

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO  
JEQUITINHONHA E MUCURI

**RODRIGO CORNÉLIO DE OLIVEIRA RIBEIRO**

DIGESTIBILIDADE RUMINAL OBTIDA COM DIGESTA OMASAL,  
PERFIL DE DEGRADAÇÃO OBTIDO POR ESVAZIAMENTO RUMINAL E  
ESTIMATIVA DA FRAÇÃO DIGESTÍVEL DA FIBRA EM DETERGENTE  
NEUTRO DE VOLUMOSOS PARA BOVINOS

**DIAMANTINA - MG  
2013**

RODRIGO CORNÉLIO DE OLIVEIRA RIBEIRO

**DIGESTIBILIDADE RUMINAL OBTIDA COM DIGESTA OMASAL, PERFIL DE DEGRADAÇÃO OBTIDO POR ESVAZIAMENTO RUMINAL E ESTIMATIVA DA FRAÇÃO DIGESTÍVEL DA FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO DE VOLUMOSOS PARA BOVINOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Severino Delmar Junqueira Villela

Coorientador: Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho

DIAMANTINA - MG  
2013

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecária Viviane Pedrosa  
CRB6-2641

R484d 2013 Ribeiro, Rodrigo Cornélio de Oliveira  
Digestibilidade ruminal obtida com digesta omasal, perfil de degradação obtido por esvaziamento ruminal e estimativa da fração digestível da fibra em detergente neutro de volumosos para bovinos. – Diamantina: UFVJM, 2013. 64p.

Orientador: Prof. Dr. Severino Delmar Junqueira Villela  
Coorientador: Prof. Dr. Sebastião de Campos Valadares Filho

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

1. Consumo 2. Eficiência microbiana 3. Forrageiras tropicais 4. Taxa de passagem I. Título.

**CDD 636.2085**

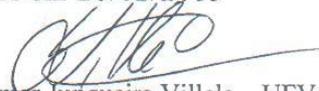
Elaborada com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

RODRIGO CORNÉLIO DE OLIVEIRA RIBEIRO

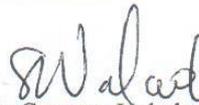
**DIGESTIBILIDADE RUMINAL OBTIDA COM DIGESTA OMASAL, PERFIL DE DEGRADAÇÃO OBTIDO POR ESVAZIAMENTO RUMINAL E ESTIMATIVA DA FRAÇÃO DIGESTÍVEL DA FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO DE VOLUMOSOS PARA BOVINOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

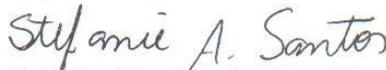
APROVADA em 28/02/2013



Prof. Severino Delmar Junqueira Villela – UFVJM  
Orientador



Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho – UFV  
Coorientador



Pesq. Stefanie Alvarenga Santos – UFV



Prof.<sup>a</sup> Karina Guimarães Ribeiro – UFV

DIAMANTINA – MG  
2013

## DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista a todos que me apoiaram e ajudaram para eu conseguir chegar até o fim do curso de Mestrado em Zootecnia.

Em especial aos meus exemplos de vida “meus pais” Toninho e Rosane por terem me dado o dom maior de Deus “A VIDA”!

As minhas Irmãs Tita e Fabinha pelo amor a amizade.

Meus sobrinhos João Víctor e Maria Fernanda, amor incondicional.

Meus segundos pais, Vô Evangelista um exemplo de vida e Vó Deny (*in memoriam*) na qual espelhei-me em sua espiritualidade, humanismo e sabedoria. Que sempre me mostrou o caminho certo a seguir... E mesmo de longe continua presente em minha vida!

A toda minha família, pelas palavras de apoio e incentivo, para que eu conseguisse seguir em frente na minha decisão durante esta caminhada.

*“Para Deus nada é impossível, basta ter fé, amor no coração, força de vontade e perseverança, que tudo se torna possível, mas jamais fique de braços cruzados, porque o mais puro dos homens morreu de braços abertos para salvar a humanidade”...*

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder esta oportunidade tão especial “o estudo”. E por me abençoar com a família maravilhosa que colocou no meu caminho.

A toda minha família, principalmente meus pais Toninho e Rosane, pelo carinho, amor, dedicação, compreensão e confiança depositado em mim durante esses anos.

As minhas irmãs Tita e Fabinha, meus sobrinhos João Víctor e Maria Fernanda, meus padrinhos Rildo e Lílian pelo apoio nas horas mais difíceis e conselhos para eu seguir em frente. Ao pequeno João Inácio por trazer muita felicidade para minha família.

Vô Evangelista e Vó Deny (*in memoriam*), tios e tias, primos e primas, cunhados pelas palavras de apoio e incentivo para que eu conseguisse concluir este curso.

Muito obrigado a todos que contribuíram para esta minha conquista! “Deus, em sua infinita sabedoria, criou a família, para que os seres humanos tivessem um lugar de apoio, de encorajamento mútuo, consolo nas horas difíceis. Enfim, um espaço para rir, chorar e sonhar”.

Agradeço também aos professores, funcionários e amigos do Instituto Federal de Minas Gerais Campus Bambuí - IFMG, pelo aprendizado, profissionalismo, conselhos, amizades durante o curso de Graduação que foi o início desta longa jornada.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucurí - UFVJM e a Universidade Federal de Viçosa - UFV, pela concretização do curso de mestrado em Zootecnia e, sobretudo ao Departamento de Zootecnia da UFV, por tornar possível a realização do experimento e das análises laboratoriais.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao CNPq, FAPEMIG e INCT de Ciência Animal pelo financiamento parcial dessa pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Severino Delmar Junqueira Villela pela oportunidade, dedicação, paciência e atenção durante estes dois anos que foram de grande importância para minha formação profissional.

Ao professor Sebastião de Campos Valadares Filho, por me proporcionar esta grande oportunidade de estar fazendo o experimento na Universidade Federal de Viçosa - UFV (DZO), pelos ensinamentos, pela competência profissional, confiança e paciência durante o tempo de convivência e pela excelente orientação.

Às professoras Karina Guimarães Ribeiro e Stefanie Alvarenga Santos, por participarem da banca de defesa da dissertação e poderem contribuir para melhorias deste trabalho.

À Stefanie pelas diversas contribuições, pelo tempo destinado as correções e análises estatísticas deste trabalho, paciência e pela ajuda imprescindível na fase final de conclusão desta dissertação.

Aos pós-graduandos Luiz Fernando e Polyana pela ajuda, amizade e ensinamentos durante o experimento, análises de laboratório e durante as análises estatísticas além da imensa contribuição para realização desta pesquisa.

À alegria do Laboratório do Tião, quando cheguei em Viçosa eram Mestrandas e hoje Doutorandas, estou falando da Laurinha, Laysão do caminhão e Palominha. Já conhecia a Laurinha nos tempos de cursinho em BH e nunca pensei que ia encontrá-la novamente e hoje estamos aqui no mesmo barco remando para não afundar “A Pós-graduação em Zootecnia”. Lays seus bilhetinhos muito bem explicados e alguns até desenhados passo a passo de como eu tinha que fazer as coletas, me salvaram diversas vezes durante o experimento. Paloma no início me deixou muito confuso com tanta informação sobre o experimento, mas no fim deu tudo certo! Muito obrigado a todas vocês pela amizade, dedicação, ensinamentos, ajuda que foi de suma importância para chegar até o fim deste trabalho.

Ao meu baba do experimento Diego Zanetti, mais conhecido como Zanetti, “um cara sagaz”! Valeu pela amizade, ajuda na condução do experimento e pelo tempo de convivência.

A minha família da “República Jibóia Banguela” Ariel, Vandinho e Renato muito obrigado por me acolher nesta casa tão especial, animada, cheia de amizades. Agradeço pelos agradáveis dias de convivência. Sempre vou lembrar dos churrascos aos finais de semana e dias de semana também; jantinhas; casa cheia nos almoços de domingo; jogatinas “Vem na casa rica”; enfim a todos os momentos e tempo de convivência nesta verdadeira família de amigos que vou levar para toda a vida, grande abraço! Não posso deixar de falar do Pingo “Pingola de ouro”. Segundo NUNES, A. N. (2010) ele é o Pingo... registrado pelo nome de Clibas Dog and Juniors. É vulgarmente chamado pelos que o conhecem por Pingola de ouro, Juliks, Padausquinho, Julisquinho e Menino moleque pintado de preto e branco orelha de burro fucinho de tatu... hehehehe O grande protetor da República Jibóia Banguela de Viçosa – MG. A nossa mãezona, Tia Eliana, muito obrigado por tudo. E aos agregados da república...

Aos amigos, bolsistas de iniciação científica e estagiários do DZO que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho: Ariel, Diego Zanetti, Faider, Danillo, Dida, Hugo De Battisti, Flávia, Ana Clara, Laura, Lays, Luciana, Paloma, Stefanie, Luiz Fernando, Polyana Rotta, Taishi (Japa), Doguinha, Edilane, Anne, Camila, Marquinho, Breno e Luís Henrique. Muito obrigado pelo incentivo e apoio constante.

Aos amigos que convivi em Diamantina: Pedro (Manga), Julio Cesar, Catinha, Maria Tereza (Tt), Regina, Bernardo, Fran, Bruninha, Carol; deixo aqui meu abraço e agradecimento.

**MUITO OBRIGADO...**

## BIOGRAFIA

RODRIGO CORNÉLIO DE OLIVEIRA RIBEIRO, filho de Antônio Cornélio Ribeiro e Rosane de Oliveira Ribeiro, nasceu em Bambuí - Minas Gerais, em 02 de maio de 1986.

Em 2006, ingressou no curso de Zootecnia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, colando grau em 28 de agosto de 2010.

Em março de 2011 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, submetendo-se à defesa da dissertação em 28 de fevereiro de 2013.

