

EDENIO DETMANN

**NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM SUPLEMENTOS MÚLTIPLOS PARA
TERMINAÇÃO DE BOVINOS EM PASTEJO: DESEMPENHO PRODUTIVO,
SIMULAÇÃO E VALIDAÇÃO DE PARÂMETROS DA CINÉTICA DIGESTIVA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2002

EDENIO DETMANN

**NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM SUPLEMENTOS MÚLTIPLOS PARA
TERMINAÇÃO DE BOVINOS EM PASTEJO: DESEMPENHO PRODUTIVO,
SIMULAÇÃO E VALIDAÇÃO DE PARÂMETROS DA CINÉTICA DIGESTIVA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada: 7 de janeiro de 2002.

Prof. Sebastião de C. Valadares Filho
(Conselheiro)

Prof^a. Rilene Ferreira Diniz Valadares

Prof. Rogério de Paula Lana

Prof. Lúcio Carlos Gonçalves

Prof. Mário Fonseca Paulino
(Orientador)

A Deus, pela criação e pela presença constante.

A meus pais Franz e Elzira, pela vida e pelo amor a mim concedido.

À Elisa, pelo carinho e pela compreensão.

“Comecei então, naquela época, por ordem papal e imperial, a expor, como doutor, e a ensinar a Escritura numa academia comum e livre perante todo o mundo e qualquer pessoa, como é devido a semelhante título, em acordo com o juramento de ofício. E do mesmo modo, depois de ter sido colocado nesta posição, nela tive de continuar e nem mesmo agora posso recuar e desistir de boa consciência, a despeito de o papa e o imperador me terem excomungado neste ofício. Aquilo que iniciei na qualidade de doutor, por ordem e chamado da parte deles, certamente o deverei confessar até a morte e não poderei me calar nem deixar de prosseguir, por mais cansado e aborrecido que esteja com a grande e insuportável ingratidão do povo.”

Doutor Martinho Lutero

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Mário Fonseca Paulino, pela orientação e pelos ensinamentos, os quais muito contribuíram para minha formação acadêmica e profissional.

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pelo valioso aconselhamento, pelos ensinamentos e pela amizade.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon, pela amizade e pelos ensinamentos primordiais no intrigante campo da estatística experimental.

Aos Professores Rogério de Paula Lana, Augusto César de Queiroz, Lúcio Carlos Gonçalves, Rilene Ferreira Diniz Valadares e Odilon Gomes Pereira, pelas valiosas sugestões, as quais acresceram de forma inestimável à elaboração deste trabalho.

À Professora Maria Ignez Leão, pela amizade e pelas intervenções cirúrgicas para fistulação dos animais que tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos e pela excelente convivência.

Aos amigos Luciano da Silva Cabral e Joanis Tilemahos Zervoudakis, pela amizade, pelo companheirismo, pela colaboração e por permitirem que a ciência da nutrição dos ruminantes não se tornasse assunto de limitada amplitude à ínfima dimensão de nosso entendimento.

Ao amigo André (Boca), pelo companheirismo e pela colaboração nas atividades de campo e laboratório.

Aos amigos e colegas de curso Cláudio Samara dos Reis, Cláudio Vieira de Araújo, Alfredo Backes, José Geraldo de Vargas Júnior, Eduardo Eifert, Viviane

Gláucia de Souza, Salete Alves de Moraes, Américo Garcez, André Luigi Gonçalves (Capitão), Ricardo Augusto Mendonça Vieira (Carlos S.), Renné, Luciano de Melo, Alexandre Lima de Souza (Bodão), Emerson Alexandrino, e Alessandro Moratto do Amaral, pelo incentivo, pelas sugestões e pela agradável convivência.

A todos os funcionários da CEPET, em especial ao Eng^o.-Agrônomo José Humberto Dutra (Bill) e aos funcionários José Maria Martins, Sebastião Mariano (Dr. Veterinário), Paulão e Acácio (Jacaré), pela prestimosa colaboração e pela amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Animais Joélcio, José Geraldo e Marcelo e do Laboratório de Nutrição Animal Wellington, Monteiro, Fernando, Valdir e Vera, pela amizade e pela colaboração.

Aos amigos de Capinópolis José Maria e Osvanda, Sebastião e Valéria, Fufu, Antônio Mariano e Nicinha, Bill e Marcelina, Jacaré e Luciene, Josmar e Chiquinho e à Turma do “Becão”, pela calorosa convivência e pelos momentos de descontração.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e, por motivos alheios à nossa vontade, não figuraram nominalmente nestas páginas.

Às bandas Benediction, Cradle of Filth, Dimmu Borgir, Children of Bodon, Sinister, Paradise Lost, Dismember, Morbid Angel, Sarcófago, Old Man’s Child, Dark Tranquility, Napalm Death, Porrada, Carcass, Theatre of Tragedy, Six Feet Under, Immortal e Emperor, pela refinada musicalidade e pela inspiração.

BIOGRAFIA

EDENIO DETMANN, filho de Franz Detmann e Elzira Faller Detmann, nasceu em Itaguaçu, Espírito Santo, em 3 de junho de 1974.

No período de 1989 a 1991, cursou o secundário técnico em Agrimensura, da Escola Técnica Federal do Espírito Santo, onde recebeu o título de Topógrafo de Agrimensura.

Em abril de 1992, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, no curso de Zootecnia, colando grau em 25 de julho de 1997.

Entre agosto de 1997 e março de 1999 realizou treinamento de pós-graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, desenvolvendo estudos na área de Nutrição de Ruminantes.

Em abril de 1999, iniciou seu doutoramento em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de tese em 7 de janeiro de 2002.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Referências Bibliográficas.....	4
CAPÍTULO 1 - Níveis de Proteína Bruta em Suplementos Múltiplos para Terminação de Bovinos Mestiços Durante a Época Seca: Desempenho Produtivo e Características de Carcaça	
1.1.Introdução.....	6
1.2.Material e Métodos.....	7
1.3.Resultados e Discussão.....	12
1.4.Conclusões.....	24
1.5.Referências Bibliográficas.....	24
CAPÍTULO 2 - Níveis de Proteína Bruta em Suplementos Múltiplos para Terminação de Novilhos Mestiços em Pastejo Durante o Período de Transição Seca/Águas: Consumo, Digestibilidade e Eficiência de Síntese de Proteína Microbiana	
2.1.Introdução.....	28
2.2.Material e Métodos.....	29
2.3.Resultados e Discussão.....	37
2.4.Conclusões.....	53
2.5.Referências Bibliográficas.....	53
CAPÍTULO 3 - Avaliação, Simulação e Validação de Parâmetros da Cinética Digestiva em Novilhos Mestiços, Suplementados, a Pasto	
3.1.Introdução.....	59

	Página
3.2.Material e Métodos.....	61
3.2.1.Avaliação Químico-Bromatológica de Alimentos e Digesta.....	61
3.2.2.Avaliação do Fluxo de Compostos Nitrogenados Insolúveis em Detergente Ácido (NIDA).....	62
3.2.3.Simulação da Cinética Digestiva de Carboidratos e Fluxo Nitrogenado Microbiano.....	64
3.3.Resultados e Discussão.....	68
3.4.Conclusões.....	80
3.5.Referências Bibliográficas.....	80
CONCLUSÕES GERAIS.....	83

RESUMO

DETMANN, Edenio, D.S., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2002. **Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de bovinos em pastejo: desempenho produtivo, simulação e validação de parâmetros da cinética digestiva.** Orientador: Mário Fonseca Paulino. Conselheiros: Sebastião de Campos Valadares Filho e Paulo Roberto Cecon.

A presente tese foi elaborada com base em três experimentos relacionados a avaliações produtiva e nutricional de bovinos mestiços, suplementados, a pasto. No Experimento 1, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo e econômico de novilhos mestiços, suplementados, durante o período seco do ano. Para tal, foram utilizados 25 novilhos mestiços holandês x zebu, com idade e peso médios iniciais de 367,7 kg e 24 meses, manejados em cinco piquetes de *Brachiaria decumbens* (3 ha). Foram fornecidos suplementos, na quantidade de 4 kg/animal/dia, constituídos por fubá de milho, grão de soja integral, uréia, sulfato de amônia e mistura mineral, sendo formulados para apresentarem níveis de 12, 16, 20 e 24% de proteína bruta (PB), com base na matéria natural, os quais constituíram os tratamentos S12, S16, S20 e S24, respectivamente. Paralelamente, instalou-se tratamento controle (SAL) no qual os animais receberam exclusivamente mistura mineral. A variação dos níveis de PB dos suplementos conferiu comportamento quadrático sobre as variáveis ganho médio diário (GMD) ($P < 0,03$), peso vivo final (PVF) ($P < 0,04$) e dias necessários para o alcance de 450 kg de peso vivo (D450) ($P < 0,06$), as quais apresentaram respostas críticas sobre os níveis de 19,53% (0,943 kg), 19,38% (465,8 kg) e 19,22% (90,6 dias) de PB, respectivamente. O fornecimento de suplementos permitiu desempenho superior em comparação aos animais não suplementados ($P < 0,10$), os quais apresentaram médias de 0,277 kg, 397,4 kg e 312,4 dias para GMD, PVF e D450, respectivamente. O rendimento (RC) e as proporções de tecidos muscular (TM), adiposo (TA) e ósseo (TO) da carcaça não foram influenciados pela composição de suplementos ($P > 0,10$). Contudo, animais suplementados apresentaram maiores RC ($P < 0,10$) e TA ($P < 0,09$) e menor TO ($P < 0,01$)

em comparação a SAL. A avaliação econômica de suplementos, de forma diferencial ao tratamento controle, mostrou maior renda bruta para S20. O Experimento 2 teve como objetivo avaliar parâmetros ingestivos e digestivos de novilhos mestiços suplementados durante a fase de transição entre os períodos seco e chuvoso. Foram utilizados cinco novilhos mestiços holandês x zebu com idade e peso médios iniciais de 24 meses e 304 kg, manejados em cinco piquetes de *B. decumbens* (0,34 ha). Os tratamentos estudados foram os mesmos descritos para o Experimento 1. O experimento foi conduzido em quatro períodos experimentais de 21 dias, sendo analisado por delineamento em quadrado latino 4x4, o qual englobou somente os tratamentos com suplementação. O quinto animal foi mantido fixo com relação a piquete e tratamento (SAL), sendo utilizado como medida de comparação descritiva. A forragem selecionada pelos animais, avaliada via extrusa esofágica, apresentou teores médios de PB e fibra em detergente neutro (FDN) de 109,9 e 564,4 g/kg de matéria seca (MS), respectivamente. A variação dos níveis de PB dos suplementos não alterou os consumos de MS, matéria orgânica (MO), MS de pasto, MO de pasto e FDN ($P>0,10$), cujas médias foram de 28,7, 26,1, 18,4, 16,3 e 11,3 g/kg de peso vivo, respectivamente. O fornecimento de suplementos reduziu o consumo de pasto e ampliou o consumo de MS total em relação a SAL, com coeficiente médio de substituição de 0,41. Os níveis de PB dos suplementos não afetaram a taxa de passagem ruminal de partículas ($P>0,10$), a qual apresentou valor médio de $0,034 \text{ h}^{-1}$, sendo superior ao observado em SAL ($0,029 \text{ h}^{-1}$). Semelhantemente, não foram observados efeitos da composição de suplementos ($P>0,10$) sobre as digestibilidades totais, ruminais e intestinais da MS, MO, carboidratos totais e FDN. Os níveis de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foram incrementados linearmente ($P<0,01$) pela elevação dos níveis de PB dos suplementos. A avaliação em função do tempo pós-suplementação mostrou comportamento cúbico para o NAR ($P<0,01$) com máxima concentração (34,4 mg/dL) observada 2 horas após o fornecimento dos suplementos. Os fluxos abomasais de nitrogênio total (NT), amoniacal (NNH) e microbiano (NMIC) não foram influenciados pela composição de suplementos ($P>0,10$). Comportamento similar foi observado sobre a eficiência de síntese microbiana (EFIM) ($P>0,10$) a qual apresentou valor médio de 347 g MS microbiana/kg carboidrato degradado no rúmen (CHODR) e 17,5 g NMIC/kg MO fermentada no rúmen (MOFR), sendo, contudo, numericamente superiores a SAL (192,7 gMSmic/kg CHODR e 10,6 g NMIC/kg MOFR). Por outro lado, a elevação dos níveis protéicos

suplementares incrementou linearmente ($P<0,02$) e cubicamente ($P<0,04$) a digestibilidade total da PB e a excreção urinária de uréia, respectivamente. O Experimento 3 teve como objetivos avaliar a digestibilidade total e parcial dos compostos nitrogenados ligados à fração insolúvel em detergente ácido da parede celular (NIDA), simular e validar a degradação ruminal dos carboidratos e fluxo nitrogenado microbiano estimados a partir de parâmetros da cinética de degradação ruminal de amostras de extrusa esofágica e suplementos obtidos por intermédio da técnica *in vitro* de produção de gases. Os parâmetros base para os procedimentos de validação foram obtidos no Experimento 2. A comparação entre o consumo e fluxos abomasal e fecal do NIDA indicou haver digestibilidade desta fração em nível total ($P<0,01$), sendo atribuída exclusivamente a eventos intestinais ($P<0,01$), uma vez não sendo observada digestibilidade em nível de compartimento ruminal ($P>0,10$). A utilização das taxas de digestão específica obtidas *in vitro* pela técnica de produção cumulativa de gases implicou em sub e superestimação da degradação ruminal de carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF), cujos vícios globais do processo de obtenção de estimativas foram de $-25,27\%$ ($P<0,01$) e $+33,58\%$ ($P<0,01$), respectivamente. Os valores preditos de EFIM não mostraram relação significativa ($P>0,10$) com os valores observados, o que refletiu, semelhantemente, na falta de relação ($P>0,10$) entre valores preditos e observados para o fluxo abomasal de NMIC. A avaliação dos parâmetros da cinética de degradação obtidos com a incubação de extrusa e suplementos em conjunto mostrou que a avaliação de alimentos separadamente subestima a taxa de digestão específica de CF ($P<0,01$).

ABSTRACT

DETMANN, Edenio, D.S., Universidade Federal de Viçosa, January, 2002. **Crude protein levels in multiple supplements for finishing cattle at pasture: productive performance, simulation and validation of digestive kinetic parameters.** Adviser: Mário Fonseca Paulino. Committee members: Sebastião de Campos Valadares Filho and Paulo Roberto Cecon.

This thesis was elaborated based on three experiments related to productive and nutritional evaluations of supplemented crossbred steers at pasture. The objective of the Experiment 1 was to evaluate the productive and economical performance of supplemented crossbred steers during the dry season. Twenty five Holstein x Zebu steers, with 367.7 kg of live weight and 24 months old, grazing in five paddocks of *Brachiaria decumbens* (3 ha), were used. The supplements were constituted of grounded corn, whole soybean, urea, ammonium sulfate and mineral salt, being formulated to present levels of 12, 16, 20 and 24% of crude protein (CP) as fed basis, which constituted the treatments S12, S16, S20 and S24, respectively. The supplements were supplied to the animals in the level of 4 kg/animal/day. A group of animals were allotted to untreated control treatment (SAL) and received exclusively mineral salt. The CP levels in the supplements caused quadratic behavior on the variables average daily gain (ADG) ($P < .03$), final live weight (FLW) ($P < .04$) and necessary days to reach 450 kg of live weight (D450) ($P < .06$), which presented critical responses on the CP levels of 19.53% (0.943 kg), 19.38% (465.8 kg) and 19.22% (90.6 days), respectively. The supplementation allowed superior animal performance compared with SAL ($P < .10$), which presented averages of daily gain, FLW and D450 of 0.277 kg, 397.4 kg and 312.4 days, respectively. The carcass dressing percentage (CD) and the proportions of muscular (MT), fatty (FT) and bone (BT) tissues in the carcass were not influenced by the composition of supplements ($P > .10$). However, supplemented animals presented larger CD ($P < .10$) and FT ($P < .09$) and smaller BT ($P < .01$) compared with SAL. The economical evaluation of the supplements showed larger crude income for S20. The

objective of the Experiment 2 was to evaluate ingestive and digestive parameters of supplemented crossbred steers during the transition phase between the dry and rainy seasons. Five Holstein x Zebu steers, with 304 kg of live weight and 24 months old, grazing in five paddocks of *Brachiaria decumbens* (0.34 ha), were used. The treatments were the same ones described in the Experiment 1. The experiment was carried out in four experimental periods of 21 days, being analyzed by a 4 x4 Latin square, which included only the treatments with supplementation. The fifth animal was maintained fixed with relationship to paddock and treatment (SAL), being used as a measure of descriptive comparison. The forage selected by the animals was evaluated by esophageal extrusa samples and presented average contents of 109.9 and 564.4 g/kg of dry matter (DM) for CP and neutral detergent fiber (NDF), respectively. The variation of the CP levels in the supplements did not alter the intake of DM, organic matter (OM), DM from pasture, OM from pasture and NDF ($P>.10$), whose averages were 28.7, 26.1, 18.4, 16.3 and 11.3 g/kg of live weight, respectively. The supplementation reduced pasture intake and increased total intake in relation to SAL, with average coefficient of substitution of 0.41. The CP levels in the supplements did not affect the passage rate of ruminal particles ($P>.10$), which presented average value of 0.034 h^{-1} , superior to the observed value in SAL (0.029 h^{-1}). There were no effects of the composition of supplements ($P>.10$) on the total and partial digestibility of DM, OM, total carbohydrates and NDF. The level of ruminal ammonia nitrogen (RAN) increased linearly ($P<.01$) by the elevation of the CP level in the supplement. The evaluation of RAN as a function of the time after supplementation showed cubic behavior ($P<.01$) with higher concentration (34.4 mg/dL) observed 2 hours after feeding. The abomasum flows of total (TN), ammonia (NNH) and microbial (MICN) nitrogen were not influenced by the composition of supplements ($P>0.10$). Similar behavior was observed on the efficiency of microbial synthesis (EMS) ($P>0.10$) that presented average value of 347 g of microbial DM/kg of ruminal degraded carbohydrate (RDCHO) and 17.5 g of MICN/kg of ruminal fermented OM (RFOMO), being, however, superior to SAL (192.7 g of microbial DM/kg of RDCHO and 10.6 g of MICN/kg of RFOM). On the other hand, the elevation of CP level in the supplement increased linearly ($P<.02$) and cubically ($P<.04$) the total CP digestibility and the urinary excretion of urea, respectively. The objectives of the Experiment 3 were to evaluate the total and partial digestibility of the acid detergent insoluble nitrogen (ADIN), to simulate and to validate

the ruminal degradation of the carbohydrates and the microbial nitrogen flow estimated from kinetic parameters of ruminal degradation of esophageal extrusa and supplements obtained through the technique of *in vitro* gases production. The basic parameters for the validation procedures were obtained from the Experiment 2. The comparison between the intake and abomasum and fecal flows of ADIN indicated that there is digestibility of this fraction in the total tract ($P < .01$), attributed exclusively to intestinal events ($P < .01$), once that no digestibility was observed in the ruminal compartment ($P > .10$). The use of specific digestion rates obtained *in vitro* by the technique of cumulative gases production implicated in under- and over-estimation of the ruminal degradation of fibrous (FC) and non-fibrous (NFC) carbohydrates, whose overall bias of the estimation process were -25.27% ($P < .01$) and +33.58% ($P < .01$), respectively. The predicted values of EMS did not show significant relationship ($P > .10$) with the observed values, that contemplated, likely, in the lack of relationship ($P > .10$) between predicted and observed values for the abomasum MICN flow. The evaluation of the degradation kinetic parameters obtained with the incubation of extrusa and supplements together showed that the separated evaluation of feeds underestimates the specific digestion rate of FC ($P < .01$).

Introdução Geral

Pastagens tropicais e subtropicais são caracterizadas por uma rápida taxa de crescimento durante o período chuvoso, levando à maturidade das plantas, as quais contêm altos níveis de constituintes da parede celular. Os animais em pastejo têm disponibilidade de forragem de bom valor nutritivo por curto espaço de tempo, pois a pastagem, com a chegada da estação seca, decresce rapidamente em digestibilidade e, particularmente, em conteúdo total de nitrogênio, o que leva à perda excessiva de peso, constituindo o principal fator limitante para a produção animal (LENG, 1984).

Entre as alternativas existentes para contornar este problema a suplementação com nutrientes limitantes, aliada a práticas de manejo de pastagem, surge como opção para exploração mais intensiva dos sistemas pastoris brasileiros. Segundo o ANUALPEC (1999), o número de animais terminados em pastagens, com emprego de suplementação no período seco, cresceu de 115.000 para 1.850.000 entre os anos de 1990 e 1998, superando em 30,7% o número de animais terminados em confinamento, mostrando a importância e viabilidade da adoção desta tecnologia no setor pecuário bovino brasileiro.

A forma como os suplementos são formulados e administrados dependem diretamente dos objetivos traçados para o sistema de produção e do potencial produtivo da área em questão. Segundo PAULINO (2000), quando se almeja a produção de novilhas de descarte jovens (20-22 meses) e/ou novilhos precoces/superprecoces a pasto, em período coincidente com o período seco, envolvendo ganhos superiores a 800 g/dia, deve-se liberalizar o consumo de suplementos, fornecendo-os na ordem de 0,8-1,0% do peso vivo.

Embora esta tecnologia tenha apresentado ritmo de adoção massiva no Brasil, como descrito anteriormente, poucos estudos foram realizados com o objetivo de se avaliar o impacto produtivo e efeitos nutricionais destes suplementos no país. Estudos recentes têm procurado avaliar diferentes fontes alimentares na composição dos

suplementos múltiplos para terminação de bovinos em pastejo, em que se encontraram níveis satisfatórios de ganho, superando 0,9 kg/animal/dia, em pastagens de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) (SANTOS, 2001; PAULINO et al., s.d.). No entanto, estudos que envolvam características quantitativas, englobando, notadamente, o balanceamento e otimização dos níveis de nutrientes são praticamente inexistentes em condições tropicais, fazendo com que as recomendações atuais assumam características indesejavelmente empíricas, demonstrando a necessidade de avaliação mais profunda dos suplementos.

Dentre os nutrientes limitantes à produção animal, o nitrogênio, ou compostos nitrogenados, assume natureza prioritária durante o período seco do ano (PAULINO et al., 1982). Os baixos teores de proteína bruta limitam a atividade dos microrganismos ruminais, afetando a digestibilidade e o consumo de forragem, acarretando baixo desempenho animal (PAULINO, 1998). Dentro deste contexto, vários trabalhos têm apontado resultados positivos sobre o consumo e principais eventos digestivos com aumento na quantidade ou nível de compostos nitrogenados em suplementos múltiplos (DeLCURTO et al., 1990; HANNAH et al., 1991; e KÖESTER et al., 1996).

Por outro lado, durante o período de chuvas, embora as pastagens tropicais não sejam consideradas deficientes em proteína bruta, os ganhos de peso obtidos estão aquém do observado sob condições similares em regiões temperadas. Esta discrepância pode ser, em parte, atribuída à alta degradabilidade da proteína bruta da pastagem, o que provoca perda excessiva de compostos nitrogenados no ambiente ruminal na forma de amônia, gerando déficit protéico em relação às exigências para ganhos elevados (POPPI e McLENNAN, 1995). Desta forma, embora as deficiências nutricionais dos bovinos manejados em pastagens durante o período de chuvas estejam, à semelhança do período seco, relacionadas à proteína, observa-se a alteração no enfoque dado a estas deficiências, transformando-as de dietéticas em metabólicas.

Segundo o COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO (1990), na produção de animais em pastejo, notadamente em pastagens tropicais e sub-tropicais, torna-se importante especificar e fornecer os requerimentos em proteína o mais precisamente possível, permitindo, desta forma, identificar efetivamente os procedimentos mais econômicos de suplementação e contornar entraves produtivos diversos.

Por outro lado, ao longo dos anos, ocorreram consideráveis melhorias no entendimento da alimentação dos ruminantes; mas este progresso tem sido baseado

sobre aproximações empíricas, notadamente sobre o ambiente ruminal (RUSSELL et al., 1992), suportando-se exclusivamente em relações derivadas diretamente de observações experimentais. O sistema de análises proximais e o sistema de nutrientes digestíveis totais (NDT) têm sido utilizados por aproximadamente um século na avaliação nutricional dos alimentos. Outros sistemas têm sido desenvolvidos com o intuito de quantificar as perdas por via urinária, por produção de metano e por incremento calórico; entretanto, tais sistemas foram desenvolvidos a partir de pressuposições estáticas ou valores tabelados para a determinação do valor nutritivo dos alimentos e das exigências nutricionais dos animais, os quais não envolvem diretamente a dinâmica da fermentação ruminal (SNIFFEN et al., 1992). Neste enfoque, um entendimento mecanicista torna-se necessário para melhor sustentação do desenvolvimento da nutrição de ruminantes (RUSSELL et al., 1992), ou seja, rever a ótica do sistema sob investigação, dividindo-o em componentes-chave e analisando seu comportamento como um todo, em termos de seus componentes individualmente e nas interações entre eles (FORBES e FRANCE, 1993).

Estando os ruminantes domésticos no Brasil submetidos a condições dietéticas nas quais as pastagens constituem importante fonte de nutrientes, a obtenção de estimativas da dinâmica ruminal e pós-ruminal dos mesmos e a verificação do valor nutritivo predito a partir de tais estimativas tornam-se necessidades prementes para o uso dos modernos sistemas de avaliação de alimentos e das exigências nutricionais para estes animais (VIEIRA et al., 2000).

Este trabalho teve como objetivos: (a) avaliar o desempenho produtivo e econômico de bovinos de corte em fase de terminação durante o período da seca, empregando-se diferentes níveis de proteína bruta na composição do suplemento fornecido; (b) avaliar parâmetros ingestivos e digestivos de bovinos recebendo suplementos múltiplos de diferentes níveis protéicos durante a fase de transição entre os períodos de seca e chuvas; e (c) simular e validar estimativas da cinética digestiva ruminal dos carboidratos e fluxo nitrogenado microbiano em bovinos manejados em pastagem por intermédio de parâmetros da cinética de produção de gases obtidos *in vitro*.

Referências Bibliográficas

- ANUALPEC. 1999. *Anuário estatístico da pecuária de corte*. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio. 250p.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. 1990. *Feeding standards for Australian livestock. Ruminants*. Melbourne: Print Advisory Service Melbourne. 266p.
- DeLCURTO, T., COCHRAN, R.C., CORAH, L.R. et al. 1990. Supplementation of dormant Tallgrass-Prarie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. *J. Anim. Sci.*, 68(2):532-542.
- FORBES, J.M., FRANCE, J. 1993. Introduction. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Cambridge: CAB International. p.1-12.
- HANNAH, S.M., COCHRAN, R.C., VANZANT, E.S., et al. 1991. 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.*, 69(6):2624-2633.
- KÖESTER, H.H., COCHRAN, R.C., TITGEMEYER, E.S., et al. 1996. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, Tallgrass-Prarie forage by beef cows. *J. Anim. Sci.*, 74(10):2473-2481.
- LENG, R.A. 1984. Supplementation of tropical and subtropical pastures for ruminant production. In: GILCHRIST, F.M.C., MACKIE, R.I. (Eds.) *Herbivore nutrition in the subtropics and tropics*. Craighall, South Africa: The Science Press Ltd. p.129-144.
- PAULINO, M.F. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastagens. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa. *Anais...* Viçosa: CONEZ, 1998. p.173-188.
- PAULINO, M.F. 2000. Suplementação de bovinos em pastejo. *Informe Agropecuário*, 21(205):96-106.
- PAULINO, M.F., REHFELD, O.A.M., RUAS, J.R.M. et al. 1982. Alguns aspectos da suplementação de bovinos de corte em regime de pastagem durante a época seca. *Informe Agropecuário*, 89: 28-31.

