuttgart: Enke., 1995, p.351-371.
- RIHANI, N.; GARRET, W.N.; ZINN, R.A. Influence of level of urea and method of supplementation on characteristics of digestion of higher-fiber diets by sheep. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.1656-1665, 1993.
- ROBERTSON, J.B. VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O (ED.). *The analysis of dietary fiber in food*. New York:Marcel Dekker, 1981. p.123-158.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX D.G., VAN SOEST, P.J., SNIFFEN C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- RUSSELL, J.B., WALLACE, R.J. Energy-yielding and energy-consuming reactions. In: HOBSON, P.N., STEWART, C.S. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London:Blackie Academic & Professional. 1997, p.246-282.
- SADIK, M.S., HUBER, J.T., KING, K., WANDERLEY, R., DeYOUNG, D., AL-DEHNEH, A., DUDAS, C. Comparison of Nitrogen-15, and Diaminopimelic acid for estimating bacterial protein synthesis of lactating cows fed diets varying protein degradability. *J. Dairy Sci.*, v.73, p. 694-702, 1990.
- SALIBA, E.O.S. *Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e soja expostas a*

- degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais*. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 1998, 252p. Tese (Docência-livre)
- SALIBA, E.O S.; RODRIGUEZ, N.M.; PILO-VELOSO, D.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Utilização da lignina isolada da palha de milho como indicador de digestibilidade. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (36:1999), 1999a, p.145-147.
- SALIBA, E.O S.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; FERNANDES, P.C.C. Effect of corn and soybean lignin residues submitted to the ruminal fermentation on structural carbohydrates digestibility. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.51, n.1, p.85-88, 1999b.
- SALIBA, E.O S.; RODRIGUES, N.M. ; PILO-VELOSO, D.; GONÇALVES, L.C. Chemical characterization of lignin of corn and soybean residues. Anais VII Brazilian Symposium of lignin chemistry and wood, 2001. P.75-76.
- SALIBA, E.O S.; RODRIGUES, N.M.; PILO-VELOSO, D.; GONÇALVES, L.C. Purified lignin extracted from *Eucalyptus grandis* (PELI), used as an external marker in digestibility trials in various animal species. IN: IX WCAP, XVIII Reunião da ALPA, 2003, Porto Alegre, *Proceedings...* Cd-rom.
- SALOMONSSON, A.C., THEANDER, O., MAN, P. Quantitative determination by G.L.C. of phenolics acids as ethyl derivatives in cereal straws. *Agric. Food Chem.*, v.26, p.830-835, 1978.
- SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminant*. Reading : University of Reading, 1988, 228p. (Thesis of Philosophy Doctor).
- SAMPAIO, I.B.M. Métodos estatísticos aplicados à determinação de digestibilidade *in situ*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA-FAEPE, p.165-178.
- SAMPAIO, I.B.M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998, 221p.
- SANSON, D.W., CLANTON, D.C., RUSH, I.G. Intake and digestion of low-quality meadow hay by steers and performance of cows on native range when fed protein supplements containing various levels of corn. *J. Anim. Sci.*, v.68, p-595-604, 1990.
- SANTOS, F.A.P., SANTOS, J.E.P., THEURER, C.B. HUBER, J.T. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3182-3213, 1998.
- SAS Institute Inc. *SAS[®] User Guide: Statistics. Version 5 Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1985.956p.
- SATTER, L.D., SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *Br. J. Nutr.*, v.32, p.199-208, 1974.
- SHAIN, D.H., STOCK, R.A, KLOPFENSTEIN, T.J.; HEROLD, D.W. Effect of degradable intake protein level on finishing performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* v.76, p.242-248, 1998.
- SNIFFEN, C.J. ROBINSON, P.H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. *J. Dairy Sci.*, v.70, p. 425-441, 1989.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J., FOX, D.G., RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p. 3562-3573, 1992.
- SNIFFEN, C.J., BEVERLY, R.W., MOONEY, C.S. Nutrient requirements versus supply

- in the dairy cow: strategies to account for variability. *J. Dairy Sci.*, v.76, n.10, p.3160-3178, 1993.
- SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. IN: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (ED.) Simpósio sobre manejo de pastagem. Anais... (11:1994). Piracicaba: FEALQ, 1994, p.25-48.
- SONG, M.K. KENNELLY, J.J. Ruminal fermentation pattern, bacterial population and ruminal degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. *J. Anim. Sci.*, v.68, p. 1110-1120, 1990.
- SOUSA, J.C.; GOMES, R.F.C.; RESENDE, A.M.; ROSA, I.V.; CARDOSO, E.G.; GOMES, A.; COSTA, F.P.; OLIVEIRA, A.R.; COELHO NETO, L.; CURVO, J.B.E. Resposta de novilhos nelorados à suplementação mineral em pastagem de capim colômbio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.18, n.3, p. 311-318, 1983.
- SPEARS, J.W. Nickel as a "newer trace element" in the nutrition of domestic animals. *J. Anim. Sci.* v.59, p. 823-835, 1984.
- SRINIVAS, B., GUPTA, B.N. Rumen fermentation, bacterial and total volatile fatty acid (TVFA) production rates in cattle fed on urea-molasses-mineral block licks supplement. *Animal Feed Science Technology*, v.65, p.275-286, 1997
- STEEN, R.W.J., MOORE, C.A. A comparison of silage-based and dried forage-based diets, and the effect of protein supplementation of a silage-based diet for finishing beef cattle. *Anim. Prod.*, v. 49, p.233-240, 1989.
- STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. Variation in the bite of grazing cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, v.24, p.809-818, 1973
- SUSMEL, P. STEFANON, B. PLAZZOTTA, E., SPANGHERO, M., MILLS, C.R. The effect of energy and protein intake on the excretion of purine derivatives. *J. Agric. Sci.*, v.123, p.257-265, 1994.
- SUTTON, J.D. Digestion and absorption of energy substrate in the lactating cow. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.3376-3393, 1985.
- SYRJALA-QUIST, L. SETALA, J., PEKKARINEN, E. Evaluation of feed protein by the Nordic System in dairy cow feeding. *Acta Agric. Scan. (Suppl.)*, v.25, p.177, 1985.
- TAMMINGA, S., ROBINSON, P.H., VOGT, M., BOER, H. Rumen ingest a kinetics of cell wall components in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v.1, p., 1989.
- TEIXEIRA, J.C. Tabelas de valores médios de degradabilidade para alguns alimentos concentrados e volumosos (dados brasileiros). IN: TEIXEIRA, J.C. (ED.) *Simpósio Internacional de Digestibilidade em Ruminantes*. (1997), Lavras: UFLA-FAEPE, 1997, p.303-326.
- THIAGO, L.R.L.; SILVA, J.M. Observações preliminares sobre a suplementação da mistura mineral-uréia para bovinos em pastejo. *Comunicado Técnico 7*, Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1981, 4p.
- THIAGO, L.R.L. de S. Suplementação de bovinos em pastejo. In: *Curso sobre suplementação mineral em bovinos*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, p.50-69, 1998.
- THIVIERGE, M.C., BERNIER, J.F., LAPIERRE, H. Effects of supplemental protein and energy and feeding frequency on the performance of lactating dairy cows fed a protein-deficient diet. *Can. J. Anim. Sci.*, v.82, p.225-231, 2002.
- TILLEY, J.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, v.18, p. 104-111, 1963.

- TITGEMEYER, E.C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.2235-2247, 1997.
- TODOROV, N.; ATANASSOVA, S.; PAVLOV, D.; GRIGOROVA, R. Prediction of dry matter and protein degradability of forages by near infrared spectroscopy. *Livestock Production Science*, v.39, p.89-91, 1994.
- TOPPO, S., VERMA, A.K., DASS, R.S., MEHRA, U.R. Nutrient utilization and rumen fermentation pattern in crossbred cattle fed different planes of nutrition supplemented with urea molasses mineral block. *Animal Feed Science Technology*, v.64, p.101-112, 1997.
- UDEN, P., COLLUCCI, P.E., VAN SOEST, P.J. Investigation on chromium, cerium and cobalt as markers in ingest. Rate passage studies. *J. Sci. Food Agric.*, v.31, p. 625-632, 1980.