## RESUMO

RIBEIRO, Rodrigo Cornélio de Oliveira. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, fevereiro de 2013. 64p. **Digestibilidade ruminal obtida com digesta omasal, perfil de degradação obtido por esvaziamento ruminal e estimativa da fração digestível da fibra em detergente neutro de volumosos para bovinos.** Orientador: Severino Delmar Junqueira Villela. Coorientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Um experimento foi realizado com o objetivo de estimar o consumo, a digestibilidade total e as taxas de digestão ( $k_d$ ) e de passagem ( $k_p$ ) ruminal dos nutrientes de dietas constituídas exclusivamente por volumosos. Avaliaram-se também algumas equações para prever a digestibilidade da fibra destes alimentos para bovinos de corte. Foram utilizados cinco bovinos mestiços Holandês x Zebu, machos não castrados, fistulados no rúmen, com peso corporal (PC) médio inicial de  $458,5 \pm 32,5$  kg, distribuídos em delineamento experimental em quadrado latino  $5 \times 5$  balanceado para efeito residual. O experimento foi constituído de cinco períodos experimentais, com duração de dezesseis dias cada um, sendo sete dias destinados à adaptação dos animais às dietas e os outros nove para a realização das coletas. As dietas experimentais foram constituídas de cinco volumosos, sendo utilizadas as silagens de milho (SM, *Zea mays*, L.), de capim-elefante (SCE, *Pennisetum purpureum* Schum) e de capim-braquiária (SCB, *Brachiaria decumbens*), a cana-de-açúcar *in natura* (CA, *Saccharum officinarum* L.) e o feno de capim-tifton 85 (TF85, *Cynodon spp.*). Utilizou-se a mistura de ureia/sulfato de amônio na proporção de 9:1 para manter as dietas isoproteicas (11% de PB). Os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.1), utilizando-se o teste de Tukey e 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. O consumo de matéria seca (CMS) foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com SM quando comparado aos animais que receberam CA. Maiores ( $P < 0,05$ ) valores para o consumo de FDNcp foram observados para os animais alimentados com SM, SCB, SCE e FT85. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB e CNF entre os volumosos avaliados. A digestibilidade da FDNcp foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com SCB, SCE e FT85 em relação aos alimentados com CA. Maior ( $P < 0,05$ ) valor para o coeficiente de digestibilidade ruminal (CDR) da FDNcp foi observado para os animais que receberam SCB, SCE e FT85 em relação aos que consumiram CA. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para o *Pool* (kg/dia) e para a  $k_p$  ( $h^{-1}$ ) da FDNcp entre os diferentes volumosos avaliados. A eficiência microbiana (g/kg NDT) foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com SCB (147,08 g/kg NDT). Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre os efeitos de tratamento e tempo de mensuração do pH ruminal. Os valores de pH no líquido ruminal apresentaram comportamento quadrático em função do tempo e os valores máximos de 6,72; 7,10; 7,06 e 6,92 foram estimados nos tempos de 9,45; 10,99; 11,13 e 12,00 horas após a alimentação para as dietas contendo SM, SCB, SCE, e FT85, respectivamente. Os valores de pH para CA apresentaram comportamento linear decrescente em função do tempo. Conclui-se que o uso exclusivo de volumosos tropicais nas dietas de bovinos, com exceção da cana-de-açúcar *in natura*, proporcionam consumo e digestibilidades dos nutrientes satisfatórios, visto que dietas com 11% de PB atendem as exigências mínimas de compostos nitrogenados para os microrganismos ruminais maximizarem a digestão da fibra em detergente neutro.

**Palavras-chave:** consumo, eficiência microbiana, forrageiras tropicais, taxa de passagem.

## ABSTRACT

RIBEIRO, Rodrigo Cornélio de Oliveira. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. February, 2013. 64p. **Ruminal digestibility obtained with omasal digesta, degradation profile obtained by rumen emptying and estimate of digestible fraction of neutral detergent fiber in forages for cattle.** Advisor: Severino Delmar Junqueira Villela. Co-advisor: Sebastião de Campos Valadares Filho. Dissertation (Master Degree in Animal Science).

This experiment was conducted to estimate the nutrient intake, total digestibility, ruminal digestion ( $k_d$ ) and passage ( $k_p$ ) rates of nutrient from diets containing only forages. Equations to predict the fiber digestibility of feed for beef cattle were also evaluated. There had been used five crossbred Holstein x Zebu steers, fistulated in rumen, with body weight (BW) ranging  $458.5 \pm 32.5$  kg, distributed in Latin square experimental design 5 x 5 balanced for residual effects. The experiment consisted of five experimental periods, lasting sixteen days each, being seven days for adaptation animals to the diets and the other nine to perform the collection. The experimental diets were composed of five forages, being maize silage - SM (*Zea mays*, L.), elephant grass - SCE (*Pennisetum purpureum Schum*); Brachiaria grass silage - SCB (*Brachiariadecumbens*); the sugar cane *in natura* - CA (*Saccharum officinarum* L.); and Tifton hay 85 - FT85 (*Cynodon* spp.). A mixture of urea/ammonium sulfate was used in a 9:1 ratio to maintain diets isonitrogenated (11% CP). Data were analyzed using the MIXED procedure of SAS (version 9.1), using the Tukey test and 0.05 as the critical level of probability for Type I error. The dry matter intake (CMS) was higher ( $P < 0.05$ ) for animals fed with SM when compared to animals receiving CA. Higher ( $P < 0.05$ ) values for the FDNcp intake were observed for animals fed with SM, SCB, SCE and FT85. There was no difference ( $P > 0.05$ ) for apparent digestibility coefficients of MS, MO, PB and CNF among forages evaluated. The digestibility of FDNcp was higher ( $P < 0.05$ ) for animals fed with SCB, SCE and FT85 than those fed with CA. Greater ( $P < 0.05$ ) value for ruminal digestibility (CDR) of FDNcp was observed for animals receiving SCB, SCE and FT85 compared to those fed CA. No differences were observed ( $P > 0.05$ ) for Pool (kg/day) and  $k_p$  ( $h^{-1}$ ) from FDNcp among the different forage evaluated. The microbial efficiency (g/kg NDT) was higher ( $P < 0.05$ ) in animals fed with SCB (147.08g/kg NDT). There was an interaction ( $P < 0.05$ ) between the effects of treatment and time of measurement of ruminal pH. The pH of the rumen fluid showed a quadratic function of time and the maximum values of 6.72, 7.10, 7.06 and 6.92 being estimated at the times of 9.45, 10.99, 11.13 and 12.00 hours after feeding for the diets containing SM, SCB, SCE, and FT85, respectively. The pH values for CA linearly decreased in function of time. We conclude that the exclusive use of tropical forages in the diets of cattle, with the exception of sugar cane *in natura*, provide a satisfactory intake of digestible nutrients, whereas diets with 11% CP meet the minimum requirements for nitrogen compounds for ruminal microorganisms maximize the digestion of neutral detergent fiber.

**Keywords:** intake, microbial efficiency, passage rates, tropical forages.

## SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO GERAL .....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
ARTIGO CIENTÍFICO .....	24
Estimativa da digestibilidade ruminal obtida com amostras de digesta omasal e taxas de digestão ruminal em bovinos alimentados com dietas a base de silagem de milho, cana-de-açúcar <i>in natura</i> , silagem de capim-braquiária, silagem de capim-elefante e feno de capim-tifton 85	
RESUMO .....	24
ABSTRACT .....	26
INTRODUÇÃO.....	28
MATERIAL E MÉTODOS.....	29
RESULTADOS .....	36
DISCUSSÃO.....	51
CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

## INTRODUÇÃO GERAL

Nos trópicos, a alimentação de animais ruminantes é grandemente sustentada pelas forrageiras tropicais, principalmente sob a forma de pastejo. Nessas condições, ressalta-se a importância de se conhecer o valor nutritivo destas forrageiras. O valor nutritivo de uma forrageira se refere à sua composição química e a digestibilidade dos seus nutrientes, além do seu consumo potencial (Gomide et al., 1976). Para determinação do valor nutricional dos alimentos, são necessários estudos que avaliem em conjunto, o consumo, a digestibilidade e os parâmetros do metabolismo animal. Contudo, o consumo é fortemente influenciado por outros fatores além daqueles que caracterizam o alimento, portanto, a avaliação da digestibilidade torna-se alvo principal de estudos em que se busca determinar as características inerentes ao alimento (Cabral, 2002).

De acordo com Mertens (1994) e Van Soest (1994), o consumo é considerado a principal variável que influencia o desempenho animal por estar diretamente relacionado ao aporte de nutrientes, sendo, portanto, determinante no atendimento das exigências nutricionais. Juntamente com a digestibilidade e a eficiência energética, constitui os parâmetros mais importantes relacionados com a qualidade do alimento. Entretanto, as forrageiras tropicais, quando consumidas, frequentemente limitam o consumo animal pelo efeito da repleção ruminal em função dos seus altos teores de lignina associada à parede celular, que reduzem suas taxas de degradação ruminal. Em razão da limitação física, há uma relação positiva entre a digestibilidade das forragens e o nível de consumo pelo animal.

A digestibilidade constitui um dos principais parâmetros para avaliação do valor nutritivo de alimentos consumidos por bovinos. Entretanto, sua quantificação pelo método tradicional de coleta total de fezes torna o trabalho oneroso, tornando necessária a utilização de métodos indiretos, como o uso dos indicadores (internos ou externos), como alternativa à coleta total de fezes, em virtude de sua simplicidade na condução experimental. Merchen (1993) sugere que nenhuma das substâncias usadas como indicador atende a todas as características, mas várias são adequadas para fornecer dados de pesquisa. Desta forma, a procura por melhores indicadores constitui um dos assuntos de grande interesse na pesquisa de técnicas que facilitem estudos de nutrição animal.

Nos ensaios de digestão, torna-se necessária a utilização de indicadores para estimativa do fluxo de digesta. Os indicadores fornecem uma série de informações:

quantidade ingerida de alimentos ou nutrientes específicos; taxa de passagem da digesta por todo ou parte do trato digestivo e digestibilidade do alimento ou de nutrientes específicos. Esta técnica baseia-se no princípio de que, se uma substância de referência (indicador) é indigestível, deve ser totalmente recuperada nas fezes ou em algum segmento do trato gastrointestinal (Dias et al., 2007). Com a utilização de apenas um indicador, normalmente assume-se que o fluxo da digesta é independente de suas fases e que a amostra é representativa. Na técnica de coleta de digesta omasal, as amostras podem não ser representativas da digesta que está deixando o rúmen e passando para o omaso (Huhtanen et al., 1997; Ahvenjärvi et al., 2000). Segundo France & Siddons (1986), a digesta apresenta uma fase líquida (líquido e pequenas partículas) e outra sólida (médias e grandes partículas), o que possibilita a utilização de dois indicadores considerados ideais para cada fase. Na fase líquida, resultados satisfatórios têm sido obtidos com a utilização do Co-EDTA (Ahvenjärvi et al., 2003). Na fase sólida, podem-se empregar indicadores como as fibras indigestíveis (FDAi e FDNi). Ao se obter estimativas do fluxo da digesta nos diferentes compartimentos do trato gastrointestinal torna-se possível conhecer a digestibilidade total, ruminal ou intestinal de diferentes dietas.

Entretanto, existe a necessidade de se conhecer o valor nutritivo de diferentes dietas com diferentes conteúdos de nutrientes. Para isso é possível associar matematicamente estas duas variáveis e se obter estimativas da digestibilidade dos nutrientes com base no seu conteúdo químico e diferentes perfis de lignificação da parede celular. A estimação dos parâmetros de digestibilidade dos alimentos constitui aspecto preponderante para quantificação de seu teor energético, notadamente via nutrientes digestíveis totais (NDT), permitindo o balanceamento adequado de dietas que propiciem o atendimento das demandas para manutenção e produção dos animais. No entanto, mesmo constituindo um parâmetro digestivo estático, ou seja, que pode ser representado por uma estimativa pontual, a estimativa da digestibilidade de um alimento ou de seus respectivos componentes químicos constitui processo oneroso e com elevada demanda de tempo para obtenção de estimativas quando realizado pelos métodos clássicos *in vivo* (Detmann et al., 2006a).