- PAULINO, M.F., DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C. et al. (s.d.) Soja grão e caroço de algodão em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo. *R. Bras.Zootec.* (no prelo).
- POPPI, D.P., McLENNAN, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.*, 73(1):278-290.
- RUSSELL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.G. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, 70(11):3551-3561.
- SANTOS, E.D.G. *Terminação de bovinos em pastagem de Brachiaria decumbens Stapf, durante a estação seca, alimentados com diferentes concentrados*. Viçosa, MG: UFV, 2001, 163 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, 70(11):3562-3577.
- VIEIRA, R.A.M., PEREIRA, J.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. 2000. Simulação da dinâmica de nutrientes no trato gastrointestinal: aplicação e validação de um modelo matemático para bovinos a pasto. *R. Bras. Zootec.*, 29(3):898-909.

Capítulo 1

Níveis de Proteína Bruta em Suplementos Múltiplos para Terminação de Novilhos Mestiços em Pastejo Durante a Época Seca: Desempenho Produtivo e Características de Carcaça

1.1.Introdução

O processo de globalização tem causado grandes mudanças em diversos setores do agronegócio. A produção de gado de corte no Brasil tem sido desafiada para o estabelecimento de sistemas de produção que sejam capazes de produzir, de forma eficiente, carne de boa qualidade a baixo preço. Além disto, estes sistemas têm de ser competitivos, sustentáveis e capazes de produzir animais para abate com menos de 42 meses de idade, que é a média nacional (EUCLIDES et al., 2001).

A modernização da pecuária de corte, a qual, no Brasil, possui base sólida em sistemas pastoris, envolve, de forma concreta, o conhecimento dos fatores nutricionais limitantes à produção, exigindo o emprego de suplementos de características múltiplas, permitindo ao animal melhor utilização dos recursos forrageiros e ao sistema a ampliação do fluxo de produtos e melhor conhecimento de seu potencial produtivo. A forma como os suplementos múltiplos para bovinos em pastejo são formulados e administrados depende diretamente dos objetivos traçados para o sistema de produção e do potencial produtivo da área empregada. Segundo PAULINO (2000), quando se almeja a produção de novilho precoce a pasto, com terminação coincidente com a época seca, envolvendo ganhos superiores a 800 g/dia, deve-se liberalizar o consumo de suplementos, fornecendo-os na ordem de 0,8-1,0% do peso vivo.

Estudo recente avaliou diferentes fontes protéicas na composição de suplementos para terminação de bovinos em pastejo, em que se encontraram níveis satisfatórios de ganho, superando 1 kg/animal/dia, em pastagem de *Brachiaria decumbens* (PAULINO et al., s.d.). No entanto, estudos que envolvam características quantitativas, englobando

balanceamento e otimização dos níveis de nutrientes, são praticamente inexistentes em condições tropicais, fazendo com que as recomendações atuais assumam características indesejavelmente empíricas.

Dentre os nutrientes limitantes à produção animal os compostos nitrogenados assumem natureza prioritária durante o período seco do ano, onde os baixos teores na pastagem limitam a atividade dos microrganismos ruminais, afetando a digestibilidade e o consumo de forragem, acarretando baixo desempenho animal. Segundo o COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO (1990), na produção de animais em pastejo, notadamente em pastagens tropicais e sub-tropicais de teor naturalmente reduzido em proteína, torna-se importante especificar e fornecer os requerimentos em proteína o mais precisamente possível, permitindo, desta forma, identificar, efetivamente, os procedimentos mais econômicos de suplementação e contornar entraves produtivos diversos. Embora a literatura aponte resultados positivos sobre o consumo e digestão com aumento na quantidade ou nível de compostos nitrogenados em suplementos múltiplos (DeLCURTO et al., 1990a; 1990b; HANNAH et al., 1991), não foram encontrados relatos na literatura nacional envolvendo variações nos níveis protéicos em suplementos múltiplos para terminação.

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos sobre o desempenho produtivo, características de carcaça e parâmetros econômicos de bovinos mestiços em fase de terminação, manejados em pastagens de *Brachiaria decumbens*, durante a época seca.

1.2. Material e Métodos

O experimento foi realizado nas dependências da Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro da Universidade Federal de Viçosa (CEPET/UFV), no município de Capinópolis, localizado na macro-região do Pontal do Triângulo no Estado de Minas Gerais, entre os meses de julho e outubro de 2000.

A área experimental foi constituída por cinco piquetes de três hectares cada, cobertos uniformemente com a gramínea *Brachiaria decumbens* Stapf., providos de bebedouro e comedouro coberto.

Avaliaram-se suplementos constituídos por fubá de milho, soja grão integral, uréia, sulfato de amônia e mistura mineral, balanceados, segundo análise prévia, para

apresentarem os níveis de 12, 16, 20 e 24% de proteína bruta (PB), com base na matéria natural, os quais constituíram os tratamentos S12, S16, S20 e S24, respectivamente. Fixou-se, no balanceamento dos suplementos, em 3:1 a relação entre os compostos nitrogenados oriundos de alimentos concentrados e àqueles fornecidos pela mistura uréia/sulfato de amônia (9:1). Paralelamente, instalou-se tratamento controle (SAL) no qual os animais foram avaliados exclusivamente com mistura mineral.

Foram utilizados 25 novilhos mestiços holandês x zebu, não-castrados, com idade e peso médios iniciais de 24 meses e 367,7 kg, os quais foram distribuídos aleatoriamente entre os cinco tratamentos. Ao início do experimento, realizou-se controle de endo e ectoparasitas por intermédio da aplicação de produto à base de ivermectina (1%). Durante o período experimental realizaram-se, quando justificados, combates contra infestação de carrapatos e mosca-do-chifre.

Os suplementos foram distribuídos diariamente, em comedouro conjunto, na quantidade de 4 kg/animal após as 10:00 h, a fim de minimizar a interferência de efeito substitutivo sobre o comportamento de ingestão de forragem (ADAMS, 1985). Proporcionou-se acesso irrestrito a mistura mineral em todos os tratamentos. Esse nível de consumo, juntamente com as características apresentadas no balanceamento dos suplementos, proporcionou o fornecimento de concentrado em nível de 1% do peso vivo (PV) e o suprimento de aproximadamente, 60, 80, 100 e 120% das exigências de proteína bruta de um novilho não-castrado, de raça de porte médio, com 400 kg de PV e ganho esperado de 1 kg/dia, respectivamente para os tratamentos S12, S16, S20 e S24, segundo recomendações do NATIONAL RESEARCH COINCIL – NRC (1984). A composição dos suplementos é apresentada na Tabela 1.1.

O ganho médio diário (GMD) foi obtido com base nos pesos vivos inicial e final avaliados após 18 horas de jejum em relação a água e alimento, objetivando-se a redução de interferências relacionadas ao enchimento do trato gastrointestinal (ESCUDER, 1975). Realizaram-se pesagens periódicas a cada 21 dias, com o intuito de monitorar ocorrências de distúrbios indesejáveis sobre o desempenho animal (COOK, 1962), coincidindo com a rotação de tratamentos entre piquetes, a fim de eliminar possíveis variações devidas a esta fonte, perfazendo, assim, um total de cinco períodos e 105 dias de avaliação. Os dados climáticos tomados durante o experimento, em função dos períodos experimentais, são mostrados na Figura 1.1.

Tabela 1.1 - Proporções de ingredientes, teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e proteína bruta (PB), com base na matéria natural, e requerimentos de PB atendidos para os diferentes suplementos

Itens	Tratamentos				
	SAL	S12	S16	S20	S24
	Proporções (%)				
Fubá de Milho	-	95,22	83,39	71,49	59,66
Grão de Soja Inteiro	-	2,63	14,07	25,59	37,03
U/SA (9:1) ¹	-	1,15	1,54	1,92	2,31
Mistura Mineral ²	100,0	1,00	1,00	1,00	1,00
	Composição e Requerimento				
NDT (%) ³	0	77,6	77,8	78,0	78,3
PB (%)	0	12	16	20	24
PB Atendida (%) ³	0	60	80	100	120

^{1/} Uréia: Sulfato de Amônia. ^{2/}Composição percentual: fosfato bicálcico, 48,61; cloreto de sódio, 48,61; sulfato de zinco, 1,46; sulfato de cobre, 0,72; sulfato de magnésio, 0,50; sulfato de cobalto, 0,05; e iodato de potássio, 0,05. ^{3/}Estimado segundo valores do NRC (1984).

Ao quinto dia de cada período experimental realizou-se coleta da massa disponível na pastagem através do corte, ao nível do solo, de cinco áreas, delimitadas por um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m, escolhidas aleatoriamente dentro de cada piquete (McMENIMAN, 1997). Após a pesagem, as amostras foram homogeneizadas por piquete, das quais retirou-se uma alíquota, a qual foi destinada à avaliação dos teores de matéria seca e proteína bruta, segundo ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC (1990).

Ao final do período de avaliação, os animais foram abatidos por dessensibilização via concussão cerebral, seguida de secção da veia jugular, sendo avaliado o peso de carcaça (PC). Após 24 horas de resfriamento, retirou-se, em cada meia-carcaça esquerda, a seção compreendida entre a 9^a e 11^a costelas, denominada seção H&H, a qual permitiu a estimação da composição média de carcaça em termos de tecidos muscular, adiposo e ósseo, segundo metodologia descrita por HANKINS e HOWE (1946). O rendimento de carcaça foi expresso pela razão entre o peso de carcaça quente e peso vivo final em jejum (PVF).

Durante todo o período de avaliação, foram tomadas amostras dos suplementos a cada partida produzida, formando-se, ao final, uma amostra composta proporcional, que foi submetida a análise para quantificação dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), PB, extrato etéreo (EE) e cinzas (AOAC, 1990); fibra em detergente

neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), com as devidas correções de procedimento para a presença de amido, e correções finais para proteínas e cinzas (VAN SOEST et al., 1991), adotando-se o método de extração de micro-FDN por intermédio de autoclavagem da amostra, segundo PELL e SCHOFIELD (1993). O teor total de compostos nitrogenados não-protéicos foi estimado pela diferença entre nitrogênio total e nitrogênio precipitável em ácido tricloroacético (TCA), segundo adaptações de MALAFAIA e VIEIRA (1997). A composição químico-bromatológica dos suplementos é mostrada na Tabela 1.2.

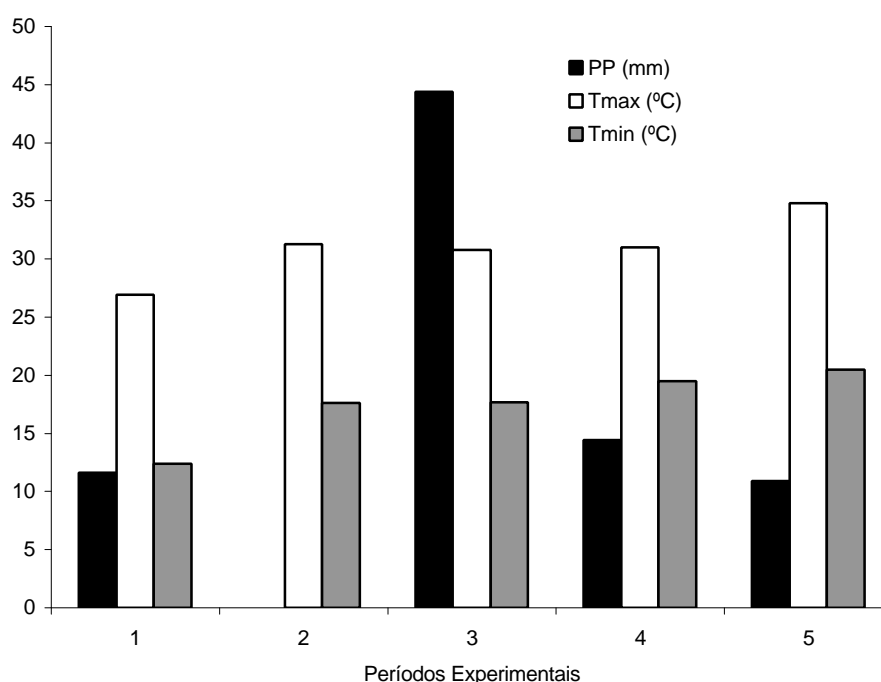


Figura 1.1 - Caracterização dos parâmetros climáticos precipitação total (PP), temperatura máxima média (Tmax) e temperatura mínima média (Tmin) em função dos períodos experimentais. Fonte: Estação meteorológica - CEPET/UFV.

A avaliação de parâmetros econômicos tomou como base as receitas e despesas adicionais em relação ao tratamento controle (SAL). Para melhor visualização dos resultados, aplicou-se análise de sensibilidade, em função de variações nos valores de suplementos e venda dos animais. Todas as cotações empregadas foram tomadas na região e no período em que se conduziu este experimento.

Tabela 1.2 - Composição químico-bromatológica dos suplementos, com base na matéria seca

Itens ¹	Tratamentos			
	S12	S16	S20	S24
MS (%)	87,03	87,34	87,37	87,68
MO ²	978,4	971,4	966,6	962,4
PB ²	147,0	188,2	229,9	274,0
NNP ³	50,5	51,2	56,6	52,9
EE ²	48,3	62,3	79,6	84,9
Cinzas ²	21,6	28,6	33,4	37,6
CT ^{2,4}	783,1	720,9	657,1	603,5
FDN ²	74,8	80,0	87,1	98,8
CNF ^{2,5}	708,3	640,8	570,0	504,7
FDA ²	21,7	36,0	51,9	65,6

¹/ MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; NNP – compostos nitrogenados não-protéicos; EE – extrato etéreo; CT – carboidratos totais; FDN – fibra em detergente neutro; CNF – carboidratos não-fibrosos; FDA – fibra em detergente ácido. ²/ g/kg MS. ³/ % dos compostos nitrogenados totais. ⁴/ CT = 1000 – (PB + EE + Cinzas). ⁵/ CNF = CT - FDN.

O experimento foi analisado segundo delineamento inteiramente casualizado, empregando-se análise de covariância, segundo técnica descrita por SNEDECOR e COCHRAN (1989), adotando-se como covariável o peso vivo inicial em jejum, segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \epsilon_{(i)j}$$

em que:

μ = constante geral;

α_i = efeito referente ao tratamento i;

β = coeficiente de regressão para a relação linear entre as variáveis resposta e concomitante;

X_{ij} = peso vivo inicial em jejum referente ao tratamento i e à repetição j;

\bar{X} = peso vivo inicial em jejum médio; e

$\epsilon_{(i)j}$ = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto NID (0; σ^2).

A comparação entre tratamentos foi realizada por intermédio da decomposição da soma de quadrados relacionada a esta fonte por intermédio de contrastes ortogonais, conforme descrito na Tabela 1.3.

Tabela 1.3 - Distribuição dos coeficientes para os contrastes ortogonais empregados na decomposição da soma de quadrados para tratamentos

Contraste	Coeficientes				
	SAL	S12	S16	S20	S24
A	+4	-1	-1	-1	-1
B	0	-3	-1	+1	+3
C	0	+1	-1	-1	+1
D	0	-1	+3	-3	+1

Ao primeiro contraste (A) atribuiu-se a comparação entre as médias do tratamento controle (SAL) e tratamentos envolvendo suplementação. Os contrastes denotados pelas letras B, C e D, construídos segundo recomendações de STEEL et al. (1997), permitiram a avaliação de efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica em função dos níveis de proteína bruta nos suplementos, respectivamente. Adotou-se $\alpha = 0,10$. Antecipa-se que, em nenhuma das variáveis avaliadas detectou-se efeitos de ordem cúbica, sendo, portanto, suprimidos da discussão. No caso de não se observar efeito significativo para a covariável peso vivo inicial, o modelo foi reparametrizado, deslocando-se o grau de liberdade associado a esta fonte ao resíduo.

1.3.Resultados e Discussão

As disponibilidades médias de matéria seca e teor de proteína bruta na pastagem em função dos períodos experimentais são mostrados na Figura 1.2. Observou-se disponibilidade média de matéria seca na pastagem de 7086 kg/ha, sendo superior à relatada por PAULINO et al. (s.d.) (6026 kg/ha) em condições semelhantes às apresentadas neste estudo e considerada satisfatória para os animais exercerem pastejo irrestrito, sem entraves à capacidade seletiva.

Na Tabela 1.4 são apresentadas as médias para o ganho médio diário (GMD), peso vivo final (PFV), peso de carcaça (PC), rendimento de carcaça (RC) e dias necessários para o alcance de 450 kg de PV (D450).

Observou-se que todos os tratamentos englobando suplementação apresentaram desempenho superior ao grupo controle (SAL) ($P < 0,01$) com relação às variáveis GMD e PVF. Ressalta-se, contudo, a limitação apresentada por esta comparação, não permitindo distinguir variações devidas ao fornecimento diferenciado de nutrientes ou efeitos associativos atribuídos à composição suplementar.

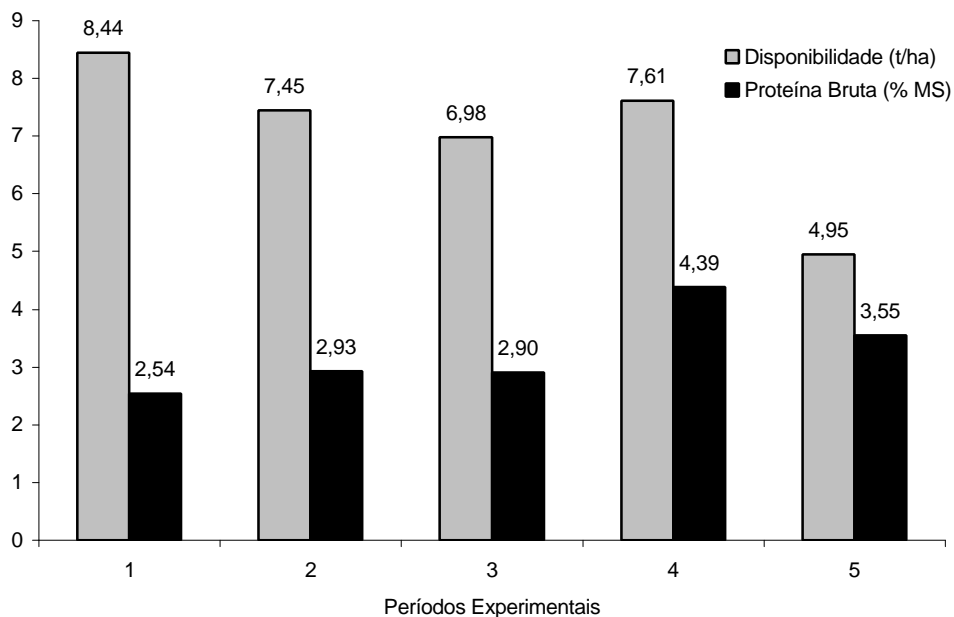


Figura 1.2 - Disponibilidade total de matéria seca e teor médio de proteína bruta na massa total disponível para a pastagem em função dos períodos experimentais.

A média para GMD (0,983 kg/dia) observada em S20, o qual apresentou superioridade numérica aos demais tratamentos, aproxima-se da relatada por PAULINO et al. (s.d.) (1,056 kg/dia) ao fornecerem suplemento composto por milho, soja grão e uréia (20%PB), em nível semelhante ao empregado neste estudo, a bovinos mestiços manejados em pastagem de *Brachiaria decumbens*. Trabalhando em pastagem semelhante, SANTOS (2001), ao fornecer suplementos constituídos por milho grão, farelos de soja e de trigo e uréia (20% PB) a novilhos F1 limousin x nelore em nível de 1% PV encontrou GMD de 0,915 kg/dia, agregando aos resultados aqui demonstrados.

Por outro lado, o GMD apresentado em SAL (0,277 kg/dia) situou-se aquém do desejado para terminação de animais ainda no período seco, propiciando PVF de 397,38 kg, o qual foi inferior às médias obtidas com animais suplementados ($P < 0,01$) (Tabela 1.4), o que implica na manutenção dos animais na propriedade por, ao menos, parte da estação chuvosa subsequente para que se alcance peso satisfatório de abate, o que não pode ser proveitoso em muitos sistemas que enfocam a pecuária de ciclo curto a pasto. Projeção numérica deste comportamento foi observada sobre a variável D450, que apresentou grande discrepância entre animais controle (SAL) e aqueles suplementados ($P < 0,01$) (Tabela 1.4). Ressalta-se, contudo, que esta comparação, embora esclarecedora

do ponto de vista produtivo, deve ser interpretada com cautela, uma vez que a média para D450 observada em SAL extrapolou o período experimental, não havendo, portanto, garantias da exatidão absoluta desta estimativa, embora o valor de PVF observado para SAL permita, com certeza, afirmar a existência desta discrepância.

Recorrendo-se aos demais contrastes para detecção de relação funcional entre a composição de suplementos e as variáveis resposta em questão, observou-se comportamento quadrático para as variáveis GMD ($P < 0,03$) e PVF ($P < 0,04$) (Tabela 1.4), com pontos críticos (resposta máxima) obtidos sobre os níveis protéicos de 19,53 (0,943 kg/dia) e 19,38% (465,8 kg), respectivamente. Como reflexo do comportamento destas variáveis, observou-se efeito quadrático em D450 ($P < 0,06$) (Tabela 1.4), apresentando mínima resposta sobre o nível de 19,22% PB (90,6 dias).

Dentro do contexto da nutrição de bovinos em pastejo, sob as óticas produtiva e econômica, a otimização da produtividade animal deve agregar, em primeiro plano, à identificação e suplementação do nutriente em limitação primária (KLOPFENSTEIN, 1996). Pastagens tropicais, com a chegada da estação seca, decrescem rapidamente em digestibilidade e, particularmente, em conteúdo total de nitrogênio, o que leva à perda excessiva de produtividade, constituindo o principal fator limitante à produção animal (LENG, 1984).

Neste enfoque, dá-se suporte ao comportamento de melhoria de desempenho, medido sobre as variáveis GMD, PVF e D450 (Tabela 1.4), com a elevação do nível protéico suplementar de 12 a 20%, em função da natureza prioritária ou de limitação primária da proteína no período seco do ano, uma vez observando-se pequena variação sobre o conteúdo energético dos suplementos (Tabela 1.1).

Forragens de baixa qualidade apresentam deficiência não só em nutrientes para o desempenho animal, mas também em substratos para o metabolismo microbiano - neste caso, principalmente, compostos nitrogenados - fazendo com que a inclusão de suplementos protéicos à dieta apresente efeito benéfico sobre o ambiente ruminal (DIXON e STOCKDALE, 1999), ampliando-se a síntese total de compostos nitrogenados microbianos, a extração de energia a partir dos carboidratos fibrosos da forragem (LENG, 1990; HANNAH et al., 1991; e PAULINO et al., 2001) e o aproveitamento dos substratos energéticos do próprio suplemento, que resulta em maior aporte de nutrientes para o intestino e ácidos graxos voláteis para o metabolismo energético.

Tabela 1.4 - Médias, coeficientes de variação (CV - %), níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor P), estimativas para parâmetros de regressão e coeficientes de determinação (r^2/R^2) para as variáveis ganho médio diário (GMD - kg), peso vivo final (PVF - kg), peso de carcaça (PC - kg), rendimento de carcaça (RC - %) e dias para o alcance de 450 kg de peso vivo (D450) para os diferentes tratamentos

Item	Tratamentos					Valor P ²			CV(%)	Estimativas dos parâmetros da regressão			r^2/R^2
	SAL	S12	S16	S20	S24	C vs. S	L	Q		b ₀	b ₁	b ₂	
GMD	0,277	0,684	0,811	0,983	0,800	0,0001	0,0850	0,0250	20,1	-0,8879	0,1875	-0,0048	0,8263
PVF ¹	397,4	440,8	453,8	471,9	453,1	0,0001	0,0866	0,0313	3,4	279,102	19,2622	-0,4969	0,8210
PC ¹	200,0	228,3	235,5	242,1	241,7	0,0001	0,0521	0,4563	5,0	215,739	1,1783	-	0,8663
RC	50,28	51,73	52,00	51,31	53,32	0,0989	0,3453	0,3689	4,1	52,09	-	-	-
D450 ¹	312,4	117,4	103,1	84,3	105,4	0,0001	0,1236	0,0523	16,9	295,6	-21,3126	0,5539	0,8239

¹/ Médias ajustadas por covariância.

²/ C vs. S – controle (SAL) vs. suplementos; L e Q – efeitos linear e quadrático para níveis de proteína bruta nos suplementos, respectivamente.

Em adição, embora sob níveis elevados de suplementação, como apresentados neste estudo, obtenha-se efeito substitutivo sobre o consumo de forragem, em comparação a animais não-suplementados (NRC, 1984; DeLCURTO et al., 1990a; 1990b; e SANTOS, 2001), este efeito tende a ser amenizado com a elevação do teor de PB nos suplementos (HANNAH et al., 1991), o que, em conjunto aos aspectos digestivos discutidos anteriormente, suporta, de forma mais concreta, o comportamento produtivo observado.

De forma contrária aos aspectos discutidos sobre a natureza prioritária da proteína nas condições em que se conduziu este experimento, o comportamento quadrático observado para as variáveis GMD, PVF e D450 (Tabela 1.4), indicou redução no desempenho animal sob o nível protéico suplementar de 24%.

Esta queda no desempenho pode, em parte, ser justificada pela possível ocorrência de excesso de proteína para o metabolismo microbiano/animal, o qual pode ser perdido por via urinária na forma de uréia. A síntese de uma molécula de uréia a nível hepático apresenta balanço negativo de 1 ATP (BRODY, 1993), o que pode acarretar, no caso de excesso, em dreno energético, prejudicando o desempenho animal (NRC, 1988). Por outro lado, em alguns casos, embora a energia requerida para síntese de uréia não represente elevada proporção da energia digestível total ingerida, CHALUPA et al. (1970) relevaram o fato de este dispêndio energético ser concentrado quase que exclusivamente sobre o fígado, o que pode causar competição por ATP com a via gliconeogênica do propionato (NRC, 1988). Depressões nas concentrações hepáticas de NADH, NADP e NADPH são relacionadas à elevação do nível hepático de amônia e síntese de uréia sob excesso protéico dietético, o que gera distúrbios sobre o metabolismo intermediário dos carboidratos (CHALUPA et al., 1970; PRIOR et al., 1970; e NRC, 1988).