- UDEN, P., COLLUCCI, P.E., VAN SOEST, P.J. The determination of digesta particles size in some herbivores. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.7, p.35-48, 1982.
- ULYATT, M.J., WAGHORN, G.C., JOHN, A., REID, C.S.W. Effect of intake and feeding frequency on feed behaviour and quantitative aspects of digestion in sheep fed chaffed Lucerne hay. *J. Agric. Sci.*, v.102, p.645-657, 1984.
- VALADARES, R.F.D. Níveis de proteína em dietas de bovinos: consumo, digestibilidade, eficiência microbiana, amônia ruminal, uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 1998, 252p. Tese (Docência-livre)
- VALADARES FILHO, S.C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: Simpósio Internacional sobre exigências nutricionais de ruminantes. Anais... (1995) Viçosa: UFV, DZO, 1995, p.355-388.
- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição e avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. IN: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (37:2000), Viçosa: SBZ, 2000, p.267-337.
- VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; ROCHA Jr., V.R.; CAPPELLE, E.R. Tabelas de composição de alimentos e exigências nutricionais para bovinos no Brasil. In: BITTENCOURT, A.; FERREIRA, C.C.B.; FIGUEIREDO, F. de C.; ... (ED) *Simpósio de produção de gado de corte*.(2:2001) Anais... Viçosa: UFV, DZO, 2001, p. 291-358.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA Jr., V.R.; CAPPELLE, E.R. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa: UFV; DZO; DPI; 2002, 297p.
- VALLE, C.B. *Melhoramento do gênero Brachiaria*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 8p., 1985.
- VALLE, C.B. *Coleção de germoplasma de espécies de Brachiaria no CIAT: estudos básicos visando o melhoramento genético*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 3p., 1990.
- VAN HOUTERT, M.F.J. The production and metabolism of volatile fatty acids ruminants fed roughages: A review. *Animal Feed Science Technology*, v.43, p. 189-225, 1993.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2^o ed. Cornell University, Ithaca. 1994. 476p.
- VANZANT, E.S., COCHRAN, R.C., TITGEMEYER, E.C. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*, v.76, p.2717-2729, 1998.
- VÁSQUEZ, E.F.A. *Suplementação com carboidratos não estruturais para novilhas mestiças holandês-zebu em pastagem de "Panicum maximum cv Mombaca"*. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 2002, 113p. Tese (Docência-livre)

- VOLDEN, H. Effects of level of feeding and ruminally undegraded protein on ruminal bacterial protein synthesis, escape of dietary protein, intestinal amino acid profile, and performance of dairy cows. *J. Anim. Sci.*, v.77, p. 1905-1918, 1999
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.*; v.69, p. 617-631, 1972.
- WANDERLEY R.C., HUBER, J.T. WU, Z., PESSARAKLI, M., FONTES, C. Influence of microbial colonization of feed particles on determination of nitrogen degradability by *in situ* incubation. *J. Anim. Sci.*, v.71, p. 3073-3077, 1993.
- WEBSTER, A.J.F., SHULE-KAYA, KITCHERSIDE, M.E., GLEN, E.F. Yield of microbial protein in sheep fed diets differing in protein degradability. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, Penicuik, UK, p.126, 1997.
- WEISS, W.P. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: FAHEY Jr, G.C.(Ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Ohio:American Society of Agronomy, Inc. 1994, p.644-681.
- WILLIAMS, A.G., WITHERS, S.E., COLEMAN, G.S. Glycoside hydrolases of rumen bacteria and protozoa. *Curr. Microbiol.*, v.10, p.287-294, 1984.
- WILLIAMS, A.G. Rumen holotrich ciliate protozoa. *Microbial Rev.*, v.51, p.25-49, 1986.
- WOLIN, M.J., MILLER, T.L., STEWART, C.S. Microbe-microbe interactions In: HOBSON, P.N., STEWART, C.S. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London: Blackie Academic & Professional. 1997, p.467-491.
- WOLLSCHIED, J., TEETER, R.G., OWENS, F.N. Marker ratios for estimating dilution rate. *J. Anim. Sci.*, v.49 (Suppl. 1), p.420, 1979.