Sendo assim existem algumas equações que tornam possível estimar a digestibilidade dos nutrientes e como consequência estimar o teor de NDT da dieta. O NRC (2001) adotou um método com este embasamento para estimação do teor de NDT dos alimentos, o qual constituiu sistema de equações somativas. Como relatado por Detmann et al. (2007), neste

sistema americano, a cada grupo de compostos químicos, destina-se uma equação para obtenção de estimativas de coeficientes de digestibilidade verdadeiros, com posterior correção quanto ao nível de consumo e, quando pertinente, às perdas metabólicas. Em contexto específico, a equação destinada à predição da fração digestível da FDN adotada pelo NRC (2001) baseia-se na estimação da fração potencialmente digestível da fibra a partir de sua relação com a lignina a qual apresentaria coeficiente de digestibilidade constante em animais alimentados em condições de manutenção (NRC, 2001). A equação adotada pelo NRC (2001) foi proposta por Weiss et al. (1992) da seguinte forma:  $FDNd = 0,75 \times \{ [FDNcp - L] \times [1 - (L/FDNcp)^{0,667}] \}$ , em que FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas, L = lignina em detergente ácido. Contudo, mesmo apresentando fundamentos pressupostamente teóricos e população-independente baseados no conceito geométrico denominado Lei de Superfície (Weiss et al., 1992), essa equação tem conduzido a estimativas da fração digestível dos componentes fibrosos não-condizentes com observações *in vivo* (Rocha Jr. et al., 2003; Campos, 2004; Oliveira, 2005; Pina, 2006). Segundo observações verificadas em condições brasileiras, parte deste viés parece estar associada às diferenças na interação entre lignina e carboidratos da parede celular vegetal de alimentos produzidos em condições tropicais em relação àqueles produzidos em condições temperadas (Detmann et al., 2007).

Neste contexto, Detmann et al. (2006a, 2006b, 2006c e 2007) determinaram algumas equações para estimar as digestibilidades verdadeiras das frações proteína bruta (PB), carboidratos não-fibrosos (CNF), extrato etéreo (EE) e FDN dos alimentos, de modo a corrigir as estimativas para condições brasileiras. No caso específico da FDN, a correção dos parâmetros relacionados ao fator de proteção da lignina sobre os carboidratos da parede celular vegetal e ao coeficiente de digestibilidade da porção potencialmente digestível da FDN sobre a equação adotada pelo NRC (2001) incrementa a eficiência de predição da fração digestível da FDN em condições brasileiras. Para condição de alimentação irrestrita Detmann et al. (2007) propuseram as equações:  $FDNd = 0,835 \times \{ [FDNcp - L] \times [1 - (L/FDNcp)^{0,85}] \}$  e  $FDNd = 0,67 \times \{ [FDNcp - L] \times [1 - (L/FDNcp)^{0,85}] \}$  para vacas em lactação e gado de corte, respectivamente, em que FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas, L = lignina em detergente ácido.

Nota-se então que é possível obter a estimativa da digestibilidade de diferentes nutrientes de determinado ingrediente de uma ração a partir de sua composição química e,

desta forma, estimar o NDT. O conhecimento da composição química dos alimentos e da sua digestibilidade é essencial para a formulação de dietas balanceadas que possibilite maximizar a eficiência alimentar. Tendo em vista que a alimentação contribui com elevado percentual dos custos no sistema de produção de bovinos, a utilização de alimentos volumosos, de elevado valor nutritivo, na dieta de ruminantes é uma estratégia apropriada na busca por eficiência produtiva e econômica.

No Brasil, as informações sobre o valor nutritivo dos alimentos utilizados para bovinos são escassas, principalmente estudos com relação ao valor nutritivo dos volumosos, que diferem bastante daqueles utilizados em países de clima temperado. Dentre os volumosos mais utilizados no Brasil podem ser citadas as silagens de milho (*Zea mays, L.*), de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum, Schum*) e também a cana-de-açúcar *in natura* (*Saccharum officinarum L.*) e o feno de capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*). A utilização de forrageiras conservadas é uma alternativa viável para que se possa garantir o fornecimento de forragem de alta qualidade durante o período de escassez de alimentos, sendo fornecida aos animais principalmente na forma de silagem. Neste contexto, a cultura do milho se destaca como a espécie mais utilizada no processo de ensilagem, por sua facilidade de cultivo, seu alto rendimento e, especialmente pela qualidade da silagem produzida.

O milho é o material mais utilizado para o preparo de silagens devido à sua composição bromatológica (teor de matéria seca (MS) entre 30% a 35%, e mínimo de 3% de carboidratos solúveis na matéria natural), baixo poder tampão e por proporcionar desejável fermentação microbiana (Nussio et al., 2001). O milho é a cultura de maior expressão para ensilagem no Brasil, devido às suas características qualitativas e quantitativas, além da boa aceitação por bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos, para a produção de leite e ganhos de peso satisfatório em bovinos de corte. Para uma produção adequada de silagem é fundamental a recomendação de cultivares com melhor qualidade e potencial produtivo para cada região determinada (Deminicis et al., 2009).

O avanço tecnológico no melhoramento de milho é notável, sendo que existe no mercado uma diversificação considerável em híbridos e variedades para silagem. De acordo com Nussio (1997), a escolha de híbridos, para produção de silagem, baseada principalmente na produção de MS deve ser melhor planejada, em virtude da diversidade do potencial de produção dos materiais disponíveis e da grande dispersão entre variáveis agrônomicas e

qualitativas. Em virtude disso, a importância das informações sobre a origem genotípica dos híbridos bem como sobre a qualidade dos materiais a serem ensilados tem crescido ultimamente.

Os efeitos de tipos de lignina e formas de ligações entre os componentes da parede celular sobre as taxas e percentagem de degradabilidade da fração fibrosa da planta, bem como a degradabilidade potencial da fração amido da espiga, a produção de grãos e percentagem de grãos na MS, faz parte dos objetivos de programas de pesquisa com milho para silagem em instituições internacionais (Nussio et al., 2001) devido à importância destes fatores sobre o aproveitamento e qualidade das silagens de milho. E é neste contexto que se verifica a importância de se obter equações que proporcionem estimativas acuradas do valor nutritivo da silagem de milho mesmo com diferentes composições químicas, naturalmente observadas entre essas cultivares.

Porém, no Brasil, não só o milho destaca-se como cultura utilizada para silagem. Estudos recentes comprovaram a possibilidade de ensilagem de capins não convencionais, como aqueles dos gêneros *Cynodon* (Evangelista et al., 2001; Manno et al., 2002), *Panicum* (Coan et al., 2001) e *Brachiaria* (Ribeiro et al., 2002). No entanto, geralmente esses trabalhos têm sido conduzidos em silos laboratoriais, indicando a necessidade de avaliações mais concretas das silagens dessas gramíneas em estudos com animais no campo. Entre as gramíneas tropicais mais utilizadas para ensilagem, o capim-elefante é uma das que mais se destacam, graças ao seu alto potencial produtivo (Silva et al., 2005). De acordo com Andrade & Lavezzo (1998), entre as gramíneas perenes, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), tradicionalmente utilizado para corte em capineiras, tem se destacado como forrageira para ensilagem, devido principalmente a suas características de produção de matéria seca e de seu valor nutritivo.

O capim-elefante teve a partir da década de 60, o início de seu uso como forrageira também destinada à confecção de silagem, principalmente, devido à sua alta produtividade (Lavezzo et al., 1992). A silagem deste capim apresenta diversas vantagens em relação à silagem de milho; entre elas, a menor dependência de estações chuvosas em períodos específicos, o menor custo de produção e o pastejo após o corte. Entretanto, no momento ideal para o corte, o capim-elefante e as gramíneas em geral apresentam alto teor de umidade, baixa concentração de carboidratos solúveis e alta capacidade tampão, sendo estas características indesejáveis no processo fermentativo das silagens. Essas são caracterizadas por fermentações

inadequadas, apresentando baixos teores de ácido lático, alto pH e alto nitrogênio amoniacal, consequência de baixos teores de matéria seca e carboidratos solúveis da planta na época de corte (Umanã et al., 1991; Nussio et al., 2001), permitindo assim a ocorrência de fermentações secundárias, devido ao baixo decréscimo do pH, prejudicando a qualidade final do produto ensilado. Dessa forma, torna-se necessário o emprego de métodos especiais de ensilagem, como por exemplo, o uso de aditivos, com a finalidade de alterar a composição química e, conseqüentemente, obter silagem de boa qualidade (Vilela, 1998).

Outra opção de silagem surgiu como forma de aproveitar o excedente de MS produzido em pastos sub-pastejados. Áreas de pastagens formadas pelas espécies *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha* vêm sendo utilizadas, alternativamente, para a produção de silagens substituindo as gramíneas do gênero *Panicum*, apresentando produções semelhantes e valor nutritivo levemente superior (Nussio et al., 2000). O uso de silagens de gramíneas tropicais tem se tornado muito comum na produção de alimento volumoso para ruminantes no Brasil, como forma de utilização e conservação do excedente da produção forrageira do período chuvoso do ano para diminuir os problemas de escassez de alimento durante o período da seca.

Porém, existem outras formas de se conservar o excedente de gramíneas oriundas de pastos tropicais. A produção de fenos de gramíneas proporciona características desejáveis e de boa qualidade para este tipo de volumoso, e assim como as silagens, visa à utilização do excedente de biomassa na época das águas. Segundo Tonucci (2006), os fenos produzidos a partir de gramíneas tropicais como, por exemplo, o capim-tifton, que são colhidas no estágio de pós-florescimento, são alternativas para alimentação dos animais no período seco do ano. Contudo a utilização de volumosos de baixo valor nutritivo que são submetidos a algum tipo de tratamento, podendo ser físico, químico ou biológico como é o caso dos fenos, pode ser uma alternativa viável para suprir a demanda por volumosos de boa qualidade durante o período seco do ano que tem pouca disponibilidade de pasto para consumo animal (Tonucci, 2006).

A cana-de-açúcar se destaca entre os volumosos devido à sua elevada adaptação ao clima e às condições brasileiras. Segundo Teixeira (2004), a cana-de-açúcar se destaca entre as gramíneas de clima tropical pelo alto potencial de produção de MS e energia por unidade de área em um único corte anual. A cana-de-açúcar é das mais antigas plantas cultivadas no Brasil. Essa cultura se torna excelente alternativa para suplementação animal na entressafra,

devido à sua alta produtividade potencial (80 a 120 toneladas de forragem por hectare) e o fato de seu ponto ótimo de colheita coincidir com o momento de baixa produção dos pastos (Mota et al., 2010). Como alimento exclusivo, a disponibilidade de alguns nutrientes na cana-de-açúcar não atende à demanda nutricional de bovinos por possuir baixo teor de proteína (2 a 4% da MS) que não atende as exigências mínimas dos animais. Além disso, sua elevada composição de fibra indigestível limita o consumo voluntário, impedindo que o animal compense uma eventual deficiência consumindo quantidades maiores do alimento (NRC, 2001). Portanto, para se obter sucesso na alimentação com cana-de-açúcar, devem-se balancear dietas que atendam as exigências dos animais conforme sua idade, sexo, porte físico, grau de atividade, estágio reprodutivo e expectativa de desempenho.

A cana-de-açúcar é amplamente utilizada por pecuaristas brasileiros, por se tratar de um volumoso de fácil cultivo, alta produtividade e com ponto de colheita que coincide com o período de escassez de pastagens. Essa cultura torna-se economicamente viável aos produtores que não dispõem de máquinas agrícolas ou de recursos necessários para produção de outras culturas como o milho e sorgo para silagem (Lima, 2007).