Em outro aspecto, a energia necessária para a formação de uréia a partir do excesso de proteína decresce a razão energia líquida/energia metabolizável, sendo direcionada à formação de calor corporal (NRC, 1988). Segundo POPPI e McLENNAN (1995), a dissipação de calor corporal constitui grande limitação para a produção de bovinos nos trópicos, fazendo com que os animais, mesmo não demonstrando os sintomas óbvios deste estresse, passem a restringir o consumo, como ferramenta para redução do metabolismo de forma a adequar a produção de calor corporal a taxas na qual este possa ser dissipado confortavelmente. Por intermédio da união destas afirmações pode-se inferir que reduções no consumo possam ser observadas em animais

suplementados com proteína em excesso. Esta suposição é suportada pelos resultados apresentados por DelCURTO et al. (1990a) e (1990b) que encontraram redução no consumo de forragem por novilhos suplementados em nível de 0,4 e 0,5% PV ao elevarem o nível protéico suplementar de 28 a 41% e de 25 a 39%, respectivamente; embora ampliações no consumo de forragem tenham sido observadas pela elevação dos níveis de PB dos suplementos de 12 a 28% e de 13 a 25%.

Embora os resultados de desempenho apontados neste estudo, dentro do contexto das variáveis até aqui discutidas, tenham apresentado agregação e suporte em relatos da literatura (SANTOS, 2001; PAULINO et al., s.d.), alguns trabalhos têm mostrado resultados produtivamente inferiores aos aqui apresentados (EUCLIDES et al., 1998; 2001; FRANCO et al., 2001; e PÁDUA et al., 2001). A resposta à proteína suplementar em animais sob pastejo é variável e dependente da qualidade e disponibilidade da forragem e do ambiente (Kartchner, 1980; citado por DelCURTO et al., 1990b). A disponibilidade de matéria seca em pastagens tropicais tem sido recentemente alvo de discussão e reavaliação (PAULINO et al., 2001), em que restrições sobre este parâmetro têm sido atribuídas como possível causa da discrepância entre resultados de diferentes trabalhos (PAULINO et al., s.d.). Alguns autores, ao trabalharem com bovinos em pastejo, têm almejado, como condição de manejo, disponibilidade média de 2000 kg MS/ha (EUCLIDES et al., 1998; 2001; e PÁDUA et al., 2001), o que agrega à recomendação de MINSON (1990), como mínimo à não restrição do consumo e capacidade seletiva. No entanto, deve-se ressaltar que esta estimativa foi inicialmente obtida em gramínea temperada (ALLDEN e WHITTAKER, 1970), o que talvez possa não apresentar elevada representatividade frente às características morfológicas e fisiológicas de gramíneas tropicais. A elevação da disponibilidade de matéria seca (ou redução na pressão de pastejo) tem sido relacionada a elevações no consumo de forragem (RIBEIRO FILHO et al., 1997) e na qualidade do material selecionado (DETMANN et al., 2001), podendo implicar, possivelmente, em reduções nas exigências energéticas para manutenção dos animais (CSIRO, 1990). Este quadro resulta em animais não-suplementados durante o período seco, ao contrário de padrões de perda de peso normalmente encontrados, em desempenhos na ordem de manutenção (GOMES JR. et al., s.d.) ou ganhos de baixa magnitude, como descrito por SANTOS (2001) (0,104 g/dia) e os relatados neste estudo (Tabela 1.4).

Definições têm sido construídas com o intuito de estabelecer referenciais alternativos à disponibilidade total de matéria seca, como matéria seca de folhas

(t'MANNEJTE e EBERSOHN, 1980) ou matéria seca verde (EUCLIDES et al., 1993). No entanto, referências concretas frente a estes parâmetros são escassas em condições brasileiras, havendo necessidade premente da incorporação de aspectos nutricionais aos conceitos de forragicultura, o que permitiria a conceituação e quantificação de índices que melhor definissem qualitativa e quantitativamente a massa forrageira potencialmente selecionável e ingerível pelo animal.

Não foram observadas diferenças significativas entre suplementos para a variável RC ($P>0,10$) (Tabela 1.4), obtendo-se valor médio de 52,09%. Esta estimativa assemelha-se às médias de 52,2% observada por ZERVOUDAKIS et al. (2001) ao abaterem animais mestiços terminados em pastagem de *Brachiaria decumbens* durante o período das águas e de 53,6% relatada por SANTOS (2001) ao trabalhar com novilhos F1 limousin x nelore em pastagem de *Brachiaria decumbens* durante o período seco, suplementados em nível de 1% PV. Similaridade à média obtida neste estudo foi relatada por PAULINO et al. (s.d.) (52,96%) ao abaterem animais mestiços em condições de pastagem e suplementos (20% PB) similares às aqui apresentadas. Estes autores, ao compararem a estimativa obtida a valores da literatura, inferiram que, em termos de RC, animais terminados a pasto com suplementação apresentam desempenho semelhante àqueles terminados em condições de confinamento.

Contraditoriamente às variáveis GMD, PVF e D450, o desempenho produtivo medido por intermédio da variável PC mostrou elevação linear com a ampliação do nível protéico dos suplementos ($P<0,06$), embora os tratamentos S20 e S24 tenham apresentado médias similares (242,9 e 241,7 kg, respectivamente) (Tabela 1.4). Ressalta-se que o fornecimento de suplementos permitiu desempenho superior sobre SAL ($P<0,01$) (Tabela 1.4).

A composição física de carcaça, em termos de tecidos muscular (TM), adiposo (TA) e ósseo (TO), é apresentada na Tabela 1.5. Não se observaram efeitos significativos com relação à composição de suplementos ($P>0,10$) sobre estas variáveis; observando-se, contudo, diferenças entre SAL e suplementos com relação à proporção de TA ($P<0,09$) e TO ($P<0,01$).

Tabela 1.5 - Médias, coeficientes de variação (CV - %), níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor P), estimativas para parâmetros de regressão e coeficientes de determinação (r^2/R^2) para as variáveis percentagem de tecidos muscular (TM), adiposo (TA) e ósseo (TO) na carcaça, e índice produtivo industrial (IPIN) para os diferentes tratamentos

Item	Tratamentos					Valor P ²			CV(%)	Estimativas dos parâmetros da regressão			r^2/R^2
	SAL	S12	S16	S20	S24	C vs. S	L	Q		b ₀	b ₁	b ₂	
TM	63,98	63,19	63,13	63,19	64,07	0,7158	0,6731	0,7455	5,0	63,40	-	-	-
TA	15,28	18,15	18,16	18,14	18,52	0,0884	0,8698	0,9021	18,7	18,24	-	-	-
TO	20,74	18,58	18,70	18,67	17,45	0,0003	0,1332	0,1867	5,8	18,35	-	-	-
IPIN ¹	-	1,605	1,814	2,092	1,810	-	0,0931	0,0432	13,7	-0,9038	0,2986	-0,0077	0,8348

¹/ Função discriminante linear de Fisher = 1,580934 x Ganho médio diário + 0,014647 x Porcentagem de gordura na carcaça + 0,001129 x Peso final de carcaça.

²/ C vs. S – controle (SAL) vs. suplementos; L e Q – efeitos linear e quadrático para níveis de proteína bruta nos suplementos, respectivamente.

De forma geral, o valor médio obtido para TA com o fornecimento de suplementos (18,4%) mostrou-se aquém do relatado em animais confinados (MUNIZ et al., 1997; GESUALDI JR. et al., 2000), sendo, no entanto, semelhante a avaliação realizada em animais terminados em condições similares às empregadas neste estudo (SANTOS, 2001). Ressalta-se que as carcaças de todos os animais foram qualificadas como escassas em gordura ao momento do abate. Este comportamento reflete possivelmente o fato de os animais empregados neste estudo serem não-castrados, o que pode comprometer substancialmente a deposição de gordura na carcaça (BERG e BUTTERFIELD, 1979; RESTLE et al., 1994), podendo ser ressaltado pelo nível de sangue holandês apresentado pelos animais, o que infere menores proporções de tecido adiposo na carcaça em comparação a raças características de corte (JORGE et al., 1997). Por outro lado, animais em pastejo apresentam acréscimo na ordem de 10 a 20% nas exigências de energia para manutenção (CSIRO, 1990), o que poderia, possivelmente, afetar a partição de energia para deposição de tecidos.

Por outro lado, as diferenças observadas entre SAL e os demais tratamentos com relação às variáveis TA e TO (Tabela 1.5) obtêm suporte sobre o comportamento observado sobre GMD (Tabela 1.4), no sentido de que animais de plano nutricional mais elevado, proporcionado pelo fornecimento de suplementos, apresentam maior intensidade de crescimento, o que resulta em menores proporções de ossos (MÜLLER e PRIMO, 1986; GESUALDI JR. et al., 2000) e maior teor de tecido adiposo (BERG e BUTTERFIELD, 1979) na carcaça. De outra forma, o maior percentual de TA observado na carcaça dos animais suplementados constitui possível causa da superioridade em relação a SAL quanto ao RC ($P < 0,10$) (Tabela 1.4), uma vez que este representa o componente da carcaça com maior influência sobre esta variável (BERG e BUTTERFIELD, 1979).

Em virtude da discrepância inferencial sobre o desempenho produtivo encontrada entre PC e as variáveis GMD, PVF e D450 adotou-se, como ferramenta de diagnóstico para melhor discriminação entre tratamentos que envolveram suplementação, o emprego da técnica de análise multivariada denominada Função Discriminante Linear de Fisher (FDLF) ou primeira variável canônica (HARRIS, 1975), na qual empregaram-se as variáveis GMD, PC e TA, as quais foram combinadas por otimização linear em uma única variável, aqui denominada Índice Produtivo Industrial (IPIN). A escolha desta combinação se deu com base na importância apresentada pelas variáveis GMD e PC ao produtor, englobando, do ponto de vista industrial, além do PC, a variável TA, a qual

representa, entre as medidas tomadas neste estudo, a de maior relação ao grau de acabamento de carcaças em enfoque comercial.

Os resultados obtidos para o IPIN são apresentados na Tabela 1.5. O autovalor associado à FDLF apresentou importância relativa de 85,81%, o que garante bom poder discriminante e maximização do teste F para tratamentos pela utilização do autovetor canônico correspondente a este autovalor. Observou-se comportamento quadrático ($P < 0,05$) para o IPIN entre suplementos (Tabela 1.5), com ponto de máxima resposta situado sobre o nível protéico suplementar de 19,39%. Desta forma, embora apresentando comportamento linear para a variável PC, a avaliação conjunta com GMD e TA não permitiu apontar resultados favoráveis à elevação do nível de PB a S24, conforme demonstrado univariadamente para GMD, PVF e D450 (Tabela 1.4).

Os indicadores econômicos de produção, com base diária, são apresentados na Tabela 1.6. Ressalta-se que os índices apresentados retratam a diferença entre os custos e benefícios obtidos com a suplementação de forma diferencial ao tratamento controle (SAL).

Tabela 1.6 - Indicadores econômicos de produção, por animal, para os diferentes suplementos, em função do desempenho médio diário

Item	Suplementos			
	S12	S16	S20	S24
Ganho Diferencial (kg/dia)	0,407	0,534	0,705	0,523
Rendimento de Carcaça (%)	51,73	52,00	51,31	53,32
Valor do Suplemento (R\$/kg) ¹	0,218	0,233	0,248	0,263
Custo do Suplemento (R\$/dia)	0,87	0,93	0,99	1,05
Ganho Diário (R\$/dia) ²	0,58	0,76	0,99	0,76
Retorno Diário (R\$/dia) ²	-0,30	-0,17	0,00	-0,29
Retorno diário Relativo ^{2,3}	0,6610	0,8157	0,9981	0,7255
Ganho Diário (R\$/dia) ⁴	0,58	0,76	1,00	0,74
Retorno Diário (R\$/dia) ⁴	-0,29	-0,17	0,01	-0,31
Retorno Diário Relativo ^{3,4}	0,6656	0,8171	1,0133	0,7088

^{1/} Custos de ingredientes (R\$/kg): milho em grão - 0,21; soja em grão - 0,33; uréia - 0,50; mistura mineral - 0,42.

^{2/} Considerando rendimento de carcaça observado em cada tratamento. Valor de venda (arroba): R\$ 41,00 (Outubro/2000).

^{3/} Retorno diário relativo = Ganho Diário (R\$/dia) ÷ Custo do Suplemento (R\$/dia).

^{4/} Considerando rendimento de carcaça médio (52,09%). Valor de venda (arroba): R\$ 41,00 (Outubro/2000).

Segundo os resultados apresentados (Tabela 1.6), observou-se, em termos diários, retorno positivo somente sobre o tratamento S20, sendo, mesmo assim, de baixa magnitude (1,01%); ao passo que os demais tratamentos apresentaram, sem exceção, indicadores negativos. Deve-se ressaltar, contudo, que esta comparação não permite visualizar as variações obtidas com a antecipação do abate dos animais, a qual consiste em um dos principais benefícios em sistemas de suplementação a pasto (EUCLIDES et al., 1998). Para que isto se tornasse possível, optou-se por interpretar os indicadores econômicos sobre a projeção de D450, o que permitiu avaliar o dispêndio total com insumos e o benefício gerado pela antecipação na liberação da pastagem (Tabela 1.7).

Tabela 1.7 - Indicadores econômicos de produção, por animal, para os diferentes suplementos, em função do total necessário em suplementação e ocupação de pastagem para o alcance de 450 kg de peso vivo (D450)

Item	Suplementos			
	S12	S16	S20	S24
Ganho Diferencial (kg/dia)	0,407	0,534	0,705	0,523
D450	117,4	103,1	84,3	105,4
Custo Total Suplementação (R\$)	102,20	95,93	83,51	110,73
Ganho em Ocupação (dias) ¹	62,6	76,9	95,7	74,6
Ganho em Ocupação (R\$/cab) ²	10,43	12,82	15,95	12,43
Ganho Sobre Controle (kg)	47,8	55,1	59,4	55,1
Ganho Sobre Controle (R\$) ³	68,03	78,39	84,62	78,49
Retorno sem Benefício Pasto (R\$/cab)	-34,17	-17,54	1,11	-32,24
Retorno com Benefício Pasto (R\$/cab)	-23,74	-4,73	17,06	-19,81

¹/ Considerando média de ganho para o tratamento controle de 0,277 kg/dia até 31/10/2000, e assumindo-se taxa de ganho de 0,800 kg/dia a partir de 01/11/2000.

²/ Valor comercial de aluguel de pastagem assumido como custo de oportunidade (R\$ 5,00/cab/mês).

³/ Considerando rendimento de carcaça médio (52,09%). Valor de venda (arroba): R\$ 41,00 (Outubro/2000).

EUCLIDES et al. (2001) alertaram que cautela seria necessária na interpretação de resultados desta natureza em função do ganho compensatório que poderia ser apresentado por animais que permanecessem em desempenho durante o período de chuvas subsequente, o que concorda à projeção de D450 para SAL (Tabela 1.4). Desta forma, adotou-se a pressuposição de que os animais provenientes do tratamento SAL manteriam seu nível de GMD (0,277 kg/dia) até 31/10, a partir da qual, admitindo-se o

início do período de chuvas, passariam a taxa de ganho de 0,800 kg/dia. Este nível de GMD foi adotado como aproximação aos resultados de desempenho, em animais e pastagem semelhantes, apresentados por ZERVOUDAKIS et al. (2001).

Conforme os resultados expressos na Tabela 1.7, mesmo com a consideração dos efeitos de redução da idade ao abate, não se possibilitou retornos econômicos favoráveis sobre os tratamentos S12, S16 e S24. De acordo com os indicadores da Tabela 1.7, o tratamento S20, apresentou resultados favoráveis, os quais foram incrementados pela consideração do benefício da desocupação de pastagens, mostrando ser este grande diferencial sobre a decisão de adotar-se sistemas de terminação de bovinos em pastejo com suplementação.

A análise de sensibilidade, conduzida em função de possíveis variações nos valores de venda de animais e insumos para suplementação, é mostrada na Tabela 1.8. Observou-se, de forma geral, a manutenção do comportamento observado na Tabela 1.7, com superioridade econômica apontada para o tratamento S20, embora valores positivos possam também ser observados sobre S16, principalmente a partir da redução de 5% no valor de suplementos. O comportamento observado para S20 permite inferir que a lucratividade do sistema não depende exclusivamente do desempenho animal, mas mostra-se altamente dependente de variações no mercado.

Tabela 1.8 - Análise de sensibilidade, por animal, para o retorno bruto (R\$), calculado em função do necessário para o alcance de 450 kg de peso vivo, de acordo com variações nos valores comerciais de suplementos e vendas de animais

Variações		Tratamentos			
Venda de Animais	Custo de Suplementos	S12	S16	S20	S24
0%	0%	-23,74	-4,73	17,06	-19,81
+2,5%	0%	-22,04	-2,77	19,17	-17,85
+5%	0%	-20,34	-0,81	21,29	-15,89
0%	-5%	-18,63	0,07	21,23	-14,27
+2,5%	-5%	-16,93	2,03	23,35	-12,31
+5%	-5%	-15,23	3,99	25,46	-10,35
0%	-10%	-13,52	4,87	25,41	-8,74
+2,5%	-10%	-11,82	6,83	27,52	-6,77
+5%	-10%	-10,12	8,79	29,64	-4,81
0%	-15%	-8,41	9,66	29,58	-3,20
+2,5%	-15%	-6,71	11,62	31,70	-1,24
+5%	-15%	-5,01	13,58	33,81	0,72

Do ponto de vista estratégico, o planejamento sistêmico na propriedade determina, com certeza, a lucratividade na adoção desta tecnologia. A variação de preços de venda de animais está, na grande maioria dos casos, além das possibilidades do produtor e, embora algum escalonamento possa ser realizado, a manutenção de animais na propriedade, com o intuito de se aguardar alterações favoráveis no mercado, pode não possibilitar bons retornos, em virtude do aumento das exigências de manutenção e ganho dos animais, o que compromete a eficiência de utilização dos alimentos, e do retardamento da liberação das pastagens para novos lotes de animais. Por outro lado, por intermédio de processo de armazenagem, a aquisição de insumos em períodos de alta oferta e, conseqüentemente, menor preço, pode incrementar de maneira satisfatória a lucratividade do sistema.

1.4. Conclusões

O nível protéico em suplementos múltiplos para terminação de bovinos em pastagens de *Brachiaria decumbens* durante a época seca deve estar entre 19 e 20%, o que permite otimizar o desempenho produtivo animal.

Em termos econômicos, a adoção do nível de 20% de proteína bruta nos suplementos permite rentabilidade favorável em animais terminados durante o período da seca.

1.5. Referências Bibliográficas

- ADAMS, D.C. 1985. Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behavior of yearling beef steers grazing russian wild ryegrass in the fall. *J. Anim. Sci.*, 61(4):1037-1042.
- ALLDEN, W.G., WHITTAKER, I.A.M. 1970. The determination of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Aust. J. Agric. Res.*, 21(3): 755-766.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15 ed. Arlington. 1117p.
- BERG, R.T., BUTTERFIELD, R.M. 1979. *Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno*. Zaragoza: Editorial Acribia. 207p.
- BRODY, T. 1993. *Nutritional biochemistry*. San Diego: Academic Press. 658p.
- CHALUPA, W., CLARK, J., OPLIGER, P. et al. 1970. Detoxication of ammonia in sheep fed soy protein or urea. *J. Nutr.*, 100(1):170-176.

- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. 1990. *Feeding standards for Australian livestock. Ruminants*. Melbourne: Print Advisory Service Melbourne. 266p.
- COOK, C.W. 1962. Weighing of animals. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY (Eds.) *Pasture and range research techniques*. Ithaca: Cornell University Press. p.30-31.
- DeLCURTO, T., COCHRAN, R.C., HARMON, D.L. et al. 1990a. Supplementation of dormant Tallgrass-Prarie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. *J. Anim. Sci.*, 68(2):515-531.
- DeLCURTO, T., COCHRAN, R.C., CORAH, L.R. et al. 1990b. Supplementation of dormant Tallgrass-Prarie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. *J. Anim. Sci.*, 68(2):532-542.
- DETMANN, E., PAULINO, M.F., ZERVOUDAKIS, J.T. et al. 2001. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. *R. Bras. Zootec.*, 30(4):1340-1349.
- DIXON, R.M., STOCKDALE, C.R. 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. *Aust. J. Agric. Res.*, 50(3):757-773.
- ESCUDE, J. 1975. Experimento com animais em pastejo. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 4:(2)158-176.
- EUCLIDES, V.P.B., ZIMMER, A.H. OLIVEIRA, M.P. et al. Evaluation of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria brizantha* under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Rockhampton. *Proceedings...* Palmerston North: New Zeland Grassland Association. 1993. v.3. p.1997-1998.
- EUCLIDES, V.P.B., EUCLIDES FILHO, K., ARRUDA, Z.J. et al. 1998. Desempenho de novilhos em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. *R. Bras. Zootec.*, 27(2):246-254.
- EUCLIDES, V.P.B., EUCLIDES FILHO, K., COSTA, F.P. et al. 2001. Desempenho de novilhos F1 angus-nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. *R. Bras. Zootec.*, 30(2):470-481.
- FRANCO, G.L., ANDRADE, P., BERCHIELLI, T.T. et al. Efeito da suplementação com restrição ou à vontade na terminação de bovinos em pastagem no período da seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. p.1252-1253.
- GESUALDI JR., A., PAULINO, M.F., VALADARES FILHO, S.C. et al. 2000. Níveis de concentrado na dieta de novilhos F1 limousin x nelore: características de carcaça. *R. Bras. Zootec.*, 29(5):1467-1473.
- GOMES JR., P., PAULINO, M.F., DETMANN, E. (s.d.) Desempenho de novilhos mestiços na fase de crescimento suplementados durante a época seca. *R. Bras. Zootec.*, (no prelo).
- HANKINS, O.G., HOWE, P.E. 1946. *Estimation of the composition of beef carcasses and cuts*. Technical Bulletin nº 926, Washington, DC: Department of Agriculture. 20p.

- HANNAH, S.M., COCHRAN, R.C., VANZANT, E.S. et al. 1991. 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.*, 69(6):2624-2633.
- HARRIS, R.J. 1975. *A primer of multivariate statistics*. New York: Academic Press. 332p.
- JORGE, A.M., FONTES, C.A.A, SOARES, J.E. et al. 1997. Características de carcaça de bovinos e bubalinos abatidos em diferentes estádios de maturidade. *R. Bras. Zootec.*, 26(5):1039-1047.
- KLOPFENSTEIN, T. 1996. Need for escape protein by grazing cattle. *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 60(1):191-199.
- LENG, R.A. 1984. Supplementation of tropical and subtropical pastures for ruminant production. In: GILCHRIST, F.M.C., MACKIE, R.I. (Eds.) *Herbivore nutrition in the subtropics and tropics*. Craighall, South Africa: The Science Press Ltd. p.129-144.
- LENG, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nut. Res. Rev.*, 3(3):277-303.
- t'MANNEJTE, L., EBERSOHN, J.P. 1980. Relations between sward characteristics and animal production. *Trop. Grass.*, 14(3):273-280.
- MALAFAIA, P.A.M., VIEIRA, R.A.M. Técnicas de determinação dos compostos nitrogenados em alimentos para ruminantes. In: DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. *Anais...* Lavras: FAEP, 1997. p.29-54.
- McMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: SIMPÓSIO SOBRE TÓPICOS ESPECIAIS EM ZOOTECNIA. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.131-168.
- MINSON, D.J. 1990. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic Press. 483p.
- MÜLLER, L., PRIMO, A.T. 1986. Influência do regime alimentar no crescimento e terminação de bovinos e na qualidade da carcaça. *Pesq. Agrop. Bras.*, 21(4):445-452.
- MUNIZ, E.B., VALADARES FILHO, S.C., COELHO DA SILVA, J.F. et al. Características das carcaças de novilhos F1 simental x nelore alimentados com vários níveis de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997. Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, p.328.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1984. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6 ed. Washington, DC: Academic Press. 90p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1988. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6 ed. Washington, DC: Academic Press. 158 p.
- PÁDUA, J.T., ORSINE, G.F., HONORATO, J.R. Avaliação dos níveis de suplementação mineral protéica no desempenho de novilhos recriados em pastagem de *Panicum maximum* cv Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ. 2001. p.432-433.
- PAULINO, M.F. 2000. Suplementação de bovinos em pastejo. *Informe Agropecuário*, 21(205):96-106.

- PAULINO, M.F., DETMANN, E., ZERVOUDAKIS, J.T. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 2, 2001, Viçosa. *Anais...* Viçosa:UFV, 2001. p.187-232.
- PAULINO, M.F., DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C. et al. (s.d.) Soja grão e caroço de algodão em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo. *R. Bras.Zootec.* (no prelo).
- PELL, A.N., SCHOFIELD, P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, 76(4):1063-1073.
- POPPI, D.P., McLENNAN, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.*, 73(1):278-290.
- PRIOR, R.L., CLIFFORD, A.J., HOGUE, D.E. et al. 1970. Enzymes and metabolites of intermediary metabolism in urea-fed sheep. *J. Nutr.*, 100(2):438-444.
- RESTLE, J., GRASSI, C., FEIJÓ, G.L.D. 1994. Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados em diferentes idades. *Pesq. Agropec. Bras.*, 29(10):1603-1607.
- RIBEIRO FILHO, H.M.N., ALMEIDA, E.X., HARTMANN, O.E.L. et al. Consumo de forragem de bovinos submetidos a diferentes ofertas de capim-elefante anão cv. Mott. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.274-275.
- SANTOS, E.D.G. *Terminação de bovinos em pastagem de Brachiaria decumbens Stapf, durante a estação seca, alimentados com diferentes concentrados.* Viçosa, MG: UFV, 2001, 163 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G. 1989. *Statistical methods*. 8nd. ed. Iowa: Iowa University Press. 503p.
- STEEL, R.G., TORRIE, J.H., DICKEY, D.A. 1997. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*. New York: McGraw-Hill Co. 666p.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74(10):3583-3597.
- ZERVOUDAKIS, J.T., PAULINO, M.F., DETMANN, E. et al. 2001. Desempenho e características de carcaça de novilhos suplementados no período das águas. *R. Bras. Zootec.*, 30(4):1381-1389.

Capítulo 2

Níveis de Proteína Bruta em Suplementos Múltiplos para Terminação de Novilhos Mestiços em Pastejo Durante o Período de Transição Seca/Águas: Consumo, Digestibilidade e Eficiência de Síntese de Proteína Microbiana

2.1.Introdução

A produção de carne bovina no Brasil possui base sólida sobre a exploração de pastagens, as quais respondem por cerca de 95% do ganho total de peso dos animais abatidos anualmente (ZIMMER e EUCLIDES FILHO, 1997). Entre os centros de produção, a região central brasileira constitui o principal sítio produtor de bovinos de corte, a qual é caracterizada por duas grandes estações climáticas, distintas principalmente no tocante ao nível de precipitação, comumente denominadas de período seco e período de chuvas ou período das águas. Esta distinção impõe características peculiares às forrageiras sob pastejo.

Durante o período seco, as forrageiras decrescem rapidamente em digestibilidade e, particularmente, em conteúdo total de compostos nitrogenados, o que infringe aos animais perdas excessivas de peso, constituindo o principal fator limitante à produção (LENG, 1984). Por outro lado, durante o período de chuvas, embora as pastagens não sejam consideradas deficientes em proteína bruta, os ganhos de peso obtidos nesta estação estão aquém do observado sob condições similares em regiões temperadas. Esta discrepância pode ser, em parte, atribuída à alta degradabilidade da proteína bruta da pastagem, o que provoca perda excessiva de compostos nitrogenados no ambiente ruminal na forma de amônia, gerando déficit protéico em relação às exigências para ganhos elevados (POPPI e McLENNAN, 1995). Desta forma, embora as deficiências nutricionais, em ambos os períodos, estejam principalmente relacionadas à proteína, a

mudança de estação seca para a chuvosa altera o enfoque dado a esta deficiência, transformando-a de dietética em metabólica.

Em sistemas que optam pela terminação de bovinos em pastejo durante o período seco, níveis elevados de suplementos, na ordem de 0,8 a 1,0% do peso vivo (PV), são fornecidos, almejando-se ganhos superiores a 800 g/dia. No entanto, adiamentos na data de abate dos animais ou antecipação do início das chuvas constituem eventos de possível ocorrência, fazendo com que a forragem disponível ao pastejo inicie alterações marcantes, as quais devem ser contabilizadas sobre o estabelecimento da formulação nutricional dos suplementos fornecidos, notadamente sobre a composição protéica, as quais constituíram o alvo de investigação deste estudo.

Desta forma, estabeleceram-se como objetivos deste trabalho avaliar os efeitos de diferentes níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços manejados em pastagem de *Brachiaria decumbens* durante a fase de transição entre os períodos de seca e chuvas sobre os consumos de matéria seca (MS), MS de pasto, matéria orgânica (MO), MO de pasto, fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) e carboidratos totais (CT) e não-fibrosos (CNF); parâmetros da cinética de trânsito gastrointestinal de partículas; pH e concentração de nitrogênio amoniacal ruminal; digestibilidade aparente total e parcial da MS, MO, FDN, PB, CT e CNF; eficiência de síntese de proteína microbiana; e parâmetros digestivos e metabólicos dos compostos nitrogenados.

2.2. Material e Métodos

O experimento foi realizado nas dependências da Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro da Universidade Federal de Viçosa (CEPET/UFV), no município de Capinópolis, localizado na macro-região do Pontal do Triângulo no Estado de Minas Gerais.

A área experimental foi constituída de cinco piquetes de 0,34 hectares cada, cobertos uniformemente com a gramínea *Brachiaria decumbens* Stapf., providos de bebedouro e comedouro.

Avaliaram-se suplementos constituídos por fubá de milho, soja grão integral, uréia, sulfato de amônia e mistura mineral, balanceados, segundo análise prévia, para apresentarem os níveis de 12, 16, 20 e 24% de proteína bruta (PB), com base na matéria natural, os quais constituíram os tratamentos S12, S16, S20 e S24, respectivamente.

Fixou-se, no balanceamento dos suplementos, em 3:1 a relação entre os compostos nitrogenados oriundos de alimentos concentrados e àqueles fornecidos pela mistura uréia/sulfato de amônia (9:1). Instalou-se, paralelamente, tratamento controle (SAL), no qual forneceu-se exclusivamente mistura mineral. A composição dos suplementos é mostrada na Tabela 2.1.

Foram utilizados cinco novilhos ½ holandês x zebu, não-castrados, com idade e peso médios iniciais de 24 meses e 304 kg, fistulados no esôfago, segundo técnica descrita por VAN DYNE e TORREL (1964), rúmen e abomaso, segundo recomendações de LEÃO et al. (1978).

Tabela 2.1 - Composição alimentar percentual dos suplementos; níveis de proteína bruta (PB), proteína degradável no rúmen (PDR) e nutrientes digestíveis totais (NDT), com base na matéria natural

Composição	Tratamentos				
	SAL	S12	S16	S20	S24
	Composição Percentual				
Fubá de Milho	-	95,22	83,39	71,49	59,66
Grão de Soja Integral	-	2,63	14,07	25,59	37,03
U:SA (9:1) ¹	-	1,15	1,54	1,92	2,31
Mistura Mineral ²	100,0	1,00	1,00	1,00	1,00
	Teor de Nutrientes				
Proteína Bruta (%)	0	12	16	20	24
PDR ^{3,4}	0	71,1	74,4	77,0	78,4
NDT (%) ⁵	0	77,6	77,8	78,0	78,3

^{1/} Ureia: Sulfato de Amônia. ^{2/} Composição percentual: fosfato bicálcico, 48,61; cloreto de sódio, 48,61; sulfato de zinco, 1,46; sulfato de cobre, 0,72; sulfato de magnésio, 0,50; sulfato de cobalto, 0,05; e iodato de potássio, 0,05. ^{3/} % da PB. ^{4/} Determinado segundo estimativas de parâmetros de degradação ruminal relatadas pelo NRC (2001), pressupondo-se taxa de passagem de 0,05 h⁻¹. ^{5/} Estimado segundo valores do NRC (1984).

O experimento constou de quatro períodos experimentais com 21 dias de duração, sendo os sete primeiros destinados à adaptação dos animais, conduzidos entre 19 de agosto e 4 de novembro de 2000. Os dados climáticos coletados durante a condução do experimento, em função dos diferentes períodos experimentais, são mostrados na Figura 2.1.

Os suplementos foram fornecidos diariamente na quantidade de 4 kg/animal após as 10:00 h, a fim de minimizar interferências de efeito substitutivo sobre o

comportamento de ingestão de forragem (ADAMS, 1985). Proporcionou-se acesso irrestrito a água e mistura mineral em todos os tratamentos.

Ao terceiro dia de cada período experimental realizou-se coleta da massa forrageira disponível na pastagem através do corte, ao nível do solo, de cinco áreas delimitadas por um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m, escolhidas aleatoriamente dentro de cada piquete (McMENIMAN,1997). Após a pesagem, as amostras foram homogeneizadas por piquete, retirando-se uma alíquota que foi destinada à avaliação do teor de matéria seca (MS) (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC, 1990). As disponibilidades médias de matéria seca, em função dos períodos experimentais são expostas na Figura 2.2.

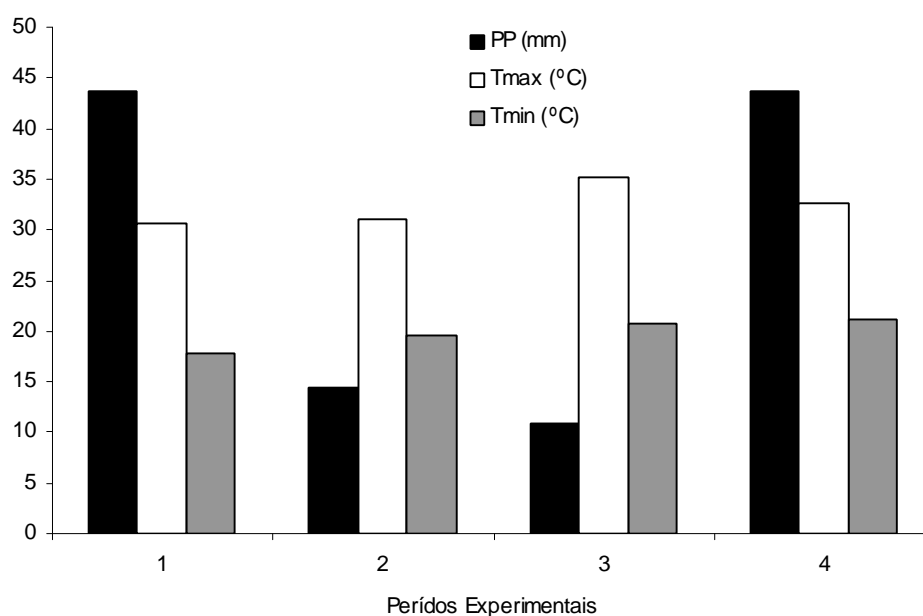


Figura 2.1 - Caracterização dos parâmetros climáticos precipitação total (PP), temperatura máxima média (Tmax) e temperatura mínima média (Tmin) em função dos períodos experimentais. Fonte: Estação meteorológica - CEPET/UFV.

A avaliação da composição da dieta ingerida pelos animais foi realizada no quinto e vigésimo primeiro dia de cada período experimental por intermédio de amostras de extrusa esofágica. Às 20:00 h do dia anterior os animais foram recolhidos ao curral de contenção, localizado nas proximidades dos piquetes experimentais, de forma a permitir um jejum prévio de aproximadamente 12 horas com o intuito de evitar possíveis problemas quanto a regurgitação durante a coleta (McMENIMAN, 1997). Às 8:00 h os

animais foram equipados com bolsas coletoras de fundo telado acopladas abaixo da fístula esofágica e conduzidos a seus respectivos piquetes, onde pastejaram livremente por cerca de 40 minutos, sendo então recolhidos para a retirada das bolsas e reconduzidos imediatamente à área de pastejo. As amostras de extrusa foram colocadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a -20°C . Em virtude de problemas ocorridos no processo de fistulação, somente 3 dos 5 animais apresentaram funcionalidade nas fístulas esofágicas. Contudo, todos os animais foram submetidos ao mesmo manejo para que não se observassem possíveis distúrbios quanto a diferenças no procedimento experimental. Devido a este fato, as amostras de extrusa, após secagem em estufa de ventilação forçada (60°C - 72 horas) e moagem (2 mm), foram compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, produzindo-se uma única amostra por período experimental.

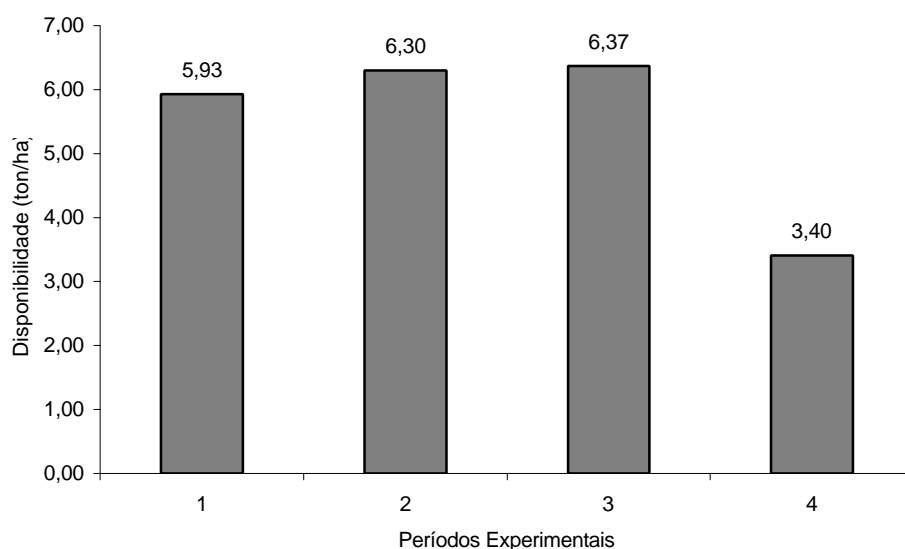


Figura 2.2 - Disponibilidade total de matéria seca para a pastagem em função dos períodos experimentais.

Do oitavo ao décimo terceiro dia do período experimental realizaram-se coletas de digesta abomasal, as quais serviram como base para estimação dos compostos degradados no rúmen e da síntese de proteína microbiana. A amostragem seguiu a seguinte distribuição: 8º dia (18:00 h), 9º dia (16:00 h), 10º dia (14:00 h), 11º dia (12:00 h), 12º dia (10:00 h) e 13º dia (8:00 h). Após secagem em estufa de ventilação forçada (60°C - 72 horas), as amostras foram processadas em moinho do tipo Willey (1 mm) e compostas proporcionalmente, com base no peso seco ar, por animal/período e

armazenadas em frascos de polietileno para posterior análise. Anteriormente à secagem retirou-se de cada amostra 10 mL de digesta natural, procedendo-se à composição da amostra por animal/período, a qual foi imediatamente congelada (-20°C) para posterior análise de compostos nitrogenados amoniacais.

Para avaliação do pH e da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal realizaram-se, no décimo terceiro dia do período experimental, coletas de líquido ruminal imediatamente antes da suplementação e 2, 4 e 6 horas após o fornecimento dos suplementos (10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 h, respectivamente) As amostras foram tomadas manualmente na região de interface líquido/sólido do ambiente ruminal e filtradas por uma camada tripla de gaze, sendo imediatamente submetidas à avaliação do pH. Separou-se uma alíquota de 40 mL à qual adicionou-se 1 mL de ácido clorídrico (1:1), sendo acondicionada em frasco de vidro com tampa de polietileno, identificada e congelada a -20°C.

Ao décimo quarto dia do período experimental conduziu-se coleta de líquido ruminal com o objetivo de isolamento de microrganismos ruminais, imediatamente antes e 6 horas após o fornecimento do suplemento, conforme técnica descrita por CECAVA et al. (1990). As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno e congeladas a -20°C após a adição de formaldeído (P.A.), na proporção de 10 mL/L, como agente conservante.

No décimo quinto dia do período experimental procedeu-se à coleta de urina obtendo-se amostras “spot” durante micção espontânea dos animais, aproximadamente quatro horas após o fornecimento dos suplementos. As amostras foram imediatamente filtradas em papel de filtro e diluídas, na proporção de 1:9, em ácido sulfúrico (0,036 N), conforme padronização de VALADARES et al. (1999). As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno e imediatamente congeladas a -20°C.

O procedimento de estimativa da excreção fecal e da cinética de trânsito de partículas baseou-se no fornecimento de indicador externo, em procedimento de dose única (FRANCE et al., 1988), sendo empregado com indicador o cromo mordantado à fibra, produzido conforme descrição de UDÉN et al. (1980). A base fibrosa para produção do indicador, em virtude dos problemas ocorridos na coleta de extrusa esofágica, como descrito anteriormente, foi retirada de amostras de simulação manual de pastejo, obtidas, segundo recomendações de JOHNSON (1978), entre o quinto e décimo dia de cada período experimental. Para que as amostras de pastejo simulado se tornassem similares fisicamente às amostras de extrusa, estas foram submetidas a um

processo tríplice de moagem em moinho tipo Willey, sem a presença de peneira, com o intuito de simulação do processo inicial de mastigação após a apreensão do alimento. Foram fornecidos, por animal, 100g de fibra mordantada no 16º dia do período experimental, às 8:00 h. As amostras fecais foram tomadas nos tempos 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 84, 108 e 144 horas após o fornecimento do indicador, segundo recomendações de DETMANN et al. (2001a). As amostras fecais foram secas em estufa de ventilação forçada (60°C - 72 horas), processadas em moinho tipo Willey (1 mm) e acondicionadas individualmente em frascos de polietileno. Posteriormente, retirou-se, de cada amostra, alíquotas de 3 gramas, as quais foram compostas por animal/período.

Os animais foram pesados a cada início e final dos períodos experimentais, sendo o peso médio utilizado como base para expressão de variáveis em nível relativo. Ressalta-se que, em todos os procedimentos de coleta os animais foram conduzidos ao curral de contenção.

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

As amostras de fezes e fibra mordantada foram analisadas individualmente quanto aos teores de matéria seca (AOAC, 1990) e cromo (WILLIAMS et al., 1962). Procedeu ao ajustamento às curvas de excreção fecal do indicador, por intermédio do procedimento de Gauss Newton (SOUZA, 1998), do modelo não-linear, gama 2, tempo-dependente, descrito por FRANCE et al. (1988):

$$C_t = Z(t - \tau)L^2 \exp[-L(t - \tau)];$$

em que: C_t = concentração fecal do indicador no tempo “t” (ppm); t = tempo após o fornecimento do indicador (horas); L = parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas (h^{-1}); Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm·h); e τ = tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes (horas).

O tempo médio de retenção total e a excreção fecal foram estimados pelas equações (FRANCE et al., 1988):

$$TMRT = \frac{2}{L} + t$$

$$EF = \frac{D}{Z} \times 24$$

em que: TMRT = tempo médio de retenção total (horas); EF = excreção fecal (kg/dia); D = dose de cromo (mg); e L, Z e τ como definidos anteriormente.

A estimação do consumo voluntário e do fluxo diário de matéria seca abomasal foi realizada utilizando-se como indicador interno a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), determinada nas amostras de suplementos e compostas fecais, abomasais e esofágicas por intermédio de procedimento de digestibilidade *in situ* por 144 horas (DETMANN et al., 2001a), empregando-se as equações:

$$CMS = \frac{[(EF \times CIF) - IS]}{CIFO} + CMSS$$

$$FMA = \frac{EF \times CIF}{CIAB}$$

em que: CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg); CIFO = concentração do indicador na forragem (kg/kg); IS = indicador presente no suplemento (kg/dia); CMSS = consumo de matéria seca de suplementos (kg/dia); FMA = fluxo de matéria seca abomasal (kg/dia); e CIAB = concentração do indicador na digesta abomasal (kg/kg).

As amostras de suplementos e compostas fecais, abomasais e esofágicas foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinzas (AOAC, 1990); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), com as devidas correções de procedimento para a presença de amido e correções finais para proteína e cinzas (VAN SOEST et al., 1991), adotando-se o método de extração de micro-FDN por intermédio de autoclavagem da amostra, segundo PELL e SCHOFIELD (1993). Os teores totais de compostos nitrogenados não-protéicos nas amostras de suplemento e extrusa foram estimados pela diferença entre

nitrogênio (N) total e N precipitável em ácido tricloroacético (TCA), segundo adaptações de MALAFAIA e VIEIRA (1997).

A determinação dos teores de N amoniacal em amostras de líquido ruminal e digesta abomasal foi realizada pelo sistema micro-Kjeldahl, sem digestão ácida e utilizando-se como base para destilação o hidróxido de potássio (2N), após centrifugação prévia da amostra a 1.000 x g, por 15 minutos.

A quantificação da biomassa microbiana nas amostras de rúmen e abomaso foi realizada utilizando-se as bases purinas como indicadores, conforme USHIDA et al. (1985). A eficiência de síntese microbiana foi expressa através das unidades: g MS microbiana/kg carboidratos degradados no rúmen (g MSmic/kg CHODR), g N microbiano/kg CHODR (g Nmic/kg CHODR), g N microbiano/kg MO aparentemente degradada no rúmen (g Nmic/kg MODR) e g N microbiano/kg MO fermentada no rúmen (g Nmic/kg MOFR). O total de MO fermentada no rúmen foi estimado pela diferença entre o consumo total de MO e o fluxo diário abomasal de matéria orgânica não-microbiana (KÖESTER et al., 1996).

As amostras urinárias foram analisadas quanto aos teores de creatinina e uréia, empregando-se kits comerciais. Estimou-se o volume urinário diário pela relação entre a excreção diária de creatinina, adotando-se como padrão o valor de 27,36 mg/kg PV (RENNÓ et al., 2000), e a sua concentração nas amostras “spot”. Desta forma, assumiu-se a excreção urinária diária de uréia como o produto entre sua concentração nas amostras “spot” e o valor estimado de volume urinário, sendo as estimativas expressas sob a unidade g de N oriundo da uréia, empregando-se para tal o fator multiplicativo de 0,466.

O experimento foi analisado em delineamento em quadrado latino balanceado para efeito residual de tratamentos (LUCAS, 1957), conforme o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \varepsilon_{ijk};$$

em que:

μ = constante geral;

α_i = efeito referente ao nível protéico i, sendo i = 1, 2, 3 e 4;

β_j = efeito referente ao animal ou seqüência de tratamentos j, sendo j = 1, 2, 3, e 4;

δ_k = efeito referente ao período experimental k, sendo k = 1, 2, 3 e 4; e

ε_{ijk} = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto NID(0; σ^2).

As comparações entre níveis de proteína nos suplementos foram realizadas por intermédio da decomposição da soma de quadrados de tratamentos em contrastes ortogonais relativos aos efeitos linear, quadrático e cúbico (CAMPOS, 1984) ($\alpha = 0,10$), com subsequente ajustamento de equações de regressão linear. Os coeficientes de determinação (r^2/R^2) foram expressos de forma parcial, segundo recomendações de CARTER e GROVUM (1990), conforme a equação:

$$r^2 / R^2 = \frac{SQR}{SQR + SQE}$$

em que: SQR = soma de quadrados de regressão; e SQE = soma de quadrados do resíduo (erro puro).

As análises estatísticas para as variáveis pH e concentração ruminal de amônia foram realizadas por intermédio da subdivisão de parcelas em função dos tempos de avaliação. Ao tratamento controle (SAL) destinou-se o mesmo animal e piquete durante todo o período de condução do experimento, sendo utilizado como medida de comparação descritiva.

2.3.Resultados e Discussão

A composição químico-bromatológica de extrusa esofágica e suplementos é mostrada na Tabela 2.2. O valor médio observado em termos de PB para a extrusa esofágica foi de 109,9 g/kg MS, sendo superior aos limites de 60-80 g/kg MS considerados como nível crítico aquém do qual comprometer-se-ia o funcionamento do ambiente ruminal (MINSON, 1990; VAN SOEST, 1994; e POPPI e McLENNAN, 1995). Em comparação a valores relatados para a mesma espécie, observou-se ser este superior ao descrito por SANTOS (2001) para o período de seca (55 g/kg MS), sendo, no entanto, próximo ao relatado por DETMANN et al. (1999) (99,1 g/kg MS) durante o período de chuvas. Os níveis de FDN (Tabela 2.2) mostraram-se inferiores aos obtidos em diferentes épocas do ano, normalmente não menores que 700 g/kg MS (DETMANN et al., 1999; GOMES JR. et al., 2001a; SANTOS, 2001, e ZERVOUDAKIS et al., 2001). Em adição, o teor de FDN indigestível (FDNi) (Tabela 2.2), à qual tem se atribuído alta parcela de efeito de repleção ruminal de forrageiras tropicais (VIEIRA et al., 1997), mostrou-se superior ao relatado por DETMANN et al. (1999) (73,7 g/kg MS)

para a mesma espécie durante o período das águas, o que implica, a despeito do menor conteúdo de constituintes da parede celular, menor degradação potencial destes compostos. Embasando-se nestas comparações, dentro de enfoque simplesmente analítico e no contexto de extrusas esofágicas de *Brachiaria decumbens* sob pastejo, pode-se classificar a forragem ingerida pelos animais como de média a boa qualidade.

Tabela 2.2 - Composição químico-bromatológica de extrusa esofágica e suplementos, com base na matéria seca

Itens ¹	Extrusa		Suplementos			
	Média	EPM	S12	S16	S20	S24
MS (%)	12,82	0,168	87,03	87,34	87,37	87,68
Cinzas ²	114,3	4,527	21,6	28,6	33,4	37,6
MO ²	885,7	4,527	978,4	971,4	966,6	962,4
PB ²	109,9	8,832	147,0	188,2	229,9	274,0
NNP ³	39,6	1,321	50,5	51,2	56,6	52,9
EE ²	19,2	0,236	48,3	62,3	79,6	84,9
CT ^{2,4}	756,5	10,612	783,1	720,9	657,1	603,5
FDN ²	564,4	14,635	74,8	80,0	87,1	98,8
FDNi ²	121,0	8,348	6,3	5,9	7,7	6,8
CNF ^{2,5}	192,1	5,835	708,3	640,8	570,0	504,7
FDA ²	250,5	6,148	21,7	36,0	51,9	65,6

^{1/} MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; NNP – compostos nitrogenados não-protéicos; EE – extrato etéreo; CT – carboidratos totais; FDN – fibra em detergente neutro; FDNi – fibra em detergente neutro indigestível; CNF – carboidratos não-fibrosos; FDA – fibra em detergente ácido. ^{2/} g/kg MS. ^{3/} % dos compostos nitrogenados totais. ^{4/} CT = 1000 - (PB + EE + Cinzas). ^{5/} CNF = CT - FDN.

Embora críticas sejam dispendidas sobre o método de amostragem da dieta basal empregado neste estudo no tocante à contaminação por nitrogênio salivar (MINSON et al., 1976), a comparação dos níveis de compostos nitrogenados não-protéicos (NNP) a valores relatados em estudo conduzido sobre extrusa de bovinos em pastagem tropical, os quais variaram de 5,20 a 13,19% da PB total para os períodos de seca e águas, respectivamente (VIEIRA et al., 2000), mostra que, embora haja incremento, em função da reciclagem nitrogenada via saliva, os níveis de NNP relatados neste trabalho, os quais constituíram, em média, 39,6% do N total (Tabela 2.2), podem ser atribuídos em maior parte à contribuição no nitrogênio não-protéico da própria forragem, quadro característico em gramíneas tropicais em períodos imediatamente após a ocorrência de chuvas (POPPI e McLENNAN, 1995; GOMES JR. et al., 2001b). Ressalta-se em adição

que, embora tido como contaminante, o nitrogênio salivar constitui fonte potencial para utilização microbiana, devendo, portanto, ser contabilizado no contexto do metabolismo ruminal.

As estimativas de consumo médio diário, tomadas com base em kg e g/kg PV são expressas na Tabela 2.3. Não foram verificados efeitos significativos relativos aos níveis protéicos dos suplementos sobre os consumos de MS, MO, MS de pasto, MO de pasto e FDN ($P>0,10$), os quais apresentaram valores médios de 9,8 kg e 28,7 g/kg PV, 8,9 kg e 26,1 g/kg PV, 6,3 kg e 18,4 g/kg PV, 5,6 kg e 16,3 g/kg PV, e 3,9 kg e 11,3 g/kg PV, respectivamente. As proporções médias de volumosos nas dietas consumidas foram de 64,2, 63,8, 62,8 e 61,3%, respectivamente para os tratamentos S12, S16, S20 e S24.

Tabela 2.3 - Médias, níveis descritivos de probabilidade para efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C), e coeficientes de variação (CV - %) para os consumos de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), matéria seca de pasto (CMSP), matéria orgânica de pasto (CMOP), proteína bruta (CPB), carboidratos totais (CCT), fibra em detergente neutro (CFDN) e carboidratos não-fibrosos (CCNF) e peso vivo médio dos animais (PVM) em função dos diferentes tratamentos

Itens	Tratamentos					Valor-P			
	SAL ¹	S12	S16	S20	S24	L	Q	C	CV(%)
	kg/dia								
CMS	7,8±1,5	10,0	9,8	10,0	9,5	ns ²	ns	ns	8,9
CMO	6,9±1,3	9,2	8,7	9,1	8,6	ns	ns	ns	8,7
CMSP	7,8±1,5	6,5	6,3	6,5	6,0	ns	ns	ns	13,8
CMOP	6,9±1,3	5,8	5,5	5,8	5,3	ns	ns	ns	13,8
CPB ³	0,8±0,1	1,2	1,3	1,5	1,6	0,0006	ns	ns	6,5
CCT ⁴	5,9±1,2	7,7	7,3	7,2	6,6	0,0767	ns	ns	9,3
CFDN	4,4±0,9	4,0	3,8	4,0	3,7	ns	ns	ns	13,0
CCNF ⁵	1,5±0,3	3,7	3,4	3,2	2,9	0,0004	ns	ns	8,1
	g/kg PV								
CMS	22,7±4,0	28,7	29,1	29,3	27,6	ns	ns	ns	7,6
CMO	20,1±3,5	26,4	26,1	26,8	25,2	ns	ns	ns	7,4
CMSP	22,7±4,0	18,7	18,6	18,9	17,2	ns	ns	ns	12,4
CMOP	20,1±3,5	16,6	16,5	16,7	15,2	ns	ns	ns	12,4
CFDN	12,9±2,5	11,4	11,4	11,6	10,8	ns	ns	ns	11,5
PVM ^{1,6}	339±10	348±8	335±16	337±19	341±20	-	-	-	-

¹/ Média e erro-padrão da média. ²/ ns – $P>0,10$. ³/ $\hat{Y} = 0,7956 + 0,0343X$ ($r^2 = 0,8813$). ⁴/ $\hat{Y} = 8,6327 - 0,0796X$ ($r^2 = 0,4317$). ⁵/ $\hat{Y} = 4,4924 - 0,0653X$ ($r^2 = 0,8938$). ⁶/ kg.