Desta forma, objetivou-se com essa pesquisa estimar o consumo, a digestibilidade total e parcial e as taxas de digestão e de passagem ruminal dos nutrientes de dietas constituídas exclusivamente pelas silagens de milho, de capim-braquiária e de capim-elefante, cana-de-açúcar *in natura* e feno de capim-tifton 85. Avaliaram-se também algumas equações para prever a digestibilidade da FDNcp destes alimentos em bovinos de corte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J.B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do capim-elefante. I. Composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1859-1872, 1998.
- AHVENJÄRVI, S.; VANHATALO, A.; HUHTANEN, P. et al. Determination of reticulorumen and whole-stomach digestion in lactating cows by omasal canal or duodenal sampling. **British Journal of Nutrition**, v.83, n.1, p.67-77, 2000.
- AHVENJÄRVI, S.; VANHATALO, A.; SHINGFIELD, K.J. et al. Determination of digesta flow entering the omasal canal of dairy cows using different marker systems. **British Journal of Nutrition**, v.90, n.1, p.41-52, 2003.
- CABRAL, L.S. **Avaliação de alimentos para ruminantes por intermédio de métodos *in vivo* e *in vitro*: validação**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 134p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- CAMPOS, P.R.S.S. **Estimativas do valor energético de alguns volumosos e da digestibilidade da fibra em detergente neutro em ovinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N. et al. Efeitos do inoculante enzimático-bacteriano sobre a composição química, digestibilidade e qualidade das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.p.124-126.
- DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; JARDIM, J. G. et al. Silagem de milho – Características agronômicas e considerações. REDVET. **Revista electrónica de Veterinária**. ISSN: 1695-7504. Vol. 10, Nº 2. 2009.
- DETMANN, E.; PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2101-2109, 2006a.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. et al. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1469-1478, 2006b.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1479-1486, 2006c.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.155-164, 2007.

DIAS, M.; DETMANN, E.; LEÃO, M.I. et al. Indicadores para estimativa da digestibilidade parcial em bovinos1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.3, p. 689-697, 2007.

EVANGELISTA, R.A.; LIMA, J.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Aditivos na silagem de *coastcross* (*Cynodon dactylon* (L) Pers.) Farelo de trigo e polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.71-72.

FRANCE, J.; SIDDON, R.C. Determination of digesta flow by continuous marker infusion. **Journal of Theoretical Biology**, v.121, n.2, p.105-119, 1986.

GOMIDE, J. A.; CHRISTMAS, E. P.; OBEID, J. A. Competição de quatro variedades de capim Elefante e seus híbridos com Pearl millet 23A e Pearl millet DA2. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.5, n. 2, p. 226-235, 1976.

HUHTANEN, P.; BROTZ, P.G.; SATTER, L.D. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.75, n.5, p.1380-1392, 1997.

LAVEZZO, W.; LAVEZZO, O.E.N.N.; CAMPOS NETO, O. Qualidade da silagem de capim elefante. In: Reunião Anual da SBZ, **Anais...** Lavras, 1992. p. 61.

LIMA, M. L. P. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. In: 3º Seminário de Inovações Tecnológicas, Nova Odessa, IZ-SP. National Research Council, 2001 Nutrient Requirements

of Dairy Cattle, 381p. Sansoucy, R.; Aarts, G.; Preston, 1988. Sugarcane as feed. Proceedings of FAO Expert Consultation, Roma, vol. 72, 319. 2007.

MANNO, M.C.; PEREIRA O.G.; MARTINS, H. et al. Composição bromatológica de silagens de capim coastercross, com e sem inoculante microbiano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 (CD-ROM).

MERCHEN, N.R. Digestion, absorption and excretion in ruminantes In: CHURCH, D.C. (Ed.) **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. 4.ed. Carvallis: O&B Books, 1993. p.172-201.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R. et al. **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization, 1994. p.450-493.

MOTA, D. A., OLIVEIRA, M. D. S.; DOMINGUES, F. N.; MANZI, G. M.; FERREIRA, D. S.; SANTOS, J. Hidrólise da cana de açúcar com cal virgem ou cal hidratada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 6, p.1186-1190, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, Estados Unidos). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy Press, 2001. 408p.

NUSSIO, L.C. **Avaliação de cultivares de milho (*Zea Mays L.*) para ensilagem através da composição química e digestibilidade *in situ***. Piracicaba, 1997, 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. P. 127-145. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS (2001 - Maringá) **Anais...**Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. 319P.

NUSSIO, L. G.; CASTRO, F. G.; SIMAS, J. M. Effects of dry matter content and microbial additive on Tifton 85 (*Cynodon dactylon* ssp) wilted silage fermentation parameters. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro 2001. **Proceedings**. São Pedro: FEALQ, 2001. p.790-792.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; AGUIAR, R.N.S. et al. Silagem do excedente de produção das pastagens para suplementação na seca. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, Goiânia, 2000. **Anais...Goiânia:CBNA**, 2000. p.121-138.

OLIVEIRA, A.S. **Casca de café ou casca de soja em substituição ao milho em dietas à base de cana-de-açúcar para vacas leiteiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 90p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1543-1551, 2006.

RIBEIRO, K.G.; PEREIRA O.G.; SOUZA, P.P.S. et al. Composição bromatológica de silagens de *Brachiaria decumbens*, tratadas com inoculante microbiano, em diferentes idades. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).

ROCHA JR., V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v., 32, n.2, p.480-490, 2003.

SILVA, B.C.; PEREIRA, O.G.; PEREIRA, D.H. et al. Consumo e Digestibilidade Aparente Total dos Nutrientes e Ganho de Peso de Bovinos de Corte Alimentados com Silagem de *Brachiaria brizantha* e Concentrado em Diferentes Proporções. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1060-1069, 2005.

TEIXEIRA, C.B. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos**. 2004. 72p. Dissertação (Mestrado em produção de ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

TONUCCI, R. G. 1978-T667v. **Valor nutritivo do feno de capim-Tifton 85 amonizado com uréia** / Rafael Gonçalves Tonucci. – Viçosa: UFV, 2006.

UMANÃ, R.; STAPLES, C.R.; BATES, D. B.; WILCOX, C. J.; MAHANNA, W. C. Effects of a microbial inoculant and sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability and digestibility of Bermuda grass ensiled at two moisture contents. **Journal of Animal Science**, v.69, n.11, p.4588-4601, 1991.

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

VILELA, D. Aditivos para silagem. In: Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., Botucatu, 1998. **Anais**. Botucatu: SBZ, 1998. p.73-108.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.S. A theoreticalbased model for predicting total digestible nutrient value of forage and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, n.1, p.95-110, 1992.

## ARTIGO CIENTÍFICO

### **Estimativa da digestibilidade ruminal obtida com amostras de digesta omasal e taxas de digestão ruminal em bovinos alimentados com dietas a base de silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura*, silagem de capim-braquiária, silagem de capim-elefante e feno de capim-tifton 85**

**Resumo:** Objetivou-se neste estudo avaliar os consumos e as digestibilidades totais e ruminais dos nutrientes, além das taxas de digestão e de passagem ruminal, utilizando bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. Avaliaram-se equações para estimar a digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>) desses volumosos. Foram utilizados cinco bovinos mestiços Holandês-Zebu, machos não-castrados, fistulados no rúmen, com peso corporal médio inicial de  $458,5 \pm 32,5$  kg, distribuídos em delineamento experimental em quadrado latino 5 x 5, balanceado para efeito residual. Cinco períodos experimentais foram realizados, com duração de dezesseis dias cada um, sendo sete dias destinados à adaptação dos animais às dietas e os outros nove para a realização das coletas. As dietas experimentais foram constituídas de cinco volumosos: silagens de milho - SM (*Zea mays*, L.), de capim-elefante - SCE (*Pennisetum purpureum* Schum) e de capim-braquiária - SCB (*Brachiaria decumbens*), a cana-de-açúcar *in natura* - CA (*Saccharum officinarum* L.) e o feno de capim-tifton 85 - FT85 (*Cynodon* spp.). Como fonte de compostos nitrogenados utilizou-se a mistura de ureia/sulfato de amônio (ureia/SA), na proporção de 9:1, sendo a quantidade dessa mistura calculada para cada volumoso para manter as dietas isonitrogenadas (aproximadamente 11% de PB na base da MS). Os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS, utilizando-se o teste de Tukey e 5% como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. O consumo de matéria seca foi maior para animais alimentados com silagem de milho quando comparado aos animais que receberam cana-de-açúcar *in natura*. Os consumos de silagem de capim-braquiária, capim-elefante e feno de capim-tifton 85 não diferiram dos demais volumosos, apresentando-se em posição intermediária à silagem de milho e à cana-de-açúcar *in natura*. A taxa de ingestão foi maior para animais alimentados com SM, comparados aos alimentados com FT85. Procedeu-se a avaliação dos modelos de predição da FDN digestível propostos pelo NRC (2001) e por Detmann et al. (2007) para bovinos em crescimento e terminação e para vacas em lactação em nível de alimentação irrestrita. Os valores de coeficiente de correlação e concordância (CCC) foram próximos, embora o valor apresentado para o modelo NRC (2001) tenha sido

ligeiramente superior. Todos os modelos apresentaram reduzidos valores para o quadrado médio do erro de predição (QMEP), entretanto, o modelo de Detmann et al. (2007) para bovinos em crescimento e terminação apresentou maior percentual de vício médio. Sugere-se utilizar a equação proposta por Detmann et al. (2007) para bovinos em crescimento e terminação reparametrizada:  $FDNd = 0,6099 \times \{[FDNcp - Lignina] \times [1 - (Lignina/FDNcp)^{0,85}]\}$  para obtenção do FDNcp digestível. Conclui-se que o uso exclusivo de volumosos tropicais nas dietas de bovinos, com exceção da cana-de-açúcar *in natura*, proporciona consumo e digestibilidades dos nutrientes satisfatórios, visto que dietas com 11% de proteína bruta atendem as exigências mínimas de compostos nitrogenados para os microrganismos ruminais maximizarem a digestão da fibra em detergente neutro.

**Palavras-chave:** consumo, eficiência microbiana, fibra em detergente neutro, modelos de predição, taxa de passagem, volumosos tropicais.