Em comparação ao tratamento controle (SAL), observou-se que a suplementação ampliou o consumo total de MS, reduzindo numericamente, no entanto, o consumo de pasto, comportamento este que agrega às afirmações de MINSON (1990), OBARA et al. (1991) e DIXON e STOCKDALE (1999). O consumo médio de pasto observado na ausência de fornecimento de suplementos assemelha-se aos relatos de FUNK et al. (1987) em novilhos mestiços manejados em pastagem com predominância de grama azul (*Bouteloua gracilis*) durante a fase de transição seca/águas (24,9 g MO/kg PV) e de DETMANN et al. (2001b) em novilhos F1 limousin x nelore em pastagem de *Brachiaria decumbens* durante o período das águas (23,2 g MS/kg PV), sendo, no entanto, superior ao relatado por SANTOS (2001) em novilhos limousin x nelore durante o período seco, em pastagem de *Brachiaria decumbens* (14,4 g MS/kg PV). Ressalta-se que, para todas as variáveis analisadas neste estudo, nenhuma inferência foi realizada entre controle (SAL) e tratamentos que envolveram suplementação. As comparações foram interpretadas descritivamente uma vez que SAL não pertenceu ao delineamento experimental empregado.

Em virtude do elevado nível de contaminação por cinzas sobre amostras de extrusa esofágica (MINSON et al., 1976), DeLCURTO et al. (1990b) ressaltaram a necessidade da expressão de algumas variáveis com base na matéria orgânica. Desta forma, infere-se que estimativas de consumo de pasto expressas como unidades de matéria orgânica propiciam melhor adequação em termos comparativos entre estudos e do ponto de vista de valores absolutos, ou seja, preservando de forma mais concreta a exatidão dos valores obtidos.

Segundo OBARA et al. (1991), em situações em que os suplementos passam a constituir mais de 25% da dieta total observa-se redução no consumo total de pasto, fenômeno este denominado efeito substitutivo, o que concorda com os resultados apresentados neste estudo (Tabela 2.3). O conhecimento deste efeito apresenta implicações práticas e econômicas (MINSON, 1990), sendo desejável que a utilização de suplementos otimize o uso dos recursos forrageiros pelo animal, ao invés de promover como fenômeno principal a sua substituição. O coeficiente médio de substituição obtido neste estudo, em relação ao controle descritivo (SAL), foi de 0,41 g MS de forragem/g MS de suplemento, o qual converge à média de 0,40 relatada por MINSON (1990) para forragem com nível protéico médio de 108 g/kg MS, próximo ao descrito neste trabalho (Tabela 2.2). SANTOS (2001) encontrou, contudo, coeficiente médio de 0,29 ao fornecer suplementos (20% PB) a novilhos F1 limousin x nelore em

nível de 1% PV durante o período seco. Esta divergência em relação à média obtida neste estudo suporta-se na relação proporcional entre o coeficiente de substituição e a qualidade da forragem disponível (MINSON, 1990; DIXON e STOCKDALE, 1999).

Ao contrário das demais variáveis relacionadas à ingestão diária, os consumos de carboidratos totais (CT) e carboidratos não-fibrosos (CNF) decresceram linearmente ($P < 0,10$), ao passo que o consumo de PB elevou-se linearmente ($P < 0,01$) com a elevação do nível protéico dos suplementos (Tabela 2.3). A estes efeitos, uma vez não sendo observadas diferenças entre tratamentos quanto ao consumo de pasto ($P > 0,10$), atribui-se como causa única e exclusiva a variação na composição centesimal dos suplementos, os quais decresceram em níveis de carboidratos à medida que uréia e soja grão foram acrescentadas à composição para elevação do nível protéico (Tabelas 2.1 e 2.2).

A falta de alteração sobre os consumos total e de pasto com a modificação dos níveis protéicos dos suplementos não concorda a relatos em animais alimentados com forragens de baixa qualidade, em que esperar-se-ia, em média, elevação no estímulo ao consumo de forragem em função de maiores níveis de proteína bruta (DelCURTO et al., 1990a; 1990b; e HANNAH et al., 1991). Em contrapartida, MATHIS et al. (2001), ao avaliarem o consumo de forrageiras de média a baixa qualidade, relataram que o consumo não foi estimulado pela suplementação com diferentes níveis de proteína quando o teor protéico da dieta basal foi de 82 g/kg MS, embora respostas tenham sido obtidas em níveis inferiores a este.

Respostas sobre o consumo em função de proteína suplementar são, normalmente, inconsistentes quando o conteúdo de nitrogênio na forragem excede 8 a 10 g/kg MS (HESS et al., 1994), sendo a proteína bruta não tão fortemente relacionada ao consumo em níveis superiores a 70 g PB/kg MS (VAN SOEST, 1994). Dentro destes pressupostos, a falta de relação observada entre nível protéico dos suplementos e consumo permite inferir, de forma inicial, que a PB não constituiu, ao menos quantitativamente, parâmetro deficitário sobre a dieta basal.

Comportamento semelhante ao observado sobre os consumos total e de pasto foi verificado sobre os parâmetros da cinética de trânsito de partículas, os quais são mostrados na Tabela 2.4.

Tanto o parâmetro L, como o TMRT, não foram influenciados pelo nível de proteína bruta dos suplementos ($P > 0,10$), os quais apresentaram valores médios de 0,034 h⁻¹ e 63,1 horas, respectivamente. Em relação ao controle (SAL), o emprego de suplementos permitiu elevação no fluxo de partículas e, conseqüentemente, redução no

TMRT. Alterações positivas na passagem de partículas no ambiente ruminal são relatadas com o uso de suplementos múltiplos em forragens de baixa qualidade (McCOLLUN e GALYEAN, 1985; GUTHRIE e WAGNER, 1988); no entanto, com a elevação do nível de qualidade da forragem basal, a suplementação gera resultados variáveis incluindo elevações (HESS et al., 1994) ou estimativas semelhantes às obtidas com animais não-suplementados (HESS et al., 1996; MATHIS et al., 2001). Segundo McCOLLUN e GALYEAN (1985), a elevação na taxa de passagem de partículas está fortemente relacionada ao aumento no consumo total de MS em função dos suplementos, argumento este que suporta a elevação em L observada com o fornecimento de suplementos e a não alteração com a elevação do nível de proteína suplementar, uma vez não sendo observadas alterações sobre o consumo de MS (Tabela 2.3).

Tabela 2.4 - Médias, níveis descritivos de probabilidade para efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) e coeficientes de variação (CV - %) para o parâmetro taxa relativo ao fluxo ruminal de partículas (“L”) (h^{-1}) e tempo médio de retenção total no trato gastrointestinal (TMRT) (horas) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos					Valor-P			
	SAL ¹	S12	S16	S20	S24	L	Q	C	CV(%)
“L”	0,029±0,002	0,034	0,033	0,034	0,034	ns ²	ns	ns	5,1
TMRT	74,1±5,2	63,5	62,9	62,4	63,6	ns	ns	ns	6,8

¹/ Média e erro-padrão da média. ²/ ns – P>0,10.

De forma geral, os valores médios observados para o fluxo de partículas encontram-se abaixo do normalmente relatado em categoria animal semelhante ($0,05 h^{-1}$) (AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC, 1993) e a valores observados para animais manejados em pastagem de *Brachiaria decumbens* durante o período de chuvas ($0,053 h^{-1}$) (DETMANN et al., 2001b), sendo colocados em patamares não condizentes aos níveis de consumo observados (AFRC, 1993).

Os valores de fluxo expressos sob a unidade h^{-1} indicam a fração do total residente no ambiente ruminal que é deslocada por unidade horária (AFRC, 1993), a qual, sendo estimada por indicador de base fibrosa, relaciona-se diretamente à cinética de trânsito de componentes dietéticos semelhantes. Por sua vez, esta fração da digesta está relacionada diretamente à capacidade de enchimento do compartimento ruminal (MERTENS, 1994), a qual pode ser ampliada em função da demanda energética do animal (ALLEN,

1996). Desta forma, mesmo sob reduções no fluxo fracional, a ampliação na capacidade ruminal poderia, dentro de certos limites, estabelecer fluxo em termos de massa diária semelhante a animais que apresentem taxa fracional mais elevada, mas com menor enchimento, permitindo assim a manutenção de níveis de consumo condizentes com a demanda produtiva.

Os valores de pH ruminal não foram influenciados pela composição dos suplementos ($P>0,10$) ou interação tempo x suplementos ($P>0,10$), sendo observado, para todos os tratamentos, valores médios acima da faixa de 6,0-6,1, abaixo da qual efeitos deletérios mais rigorosos são observados sobre a degradação fibrosa (MOULD et al., 1983) (Tabela 2.5). Por outro lado, sobre o pH ruminal se detectou efeito cúbico ($P<0,05$) em função do tempo pós-suplementação, apresentando maior valor estimado (6,54) 1,9 hora após o fornecimento dos suplementos (Figura 2.3 e Tabela 2.5). O perfil médio observado (Figura 2.3) desagrega ao comportamento de redução (DelCURTO et al., 1990a; DETMANN et al., 2001b) ou estabilidade (SANTOS, 2001; PAULINO et al., s.d.) dos valores desta variável, normalmente relatados em função do fornecimento de suplementos.

Tabela 2.5 - Médias, níveis descritivos de probabilidade para efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) e coeficientes de variação (CV - %) para os valores de pH e concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) (mg/dL) em função dos diferentes tratamentos e tempos pós-suplementação

Item	Tratamentos					Valor-P			
	SAL ¹	S12	S16	S20	S24	L	Q	C	CV(%)
pH	6,2±0,06	6,34	6,24	6,32	6,47	ns	ns	ns ²	3,1
NAR ³	13,2±1,5	13,4	19,6	27,3	28,6	0,0008	ns	ns	28,2
	Tempo ⁴				Valor-P				
	0	2	4	6	L	Q	C	CV(%)	
pH ⁵	6,27	6,54	6,36	6,20	0,0928	0,0001	0,0414	3,1	
NAR ⁶	14,0	32,4	24,2	27,3	ns	0,0001	0,0002	28,2	

¹/ Média e erro-padrão da média. ²/ ns - $P>0,10$. ³/ $\hat{Y} = -1,7942 + 1,3353X$ ($r^2 = 0,8668$). ⁴/ Médias relacionadas somente aos tratamentos com suplementação. ⁵/ $\hat{Y} = 6,2663 + 0,3285X - 0,115393X^2 + 0,009792X^3$ ($R^2 = 0,4260$). ⁶/ $\hat{Y} = 13,9708 + 20,6899X - 6,94162X^2 + 0,602541X^3$ ($R^2 = 0,6822$).

Diferentemente do pH, a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR), embora não apresentando efeitos de interação entre suplementos e tempo pós-suplementação ($P>0,10$), foi influenciada de forma linear ($P<0,01$) e positiva pelos

níveis protéicos dos suplementos (Tabela 2.5), o que reflete diretamente a contribuição do nitrogênio suplementar frente ao nitrogênio total dietético (OBARA et al., 1991; MATHIS et al., 2001). Avaliando-se em função do tempo pós-suplementação observou-se comportamento cúbico ($P < 0,01$) para a concentração de NAR, cujo valor máximo estimado (34,4 mg/dL) ocorreu 2 horas após o fornecimento dos suplementos (Figura 2.4). O nível médio observado para SAL, de 13,2 mg NAR/dL, mostrou-se superior ao mínimo de 10 mg/dL sugerido por LENG (1990) para maximização da digestão ruminal sob condições tropicais, comparação esta estendida aos demais tratamentos. Este valor é superior aos descritos por DETMANN et al. (2001b) para bovinos manejados em pastagem semelhante à empregada neste estudo durante o período de chuvas, sendo semelhante a níveis descritos em forragens amonizadas (ROYES et al., 2001) o que indica alta contribuição em função da elevada participação do nitrogênio não-protéico sobre o teor total de PB da dieta basal (Tabela 2.2). Aos níveis elevados de NAR verificados 2 horas após o fornecimento de suplementos pode-se atribuir possível causa do perfil crescente do pH ruminal observado no mesmo intervalo (Tabela 2.5), dado o poder alcalinizante deste composto.

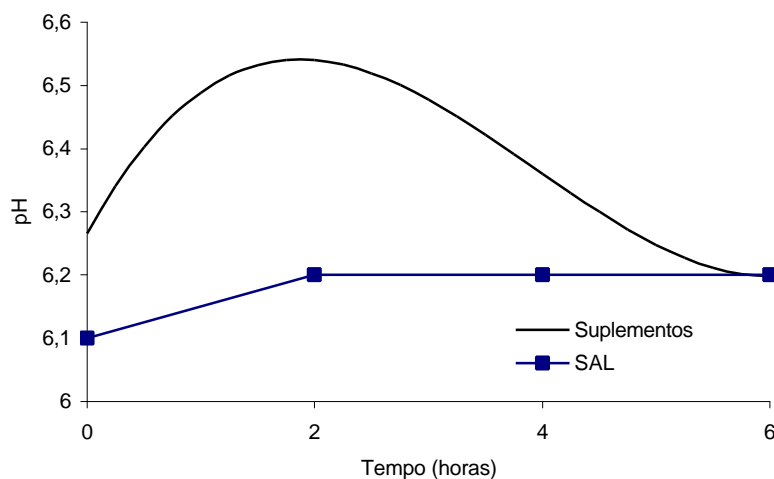


Figura 2.3 - Estimativa do pH ruminal em função do tempo pós-suplementação.

As estimativas médias para a digestibilidade aparente total, ruminal e intestinal da MS, MO, CT, FDN e CNF são expressas na Tabela 2.6. Não foram observadas diferenças significativas entre suplementos para as medidas tomadas sobre a MS, MO, CT e FDN, cujas médias foram de 71,5, 42,8 e 28,7%, 71,7, 47,3 e 24,4%, 72,2, 53,0 e

19,2%, e 74,1, 66,8 e 7,3%, em termos total, ruminal e intestinal, respectivamente. De outra forma, a digestibilidade total dos CNF elevou-se linearmente com o nível protéico suplementar ($P < 0,10$), embora não se tenha verificado efeitos significativos ($P > 0,10$) entre suplementos para esta variável em termos ruminal e intestinal, cujas médias gerais foram de 36,8 e 33,0%, respectivamente. Este comportamento verificado constitui, possivelmente, reflexo do observado sobre a ingestão de CNF (Tabela 2.3), dada a relação inversa entre consumo e digestibilidade (MERCHEN, 1988).

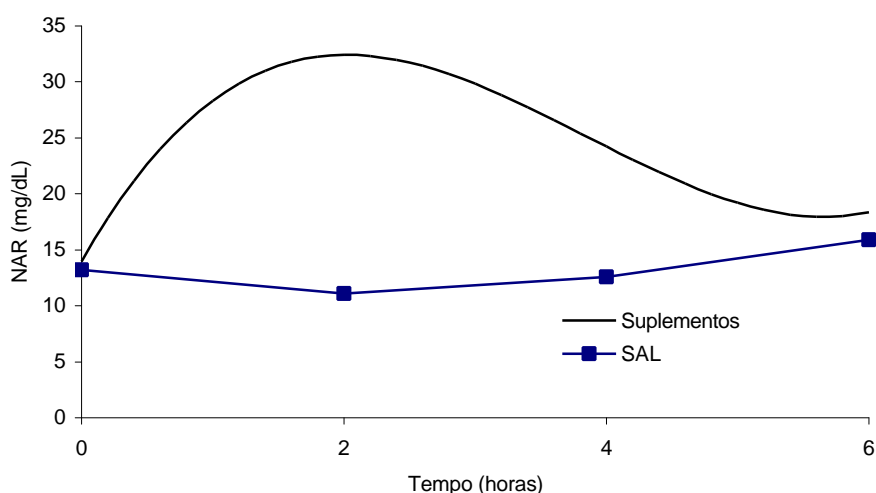


Figura 2.4 - Estimativas da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) em função do tempo pós-suplementação.

Deve-se ressaltar o fato de a aparente contradição denotada pela superioridade numérica das estimativas de digestibilidade total da FDN sobre CNF (Tabela 2.6), comportamento este não esperado, refletir a natureza verdadeira das medidas tomadas sobre os componentes fibrosos, ao passo que sobre os componentes não-fibrosos acrescenta-se a contribuição de compostos endógenos, levando à subestimação aparente dos indicadores de digestibilidade.

Em comparação ao tratamento controle (SAL), embora se tenha verificado médias semelhantes quanto à digestibilidade total para todas as variáveis, observou-se, com relação à partição da digestão, maior deslocamento da digestibilidade ao intestino com o fornecimento de suplementos (Tabela 2.6). Comportamento semelhante a este foi verificado por ELIZALDE et al. (1999) que observaram tendência de decréscimo na digestão ruminal e acréscimo na digestão intestinal da matéria orgânica ao compararem

novilhos sem suplementação e suplementados com milho grão em níveis de 0,4 a 1,2% PV. Em adição, TIBO et al. (2000) mostraram tendência semelhante sobre a digestibilidade dos CT em novilhos submetidos a níveis crescentes de concentrados na dieta. O comportamento observado neste trabalho sobre os CNF parece ser favorável, uma vez que a eficiência de utilização energética destes compostos é incrementada com o deslocamento do local de digestão ao intestino.

Tabela 2.6 - Médias, níveis descritivos de probabilidade para efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) e coeficientes de variação (CV - %) para a digestibilidade aparente total, ruminal e intestinal da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), carboidratos totais (DCT), fibra em detergente neutro (DFDN) e carboidratos não-fibrosos (CNF), em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos					Valor-P			
	SAL ¹	S12	S16	S20	S24	L	Q	C	CV(%)
	Total ²								
DMS	70,3±1,1	70,2	71,9	71,3	72,5	ns ³	ns	ns	3,4
DMO	70,9±0,9	70,9	71,6	71,2	73,0	ns	ns	ns	3,3
DCT	72,1±1,5	71,2	72,7	71,7	73,3	ns	ns	ns	3,8
DFDN	73,3±0,7	75,6	75,1	72,4	73,3	ns	ns	ns	4,6
DCNF ⁴	68,8±0,9	65,9	69,7	70,0	73,4	0,0956	ns	ns	6,6
	Ruminal ²								
DMS	57,3±3,3	44,5	37,5	43,4	45,7	ns	ns	ns	38,2
DMO	58,8±3,5	48,2	37,1	56,1	47,7	ns	ns	ns	45,2
DCT	66,3±3,0	53,9	47,2	51,5	59,3	ns	ns	ns	20,1
DFDN	71,3±2,0	70,5	64,3	67,9	64,4	ns	ns	ns	10,4
DCNF	51,2±7,9	34,8	28,2	32,7	51,4	ns	ns	ns	45,4
	Intestinal ²								
DMS	13,0±3,5	25,7	34,4	27,9	26,8	ns	ns	ns	52,9
DMO	12,1±3,8	22,7	34,6	15,1	25,3	ns	ns	ns	85,0
DCT	5,8±3,0	17,3	25,7	20,2	14,1	ns	ns	ns	52,1
DFDN	2,0±2,1	5,1	10,8	4,5	8,9	ns	ns	ns	76,4
DCNF	17,7±8,0	31,1	41,5	37,3	22,0	ns	ns	ns	49,1

^{1/} Média e erro-padrão da média. ^{2/} % do total ingerido. ^{3/} ns – P>0,10. ^{4/} $\hat{Y} = 59,5239 + 0,5706X$ (r² = 0,4568).

Ao menos parte deste efeito de deslocamento parece se relacionar à ampliação da cinética de trânsito ruminal, como discutido anteriormente. Embora as alterações numéricas sobre o parâmetro L pareçam de pouca amplitude, deve-se ressaltar que incrementos no deslocamento de sólidos podem ser reflexo de elevações no deslocamento de líquidos (STOKES et al., 1988), as quais se associam, em muitos

casos, à adição de suplementos à dieta (McCOLLUN e GALYEAN, 1985; DeLCURTO et al., 1990a; e HANNAH et al., 1991). Partículas do alimento que passam através o orifício omasal estão suspensas no líquido ruminal (Poppi et al., 1981, citados por HESS et al., 1994). Desta forma, alterações positivas no deslocamento ruminal de líquidos podem levar ao maior escape de pequenas partículas, reduzindo o tempo de exposição à degradação ruminal. Este efeito talvez possa ter sido mais pronunciado sobre as partículas de concentrado, uma vez que o indicador empregado neste estudo não permite inferências concretas sobre esta fração da dieta.

A ampliação da digestão da porção fibrosa da dieta no intestino, em virtude de decréscimos na degradação ruminal, constitui um mecanismo compensatório observado em ruminantes com a elevação do nível de concentrados na dieta (KENNEDY e BUNTING, 1992; DIXON e STOCKDALE, 1999). Reduções na degradação ruminal da fibra, em função da adição de CNF prontamente degradáveis à dieta são, em geral, atribuídos a dois efeitos distintos, denominados “efeito pH” e “efeito concentrado” (MOULD et al., 1983). No primeiro caso, reduções significativas no pH ruminal são responsáveis pela inibição parcial da degradação fibrosa. Contudo, as diferenças entre os valores observados desta variável entre SAL e os demais tratamentos (Tabela 2.5) não permitem atribuir a este efeito grandes influências comparativas sobre a degradação ruminal da FDN. Ao “efeito concentrado” são atribuídas como causas competições por nutrientes essenciais entre microrganismos fibrolíticos e aqueles que degradam CNF, o qual se pronuncia em meios deficientes em nitrogênio (EL-SHAZLY et al., 1961). Sendo os níveis de NAR considerados satisfatórios para todos os tratamentos, pouco se pode atribuir a este efeito.

De forma geral, a diferença entre SAL e os demais tratamentos quanto à digestibilidade ruminal da FDN foi de 4,5 unidades percentuais. Em função desta pequena amplitude, a simples competição entre digestão e passagem poderia suportar boa fração desta diferença. Pressupondo-se como estimativa da taxa de degradação ruminal da FDN o valor de $0,05 \text{ h}^{-1}$, a simples alteração no valor de L observada entre animais suplementados e não-suplementados (Tabela 2.4) implicaria em redução da degradabilidade efetiva da FDN em 3,8 pontos percentuais. Alguma influência pode ser atribuída ao aumento no tempo de colonização da fração fibrosa observado com a adição de CNF à dieta (MERTENS e LOFTEN, 1980).

A falta de alterações entre as medidas de digestibilidade, notadamente MS e FDN, entre níveis de PB nos suplementos difere do observado sob condições em que a

forragem basal apresenta baixa qualidade, onde, em média, esperam-se ampliações positivamente relacionadas aos níveis protéicos dos suplementos (DeLCURTO et al., 1990b; HANNAH et al., 1991; e MATHIS et al., 2001). Contudo, em condições similares às observadas neste estudo em termos de níveis nitrogenados na forragem basal (Tabela 2.2), diferenças quanto à digestibilidade não são esperadas (MATHIS et al., 2001). Este comportamento corrobora o indicativo inicial obtido sobre as medidas de consumo, de que a PB não constituiu parâmetro deficitário sobre a dieta basal, ao menos quantitativamente.

Na Tabela 2.7 são mostrados os parâmetros relacionados à cinética digestiva dos compostos nitrogenados. Não foram verificados efeitos significativos entre suplementos sobre a digestibilidade da PB em níveis ruminal e intestinal ($P>0,10$), sendo, no entanto, observado efeito linear ($P<0,02$) sobre a digestibilidade total da PB, a qual se elevou com a ampliação dos níveis protéicos dos suplementos (Tabela 2.7).

Valores positivos para a digestibilidade ruminal da PB são indicativos da não-deficiência quantitativa de compostos nitrogenados na dieta. Estimativas negativas da digestibilidade ruminal da PB são encontradas em situações em que o fluxo de nitrogênio abomasal é superior ao total de nitrogênio ingerido, sendo obtidas quando a reciclagem ruminal apresenta alta representatividade proporcional sobre o consumo nitrogenado total (TITGEMEYER, 1997). Com base nesta afirmação reitera-se as pressuposições erguidas anteriormente sobre a não-deficiência quantitativa de compostos nitrogenados na dieta basal.

Os fluxos abomasais em termos de nitrogênio total (NT), microbiano (NMIC) e amoniacal (NNH) não foram influenciados pelos níveis protéicos dos suplementos ($P>0,10$), sendo, no entanto, superiores ao tratamento controle (SAL) (Tabela 2.7).

Embora não se tenha observado diferenças entre suplementos ($P>0,10$) sobre as estimativas de eficiência de síntese microbiana (EFIM), os quais apresentaram médias de 347 g MSmic/kg CHODR, 24 gNmic/kg CHODR, 24,7g Nmic/kg MODR e 17,5 g Nmic/kg MOFR, estas se mostraram extremamente superiores às médias obtidas em SAL (Tabela 2.7). Devido à elevada dependência do ruminante pelos aminoácidos de origem microbiana (RUSSELL et al., 1992), este baixo aproveitamento pode levar a ineficiências no aproveitamento dos metabólitos energéticos, o qual parece ser reflexo de uma combinação de fatores.

Tabela 2.7 - Médias, níveis descritivos de probabilidade para efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) e coeficientes de variação (CV - %) para as digestibilidades aparentes total (DPBT), ruminal (DPBR) e intestinal (DPBI) da proteína bruta, fluxo abomasal de nitrogênio total (NT), nitrogênio microbiano (NMIC) e nitrogênio amoniacal (NNH), excreção urinária de nitrogênio oriundo da uréia (N-U), índice de eficiência de captação nitrogenada aparente (IECNA), eficiência de síntese microbiana (EFIM), teores médios de nitrogênio (NBAC) e RNA purinas (RNA-P) e relação N-RNA/N total (N-RNA/NT) nos microrganismo ruminais, em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos					Valor-P			CV(%)
	SAL ¹	S12	S16	S20	S24	L	Q	C	
DPBT ^{3,4}	70,0±2,1	70,9	71,4	73,4	76,2	0,0165	ns	ns ²	2,0
DPBR ³	19,4±11,8	27,7	20,5	32,9	46,6	ns	ns	ns	52,1
DPBI ³	50,6±12,9	43,2	51,1	40,5	29,6	ns	ns	ns	38,4
NT ⁵	110,4±30,7	140,2	169,8	124,5	178,8	ns	ns	ns	54,0
NMIC ⁵	50,4±12,0	69,9	69,9	93,4	95,8	ns	ns	ns	67,6
NNH ⁵	34,6±12,4	51,9	54,5	38,7	60,1	ns	ns	ns	54,1
N-U ^{5,6}	28,8±7,7	25,8	51,7	60,2	72,2	0,0001	0,0081	0,0397	6,8
IECNA ⁷	9,99	14,39	10,92	8,79	9,00	-	-	-	-
EFIM									
8	192,7±19,6	304,1	365,1	367,8	351,1	ns	ns	ns	74,4
9	12,6±1,3	20,5	24,5	25,8	25,2	ns	ns	ns	74,9
10	12,4±1,4	20,3	28,0	23,4	27,0	ns	ns	ns	74,7
11	10,6±1,0	15,1	19,1	16,9	18,8	ns	ns	ns	72,2
NBAC ¹²	6,6	6,7	6,7	7,0	7,2	-	-	-	-
RNA-P ¹²	12,9	12,5	14,4	9,4	9,9	-	-	-	-
N-RNA/ NT	0,2845	0,2698	0,3124	0,1950	0,1992	-	-	-	-

^{1/} Média e erro-padrão da média. ^{2/} ns - P>0,10. ^{3/} % do total ingerido. ^{4/} $\hat{Y} = 64,9468 + 0,4446X$ ($r^2 = 0,7977$). ^{5/} g/dia. ^{6/} $\hat{Y} = 779,581 + 133,67X - 6,7330X^2 + 0,116066X^3$ ($R^2 = 0,9838$). ^{7/} g N ingerido/(mg/dL N amoniacal ruminal). ^{8/} g MS microbiana/ kg CHODR. ^{9/} g Nmic/kg CHODR. ^{10/} g Nmic/kg MODR. ^{11/} g Nmic/kg MOFR. ^{12/} % MS.

Em primeiro lugar, a eficiência do crescimento microbiano é ditada pela partição da energia em termos de manutenção e crescimento, relacionando-se inversamente (dentro de certos limites) ao tempo de permanência do microrganismo no ambiente ruminal (NOCEK e RUSSELL, 1988); ou seja, pela elevação na taxa de *turnover* ruminal aplica-se um princípio simples de que a idade média da população microbiana é reduzida, decrescendo-se a proporção da energia destinada à manutenção, reduzindo, em adição, os níveis de predação e reciclagem em função de mortes de microrganismos no próprio rúmen (VAN SOEST, 1994). Este conjunto de alterações é aplicável ao presente estudo frente ao comportamento observado e discutido para a cinética de trânsito ruminal. Ressalta-se que elevações no fluxo de pequenas partículas podem

exercer papel fundamental, uma vez que proporções superiores a 60% dos microrganismos ruminais estão associados a esta fração (YANG et al., 2001).

Os processos de degradação celulolítica e do crescimento das bactérias que o realizam devem ser enfatizados na importância das interações com outras espécies microbianas, as quais provêm compostos essenciais como vitaminas do complexo B e ácidos graxos de cadeia ramificada que funcionam como precursores de aminoácidos essenciais, ácidos graxos estruturais e alguns aldeídos (BRYANT, 1973). Embora microrganismos que degradam carboidratos fibrosos exijam apenas amônia como fonte nitrogenada para o crescimento, aqueles que degradam CNF apresentam exigências adicionais em termos de aminoácidos e peptídeos (RUSSELL et al., 1992). Segundo Hespell (1983), citado por HOOVER e STOCKES (1991), fermentações extensas de carboidratos podem ocorrer, havendo, contudo, baixo crescimento microbiano caso o nitrogênio seja fornecido inadequadamente. A elevada participação do nitrogênio não-protéico sobre a PB da dieta basal pode ter levado a um quadro em que, mesmo se mantendo níveis adequados de NAR apresentar-se-ia deficiência de proteína degradável no rúmen de natureza orgânica (peptídeos e aminoácidos), cuja adição à dieta pode levar a melhorias na produção microbiana (HOOVER e STOCKES, 1991; RUSSELL, 1992). Os efeitos da adição destes compostos via suplementos estender-se-iam por toda a microbiota ruminal, pois, como ressaltado anteriormente, além do estímulo direto aos microrganismos que degradam CNF, ter-se-ia incremento no fornecimento de substratos essenciais para os microrganismos fibrolíticos. Esta descrição caracteriza a necessidade de maiores estudos, sob as condições em que se conduziu este trabalho, sobre possível deficiência qualitativa de proteína degradável no rúmen.

Por último, o que possivelmente constituiu o principal fator afetando o incremento na EFIM com o uso de suplementos, destaca-se a inclusão, via suplementos, de carboidratos prontamente degradáveis no rúmen, os quais disponibilizam energia para melhor captação de NAR para síntese microbiana (NOCEK e RUSSELL, 1988; HOOVER e STOCKES, 1991) e, em última instância, reduzem a utilização de aminoácidos para produção de energia (RUSSELL, 1992). Na Tabela 2.7 expressa-se, em termos de valores médios, o índice de eficiência de captação nitrogenada aparente (IECNA), o qual é obtido pela razão entre o nitrogênio total ingerido (g/dia) e a média das concentrações de NAR (mg/dL). Embora não podendo ser considerada uma medida absoluta, este permite ilustrar, de forma prática, o efeito da adição de carboidratos prontamente degradáveis sobre a EFIM. Contrastando-se os valores obtidos para SAL e

S12 verifica-se maior valor de IECNA para este último, mostrando que maior quantidade do nitrogênio dietético foi necessária para o estabelecimento de uma unidade de concentração de NAR, o que pode indicar, indiretamente, maior captação deste pelos microrganismos ruminais.

A média das estimativas de EFIM com base na unidade g MS mic/kg CHODR obtidas com o fornecimento de suplementos mostrou-se inferior ao preconizado pelo *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS) (400g MS mic/kg CHODR) (RUSSELL et al., 1992). Contudo, referenciais de EFIM são estimados com base em valores constantes de custos energéticos para manutenção e crescimento microbiano (NOCECK e RUSSELL, 1988), o que pode não corresponder ao encontrado em diferentes situações. Algumas variações podem também ser atribuídas a heterogeneidade na composição microbiana, sendo, desta forma, mais confiáveis as estimativas de rendimento com base no teor de N microbiano, ao invés do peso seco de células (NOCEK e RUSSELL, 1988). Pressupõe-se para o CNCPS que o teor total de N em ácidos nucléicos represente 15% do N total, o qual, por sua vez, constitua 10% da matéria seca total microbiana (RUSSELL et al., 1992), composição esta que não agrega às obtidas neste estudo (Tabela 2.7).

De outra forma, a estimativa média para EFIM, tomada com base na unidade g Nmic/kg MOFR, obtida com animais suplementados (17,5), assemelha-se aos valores médios relatados por KRYSL et al. (1989) (18,3) e KÖESTER et al. (1996) (17,8) ao trabalharem com bovinos, sob diferentes regimes de suplementação, alimentados com forragens de baixa qualidade.

Por outro lado, segundo afirmações do NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC (2001), a disponibilidade relativa de compostos nitrogenados no ambiente ruminal constitui importante fator que afeta diretamente a EFIM, no senso de que, à medida que a disponibilidade de N se amplia em relação à MOFR, reduz-se a eficiência de captação dos compostos nitrogenados na forma de proteína microbiana como indicativo da falta de acoplamento entre as disponibilidades de N e energia. Segundo a equação que denota a relação entre EFIM e balanço aparente de compostos nitrogenados no ambiente ruminal expressa pelo NRC (2001), esperar-se-ia, de acordo com valor médio observado para a digestibilidade aparente ruminal da PB em animais suplementados (31,9%), EFIM na ordem de 20,1 gNmic/kg MOFR, a qual assemelha-se à média observada neste estudo.

A avaliação da excreção urinária diária de N na forma de uréia demonstrou incremento de ordem cúbica ($P < 0,04$) sobre este parâmetro com a elevação dos níveis protéicos suplementares (Tabela 2.7) Este comportamento apresenta implicação de ordem prática, uma vez que elevações na síntese hepática de uréia podem constituir dreno energético ao metabolismo, prejudicando, em caso de excesso, o desempenho animal (NRC, 1988). Associando-se esta variável à elevação na digestibilidade da PB ($P < 0,02$), à redução no IECNA e à similaridade no fluxo abomasal de NT e NNH ($P > 0,10$) entre suplementos, caracteriza-se um quadro de elevação nas perdas nitrogenadas por difusão ruminal. Neste enfoque, permite-se inferir que, independentemente do nível protéico dos suplementos, sob as condições em que se conduziu este estudo, as exigências de proteína degradável no rúmen foram supridas, uma vez havendo similaridade quanto à EFIM e ao fluxo abomasal de NMIC entre suplementos. Sob estas condições, respostas produtivas poderiam ser obtidas com o fornecimento de fontes protéicas não-degradáveis no rúmen (KLOPFENSTEIN, 1996), as quais possibilitariam a ampliação do fornecimento de proteína metabolizável aos animais (POPPI e McLENNAN, 1995).

A partir dos resultados demonstrados para os parâmetros de digestão e metabolismo dos compostos nitrogenados, algumas novas inferências podem ser traçadas sobre o consumo por animais mantidos em situações semelhantes.

Devido à alta degradabilidade da proteína da forragem disponível (o que é suportado pelo elevado nível de compostos nitrogenados não-protéicos observados para as amostras de extrusa esofágica), o perfil metabólico dos substratos absorvidos pode apresentar baixa relação proteína:energia (o que é reforçado pela elevada digestibilidade da MS observada no tratamento controle), gerando um quadro de excesso relativo de metabólitos acetogênicos, o qual é desviado para a produção de calor corporal (LENG, 1990). A intensidade no incremento calórico pode ser agravada pelo deslocamento energético para síntese hepática de uréia (NRC, 1988). A ampliação da necessidade de dissipação de calor influi diretamente sobre a taxa de ingestão de MS, a qual é reduzida para níveis em que o excesso de calor corporal possa ser dissipado confortavelmente (LENG, 1990). Assim, embora o consumo médio de FDN observado em SAL (Tabela 2.3) coloque-se próximo ao esperado sob o predomínio de entraves físicos ao consumo (MERTENS, 1994), os limites da ingestão diária podem estar sendo determinados primariamente por fatores de ordem metabólica (DIXON e STOCKDALE, 1999). Desta forma, o fornecimento de pequena quantidade de energia prontamente fermentável no

rúmen poderia auxiliar no suprimento de proteína metabolizável via proteína microbiana (POPPI e McLENNAN, 1995), ampliando-se o consumo e incrementando a produtividade em situações em que ganhos de ordem mais moderada sejam a meta do sistema.

2.4. Conclusões

Pastagens de *Brachiaria decumbens* durante o período de transição seca/águas não apresentam deficiência quantitativa de compostos nitrogenados. Contudo, em função de níveis elevados de compostos nitrogenados não-protéicos e/ou níveis reduzidos de energia de rápida disponibilidade ruminal, observa-se baixo aproveitamento dos compostos nitrogenados devido à baixa fixação destes em proteína microbiana.

2.5. Referências Bibliográficas

- ADAMS, D.C. 1985. Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behavior of yearling beef steers grazing russian wild ryegrass in the fall. *J. Anim. Sci.*, 61:1037-1042.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. 1993. *Energy and protein requirements of ruminants*. Cambridge: CAB International. 159p.
- ALLEN, M.S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.*, 74:3063-3075.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15 ed. Arlington. 1117p.
- BRYANT, M.P. 1973. Nutritional requirements of the predominant rumen cellulolytic bacteria. *Fed. Proc.*, 32(7):1809-1813.
- CAMPOS, H. 1984. *Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar*. Piracicaba: FEALQ. 292p.
- CARTER, R.R, GROVUM, W.L. 1990. Factors affecting the voluntary intake of food by sheep. 5. The inhibitory effect of hypertonicity in the rumen. *Br. J. Nutr.*, 64:285-299.
- CECAVA, J.M., MERCHEN, N.R., GAY, L.C. et al. 1990. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency, and isolation techniques. *J. Dairy Sci.*, 73(9):2480-2488.
- DelCURTO, T., COCHRAN, R.C., HARMON, D.L. et al. 1990a. Supplementation of dormant Tallgrass-Prarie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. *J. Anim. Sci.*, 68(2):515-531.

- DeLCURTO, T., COCHRAN, R.C., CORAH, L.R. et al. 1990b. Supplementation of dormant Tallgrass-Prarie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. *J. Anim. Sci.*, 68(2):532-542.
- DETMANN, E., PAULINO, M.F., ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Avaliação qualitativa de dois métodos de amostragem de dieta em pastagens de capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBZ, 1999. p.16.
- DETMANN, E., CECON, P.R., PAULINO, M.F. et al. 2001a. Estimação de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. *R. Bras. Zootec.*, 30(1):222-230.
- DETMANN, E., PAULINO, M.F., ZERVOUDAKIS, J.T. et al. 2001b. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. *R. Bras. Zootec.*, 30(4):1340-1349.
- DIXON, R.M., STOCKDALE, C.R. 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. *Aust. J. Agric. Res.*, 50:757-73.
- ELIZALDE, J.C., MERCHEN, N.R., FAULKNER, D.B. 1999. Supplemental cracked corn for steers fed fresh alfalfa: I. Effects on digestion of organic matter, fiber, and starch. *J. Anim. Sci.*, 77(2):457-466.
- EL-SHAZLY, K., DEHORITY, B.A., JOHSON, R.R. 1961. effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. *J. Anim. Sci.*, 20(1):268-273.
- FRANCE, J., DHANOA, M.S., SIDDON, R.C. et al. 1988. Estimating the fecal producing by ruminants from faecal marker concentration curves. *J. Theor. Biol.*, 135(2):383-391.
- FUNK, M.A., GALYEAN, M.L., BRANINE, M.E. 1987. Steers grazing blue grama rangeland throughout the growing season. I. Dietary composition, intake, digesta kinetics and ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, 65(4):1342-1353.
- GOMES JR., P., PAULINO, M.F., DETMANN, E. et al. Avaliação qualitativa de três métodos de amostragem de dieta em pastagem de capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001a. p.1132-1134.
- GOMES JR., P., PAULINO, M.F., DETMANN, E. et al. Composição químico-bromatológica da *Brachiaria decumbens* sob pastejo: proteína e carboidratos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001b. p.187-188.
- GUTHRIE, M.J., WAGNER, D.G. 1988. Influence of protein or grain supplementation and increasing levels of soybean meal on intake, utilization and passage rate of prairie hay in steers and heifers. *J. Anim. Sci.*, 66(5):1529-1537.
- HANNAH, S.M., COCHRAN, R.C., VANZANT, E.S. et al. 1991. 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.*, 69(6):2624-2633.

- HESS, B.W., PARK, K.K., KRYSL, L.J. et al. 1994. Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior, ruminal fermentation, and digestion. *J. Anim. Sci.*, 72(8):2113-2123.
- HESS, B.W., KRYSL, L.J., JUDKINS, M.B. et al. 1996. Supplemental cracked corn or wheat bran for steers grazing endophyte-free fescue pasture: effects on live weight gain, nutrient quality, forage intake, particulate and fluid kinetics, ruminal fermentation, and digestion. *J. Anim. Sci.*, 74(4):1116:1125.
- HOOVER, W.H., STOCKES, S.R. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.*, 74(10):3630:3644.
- JOHNSON, A.D. 1978. Sample preparation and chemical analysis of vegetation. In: t'MANNEJTE, L. (Ed.) *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Aberystwyth: Vommonwealth Agricultural Bureau. p.96-102.
- KENNEDY, D.W., BUNTING, L.D. 1992. Effects of starch on ruminal fermentation and detergent fibre digestion in lambs fed bermudagrass hay. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 36(1-2):91-100.
- KLOPFENSTEIN, T. 1996. Need for escape protein by grazing cattle. *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 60(2):191-199.
- KÖSTER, H.H., COCHRAN, R.C., TITGEMEYER, E.C. et al. 1996. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. *J. Anim. Sci.*, 74(9):2473:2481.
- KRYSL, L.J., BRANINE, M.E., CHEEMA, A.U. et al. 1989. 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.*, 67(11):3040:3051.
- LEÃO, M.I., COELHO DA SILVA, J.F., CARNEIRO, L.H.D.M. 1978. Implantação de fístula ruminal e cânula duodenal reentrante em carneiros, para estudos de digestão. *Ceres*, 25(1):42-54.
- LENG, R.A. 1984. Supplementation of tropical and subtropical pastures for ruminant production. In: GILCHRIST, F.M.C., MACKIE, R.I. (Eds.) *Herbivore nutrition in the subtropics and tropics*. Craighall, South Africa: The Science Press Ltd. p.129-144.
- LENG, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nut. Res. Rev.*, 3(3):277-303.
- LUCAS, H.L. 1957. Extra-period latin-square change-over designs. *J. Dairy Sci.*, 40(3):225-239.
- MALAFAIA, P.A.M., VIEIRA, R.A.M. Técnicas de determinação dos compostos nitrogenados em alimentos para ruminantes. In: DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. *Anais...* Lavras: FAEP, 1997. p.29-54.
- MATHIS, C.P., COCHRAN, R.C., HELDT, J.S. et al. 2001. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium- to low-quality forages. *J. Anim. Sci.*, 78(1):224-232.

- McCOLLUM, F.T., GALYEAN, M.L. 1985. Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. *J. Anim. Sci.*, 60(2):570-577.
- McMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: SIMPÓSIO SOBRE TÓPICOS ESPECIAIS EM ZOOTECNIA. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.131-168.
- MERCHEN, N.R. 1988. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Prentice Hall. p.172-201.
- MERTENS, D.R. 1994. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Winsconsin: American Society of Agronomy, p.450-493.
- MERTENS, D.R., LOFTEN, J.R. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *J. Dairy Sci.*, 63(9):1437-1446.
- MINSON, D.J. 1990. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic Press. 483p.
- MINSON, D.J., STOBBS, T.H., HEGARTY, M.P. et al. 1976. Measuring the nutritive value of pasture plants. In: SHAW, N.H., BRYAN, W.W. (Eds.) *Tropical pasture research*. Oxford: CAB International. p.308-338.
- MOULD, F.L., ØRSKOV, E.R., MANNS, O. 1983. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 10(1):15-30.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1984. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6 ed. Washington, DC: Academic Press. 90p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1988. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6 ed. Washington, DC: Academic Press. 158 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7 ed. Washington, DC: National Academic Press. 381 p.
- NOCEK, J.E., RUSSELL, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.*, 71(8):2070-2107.
- OBARA, Y., DELLOW, D.W., NOLAN, J.V. 1991. The influence of energy-rich supplements on nitrogen kinetics in ruminants. In: TSUDA, T., SASAKI, Y., KAWASHIMA, R. (Eds.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. New York: Academic Press. p.515-539.
- PAULINO, M.F., DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C. et al. (s.d.) Soja grão e caroço de algodão em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo. *R. Bras.Zootec.* (no prelo).
- PELL, A.N., SCHOFIELD, P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, 76(4):1063-1073.
- POPPI, D.P., McLENNAN, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.*, 73(1):278-290.

- RENNÓ, L.N., VALADARES, R.F.D., VALADARES FILHO, S.C. et al. 2000. Concentração plasmática de uréia e excreções de uréia e creatinina em novilhos. *R. Bras. Zootec.*, 29(4):1235-1243.
- ROYES, J.B., BROWN, W.F., MARTIN, F.G. et al. 2001. Source and level of energy supplementation for yearling cattle fed ammoniated hay. *J. Anim. Sci.*, 79(5):1313-1321.
- RUSSELL, J.B. Minimizing ruminant nitrogen losses. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. *Anais...* Lavras: SBZ, 1992. p.47-64.
- RUSSELL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.G. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *J. Anim. Sci.*, 70(11):3551-3561.
- SANTOS, E.D.G. *Terminação de bovinos em pastagem de Brachiaria decumbens Stapf, durante a estação seca, alimentados com diferentes concentrados*. Viçosa, MG: UFV, 2001, 163 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SOUZA, G.S. 1998. *Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear*. Brasília: EMBRAPA-SPI. 505p.
- STOKES, S.R., GOETSCH, A.L., JONES, A.L. et al. 1988. Feed intake and digestion by beef cows fed prairie hay with different levels of soybean meal and receiving post-ruminal administration of antibiotics. *J. Anim. Sci.*, 66(6):1778:1789.
- TIBO, G.C., VALADARES FILHO, S.C., VALADARES, R.F.D. et al. 2000. Níveis de concentrado em dietas de novilhos F1 simental X nelore. 1. Consumo e digestibilidade. *R. Bras. Zootec.*, 29(3):910-920.
- TITGEMEYER, E.C. 1997. Design and interpretation of nutrient digestion studies. *J. Anim. Sci.*, 75(7):2235-2247.
- UDÉN, P., COLUCCI, P.E., VAN SOEST, P.J. 1980. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *J. Sci. Food Agr.*, 31(7):625-632.
- USHIDA, K., LASSALAS, B., JOUANY, J.P. 1985. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of treatment and preservation. *Reprod. Nutr. Develop.*, 25:1037-1046.
- VALADARES, R.F.D., BRODERICK, G.A., VALADARES FILHO, S.C. et al. 1999. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *J. Dairy Sci.*, 82(11):2686-2696.
- VAN DYNE, G.M., TORREL, D.T. 1964. Development and use of the esophageal fistula: a review. *J. Range Manage.*, 17(1):7-14.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74(10):3583-3597.

- VIEIRA, R.A.M., PEREIRA, J.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. 1997. The influence of elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum. Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 67(2):151-161.
- VIEIRA, R.A.M., PEREIRA, J.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. 2000. Fracionamento e cinética de degradação *in vitro* dos compostos nitrogenados da extrusa de bovinos a pasto. *R. Bras. Zootec.*, 29(3):880-888.
- WILLIAMS, C.H., DAVID, D.J., IISMA, O. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci.*, 59(3):381-385.
- YANG, W.Z., BEAUCHEMIN, K.A., RODE, L.M. 2001. Effect of dietary factors on distribution and chemical composition of liquid- or solid-associated bacterial populations in the rumen of dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 79(9):2736-2746.
- ZERVOUDAKIS, J.T., PAULINO, M.F., DETMANN, E. et al. 2001. Desempenho e características de carcaça de novilhos suplementados no período das águas. *R. Bras. Zootec.*, 30(4):1381-1389.
- ZIMMER, A.H., EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL SOB PASTEJO, 1997, Viçosa. *Anais...* Viçosa:UFV, 1997, p.1-29.

Capítulo 3

Avaliação, Simulação e Validação de Parâmetros da Cinética Digestiva em Novilhos Mestiços, Suplementados, a Pasto

3.1.Introdução

Dentro do enfoque atual da nutrição de ruminantes, a área relativa à avaliação de alimentos vem se destacando no tocante à evolução dos métodos e conceitos aplicados à determinação da potencialidade e efetividade das dietas ofertadas aos animais. Estas características agregam ao conceito moderno de pecuária de precisão, em que respostas produtivas devem ser previstas, impostas e contabilizadas o mais acuradamente possível.

Desta forma, a determinação do valor nutricional dos alimentos envolve estudos que avaliam, conjuntamente, o consumo, a digestibilidade e parâmetros do metabolismo animal. Contudo, sendo o consumo fortemente influenciado por inúmeros fatores alheios àqueles que caracterizam o alimento (MERTENS, 1994), a avaliação da digestibilidade torna-se alvo principal de estudos que buscam determinar as características inerentes ao alimento (CABRAL, s.d.).

Embora a avaliação dos parâmetros digestivos dos alimentos possa ser realizada por intermédio de técnicas *in vitro*, *in situ* ou *in vivo*, estas últimas apresentam o inconveniente da manutenção da animais fistulados, o que amplia o labor e os custos dos procedimentos de avaliação. Métodos *in vitro* sobressaem-se, além da vantagem descrita anteriormente, por apresentarem rapidez e uniformidade físico-química do micro-ambiente de fermentação ao qual os alimentos são submetidos (MALAFAIA, 1997). Segundo OBA e ALLEN (1999), a estimação da digestibilidade da porção fibrosa dos alimentos por procedimentos diferentes dos realizados *in vivo* evita o

confundimento com fatores relacionados a diferenças no tempo de retenção, consumo de matéria seca e exposição ao ambiente intestinal.

No entanto, as técnicas *in vitro* com enfoque gravimétrico tradicionalmente utilizadas apresentam limitações inerentes, as quais incluem: (1) a mensuração do resíduo fibroso destrói a amostra, fazendo com que uma nova amostra seja exigida para cada tempo de avaliação; (2) a dificuldade de avaliação nos estágios iniciais de digestão em virtude de pequena variação no peso dos resíduos; (3) o papel dos componentes solúveis não pode ser determinado; e (4) quantidades relativamente grandes de amostras são necessárias, trazendo dificuldades na avaliação de materiais disponíveis de forma limitada (PELL e SCHOFIELD, 1993).

Como alternativa aos procedimentos gravimétricos, técnicas com enfoque metabólico, as quais priorizam os produtos da fermentação em detrimento ao substrato residual, permitem o contorno aos entraves descritos anteriormente. Neste contexto, a mensuração dos gases oriundos da fermentação microbiana permite a predição de parâmetros da cinética digestiva ruminal dos carboidratos, tanto fibrosos, como não-fibrosos (SCHOFIELD et al., 1994; SCHOFIELD e PELL, 1995), atuando sobre as pressuposições de que a degradação anaeróbia microbiana destes componentes produz, primariamente, dióxido de carbono, metano e ácidos graxos voláteis (SCHOFIELD e PELL, 1995) e de que estes se concentram no meio de forma diretamente proporcional ao desaparecimento do substrato (SCHOFIELD et al., 1994).

A avaliação comparativa de alimentos por intermédio da técnica de produção de gases tem sido realizada de forma recente em condições brasileiras (MALAFAIA, 1997; CABRAL et al., 2000). No entanto, estudos que envolvam a relação de parâmetros obtidos *in vitro* sobre projeções de comportamento digestivo dos alimentos *in vivo* são escassos, devendo, portanto, ser enfocados para que se possa verificar a validade e confiabilidade de tais estimativas.

De forma semelhante aos compostos que contribuem primariamente ao metabolismo energético microbiano e animal, a avaliação da disponibilidade potencial dos compostos nitrogenados dos alimentos tem recebido atenção especial por parte dos pesquisadores. A fração dos compostos nitrogenados ligada à porção insolúvel em detergente ácido da parede celular (NIDA) tem sido empregada como preditor do potencial de aproveitamento protéico por alguns dos principais sistemas nutricionais, como o sistema britânico (AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC, 1993) e o *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (SNIFFEN et al.,

1992), no sentido de, embora composto em parte por componentes aminoacídicos (MUSCATO et al., 1983), não apresentarem disponibilidade aos microrganismos ruminais ou digestibilidade intestinal (SNIFFEN et al., 1992).

Por outro lado, diversos estudos têm apontado controvérsias sobre a disponibilidade do NIDA ao longo do trato gastrointestinal dos ruminantes, o qual tem apresentado estimativas de digestibilidade substancialmente desviadas da nulidade, sendo este comportamento ressaltado em alimentos ricos em taninos (WATERS et al., 1992) ou que sofreram danos por calor (VAN SOEST, 1994), implicando no fato de esta fração poder ser subdividida em duas sub-frações distintas, sendo uma potencialmente digestível (BRODERICK, 1995). Este comportamento indica que o NIDA, embora sendo um indicador do teor total de compostos nitrogenados não-utilizáveis pelo animal, não possa ser empregado para estimação da digestibilidade potencial dos compostos nitrogenados (NATIONAL RESEARCH COUNCIL -NRC, 2001).