## SCIENTIFIC PAPER

### **Estimation of ruminal digestibility obtained with samples of omasal digesta and rates of ruminal digestion in cattle fed diets based on corn silage, cane sugar in natura, signal grass silage, grass silage and elephant grass hay Tifton 85**

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the intake; ruminal and total digestibility of nutrients, rates of ruminal digestion and passage, using cattle fed with diets based on tropical forages. The digestibility of neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDF) of these bulky were evaluated. Five crossbred Holstein-Zebu cattle have been used, intact male, rumen, with initial body weight of  $458.5 \pm 32.5$  kg, distributed in randomized complete 5 x 5 Latin square, balanced for residual effects. Five experimental periods were performed, lasting sixteen days each, being seven days for adaptation to the diets of the animals and the other nine to perform the collection. Experimental diets were composed of five bulky: maize silage - SM (*Zea mays, L.*), elephant grass - SCE (*Pennisetum purpureum Schum*); Brachiaria grass silage - SCB (*Brachiariadecumbens*); the sugar cane *in natura* - CA (*Saccharum officinarum L.*); and Tifton hay 85 - FT85 (*Cynodon spp.*). As a source of nitrogen, the mixture of urea / ammonium sulphate (urea / SA) have been used at the ratio of 9:1, being the amount for each of this mixture roughage calculated provided to maintain iso-nitrogenated (approximately 11% crude protein DM basis). Data were analyzed using the MIXED procedure of SAS, using the Tukey test 5% critical level of probability for error type I. The dry matter intake was higher for animals fed with maize silage when compared to animals receiving sugar cane *in natura*. The intake of silage signal grass, elephant grass and hay Tifton 85 did not differ from other forages, performing at the intermediate position silage corn and sugar cane *in natura*. Intake rate was higher for animals fed CS compared to those fed with FT85. We proceeded to evaluate the models for predicting digestible NDF proposed by NRC (2001) and Detmann et al. (2007) for growing and finishing cattle and lactating cows in feeding level unrestricted. The coefficient of correlation and concordance (CCC) were next, although the value presented for the NRC model (2001) was slightly higher. All models showed reduced values for the mean square error of prediction (QMEP), however, the model proposed by Detmann et al.(2007) for growing and finishing cattle had a higher average percentage of addiction. It is suggested using the equation proposed by Detmann et al. (2007) for cattle growing and finishing reparameterized:  $FDNd =$

$0.6099 \times \{[\text{FDNcp} - \text{Lignine}] \times [1 - (\text{Lignine}/\text{FDNcp})^{0.85}]\}$  for obtaining digestible FDNcp. We conclude that the exclusive use of tropical forages in the diets of cattle, with the exception of sugar cane *in nature*, provides satisfactory intake of digestible nutrients, whereas diets with of 11% crude protein meet the minimum requirements of nitrogenous compounds for rumen microorganisms maximize digestion of neutral detergent fiber.

**Keywords:** intake, microbial efficiency, neutral detergent fiber, passage rates, prediction models, tropical forages.

## INTRODUÇÃO

As forrageiras tropicais utilizadas na alimentação de bovinos apresentam grande variação quanto à composição química e ao valor nutritivo quando comparadas às forrageiras de clima temperado utilizadas nos países com altos índices de produtividade animal. Dessa forma, a aplicação do banco de dados desses países, para se realizar estimativas de consumo e digestibilidade de forrageiras tropicais, parece não ser adequado. Entretanto, informações acerca do padrão de consumo e digestão desses volumosos ainda são limitadas.

Dentre os volumosos tropicais mais utilizados na alimentação de bovinos, podem ser citadas as silagens de milho (*Zea mays*, L.) de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) e também a cana-de-açúcar *in natura* (*Saccharum officinarum* L.) e o feno de capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*). Segundo Teixeira (2004), a cana-de-açúcar se destaca entre as gramíneas de clima tropical pelo alto potencial de produção de MS e energia por unidade de área em único corte anual. Estudos recentes conduzidos no Brasil comprovaram a possibilidade de ensilagem de capins não convencionais, como aqueles dos gêneros *Cynodon* (Evangelista et al., 2001; Manno et al., 2002), *Panicum* (Coan et al., 2001) e *Brachiaria* (Ribeiro et al., 2002). No entanto, geralmente esses trabalhos têm sido conduzidos em silos laboratoriais, indicando a necessidade de avaliações mais concretas das silagens dessas gramíneas em estudos com animais no campo.

Nos estudos de digestão parcial é necessária a utilização de indicadores para estimativa do fluxo de digesta. Os indicadores fornecem informações relevantes nos estudos de nutrição como a taxa de passagem da digesta por todo ou parte do trato digestivo e a quantidade ingerida e/ou digestibilidade de alimento ou de nutrientes específicos. O local de amostragem dos componentes da dieta pode ser um fator preponderante na obtenção de estimativas menos viesadas. A amostragem de digesta no omaso apresenta vantagens quando comparada àquelas realizadas em outros locais por ser menos agressiva e por necessitar apenas da fístula ruminal. A facilidade de manutenção da cânula ruminal, é outro fator que justifica a coleta de digesta omasal o que possibilita a utilização de mais animais nos experimentos e por períodos mais longos (Huhtanen et al., 1997).

Assim, objetivou-se neste estudo avaliar os consumos e as digestibilidades totais e ruminais dos nutrientes, as taxas de digestão e de passagem ruminal, e avaliar algumas equações para estimar a digestibilidade de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, utilizando bovinos alimentados com dietas à base das silagens de milho, de capim-braquiária e de capim-elefante, cana-de-açúcar *in natura* e feno de capim-tifton 85.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Confinamento Animal e as análises químicas no Laboratório de Nutrição de Ruminantes do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa - Minas Gerais, entre os meses de janeiro e março de 2012.

Foram utilizados cinco bovinos mestiços Holandês-Zebu, machos não-castrados, fistulados no rúmen, segundo técnica descrita por Leão & Coelho da Silva (1980), com peso corporal (PC) médio inicial de  $458,5 \pm 32,5$  kg e idade média de 30 meses, distribuídos em delineamento experimental em quadrado latino 5 x 5, balanceado para efeito residual. Ao longo do período experimental, os animais foram mantidos em baias individuais de alvenaria de 8m<sup>2</sup>, cobertas, com pisos recobertos com borracha, dotadas de bebedouros automáticos e comedouros e acesso irrestrito à água e à mistura mineral.

Inicialmente, todos os animais foram identificados, vermifugados contra ecto e endoparasitas e permaneceram por 14 dias em período de adaptação às dietas experimentais e às instalações. O experimento foi constituído de cinco períodos experimentais, com duração de 16 dias cada um, sendo sete dias destinados à adaptação dos animais às dietas e os outros nove para a realização das coletas. Os animais foram pesados ao início e final de cada período experimental.

As dietas experimentais foram constituídas de cinco volumosos, sendo utilizadas as silagens de milho (*Zea mays*, L.), de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), colhida com 30 dias de rebrota e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), colhido com aproximadamente 40 dias de rebrota, a cana-de-açúcar *in natura* (*Saccharum officinarum* L.) e o feno de capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) de baixa qualidade, colhido com elevado estágio de maturação, com teores de proteína bruta (PB) médios de 6,77%, 8,15%, 7,55%, 3,61% e 7,78%, respectivamente, (Tabela 1) com base na matéria seca (MS), sendo os volumosos

fornecidos *ad libitum*. Como fonte de compostos nitrogenados utilizou-se a mistura de ureia / sulfato de amônio (ureia/SA), na proporção de 9:1, sendo a quantidade dessa mistura calculada para cada volumoso para manter as dietas isonitrogenadas (11% de PB na base da MS). A matéria seca dos volumosos foi quantificada duas vezes por semana, para ajuste da quantidade de ureia + sulfato de amônio fornecido aos animais. A mistura mineral foi oferecida à vontade diariamente e seu consumo calculado em cada período.

Tabela 1 – Composição química dos diferentes volumosos utilizados nas dietas experimentais

VOLUMOSOS <sup>12</sup>	Composição química (%)										
	MS <sup>1</sup>	MO <sup>2</sup>	PB <sup>3</sup>	EE <sup>4</sup>	FDN <sub>cp</sub> <sup>5</sup>	CNF <sup>6</sup>	FDN <sub>i</sub> <sup>7</sup>	LIG <sup>8</sup>	PIDN <sup>9</sup>	FDA <sup>10</sup>	PIDA <sup>11</sup>
SM	30,41	94,38	6,77	4,04	51,60	31,97	16,15	4,07	2,42	33,36	0,74
SCB	19,47	87,36	8,15	3,51	70,18	5,52	22,14	5,40	3,04	47,13	1,34
CA	26,10	95,98	3,61	2,75	54,92	34,70	28,78	6,03	2,30	37,46	0,81
SCE	22,56	90,27	7,55	1,99	74,51	6,22	24,33	5,66	2,91	51,72	1,23
FT85	83,50	93,09	7,78	1,48	80,66	3,17	30,48	6,49	5,22	49,78	2,15
Sal mineral	96,76	9,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--	0,00	--
Ureia/SA	98,06	0,68	260,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--	0,00	--

<sup>1</sup>Matéria seca, <sup>2</sup>Matéria orgânica, <sup>3</sup>Proteína bruta, <sup>4</sup>Extrato etéreo, <sup>5</sup>Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, <sup>6</sup>Carboidratos não fibrosos, <sup>7</sup>Fibra em detergente neutro indigestível, <sup>8</sup>Lignina, <sup>9</sup>Proteína insolúvel em detergente neutro (%MS), <sup>10</sup>Fibra em detergente ácido, <sup>11</sup>Proteína insolúvel em detergente ácido (%MS), <sup>12</sup>Volumosos - SM = silagem de milho; SCB = silagem de capim-braquiária; CA = cana-de-açúcar *in natura*; SCE = silagem de capim-elefante e FT85 = feno de capim-tifton 85; Ureia/SA = Ureia + sulfato de amônio.

O fornecimento dos volumosos foi realizado uma vez ao dia, às 7:00 horas da manhã. Após a distribuição do volumoso nos cochos dos animais, foi colocada a mistura de ureia e sulfato de amônio diluído em água para posterior homogeneização do material. As quantidades ofertadas de volumoso e da mistura de ureia/SA fornecidas, bem como as sobras, foram registradas diariamente. Para o cálculo do consumo de nutrientes foram considerados os alimentos fornecidos entre o oitavo e o décimo terceiro dia de cada período experimental, sendo as sobras computadas entre o nono e o décimo quarto dia de cada período experimental. A dieta fornecida aos animais foi ajustada para manter as sobras em torno de 5 a 10 %, com base na matéria natural (MN). A composição das dietas encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição bromatológica das dietas (volumoso + mistura de ureia/sulfato de amônio) na base da matéria seca

VOLUMOSOS	Composição bromatológica das dietas (%) <sup>1</sup>						Uréia/SA <sup>2</sup>
	MO	PB	EE	FDNcp	CNF	FDNi	
Silagem de milho	92,55	11,73	3,96	50,59	29,21	15,84	1,96
Silagem de capim-braquiária	86,42	10,88	3,48	69,42	4,26	21,90	1,08
Cana-de-açúcar <i>in natura</i>	93,68	9,81	2,69	53,59	31,20	28,09	2,41
Silagem de capim-elefante	88,79	11,72	1,95	73,29	4,30	23,93	1,65
Feno de capim-tifton 85	92,16	10,32	1,47	79,84	2,04	30,18	1,01

<sup>1</sup> MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, CNF = carboidratos não fibrosos, FDNi = fibra em detergente neutro indigestível.

<sup>2</sup> Proporção (%) de uréia+ sulfato de amônio, acrescentada a cada volumoso para tornar as dietas isoprotéicas.