Objetivou-se neste estudo simular e validar estimativas de degradabilidade ruminal dos carboidratos, eficiência de síntese microbiana e fluxo nitrogenado microbiano abomasal obtidas com base em parâmetros da cinética de produção de gases dos alimentos, avaliando-se, paralelamente, as digestibilidades total, ruminal e intestinal dos compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido em novilhos mestiços, suplementados, manejados em pastagem de *Brachiaria decumbens*.

3.2.Material e Métodos

O experimento base, conduzido para obtenção das estimativas das variáveis avaliadas *in vivo*, foi descrito detalhadamente no Capítulo 2, Seção 2.2.

3.2.1.Avaliação Químico-Bromatológica de Alimentos e Digesta

As amostras de extrusa esofágica, suplementos e amostras compostas de digesta abomasal e fezes, após secas e processadas (Seção 2.2), foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinzas (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC, 1990); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), com as devidas correções de procedimento para a presença de amido e correções finais para proteína e cinzas (VAN SOEST et al., 1991), adotando-se o método de extração de

micro-FDN por intermédio de autoclavagem das amostras, segundo PELL e SCHOFIELD (1993).

Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e NIDA foram determinados nos dos resíduos obtidos após o tratamento das amostras em detergentes neutro e ácido (VAN SOEST et al., 1991), respectivamente, por intermédio do procedimento de Kjeldhal (AOAC, 1990).

As concentrações de FDN indigestível foram obtidas por intermédio do resíduo insolúvel em detergente neutro avaliado após incubação das amostras no rúmen de um novilho mestiço alimentado com feno de *Brachiaria brizantha* e concentrado, na proporção de 70:30, por 144 horas.

Os teores de carboidratos totais (CT) e carboidratos não-fibrosos (CNF) foram estimados empregando-se as equações:

$$CT(g / kgMS) = 1000 - (PB + EE + Cinzas) \quad (1);$$

$$CNF(g / kgMS) = CT - FDN \quad (2);$$

Ressalta-se que os teores em FDN foram considerados coincidentes aos teores de carboidratos fibrosos (CF). A composição químico-bromatológica da extrusa e dos suplementos é apresentada na Tabela 3.1.

3.2.2. Avaliação do Fluxo de Compostos Nitrogenados Insolúveis em Detergente Ácido (NIDA)

O consumo total de NIDA e seu fluxo diário abomasal e fecal foram estimados como o produto de sua concentração nos alimentos ingeridos e nas amostras de digesta abomasal e fezes por seus respectivos consumos e fluxos.

Sob a pressuposição da não existência de contribuição endógena de compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido, as estimativas obtidas foram avaliadas por intermédio do modelo:

$$Y_i = \mathbf{b}X_i + e_i \quad (3);$$

em que: Y_i = efluxo de NIDA (g/dia), tomado em termos de digesta abomasal para avaliação de digestibilidade em nível ruminal, e em termos de fezes para avaliação de digestibilidade total e intestinal; X_i = influxo diário de NIDA (g/dia), tomado em termos de alimentos ingeridos para avaliação de digestibilidade ruminal e total, e em termos de digesta abomasal para avaliação de digestibilidade em nível intestinal; β = coeficiente de inclinação da reta; e e_i = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto $NID(0, \sigma^2)$.

Tabela 3.1 - Composição químico-bromatológica de extrusa e suplementos, com base na matéria seca

Itens ¹	Extrusa		Suplementos			
	Média	EPM	S12	S16	S20	S24
MS (%)	12,82	0,168	87,03	87,34	87,37	87,68
MO ²	885,7	4,527	978,4	971,4	966,6	962,4
PB ²	109,9	8,832	147,0	188,2	229,9	274,0
EE ²	19,2	0,236	48,3	62,3	79,6	84,9
CT ²	756,5	10,612	783,1	720,9	657,1	603,5
FDN ²	564,4	14,635	74,8	80,0	87,1	98,8
FDNi ²	121,0	8,348	6,3	5,9	7,7	6,8
CNF ²	192,1	5,385	708,3	640,8	570,0	504,7
FDA ²	250,5	6,148	21,7	36,0	51,9	65,6
NIDN ³	19,6	0,631	3,1	2,3	2,4	2,3
NIDA ³	4,7	0,492	0,7	1,5	1,6	1,8

^{1/} MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; CT – carboidratos totais; FDN – fibra em detergente neutro; FDNi – fibra em detergente neutro indigestível; CNF – carboidratos não-fibrosos; FDA – fibra em detergente ácido; NIDN – nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA – nitrogênio insolúvel em detergente ácido. ^{2/} g/kg MS. ^{3/} % dos compostos nitrogenados totais.

Para avaliação da ocorrência de digestibilidade conduziram-se as análises estatísticas, sob as seguintes hipóteses:

$$\begin{aligned}
 H_0 &: \mathbf{b} = 1 \\
 H_a &: \mathbf{b} \neq 1
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Sob o caso de não-rejeição da hipótese H_0 , concluiu-se pela ausência de digestibilidade. Nos casos de não-aceitação da hipótese de nulidade, estimou-se a digestibilidade por intermédio da equação:

$$DIG = (1 - \hat{b}) \times 100 \quad (5);$$

em que: DIG = digestibilidade, como porcentagem do total que chegou ao segmento avaliado; e \hat{b} = estimativa do coeficiente angular da equação ajustada.

3.2.3. Simulação da Cinética Digestiva de Carboidratos e Fluxo Nitrogenado Microbiano

Para os procedimentos de estimação da produção cumulativa de gases tomou-se de amostras de extrusa esofágica e suplementos duas alíquotas de, aproximadamente, 100 mg as quais foram acondicionadas em frascos de vidro com 50 mL em volume total, aos quais adicionou-se, imediatamente, 8 mL de solução tampão de McDougall (McDOUGALL, 1949) com pH previamente ajustado em 6,8 por meio de aspersão com CO₂ por aproximadamente 20 minutos. Os frascos foram então acondicionados em sala climatizada (39°C) por, aproximadamente 30 minutos, tempo necessário para estabilização da temperatura e hidratação das amostras. Durante este processo, procedeu-se à coleta de líquido ruminal, colhido de um novilho mestiço fistulado no rúmen e alimentado com feno de *Brachiaria brizantha* e concentrado na proporção de 70:30, respectivamente. O líquido, após filtração em camada tríplice de gaze, foi acondicionado em recipiente térmico e imediatamente conduzido ao local de incubação.

Aos frascos que continham as amostras e a solução tampão adicionou-se 2 mL do inóculo ruminal procedendo-se imediatamente à vedação com tampas de borracha e lacres de alumínio, sendo então dispostos sobre mesa com agitação orbital.

As leituras foram realizadas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 24, 27, 30, 33, 36, 48, 56, 60, 72, 96 e 120 horas após o início da incubação empregando-se uma agulha de seringa acoplada a um transdutor eletrônico ligado diretamente a um multímetro. Neste procedimento, a pressão ao interior dos frascos, formada pelo acúmulo de gases, foi medida, com o auxílio do transdutor, em unidades elétricas (mV), as quais foram posteriormente convertidas em volume de gás (mL) por intermédio do procedimento descrito por PELL e SCHOFIELD (1993). Os volumes obtidos nos intervalos de leitura descritos acima foram adicionados seqüencialmente de forma a obter-se, em determinado tempo, a produção acumulada de gases.

Às curvas obtidas submeteu-se, por intermédio do procedimento iterativo de Gauss-Newton (SOUZA, 1998), o ajuste do modelo logístico bi-compartimental descrito por SCHOFIELD et al. (1994):

$$Vt = Vf_1 \left\{ 1 + \exp \left[2 + 4 \frac{\mu m_1}{Vf_1} (L - t) \right] \right\}^{-1} + Vf_2 \left\{ 1 + \exp \left[2 + 4 \frac{\mu m_2}{Vf_2} (L - t) \right] \right\}^{-1} \quad (6);$$

em que: Vt = volume acumulado de gases no tempo “ t ” (mL); Vf = volume total de gases produzido em $t \rightarrow \infty$ (mL); μm = taxa máxima de produção de gases (mL · h⁻¹); L = latência (h); t = tempo após o início da incubação (h); e “1” e “2” (sub-escritos) = indicadores referentes à cinética de produção de gases a partir de CF e CNF, respectivamente.

A razão $\mu m/Vf$ (Equação 6), a qual apresenta a unidade h⁻¹, representa a taxa específica de digestão (k_d) do substrato (SCHOFIELD et al., 1994), sendo admitido neste estudo como similar à taxa específica de crescimento microbiano sob a pressuposição de relação diretamente proporcional entre o volume de gás produzido e a produção microbiana e o substrato digerido.

A partir da obtenção das taxas específicas de digestão, estimou-se separadamente para CF e CNF oriundos de extrusa e suplementos, os coeficientes de degradação ruminal, empregando-se as equações (ALLEN e MERTENS, 1988):

$$CDR_{cfe} = [k_d / (k_d + k_r)] \times [1 + k_r / (k_d + k_e)] \quad (7);$$

$$CDR = [k_d / (k_d + k_p)] \quad (8);$$

em que: CDR_{cfe} = coeficiente de degradação ruminal (g · g⁻¹) para os CF oriundos da extrusa; CDR = coeficiente de degradação ruminal (g · g⁻¹) para as demais frações de carboidratos; k_d = taxa específica de digestão (h⁻¹); k_r = taxa de escape do *pool* não-escapável para o *pool* potencialmente escapável (h⁻¹); k_e = taxa de escape do *pool* potencialmente escapável (h⁻¹); e k_p = taxa passagem considerando cinética de partículas de ordem gama-1 (h⁻¹).

A diferença observada entre as equações (7) e (8) se baseia no fato de a cinética de trânsito de partículas oriundas da forragem se basear em modelo de ordem gama-2,

como descrito na seção 2.2, o qual, embora de natureza unicompartmental, assume a existência de dois *pools* distintos de partículas no ambiente ruminal (FRANCE et al., 1988). O primeiro relativo a partículas sem características cinéticas que permitam o escape ao trato posterior, o qual fornece, gradativamente, partículas ao segundo *pool*, as quais são consideradas potencialmente escapáveis. Devido à natureza unicompartmental do modelo, pressupõe-se que ambas as taxas (k_r e k_e) sejam idênticas e coincidentes ao parâmetro “L”, descrito na seção 2.2. Para os CNF da extrusa admitiu-se a não existência do primeiro *pool* descrito anteriormente, pressupondo-se cinética de ordem gama-1, parametrizada segundo o parâmetro “L” (Seção 2.2). Esta pressuposição foi também admitida para as frações de carboidratos oriundas dos suplementos, sendo a taxa de escape ruminal, uma vez não se empregando indicador de base não-fibrosa, estimada conforme recomendações do NRC (2001), segundo a equação:

$$k_p (h^{-1}) = 0,02904 + 0,01375CMS - 0,00020NC \quad (9);$$

em que: CMS = consumo de MS (% do peso vivo); e NC = nível de concentrado na dieta (%).

As estimativas da degradação ruminal das frações de carboidratos (kg/dia) foram tomadas como o produto entre o consumo diário da porção potencialmente degradável de cada fração de carboidratos (kg), e o seu respectivo coeficiente de degradação ruminal. As frações de CNF foram consideradas com potencial de degradação completo a nível ruminal, sendo, para CF, esta fração obtida pela diferença entre os consumos de FDN e FDNi.

A eficiência de síntese microbiana foi estimada segundo proposição de PIRT (1965), conforme a equação:

$$\frac{1}{Y} = \frac{m}{Sgr} + \frac{1}{Ym} \quad (10);$$

em que: Y = rendimento microbiano (g células · g⁻¹ carboidrato degradado); m = exigência de manutença das bactérias (g carboidrato · g⁻¹ célula · h⁻¹); Ym = rendimento teórico máximo dos microrganismos sobre o substrato (g células · g⁻¹ carboidratos); e Sgr = taxa de crescimento específico dos microrganismos sobre o substrato (h⁻¹).

As estimativas de eficiência de síntese microbiana foram obtidas individualmente sobre CF e CNF para extrusa e suplementos sendo, ao final, produzido um valor médio ponderado em função da participação de cada fração sobre o total estimado de carboidratos degradados no rúmen. Para tal, adotou-se como referência ao parâmetro Y_m o valor de $0,4 \text{ g célula} \cdot \text{g}^{-1} \text{ carboidrato degradado}$ e para “m” os valores de 0,05 e 0,15 $\text{g carboidrato} \cdot \text{g}^{-1} \text{ célula} \cdot \text{h}^{-1}$, para CF e CNF, respectivamente, conforme especificações de RUSSELL et al. (1992). Os valores obtidos para taxas de digestão específica foram, como ressaltado anteriormente, empregados como estimativas para o parâmetro Sgr.

O fluxo de N microbiano ao abomaso foi assumido como o produto entre os valores estimados para eficiência microbiana, carboidratos totais degradados no rúmen (CTDR) e teor de N nos microrganismos, adotando-se a este último fator os valores observados *in vivo*.

O procedimento de validação dos parâmetros avaliados foi realizado por intermédio do ajuste de modelo de regressão linear simples (REG1) dos valores preditos sobre os valores observados. As estimativas dos parâmetros de regressão foram testadas sob as hipóteses:

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mathbf{b}_0 = 0 & H_0 : \mathbf{b}_1 = 1 \\ H_a : \mathbf{b}_0 \neq 0 & H_a : \mathbf{b}_1 \neq 1 \end{array} \quad (11);$$

Sob o caso de não-rejeição de ambas as hipóteses de nulidade, concluiu-se pela similaridade entre valores preditos e observados. Em situação contrária, nova equação de regressão foi traçada, suprimindo-se o parâmetro relativo ao intercepto (REG2), conforme modelo descrito em (3). No caso de não-aceitação da hipótese de nulidade, expressa em (4), estimou-se o vício global das estimativas como:

$$B = (\hat{\mathbf{b}} - 1) \times 100 \quad (12);$$

em que: B = vício global das estimativas (%); $\hat{\mathbf{b}}$ = estimativa do coeficiente angular da equação ajustada (REG2); e “1” = valor paramétrico para o coeficiente angular sob a pressuposição de a hipótese de nulidade ser verdadeira.

Para todos os procedimentos estatísticos empregados adotou-se $\alpha = 0,10$.

3.3. Resultados e Discussão

A avaliação das relações entre influxo e efluxo de NIDA é apresentada na Tabela 3.2 e Figura 3.1. Observou-se, por intermédio do coeficiente de inclinação da equação ajustada, a ocorrência de digestibilidade desta fração (25,1%) ($P < 0,01$) ao considerar-se todo o trato gastrointestinal, o que é corroborado pela elevada concentração de pontos abaixo da reta indicadora de igualdade de fluxos ($X=Y$) mostrada na Figura 3.1(a). Por outro lado, a avaliação dos fluxos de forma parcial não permitiu a detecção de influência significativa do compartimento ruminal ($P > 0,10$) sobre a digestibilidade do NIDA, sendo todo o desaparecimento atribuído ao segmento intestinal (30,74%) ($P < 0,01$), como mostrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Estimativa e limites do intervalo de confiança a 95% de probabilidade ($IC_{95\%}$) para o coeficiente de inclinação, nível descritivo de probabilidade para a hipótese de nulidade e coeficiente de determinação (r^2) para a relação entre influxo e efluxo de NIDA (g/dia) em diferentes segmentos do trato gastrointestinal

Nível	Estimativa Coeficiente de Inclinação	Limites $IC_{95\%}$		Valor- P^1	r^2
		Superior	Inferior		
Total	0,7490	0,8476	0,6504	0,0001	0,9301
Ruminal	0,8175	1,0447	0,5903	0,1090	0,7490
Intestinal	0,6926	0,9053	0,4799	0,0070	0,7097

^{1/} $H_0: \beta = 1$.

Vários autores têm relatado digestibilidades elevadas para o NIDA, notadamente sobre alimentos submetidos a tratamentos térmicos (WATERS et al., 1992; BRODERICK et al., 1993; NAKAMURA et al. 1994a; 1994b; e VAN SOEST, 1994). Nestes casos, observa-se ampliação dos teores naturais de NIDA dos alimentos em decorrência da formação de produtos da reação de Maillard (NAKAMURA et al., 1994a), a qual, por intermédio de interações entre açúcares redutores e proteína responde, parcialmente, por reduções na degradabilidade ruminal da proteína (YANG et al., 1993). A esta nova porção têm-se atribuído as observações acerca do desaparecimento do NIDA no trato gastrointestinal de ruminantes e, embora incertezas ainda existam sobre o local de digestão do NIDA gerado por aquecimento (NRC, 2001), NAKAMURA et al. (1994b) afirmaram haver digestão a nível de intestino, sem contudo haver aproveitamento para o metabolismo animal. Estas características tornam o NIDA,

em alimentos semelhantes, preditor de baixa acurácia para o potencial de degradação protéico (NAKAMURA et al., 1994a).

À primeira instância, poderia se atribuir, ao menos em parte, o comportamento observado neste trabalho ao procedimento de secagem adotado (60°C – 72 horas). Ao uso de secagem por ventilação forçada são atribuídas elevações nos teores de componentes da parede celular, as quais parecem ser mais evidentes em extrusas esofágicas (ACOSTA e KOTHMAN, 1978) e em forragens de menor grau de maturidade (BURRITT et al., 1988), quando em comparação a procedimento de liofilização. No entanto, alguns argumentos não permitem suportar concreta e completamente esta hipótese. Em primeiro lugar, ressalta-se que tanto as amostras de forragem, como de digesta abomasal e fezes, foram submetidas ao mesmo procedimento, o que, possivelmente, promoveria incrementos de ordem similar entre os materiais, o que manteria a exatidão das estimativas. Em adição, incrementos no nitrogênio ligado à parede celular em função de aquecimento não obrigatoriamente implicam em formação de NIDA, o qual só é produzido por intermédio da reação de Maillard (VAN SOEST, 1994), a qual é observada em maior intensidade sob concentrações elevadas de açúcares redutores (Cleale et al., 1987, citados por NAKAMURA et al., 1994a).

Além dos produtos de Maillard, o nitrogênio recuperado como NIDA pode conter complexos tanino-proteína e compostos nitrogenados ligados à lignina (WATERS et al., 1992), podendo ser formado por 30 a 90% de nitrogênio oriundo de aminoácidos (MUSCATO et al., 1983). Algumas proteínas, normalmente ricas em glicina, apresentam intensa relação com a lignina da parede celular, podendo, possivelmente, exercer papel no processo de formação dos polímeros fenólicos (IIYAMA et al., 1993). Em forragens imaturas os compostos fenólicos componentes da lignina estão polimerizados em menor grau, fazendo com que fragmentos de baixo peso molecular sejam absorvidos e excretados via urina (VAN SOEST, 1994). Deste ponto de vista, questiona-se se as proteínas associadas à lignina poderiam apresentar comportamento semelhante, o que justificaria o comportamento observado quanto ao desaparecimento intestinal do NIDA.

Infere-se, em suma, que nenhum dos argumentos apresentados possam ser descartados ou adotados concretamente, sendo recomendada a condução de novos estudos para verificação da repetibilidade deste evento e, caso necessário, construir teorias causativas concretas.

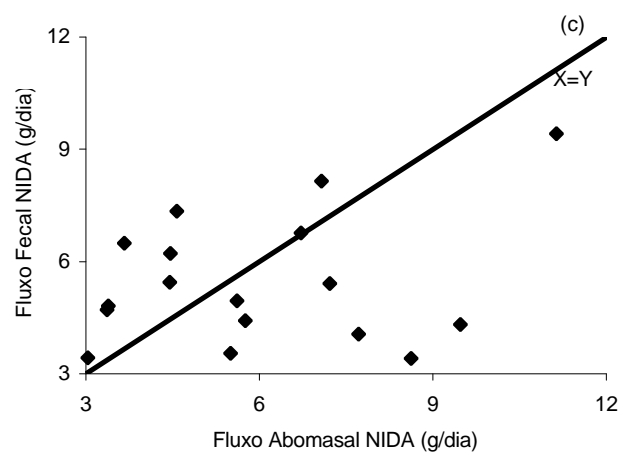
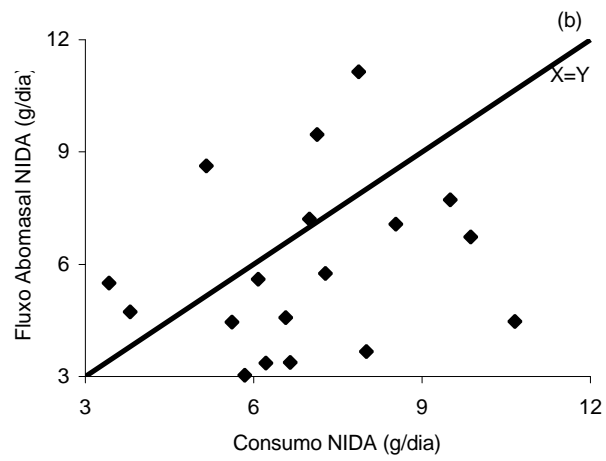
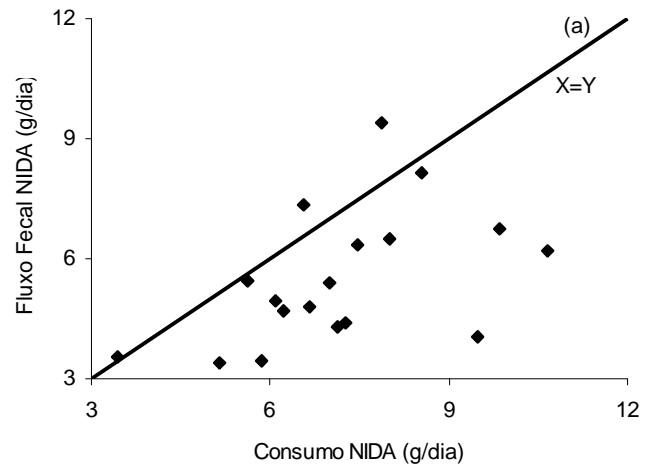


Figura 3.1 - Relação entre influxo e efluxo de NIDA nos segmentos total (a), ruminal (b) e intestinal (c) do trato gastrintestinal.

As estimativas médias das taxas de digestão específica para amostras de extrusa esofágica e suplementos, as médias para valores preditos e observados e os parâmetros das equações de regressão para as variáveis carboidratos totais (CTDR), fibrosos (CFDR) e não-fibrosos (CNFDR) degradados no rúmen, eficiência de síntese microbiana (EFIM) e fluxo de nitrogênio de origem microbiana ao abomaso (NMIC) são mostrados nas Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5, respectivamente.

Tabela 3.3 - Estimativas médias de taxas de digestão específica (h^{-1}) para carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF) em amostras de extrusa esofágica e suplementos

	Extrusa		Suplementos			
	Média	EPM	S12	S16	S20	S24
CF	0,0257	0,0010	0,0295	0,0368	0,0324	0,0354
CNF	0,1146	0,0085	0,2299	0,1325	0,1265	0,1258

A avaliação estatística dos coeficientes de inclinação das retas em REG1 para CTDR, CFDR e CNFDR apontou a não-aceitação da hipótese de nulidade para todas as variáveis ($P < 0,01$) (Tabela 3.5). Em termos de intercepto, observou-se para CTDR e CNFDR a não-aceitação da hipótese de nulidade ($P < 0,01$), apontando, na relação analisada a existência de um valor constante somado aos valores preditos de forma independente aos valores observados, o qual pode ser denotado com vício constante (RAYBURN e FOX, 1993). Embora não se rejeitando a hipótese de nulidade sobre a estimativa de intercepto para CFDR ($P > 0,10$), o comportamento da função ajustada, à semelhança de CTDR e CNFDR, mostrou a não-correspondência entre valores preditos e observados.

Tabela 3.4 - Valores médios preditos e observados para carboidratos totais (CTDR), fibrosos (CFDR) e não-fibrosos (CNFDR) degradados no rúmen, eficiência de síntese microbiana (EFIM) e fluxo abomasal de nitrogênio microbiano (NMIC)

Variáveis	Valores Preditos	Valores Observados
CTDR ¹	4,282	3,928
CFDR ¹	2,106	2,758
CNFDR ¹	2,176	1,170
EFIM ²	250,7	316,2
NMIC ³	73,7	75,9

¹/ kg/dia. ²/ g MS microbiana/kg CTDR. ³/ g/dia.

Submetendo-se estas variáveis ao ajuste de equação de regressão sem a consideração do intercepto (REG2), observou-se certa incoerência sobre a variável CTDR, a qual não apresentou coeficiente de inclinação estatisticamente diferente da unidade ($P>0,10$), não permitindo, assim, a verificação de vício global (Tabela 3.5). Por outro lado, a avaliação das diferentes frações dos carboidratos totais apontou subestimação dos CFDR ($P<0,01$) e superestimação dos CNFDR ($P<0,03$), os quais apresentaram vício global de $-25,27\%$ e $33,58\%$, respectivamente. Este comportamento vicioso pode ser melhor visualizado pela elevada concentração de pontos abaixo e acima da reta de igualdade ($X=Y$) para CFDR e CNFDR, respectivamente, como apresentado na Figura 3.2. Ao que tudo indica, o comportamento oposto dos vícios globais para as diferentes frações de carboidratos levou à anulação do mesmo sobre o total de carboidratos degradados no rúmen, justificando o comportamento descrito anteriormente.

Tabela 3.5 - Estimativas de parâmetros, níveis descritivos de probabilidade para as hipóteses de nulidade e coeficientes de determinação (r^2) para as regressões entre valores preditos e observados para carboidratos totais (CTDR), fibrosos (CFDR) e não-fibrosos (CNFDR) degradados no rúmen, eficiência de síntese microbiana (EFIM) e fluxo abomasal de nitrogênio microbiano (NMIC)

Item	REG1				r^2	REG2		
	Intercepto		Coef. Inclinação			Coef. Inclinação		
	Estimativa	Valor- P^1	Estimativa	Valor- P^2		Estimativa	Valor- P^2	r^2
CTDR ³	2,9355	0,0002	0,3423	0,0344	0,2255	1,0098	0,8918	0,9133
CFDR ³	0,4091	0,1105	0,6151	0,0002	0,7512	0,7473	0,0001	0,9726
CNFDR ³	1,4528	0,0005	0,4780	0,0283	0,2476	1,3358	0,0249	0,8583
EFIM ⁴	250,7157	0,0001	0,0065 ⁶	0,0001	0,0072	0,6027	0,0001	0,7894
NMIC ⁵	61,2148	0,0001	0,1645 ⁶	0,0001	0,1304	0,7975	0,0338	0,8105

^{1/} $H_0: \beta_0 = 0$. ^{2/} $H_0: \beta_1 = 1$. ^{3/} kg/dia. ^{4/} g MS microbiana/kg CT degradado no rúmen. ^{5/} g/dia. ^{6/} $H_0: \beta_1 = 0 - P>0,10$.

Ao conduzir avaliação semelhante à realizada neste estudo, VIEIRA et al. (2000) encontraram comportamento similar sobre CFDR, relatando, no entanto, vício global de $-70,64\%$, superior ao descrito neste trabalho. Segundo estes autores, grande parte desta discrepância entre valores preditos e observados seria atribuída a estimativas elevadas da taxa de passagem ruminal dos componentes da forragem.

HUHTANEN et al. (1995), ao empregarem diferentes combinações de metodologias para predição da digestibilidade ruminal da FDN, relataram que a

aplicação de conceitos de retenção seletiva sobre a cinética de trânsito de partículas reduziu substancialmente o vício global das estimativas. Embora sendo o modelo aplicado neste trabalho sobre a fração fibrosa da forragem de natureza unicompartimental (FRANCE et al., 1988), este apresenta estrutura de ordem gama-2, o que implica na introdução de conceitos similares. Esta diferença pode constituir, ao menos em parte, possível causa da menor amplitude do vício obtido neste estudo em relação ao relatado por VIEIRA et al. (2000), os quais, em seu trabalho, realizaram a interpretação da curva de excreção do indicador de base fibrosa por procedimento de *curve peeling*, o que implica em interpretação da cinética de trânsito de partículas com estrutura de ordem gama-1.

De forma geral, a grande influência dos parâmetros da cinética de trânsito sobre estimativas da digestibilidade ruminal, como se observa sobre a estrutura das equações (7) e (8), pode ditar, em muitos casos, a validade ou não de valores simulados. Estes parâmetros podem ter colaborado com o comportamento observado sobre CNFDR. Os concentrados apresentam maior densidade que os alimentos volumosos, o que, associando-se ao menor tamanho de partícula, habilita-os a taxas de escape mais elevadas em relação às forragens. Embora o valor médio predito para k_p de concentrados ($0,0609 \text{ h}^{-1}$) encontre-se próximo a relatos da literatura (COLLUCI et al., 1990; BÜRGER et al., 2000), DJKISTRA et al. (1996) afirmaram que a porção dos CNF relativa a açúcares e amido solúvel apresentam escape ruminal associado à taxa de passagem de líquidos, a qual é superior à taxa de escape de partículas de concentrados (BÜRGER et al., 2000). Associando-se a isto o fato de pequenas partículas apresentarem-se suspensas na fração líquida ruminal (Poppi et al., 1981, citados por HESS et al., 1994), enseja-se quadro de elevação natural na cinética de trânsito de alimentos concentrados, o qual, não sendo considerado, induziria à superestimação do coeficiente de degradabilidade ruminal (Equação 8), o que justificaria, ao menos em parte, o comportamento observado neste estudo.

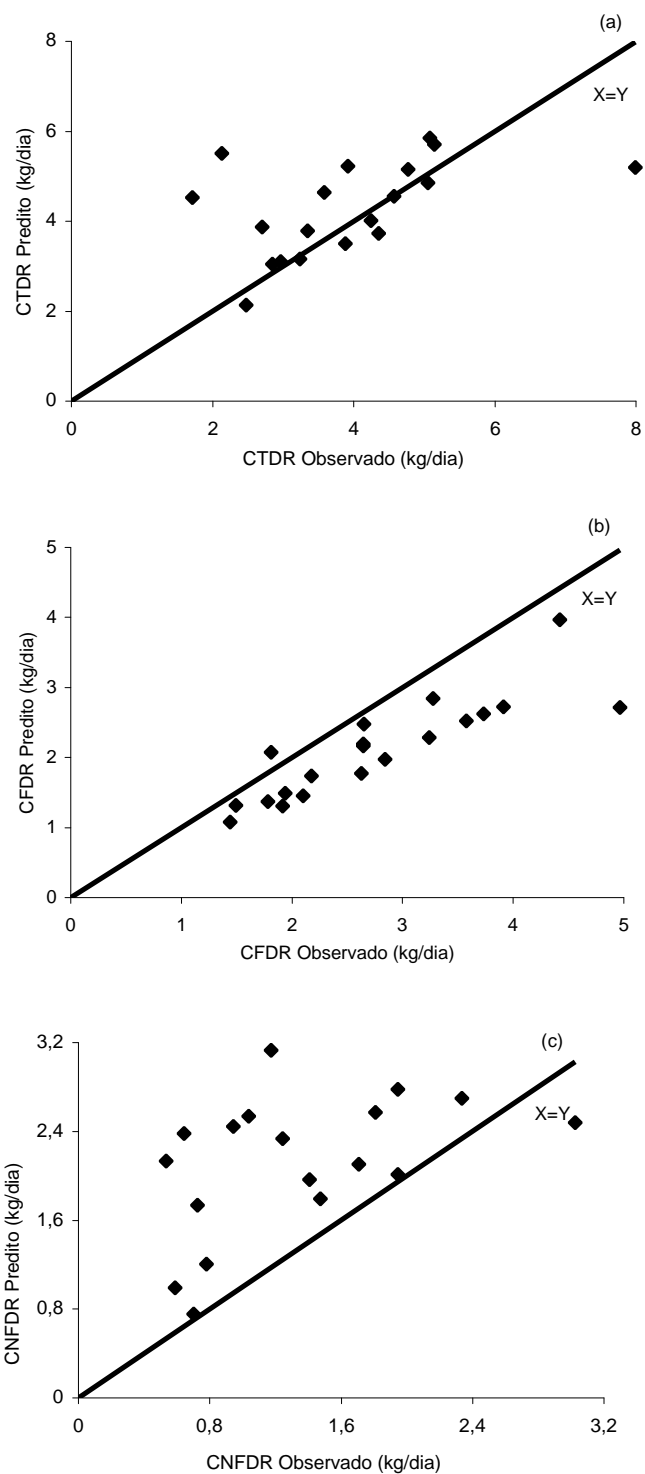


Figura 3.2 - Relação entre valores observados e preditos para degradação ruminal dos carboidratos totais (CTDR) (a), carboidratos fibrosos (CFDR) (b) e carboidratos não-fibrosos (CNFDR) (c).

A avaliação das estimativas de EFIM (Tabela 3.5) apontou não-aceitação de ambas as hipóteses de nulidade ($P < 0,01$) (REG1). Embora se tenha verificado vício global de $-39,73\%$ ($P < 0,01$) (REG2) a estimação deste parâmetro não apresenta sentido

comparativo, uma vez que o coeficiente de inclinação obtido em REG1 não diferiu estatisticamente de zero ($P > 0,10$), indicando completa falta de relação entre valores preditos e observados (Figura 3.3). Ressalta-se que a equação de PIRT (1965) (10), empregada neste estudo, não permite considerar variações na cinética de trânsito ruminal, as quais influem consideravelmente sobre a partição da energia entre manutenção e crescimento microbiano (VAN SOEST, 1994). Em adição, não se consideram possíveis alterações na composição microbiana em função de influências do meio de crescimento (NOCEK e RUSSELL, 1988) e interações entre alimentos da dieta no tocante ao fornecimento de substratos limitantes ao crescimento microbiano, como discutido no Capítulo 2, Seção 2.3. Estes fatos permitiram que a estimativa média de EFIM predita (250,7 g MS microbiana/kg CTDR) se aproximasse mais intensamente dos valores observados em animais não suplementados (192,7 g MS microbiana/kg CTDR) em detrimento ao observado com o fornecimento de suplementos (347,0 g MS microbiana/ kg CTDR).

Com o objetivo de melhor entender o comportamento de EFIM conduziu-se segundo procedimento de avaliação da cinética de produção de gases de forma semelhante ao descrito anteriormente, tomando, contudo, como substrato ao crescimento microbiano as dietas de forma completa, montadas de acordo com as relações volumoso:concentrado observadas *in vivo*. As estimativas dos parâmetros cinéticos foram comparadas à projeção ponderada das taxas de digestão específica obtidas com extrusa e suplementos separadamente de forma semelhante aos métodos de comparação entre valores preditos e observados adotados para as demais variáveis, cujos resultados são expressos na Tabela 3.6 e Figura 3.4.

Ambas as hipóteses de nulidade (11) foram não-rejeitadas para a relação obtida entre as taxas de digestão específica de CNF ($P > 0,10$) (Tabela 3.6). Por outro lado, observou-se relação não-coincidente ($P < 0,01$) entre as taxas de digestão específica para CF, sendo o vício global de estimação de $-12,39\%$ para as taxas obtidas por ponderação em relação às obtidas por incubação da dieta total (Figura 3.4). Este comportamento ilustra, de forma concreta, a existência de efeitos de interação entre alimentos sobre a taxa de crescimento específico dos microrganismos e denota o fato de que, embora possíveis correções sobre os parâmetros da cinética de trânsito ruminal possam ampliar a exatidão das estimativas, a avaliação de alimentos isoladamente não permite contabilizar efeitos associativos entre forragem e suplementos, notadamente sobre a taxa de digestão específica de carboidratos fibrosos.

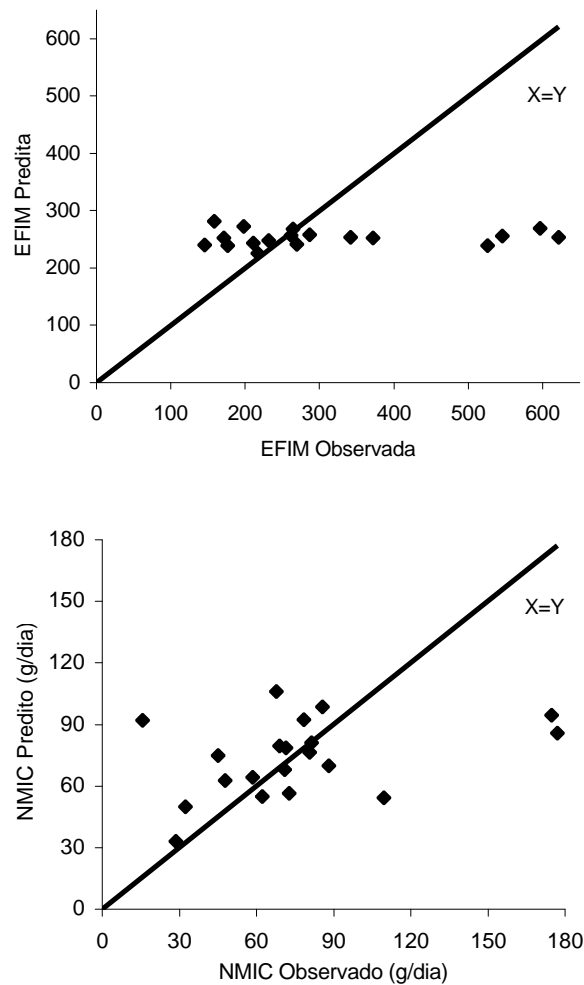


Figura 3.3 - Relação entre valores observados e preditos para eficiência de síntese microbiana (EFIM) (g MS microbiana/kg CT degradado do rúmen) e fluxo abomasal de nitrogênio microbiano (NMIC) (g/dia).

De outra forma, este fenômeno interativo introduz entrave à predição de parâmetros da fermentação ruminal em bovinos suplementados em regime de pastejo. Sendo as taxas de digestão específicas de CF inerentes à dieta, e não unicamente relacionadas aos alimentos (o que caracteriza processo cinético de 2ª ordem), enfatiza-se a necessidade de estimativas iniciais precisas para a relação entre alimentos quanto ao total de MS consumido, o que se torna de difícil obtenção, haja vista a grande variabilidade observada sobre estes parâmetros em condições de campo, o que pode viciar substancialmente as estimativas.

Tabela 3.6 - Estimativas de parâmetros, níveis descritivos de probabilidade para as hipóteses de nulidade e coeficientes de determinação (r^2) para as regressões entre taxas de digestão específica para carboidratos não-fibrosos (KCNF) e carboidratos fibrosos (KCF) obtidas com a dieta completa (X) e por projeção ponderada das estimativas de alimentos individuais (Y)

Item	REG1					REG2		
	Intercepto		Coef. Inclinação		r^2	Coef. Inclinação		
	Estimativa	Valor-P ¹	Estimativa	Valor-P ²		Estimativa	Valor-P ²	r^2
KCNF ³	-0,0289	0,3422	1,2013	0,3224	0,7280	-	-	-
KCF ³	0,0255	0,0008	0,0421	0,0003	0,0032	0,8761	0,0001	0,9910

^{1/} $H_0: \beta_0 = 0$. ^{2/} $H_0: \beta_1 = 1$. ^{3/} h^{-1} .

Em aproveitamento ao fato observado sobre as taxas de digestão específica de CF, retorna-se à relação estimada entre valores preditos e observados para CFDR. A adoção da taxa conjunta permitiria elevação substancial sobre os valores preditos de CFDR, identificando-se, assim, importante fator de contribuição ao quadro de subestimação observado sobre esta variável.

Comportamento similar à EFIM foi observado sobre a variável NMIC (Tabela 3.5). Embora se tenha observado vício global de -20,25%, o coeficiente de inclinação em REG1 não diferiu estatisticamente de zero ($P > 0,10$), não se estabelecendo, desta forma, relação alguma entre valores preditos e observados, havendo, no entanto, de forma não esperada, elevada similaridade entre valores médios preditos e observados para esta variável (Tabela 3.4).

Para melhor entendimento do comportamento da relação entre valores preditos e observados para as variáveis EFIM e NMIC, optou-se pela adoção de um segundo procedimento de avaliação, conduzido segundo recomendações de KOBAYASHI e SALAM (2000), no qual fracionou-se a variação total entre valores preditos e observados, conforme as equações:

$$QMD = SB + SDSD + LCS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \quad (13);$$

$$SB = (\bar{x} - \bar{y})^2 \quad (14);$$

$$SDSD = (SDx - SDy)^2 \quad (15);$$

$$LCS = 2SDxSDy(1 - r) \quad (16);$$

em que: x = valores observados; y = valores preditos; QMD = quadrado médio dos desvios entre valores observados e preditos; SB = quadrado do vício; SDSD = componente relativo à magnitude de flutuação; LCS = componente relativo ao modelo de flutuação; SD x e SD y = desvios-padrão para valores observados e preditos, respectivamente; e r = correlação linear de Pearson entre valores preditos e observados. Ressalta-se que para todos os cálculos de variâncias empregou-se como divisor o total de observações (n).

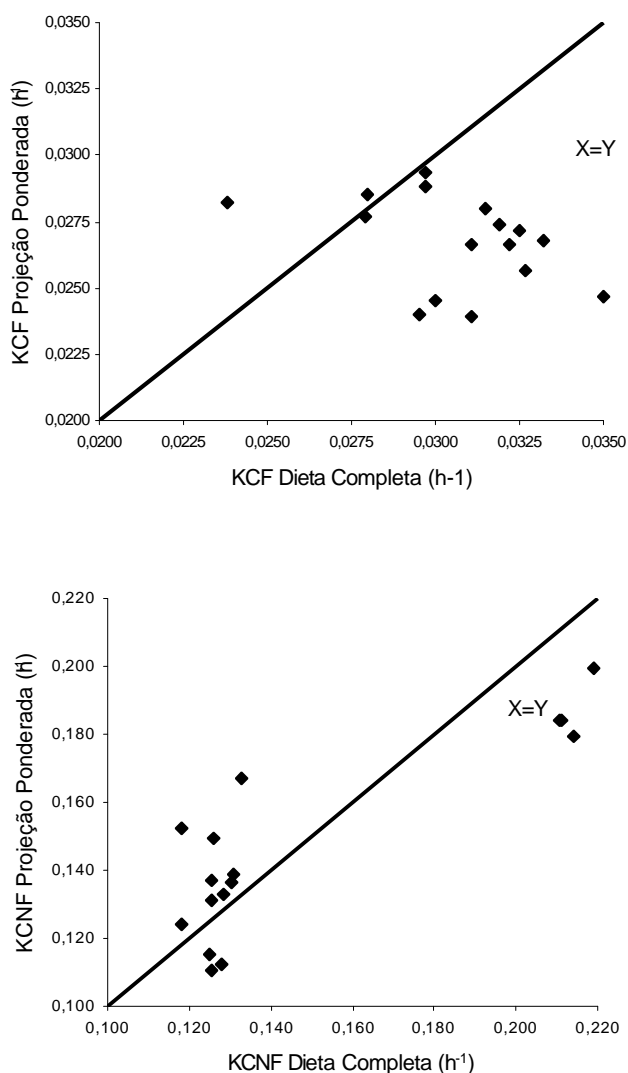


Figura 3.4 – Relação entre taxas de degradação de carboidratos fibrosos (KCF) e não-fibrosos (KCNF) obtidas por intermédio de incubação de dieta completa e por projeção ponderada das estimativas de alimentos individuais.

A participação relativa dos componentes da variação total entre valores preditos e observados par as variáveis EFIM e NMIC é mostrada na Figura 3.5. Observou-se, para ambas as variáveis, baixa participação percentual do componente relativo ao vício de estimação (SB), notadamente sobre NMIC, corroborando a pequena diferença observada entre as médias de valores preditos e observados (Tabela 3.4). Sobre a variável EFIM observou-se elevado predomínio do componente SDSD, o que indica alto grau de incapacidade do método de estimação empregado em acompanhar a magnitude da flutuação entre as medidas tomadas (KOBAYASHI e SALAM, 2000), o que corrobora integralmente à insensibilidade notada por intermédio da comparação via análise de regressão (Tabela 3.5). Embora o componente SDSD apresente algum grau de importância sobre NMIC, notou-se predominância do componente LCS (Figura 3.5). Este comportamento implica na incapacidade do método de estimação em inferir aos valores preditos a capacidade de acompanhar o modelo geral ou direcionamento da flutuação dos valores observados (KOBAYASHI e SALAM, 2000). A perda de importância do componente SDSD é justificável pois, ao multiplicar-se a EFIM pelo total de carboidratos degradados no rúmen, introduz-se sobre a nova variável (NMIC) os padrões de relações significativas entre valores preditos e observados para as frações de carboidratos (Tabela 3.5).

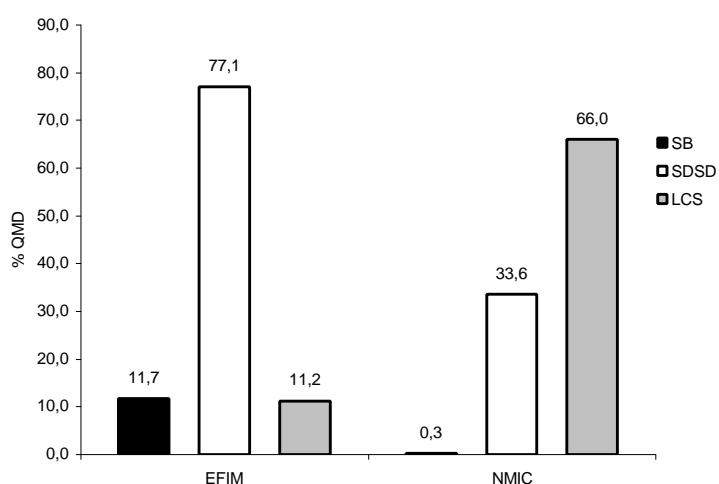


Figura 3.5 - Participação percentual dos componentes da variação total (QMD) entre valores preditos e observados em função das variáveis eficiência de síntese microbiana (EFIM) e fluxo abomasal de nitrogênio de origem microbiana (NMIC).

Contudo, mesmo com alterações no padrão de dominância dos componentes da variação total entre valores preditos e observados, reitera-se a falta de sensibilidade dos métodos empregados para estimação dos parâmetros relacionados ao fluxo microbiano.

3.4. Conclusões

A fração nitrogenada insolúvel em detergente ácido pode ser composta de duas sub-frações, sendo uma destas potencialmente digestível no intestino.

A utilização da técnica de produção de gases para estimação de parâmetros da fermentação ruminal incorre em sub e superestimativas da degradação ruminal de carboidratos fibrosos e não-fibrosos, respectivamente.

3.5. Referências Bibliográficas

- ACOSTA, R.A., KOTHMAN, M.M. 1978. Chemical composition of esophageal-fistula forage samples as influenced by drying method and salivary leaching. *J. Anim. Sci.*, 47(3):691-698.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. 1993. *Energy and protein requirements of ruminants*. Cambridge: CAB International. 159p.
- ALLEN, M.S., MERTENS, D.R. 1988. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *J. Nutr.*, 118(1):261-270.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15 ed. Arlington. 1117p.
- BRODERICK, G.A. Methodology for the determining ruminal degradability of feed proteins. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. *Anais...* Viçosa: JARD, 1995. p.139-176.
- BRODERICK, G.A., YANG, J.H., KOEGEL, R.G. 1993. Effect of steam heating alfalfa hay on utilization by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76(1):165-174.
- BÜRGER, P.J., PEREIRA, J.C., COELHO DA SILVA, J.F. et al. 2000. Taxas de passagem e cinética da degradação ruminal em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *R. Bras. Zootec.*, 29(1):225-235.
- BURRITT, E.A., PFISTER, J.A., MALECHEK, J.C. 1988. Effect of drying method on the nutritive composition of esophageal fistula forage samples: influence of maturity. *J. Range Man.*, 41(4):346-349.
- CABRAL, L.S. (s.d.) Digestão total e ruminal em dietas à base de silagens de milho e de capim-elefante e de feno de capim-tifton: validação de métodos *in vitro*. *R. Bras. Zootec.*, (submetido).

- CABRAL, L.S., VALADARES FILHO, S.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. 2000. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. *R. Bras. Zootec.*, 29(6):2087-2098 (Suplemento 1).
- COLUCCI, P.E., MacLEOD, G.K., GROVUM, W.L. et al. 1990. Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ratios at low and high intakes. *J. Dairy Sci.*, 73(8):2143-2156.
- DJKISTRA, J., FRANCE, J., NEAL, H.D.ST.C. et al. 1996. Simulation of digestion in cattle fed sugarcane: model development. *J. Agric. Sci.*, 127(1):231-246.
- FRANCE, J., DHANOA, M.S., SIDDON, R.C. et al. 1988. Estimating the fecal producing by ruminants from faecal marker concentration curves. *J. Theor. Biol.*, 135(2):383-391.
- HESS, B.W., PARK, K.K., KRYSL, L.J. et al. 1994. Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior, ruminal fermentation, and digestion. *J. Anim. Sci.*, 72:2113-2123.
- HUHTANEN, P., JAAKKOLA, S., KUKKONEN, U. 1995. Ruminal plant cell wall digestibility estimated from digestion and passage kinetics utilizing mathematical models. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 52(1):159-173.
- IYAMA, K., LAM, T.B.T., MEIKLE, P.J. et al. 1993. Cell wall biosynthesis and its regulation. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATFIELD, R.D. et al. (Eds.) *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: American Society of Agronomy. p.621-684.
- KOBAYASHI, K., SALAM, M.U. 2000. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. *Agron. J.*, 92(2):345-352.
- MALAFAIA, P.A.M. *Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas "in situ", "in vitro" e de produção de gases*. Viçosa, MG: UFV, 1997, 85p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- McDOUGALL, E.I. 1949. Studies on ruminal saliva. 1.The composition and output of sheep's saliva. *Biochem. J.*, 43(1):99-109.
- MERTENS, D.R. 1994. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Winsconsin: American Society of Agronomy, p.450-493.
- MUSCATO, T.V., SNIFFEN, C.J., KRISHNAMOORTHY, U. et al. 1983. Amino acid content of noncell and cell wall fractions in feedstuffs. *J. Dairy Sci.*, 66(10):2198-2207.
- NAKAMURA, T., KLOPFENSTEIN, T.J., BRITTON, R.A. 1994a. Evaluation of acid detergent insoluble nitrogen as an indicator of protein quality in nonforage proteins. *J. Anim. Sci.*, 72(4):1043-1048.
- NAKAMURA, T., KLOPFENSTEIN, T.J., GIBB, D.J. et al. 1994b. Growth efficiency and digestibility of heated protein fed to growing ruminants. *J. Anim. Sci.*, 72(3):774-782.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7 ed. Washington, DC: National Academic Press. 381 p.
- NOCEK, J.E., RUSSELL, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.*, 71(8):2070-2107.
- OBA, M., ALLEN, M.S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82(3):589-596.
- PELL, A.N., SCHOFIELD, P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, 76(4):1063-1073.
- PIRT, S.J. 1965. The maintenance energy of bacteria in growing cultures. *Proc. Royal soc. London, Series B*, 163:224-231.
- RAYBURN, E.B., FOX, D.G. 1993. Variation in neutral detergent fiber intake of holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 76(3):544-554.
- RUSSELL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.G. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, 70(11):3551-3561.
- SCHOFIELD, P., PITT, R.E., PELL, A.N. 1994. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. *J. Anim. Sci.*, 72(11):2980-2991.
- SCHOFIELD, P., PELL, A.N. 1995. Measurement and kinetics analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrates fraction of legumes and grasses. *J. Anim. Sci.*, 73(12):3455-3463.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, 70(11):3562-3577.
- SOUZA, G.S. 1998. *Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear*. Brasília: EMBRAPA-SPI. 505p.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74(10):3583-3597.
- VIEIRA, R.A.M., PEREIRA, J.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. 2000. Simulação da dinâmica de nutrientes no trato gastrointestinal: aplicação e validação de um modelo matemático para bovinos a pasto. *R. Bras. Zootec.*, 29(3):898-909.
- WATERS, C.J., KITCHERSIDE, M.A., WEBSTER, A.J.F. 1992. Problems associated with estimating the digestibility of undegraded dietary nitrogen from acid-detergent insoluble nitrogen. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 39(3-4):279-291.
- YANG, J.H., BRODERICK, G.A., KOEGEL, R.G. 1993. Effect of heat treating alfalfa hay on chemical composition and ruminal in vitro protein degradation. *J Dairy Sci.*, 76(1):154-164.

Conclusões Gerais

A partir dos resultados apresentados nesta tese, destacam-se como conclusões e implicações:

1. O nível protéico em suplementos múltiplos para terminação de bovinos em pastejo durante a época de seca em pastagens de *Brachiaria decumbens* deve estar entre 19 e 20%, o que permite otimizar o desempenho produtivo animal;
2. Em termos econômicos, a adoção do nível de 20% de proteína bruta em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante a época seca, permite rentabilidade favorável;
3. Pastagens de *Brachiaria decumbens* durante o período de transição seca/águas não apresentam deficiência quantitativa de compostos nitrogenados. Contudo, em função de níveis elevados de compostos nitrogenados não-protéicos e/ou níveis reduzidos de energia de rápida disponibilidade ruminal, observa-se baixo aproveitamento dos compostos nitrogenados devido à baixa fixação destes em proteína microbiana;
4. A fração dos compostos nitrogenados insolúvel ligada à porção insolúvel em detergente ácido da parede celular pode ser composta de duas sub-frações, sendo uma destas potencialmente digestível em nível intestinal; e
5. A utilização da técnica *in vitro* de produção cumulativa de gases para estimação de parâmetros da fermentação ruminal incorre em sub e superestimativas da degradação ruminal de carboidratos fibrosos e não-fibrosos, respectivamente. Embora possíveis correções sobre os processos de estimação dos parâmetros da cinética de trânsito ruminal possam ampliar a exatidão das estimativas, a avaliação de alimentos isoladamente não permite contabilizar efeitos associativos entre forragem e suplementos, notadamente sobre a taxa de digestão específica de carboidratos fibrosos.