Os volumosos e as sobras foram amostrados durante o período de coletas (8º ao 14º dia) e posteriormente identificados, armazenados e congelados a -20°C. Todo o material foi submetido à pré-secagem em estufa com ventilação forçada de ar a 60°C, durante 72 horas. Após serem secas e moídas, as amostras dos volumosos e das sobras foram processadas em moinho de facas tipo Willey utilizando peneiras de 2 mm. Foi retirada uma amostra para análise de FDNi e depois foram novamente processadas em moinho de facas tipo Willey à 1 mm, sendo feita uma amostra composta de sobras e dos volumosos oferecidos, para cada animal, ao final de cada período experimental. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em potes plásticos e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

Para quantificação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, realizou-se coleta total de fezes, durante três dias consecutivos, realizadas nos dias 8º, 9º e 10º de cada período experimental. A coleta total de fezes foi pesada diariamente antes do arraçoamento, sendo as fezes coletadas diretamente no piso de concreto e colocadas em baldes previamente pesados e com tampa. Ao final de cada dia de coleta, a produção fecal obtida foi pesada, homogeneizada e amostrada em aproximadamente 10% do peso em matéria natural. Posteriormente, aproximadamente 250 gramas de fezes foram colocadas em bandejas de alumínio previamente pesadas para realizar a pré-secagem em estufa com ventilação forçada de ar, a 60°C por 72 horas. Após a pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey, com peneira de 1 mm, sendo então elaborada uma amostra composta de fezes por animal, em cada período, levando-se em consideração a quantidade de fezes pré-secas (ASA), excretada

diariamente. Em seguida foram acondicionadas em potes plásticos e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

Durante o período de coleta total, também foi mensurado o pH ruminal, do 8º ao 10º dia de cada período experimental, utilizando-se peagâmetro com microchip (Kahne Bolus Series-KB1000. Auckland, New Zealand) inserido no rúmen. O peagâmetro foi programado para realizar as leituras de pH ruminal em intervalos pré-determinados de 5 minutos, durante três dias consecutivos.

Para determinação do fluxo de matéria seca omasal foram utilizados dois indicadores. O cobalto-EDTA (Co-EDTA) foi utilizado como indicador da fase líquida e de pequenas partículas e a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador da fase sólida. O Co-EDTA foi acondicionado em cartuchos de papel e administrado na quantidade total diária de seis gramas (g), distribuídas em quatro doses diárias de 1,5 g nos seguintes horários: 06:00, 12:00, 18:00 e 00:00h. A infusão de Co-EDTA iniciou-se três dias antes da coleta de digesta omasal que foi efetuada no 11º, 12º e 13º dia de cada período experimental.

As coletas de digesta omasal foram realizadas durante três dias consecutivos, sendo coletadas duas vezes ao dia, em intervalos de 12h ao dia e de 16h entre dias. No 11º dia foram coletadas as amostras às 06:00 e às 18:00 h; no 12º dia foram coletadas às 10:00 h e às 22:00 h; no 13º dia às 14:00 h e no 14º às 02:00 h. totalizando seis coletas de digesta por período experimental.

Na coleta de amostras de digesta omasal, foi utilizado um conjunto de dispositivos que consistiu de um kitassato, ou seja, um tubo coletor e uma bomba a vácuo conforme técnica de Huhtanen (1997), adaptada por Leão (2002). A coleta da digesta omasal foi realizada introduzindo-se no rúmen, através da fistula ruminal, uma das extremidades de um tubo coletor, conduzindo-o em direção ao orifício retículo-omasal, até que a parte inicial ultrapassasse o referido orifício, onde foi mantido seguro com a mão durante o período da coleta. A outra extremidade do tubo coletor foi adaptada em uma das aberturas do kitassato e a mangueira da bomba a vácuo, na outra abertura do mesmo. No momento da coleta, a bomba a vácuo foi acionada, e por sucção, a digesta foi coletada através da mangueira até o kitassato. Uma amostra de digesta de aproximadamente 1 L foi obtida por coleta de cada animal.

As amostras de digesta omasal foram congeladas a -20°C, logo após a coleta, para serem processadas posteriormente. Ao final de cada período experimental, estas amostras foram descongeladas em temperatura ambiente e filtradas em filtro de náilon a 100 µm com

área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland) obtendo-se assim, duas fases (sistema de indicador duplo): a fase retida no filtro, fase de grandes partículas, e a fase filtrada, fase líquida e de pequenas partículas. As amostras das duas fases e uma amostra de digesta sem separação foram identificadas, pesadas em bandeja de alumínio, e secas em estufa com ventilação forçada de ar, a 60°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey, com peneira de 2 mm, sendo então elaborada uma amostra composta de cada fase da digesta, proporcional por animal, em cada período, com base no peso pré-seco total referente a cada dia de coleta. Foi retirada amostra para análise de FDNi e depois foram novamente processadas em moinho de facas (1 mm), sendo posteriormente acondicionadas em potes plásticos e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

No 14º dia de cada período experimental, foi efetuado o esvaziamento total do rúmen às 11 h da manhã, aproximadamente quatro horas após o fornecimento da dieta, com o intuito de determinar a taxa de passagem e de digestão dos nutrientes de cada dieta experimental, conforme técnica descrita por Allen e Linton (2007). Após o esvaziamento de todo o conteúdo ruminal, a digesta total foi pesada, posteriormente filtrada em quatro camadas de gaze, para separação das fases sólida e líquida, as quais foram pesadas e amostradas para determinação dos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). Logo após a amostragem, a digesta ruminal foi novamente reconstituída e colocada no rúmen dos respectivos animais.

No 16º dia, retornou-se ao mesmo procedimento de esvaziamento, porém às 06h00 da manhã, imediatamente antes do fornecimento da dieta, ou seja, no momento em que o rúmen se encontra, pelo menos teoricamente, em seu menor volume.

As amostras coletadas de digesta ruminal foram pesadas, secas em estufa com ventilação forçada de ar a 60°C por 72 horas, moídas em moinho de facas, com peneira de 2 mm, sendo então elaborada uma amostra composta por animal em cada período e retirada uma amostra para realizar análises de FDNi, logo após o restante das amostras foi novamente moída em moinho de facas, com peneira de 1 mm para fazer o restante das análises. Dessa forma, as amostras compostas foram formadas por amostras da parte sólida e da parte líquida, nos dois esvaziamentos ruminais (antes da alimentação e quatro horas após a alimentação),

com base no peso seco de cada amostra, para calcular o *pool* ruminal de MS e posteriormente estimar as taxas de digestão e de passagem dos nutrientes.

A taxa de ingestão (ki) foi calculada pela divisão do consumo de matéria seca, expresso em kg por hora, ou dos componentes, pelo respectivo *pool* ruminal em kg, e a taxa de passagem (kp) foi obtida pela divisão dos fluxos de matéria seca ou dos nutrientes no omaso pelo *pool* ruminal. As taxas de digestão (kd) foram obtidas por  $ki - kp$  (Allen & Linton, 2007).

Também no 16º dia foram feitas coletas para isolamento de bactérias. O isolamento das bactérias foi realizado conforme técnica descrita por Cecava et al. (1990). Este isolamento de bactérias foi realizado da seguinte forma: no momento do esvaziamento ruminal, realizado no 16º dia de coleta, foi separada uma quantidade de amostra de 1,5 litros (L) de líquido ruminal após a filtração da digesta ruminal em quatro camadas de gaze. Em seguida, foi feita uma nova filtração utilizando a parte sólida da digesta ruminal juntamente com 0,5 L de solução salina (9 g/L). Após a solução salina ser incorporada com a parte sólida da digesta ruminal, que já havia sido filtrada para retirar os 1,5 L de líquido ruminal, foi realizada uma nova filtração até obter novamente 0,5 L, dessa forma, foi obtida a quantidade de 2,0 L de amostra, sendo, em seguida, estas amostras centrifugadas para o isolamento de bactérias.

As bases purinas no omaso foram utilizadas para calcular a produção de proteína microbiana. O fluxo de compostos nitrogenados microbianos (N) foi calculado dividindo-se o fluxo de bases purinas no omaso pela relação de N purinas para N total nas bactérias isoladas do rúmen.

As amostras dos volumosos, das sobras, da digesta omasal e do esvaziamento ruminal foram moídas a 2 mm, e submetidas à análise de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) em sacos de Ankon® (*filter bags* F57), através de incubação *in situ* por 288 horas, de acordo com o método INCT- CA F-008/1, conforme descrito por Detmann et al. (2012).

Todas as amostras dos volumosos, sobras, fezes e digesta omasal foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS) segundo método INCT - CA G-003/1, matéria mineral (MM) segundo método INCT-CA M-001/1, proteína bruta (PB) segundo método INCT - CA N-001/1, fibra em detergente neutro (FDN) segundo método INCT - CA F-001/1 e correções para proteína e cinzas, respectivamente, segundo métodos INCT - CA N-004/1 e INCT - CA M-002/1, extrato etéreo (EE) segundo método INCT - CA G-004/1. Somente as amostras de volumosos foram avaliadas quanto aos teores de lignina, segundo método INCT-CA F-005/1,

e as amostras de esvaziamento ruminal foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS), segundo método INCT - CA G-003/1, fibra em detergente neutro (FDN), segundo método INCT - CA F-001/1 e correções para proteína e cinzas, respectivamente, segundo métodos INCT - CA N-004/1 e INCT - CA M-002/1, conforme técnicas descritas por Detmann et al., (2012). O teor de cobalto foi analisado em espectrofotômetro de absorção atômica nas amostras das digestas omasais, sendo a solução mineral preparada segundo método INCT-CA M-004/1, conforme descrito por Detmann et al. (2012).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados como proposto por Detmann & Valadares Filho (2010):  $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ da ureia} + \% \text{ de ureia}) + \%FDN_{cp} + \%EE + \%MM]$  em que: PB = proteína bruta; FDN<sub>cp</sub> = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; EE = extrato etéreo e MM = matéria mineral.

Os fluxos de matéria seca e dos componentes da digesta omasal foram estimados utilizando o sistema de indicador duplo, conforme descrito por France & Siddons (1986).

Para o cálculo do sistema de indicador duplo, as concentrações dos indicadores nas diferentes fases da digesta foram utilizadas para calcular o fator de reconstituição (FR). O FR indica as unidades da fase da digesta que devem ser removidas (caso o FR seja negativo) ou adicionadas (caso o FR seja positivo) à digesta não representativa, para reconstituir a digesta verdadeira, conforme descrito por Valadares Filho et al. (2011), e quanto mais próximo o FR for de 0, mais representativa é a amostra da digesta verdadeira (France & Siddons, 1986).

Os dados referentes aos consumos, digestibilidades totais e parciais, taxas de digestão, pool ruminal de nutrientes e eficiência microbiana foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.1) em que os diferentes volumosos representaram o efeito fixo do modelo, enquanto que animal e período representaram os efeitos aleatórios. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Os dados relativos ao pH foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS (versão 9.1). Os efeitos fixos considerados foram o tratamento, o tempo e a interação entre os mesmos. Período e animal foram tomados como efeitos aleatórios no modelo. Foi utilizado um esquema de medidas repetidas no tempo, sendo os horários de coleta (média de cada 30 minutos) repetidos dentro de cada unidade experimental (Animal\*Período). Alternativamente, outro modelo foi proposto para avaliar o efeito dos três dias de coleta, sendo os efeitos fixos considerados como tratamento, dia de mensuração e a interação entre

eles. Neste caso os dias de mensuração (1, 2 ou 3) foram repetidos dentro de cada unidade experimental (Animal\*Período). Após avaliação dos efeitos principais dos tratamentos e do tempo sobre o pH ruminal, os efeitos lineares, quadráticos e cúbicos das variáveis resposta foram avaliadas através do PROC GLM do SAS (versão 9.1), segundo o modelo  $Y = T + T*T + T*T*T + \epsilon_{ij}$ , em que Y = variável resposta, T = variável contínua relacionada ao tempo de mensuração e  $\epsilon_{ij}$  = erro aleatório não observável. Depois de determinado o comportamento da variável resposta em função do tempo, os respectivos modelos lineares, quadráticos e cúbicos foram obtidos através do PROC REG do SAS (versão 9.1).

Foram avaliados os modelos de predição da FDNcp digestível propostos pelo NRC (2001), obtido por Weiss et al. (1992) e por Detmann et al. (2007) para bovinos em crescimento e terminação e vacas em lactação, respectivamente. As avaliações comparativas da eficiência de predição entre os modelos foram feitas por intermédio da estimativa do quadrado médio do erro da predição e seus componentes e por intermédio da estimativa do coeficiente de correlação e concordância (CCC) ou índice de reprodutividade, propostos por Tedeschi (2006). Alternativamente outras avaliações gráficas foram propostas com objetivo de se visualizar possíveis erros de predição, através da plotagem dos valores preditos e observados em contraste à linha de igualdade e através da plotagem dos resíduos padronizados obtidos pela razão:  $(\text{predito} - \text{observado})/\text{desvio-padrão dos valores preditos}$ . Na possibilidade de uma avaliação pouco satisfatória de ajuste dos modelos, foi proposta a reparametrização do modelo geral:  $\text{FDNd} = \beta_1 \times \{[\text{FDNcp} - \text{Lignina}] \times [1 - (\text{Lignina}/\text{FDNcp})^{\beta_2}]\}$ , utilizando-se o PROC NLIN do SAS (versão 9.1).

## RESULTADOS

O consumo de matéria seca (MS) foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com silagem de milho (SM) quando comparado aos animais que receberam cana-de-açúcar *in natura* (CA) (Tabela 3). Os consumos de silagem de capim-braquiária (SCB), silagem de capim-elefante (SCE) e feno de capim-tifton 85 (FT85) não diferiram dos demais tratamentos

( $P < 0,05$ ), portanto apresentaram-se em posição intermediária à silagem de milho e à cana-de-açúcar *in natura* (Tabela 3).

Tabela 3 – Consumo e fluxo ruminal da matéria seca e dos nutrientes de bovinos alimentados com diferentes volumosos

Item <sup>1</sup>	Volumosos <sup>2</sup>					Valor-P
	SM	SCB	CA	SCE	FT85	
Consumos (kg/dia)						
Matéria seca	7,62a	5,92ab	3,87b	5,50ab	5,64ab	0,0043
Matéria orgânica	7,01a	5,07ab	3,48b	4,79b	5,08ab	0,0037
Proteína bruta	0,86a	0,63ab	0,33c	0,63ab	0,57bc	0,0011
Extrato etéreo	0,30a	0,20b	0,10c	0,11c	0,08c	<0,001
FDNcp	3,75a	4,00a	1,96b	3,87a	4,37a	0,0081
FDNpd	2,29ab	2,77a	0,97b	2,62a	2,75a	0,0009
FDNcpD	1,92a	2,55a	0,80b	2,34a	2,83a	0,0079
CNF	2,33a	0,33c	1,22b	0,32c	0,16c	<0,001
NDT	5,21a	3,38b	2,31b	3,08b	3,26b	0,0161
FDNi	1,15	1,23	0,98	1,24	1,69	0,1287
FDNi/FDNcp (%)	30,60	30,75	50,00	32,00	38,60	--
Consumos (g/kg de peso corporal)						
Matéria seca	17,95a	14,65a	9,80b	13,46ab	13,74ab	0,0049
FDNcp	8,89ab	9,90a	5,03b	9,48a	10,64a	0,0074
FDNi	0,27b	0,30b	0,25b	0,30b	0,46a	0,0011
Fluxo ruminal (kg/dia)						
Matéria seca	5,39a	4,78a	2,64b	4,05a	4,02a	0,0019
Matéria orgânica	4,10a	3,45a	2,07b	3,07ab	3,11ab	0,0064
Proteína bruta	0,67a	0,55a	0,32b	0,43ab	0,47ab	0,0007
Extrato etéreo	0,08b	0,15a	0,04b	0,06b	0,06b	<0,001
FDNcp	2,39	2,09	1,47	2,07	2,17	0,0874
CNF	0,96a	0,67b	0,24c	0,50b	0,40b	<0,001

<sup>1</sup> FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta; FDNpd = Fibra em detergente neutro potencialmente digestível; FDNcpD = FDNcp digerida; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais; FDNi = Fibra em detergente neutro indigestível e FDNi/FDNcp = Relação de fibra em detergente neutro indigestível e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta.

<sup>2</sup> Volumosos - SM = silagem de milho; SCB = silagem de capim-braquiária; CA = cana-de-açúcar *in natura*; SCE = silagem de capim-elefante e FT85 = feno de capim-tifton 85.

Os animais que consumiram SM e SCB apresentaram maior ingestão ( $P < 0,05$ ) de MS expresso em relação ao peso corporal, em relação aos alimentados com CA. Já os consumos

dos animais alimentados com SM, SCB, SCE e FT85 não diferiram entre si ( $P>0,05$ ). O consumo de matéria orgânica (MO) foi superior ( $P<0,05$ ) para os animais que receberam SM, em relação aos animais alimentados com CA e SCE. Já os consumos de MO observados para os animais que receberam SCB e FT85 não diferiram ( $P>0,05$ ) dos demais tratamentos.

Maiores ( $P<0,05$ ) valores para o consumo de proteína bruta (PB) foram observados para os animais que consumiram SM, SCB e SCE em relação aos alimentados com CA. O consumo de PB foi similar ( $P>0,05$ ) para os animais que receberam FT85, SCE e SCB. O maior ( $P<0,05$ ) valor para o consumo de extrato etéreo (EE) foi observado para os animais que receberam SM, possivelmente devido ao maior consumo de MS dessa dieta. Valores intermediários ( $P<0,05$ ) foram observados para os animais que receberam SCB. Os menores valores ( $P<0,05$ ) foram observados para os animais que foram alimentados com CA, SCE e FT85.

O consumo de carboidratos não fibrosos (CNF) foi maior ( $P<0,05$ ) para os animais alimentados com SM. Valores intermediários ( $P<0,05$ ) foram observados para os animais que receberam CA. Os menores ( $P<0,05$ ) valores para consumo de CNF foram observados para os animais que consumiram SCB, SCE e FT85. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi maior para os animais alimentados com SM em relação aos demais tratamentos ( $P<0,05$ ).

Maiores ( $P<0,05$ ) valores para o consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) foram observados para os animais alimentados com SM, SCB, SCE e FT85 em relação aos alimentados com CA. O consumo de FDNcp (g/kg peso corporal) foi maior ( $P<0,05$ ) para os animais que receberam SCB, SCE e FT85 em relação aos alimentados com CA. Os consumos dos animais alimentados com CA não diferiram ( $P>0,05$ ) em relação aos animais que receberam SM. O consumo de FDNi (g/kg peso corporal) foi maior ( $P<0,05$ ) para os animais alimentados com FT85, em relação aos demais tratamentos estudados. Já o consumo de FDNi (kg/dia) não diferiu entre tratamentos ( $P>0,05$ ), entretanto, o consumo de FDN potencialmente digestível (FDNpd) foi maior ( $P<0,05$ ) para os animais alimentados com SCB, SCE e FT85 quando comparados àqueles alimentados com CA. O consumo de FDNpd para os animais alimentados com SM não diferiu dos demais. O consumo de FDNcp digestível (FDNcpD) foi menor para os animais alimentados com CA em relação aos demais tratamentos ( $P<0,05$ ).

O fluxo ruminal (kg/dia) da MS e dos constituintes da digesta está apresentado na Tabela 3. O fluxo ruminal da MS foi menor ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com cana-de-açúcar *in natura*. Isto pode ser explicado pelo fato dos animais alimentados com CA terem apresentado menor consumo de MS (Tabela 1) visto que, com o aumento na proporção de fibra dessa dieta, há diminuição na taxa de passagem do alimento e, conseqüentemente do fluxo de digesta (Queiroz et al., 2011).

Maiores ( $P < 0,05$ ) valores para o fluxo de MO e PB foram observados para os animais que consumiram SM e SCB, em relação aos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* (Tabela 3). Os menores ( $P < 0,05$ ) valores observados para os animais alimentados com CA não diferiram ( $P > 0,05$ ) dos animais que receberam SCE e FT85. O fluxo ruminal de EE foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais que consumiram SCB. Por outro lado, não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os valores observados para os animais alimentados com SM, CA, SCE e FT85 (Tabela 3). Maior ( $P < 0,05$ ) valor para o fluxo de CNF foi observado para os animais que receberam SM. Valores intermediários ( $P < 0,05$ ) foram observados para os animais que receberam SCB, SCE e FT85. Os menores ( $P < 0,05$ ) valores para fluxo de CNF foram observados para os animais que consumiram CA. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para os valores observados de FDNcp entre as dietas avaliadas, embora o fluxo ruminal de FDNcp dos animais consumindo CA tenha apresentado menor valor numérico (Tabela 3).

Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para o coeficiente de digestibilidade aparente (CD) da MS, MO, PB e CNF entre os volumosos avaliados (Tabela 4). Maiores ( $P < 0,05$ ) valores para a digestibilidade de EE foram observados para os animais que receberam SM em relação aos alimentados com SCB e FT85. A digestibilidade da FDNcp foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com SCB, SCE e FT85, em relação aos alimentados com CA. O teor de NDT na dieta à base de SM foi superior às demais dietas ( $P < 0,05$ ).

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para o coeficiente de digestibilidade ruminal (CDR) para MS e MO entre as dietas avaliadas. Maiores ( $P < 0,05$ ) valores para o CDR de PB foram observados para os animais que receberam SM e SCE em relação aos alimentados com CA (Tabela 4). No entanto, a digestão ruminal dos animais alimentados com CA não diferiu ( $P > 0,05$ ) dos valores observados para SCB e FT85. O CDR do EE foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com SM em relação aos alimentados com SCB e FT85. Maior ( $P < 0,05$ ) valor para a digestibilidade ruminal de FDNcp foi observado para os animais que receberam SCB, SCE e FT85, em relação aos que consumiram CA (Tabela 4). Os menores ( $P < 0,05$ )

valores para CDR de FDNcp foram observados para os animais que consumiram CA, mas não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os valores observados para os animais alimentados com SM e CA. Não houve diferença ( $P>0,05$ ) para as dietas avaliadas com relação às digestibilidades intestinais da PB e do EE (Tabela 4).

Tabela 4 – Digestibilidade aparente total, ruminal e intestinal da matéria seca e dos nutrientes de bovinos alimentados com diferentes volumosos

Item <sup>1</sup>	Volumosos <sup>2</sup>					Valor-P
	SM	SCB	CA	SCE	FT85	
Digestibilidade aparente (%)						
Matéria seca	63,12	58,72	56,74	56,96	58,55	0,4966
Matéria orgânica	65,40	61,78	59,21	58,77	58,22	0,3864
Proteína bruta	67,23	65,23	63,84	70,56	64,51	0,7179
Extrato etéreo	88,54a	68,70b	78,10ab	73,51ab	66,56b	0,0093
FDNcp	50,34ab	64,25a	37,46b	60,47a	63,95a	0,0011
CNF	89,69	28,52	91,32	23,12	17,48	0,2087
NDT	67,60a	57,42b	59,04b	55,80b	54,75b	0,0461
Digestibilidade ruminal (% do ingerido)						
Matéria seca	28,38	19,54	28,47	25,89	26,42	0,2744
Matéria orgânica	41,08	32,18	37,47	36,01	36,69	0,3386
Proteína bruta	20,95a	12,54ab	0,49b	29,58a	13,17ab	0,0096
Extrato etéreo	74,50a	25,97b	50,59ab	44,27ab	22,70b	0,0076
FDNcp	36,91ab	47,97a	18,66b	46,75a	49,76a	0,0034
Digestibilidade intestinal (% da quantidade que chegou ao omaso)						
Proteína bruta	58,22	60,10	63,74	58,43	59,62	0,7656
Extrato etéreo	47,99	57,00	53,49	46,62	47,12	0,9673

<sup>1</sup> FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta; CNF = Carboidratos não fibrosos; NDT = Nutrientes digestíveis totais (%).

<sup>2</sup> Volumosos - SM = silagem de milho; SCB = silagem de capim-braquiária; CA = cana-de-açúcar *in natura*; SCE = silagem de capim-elefante e FT85 = feno de capim-tifton 85.

Não houve efeito dos volumosos ( $P>0,05$ ) para o *Pool* (kg/dia), taxa de passagem ( $k_p$ ) ( $h^{-1}$ ) e taxa de digestão ( $k_d$ ) ( $h^{-1}$ ) da MS (Tabela 5). No entanto, a taxa de ingestão ( $k_i$ ) ( $h^{-1}$ ) da MS foi maior ( $P<0,05$ ) para os animais alimentados com SM em relação aos animais que receberam CA, SCE e FT85. Não houve diferença ( $P>0,05$ ) para o *Pool* (kg/dia) e para o  $k_p$  da FDNcp entre os diferentes volumosos avaliados. A taxa de ingestão foi maior ( $P<0,05$ ) para

os animais alimentados com SM em relação aos alimentados com FT85 (Tabela 5). No entanto, esses foram similares ( $P>0,05$ ) aos valores observados para SCB, CA e SCE. Maiores ( $P<0,05$ ) valores para a  $k_d$  foram observados para os animais alimentados com SCB em relação aos alimentados com SM, CA e SCE. Por outro lado, os animais que receberam CA apresentaram os menores ( $P<0,05$ ) valores de  $k_d$  da FDNcp (Tabela 5).

Tabela 5 – Parâmetros ruminais da matéria seca, da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, da fibra em detergente neutro potencialmente digestível e da fibra em detergente neutro indigestível de bovinos alimentados com diferentes volumosos

Parâmetros	Volumosos <sup>7</sup>					Valor-P
	SM	SCB	CA	SCE	FT85	
Matéria seca						
<i>Pool</i> (kg/dia)	5,69	5,31	4,36	6,14	7,22	0,2260
$k_i^4$ (h <sup>-1</sup> )	0,045a	0,034ab	0,023b	0,028b	0,023b	0,0101
$k_p^5$ (h <sup>-1</sup> )	0,014	0,013	0,013	0,011	0,009	0,9155
$k_d^6$ (h <sup>-1</sup> )	0,014	0,012	0,013	0,010	0,009	0,2272
FDNcp <sup>1</sup>						
<i>Pool</i> (kg/dia)	4,02	3,59	3,11	4,41	5,15	0,1564
$k_i^4$ (h <sup>-1</sup> )	0,028a	0,022ab	0,018ab	0,020ab	0,017b	0,0459
$k_p^5$ (h <sup>-1</sup> )	0,013	0,025	0,009	0,017	0,020	0,0759
$k_d^6$ (h <sup>-1</sup> )	0,015b	0,024 <sup>a</sup>	0,008c	0,017b	0,018ab	0,0007
FDNpd <sup>2</sup>						
<i>Pool</i> (kg/dia)	2,47	2,25	1,54	2,51	2,41	0,1915
$k_i^4$ (h <sup>-1</sup> )	0,024	0,013	0,010	0,014	0,010	0,1759
$k_p^5$ (h <sup>-1</sup> )	0,022a	0,013b	0,008b	0,014b	0,011b	0,0029
$k_d^6$ (h <sup>-1</sup> )	0,024b	0,037ab	0,016b	0,030ab	0,038a	0,0013
FDNi <sup>3</sup>						
<i>Pool</i> (kg/dia)	1,55ab	1,34b	1,57ab	1,90ab	2,74a	0,0334
$k_i^4$ (h <sup>-1</sup> )	0,036ab	0,040 <sup>a</sup>	0,027bc	0,029bc	0,023c	0,0029

<sup>1</sup>Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta; <sup>2</sup>Fibra em detergente neutro potencialmente digestível; <sup>3</sup>Fibra em detergente neutro indigestível; <sup>4</sup>Taxa de ingestão; <sup>5</sup>Taxa de passagem; <sup>6</sup>Taxa de digestão; <sup>7</sup>Volumosos - SM = silagem de milho; SCB = silagem de capim-braquiária; CA = cana-de-açúcar *in natura*; SCE = silagem de capim-elefante e FT85 = feno de capim-tifton 85.

Em relação à FDN<sub>pd</sub>, o *Pool* e  $k_i$  não diferiram ( $P>0,05$ ) entre as dietas estudadas. No entanto, a  $k_p$  foi maior ( $P<0,05$ ) para os animais que receberam SM. Os maiores ( $P<0,05$ ) valores para  $k_d$  foram observados para os animais que receberam FT85 em relação aos alimentados com CA e SM (Tabela 5) que não diferiram entre si ( $P>0,05$ ).

Maiores ( $P<0,05$ ) valores para o *Pool* da FDN<sub>i</sub> foram observados para os animais que receberam FT85 em relação aos que foram alimentados com SCB que, por sua vez, não diferiu dos volumosos SM, CA e SCE. Maiores ( $P<0,05$ ) valores para o  $k_i$  da FDN<sub>i</sub> foram observados para os animais que receberam SCB em relação aos animais alimentados com CA, SCE e FT85. Todavia, os valores encontrados para SCB foram similares aos encontrados para SM (Tabela 5).

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) das diferentes dietas estudadas para as percentagens de MS e N das bactérias isoladas do líquido ruminal (Tabela 6).

Tabela 6 – Composição de bactérias, produção de proteína microbiana e eficiência microbiana de bovinos alimentados com diferentes volumosos

Parâmetros <sup>1</sup>	Volumosos <sup>2</sup>					Valor-P
	SM	SCB	CA	SCE	FT85	
	Bactéria					
MS (%)	86,59	86,67	85,73	86,15	82,88	0,2876
MO (%)	64,94a	65,45a	51,95b	59,13ab	61,79a	0,0392
N (%)	6,59	6,63	6,17	6,58	7,19	0,3496
NRNA:Ntotal	11,95a	10,02b	12,55a	12,38a	13,36a	0,0141
	Fluxo Omasal (g/dia)					
PB mic	521,19a	487,26a	188,04b	283,17b	238,82b	0,0006
PB total	669,81a	544,97ab	320,05c	434,59bc	473,06bc	0,0007
	Relações					
PBmic:PBtotal	79,02ab	90,46a	58,48b	65,38ab	51,44b	0,0218
Ef mic (g/kg NDT)	101,99b	147,08a	84,68b	96,14b	80,31b	0,0193

<sup>1</sup> MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; N = nitrogênio; NRNA:Ntotal = relação N ácido ribonucléico: Ntotal; PBmic = proteína bruta microbiana; PBtotal = proteína bruta total; PBmic:PBtotal = relação PBmic:PBtotal; Ef mic = eficiência microbiana.

<sup>2</sup> Volumosos - SM = silagem de milho; SCB = silagem de capim-braquiária; CA = cana-de-açúcar *in natura*; SCE = silagem de capim-elefante e FT85 = feno de capim-tifton 85.

Maiores ( $P < 0,05$ ) valores para MO foram observados para os animais que receberam SM, SCB e FT85 em relação aos animais alimentados com CA. No entanto, os valores encontrados para SCE foram similares ( $P > 0,05$ ) aos demais tratamentos.

Entretanto, a relação NRNA:Ntotal foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais que receberam SM, CA, SCE e FT85 em relação aos alimentados com SCB. O fluxo omasal (g/dia) de PBmic foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com SM e SCB. Da mesma forma, o fluxo omasal (g/dia) de PBtotal foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com SM, em relação aos alimentados com CA, SCE e FT85 (Tabela 6). No entanto, os valores encontrados para SCE, FT85 e SCB foram similares ( $P > 0,05$ ). Com exceção dos animais alimentados com SM e SCE, a relação PBmic:PBtotal foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais que receberam SCB. A eficiência microbiana (g/kg NDT) foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados com SCB (146,33 g/kg NDT) (Tabela 6).

Foram testados os efeitos do dia de coleta para mensurações do pH e verificou-se que não há efeito desta variável ( $P = 0,1132$ ), ou seja, é possível realizar a coleta de pH ruminal utilizando peagâmetro com microchip (Kahne Bolus Series-KB1000. Auckland, New Zealand), apenas durante 24 horas (Tabela 7).

Tabela 7 - Parâmetros das equações, ponto crítico da função e resposta esperada em horas para o Ph mensurado no rúmen de bovinos alimentados com diferentes volumosos

Tratamento <sup>1</sup>	Parâmetro <sup>2</sup>				Resposta esperada <sup>3</sup>	Ponto Crítico
	Intercepto	T	t <sup>2</sup>	Valor-P		
SM	6,62311	0,02155	-0,00114	<0,0001	6,72	9,45
SCB	6,90750	0,03582	-0,00163	<0,0001	7,10	10,99
CA	7,03785	-0,00897	--	<0,0001	--	--
SCE	6,94887	0,02075	-0,00093	<0,0001	7,06	11,13
FT85	6,76957	0,02591	-0,00108	0,0001	6,92	12,00

<sup>1</sup>Tratamentos: SM – silagem de milho; SCB – silagem de capim-braquiária; CA – cana-de-açúcar *in natura*; SCE – silagem de capim-elefante; FT85 – feno de capim-tifton 85.

<sup>2</sup> Parâmetros gerados a partir de equações de regressão após um teste para verificar efeito dos seguintes fatores: Tratamento:  $P = 0,0050$ ; Tempo:  $P < 0,0001$ ; Tratamento\*Tempo:  $P < 0,0001$ ; adotando-se período e animal como efeito aleatório no modelo.

<sup>3</sup>Resposta esperada em horas após a alimentação matinal.

Dessa forma, os dias de coleta foram agrupados para se proceder a avaliação dos efeitos de tempo e tratamento. Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre os efeitos de tratamento e tempo de mensuração do pH ruminal (Tabela 7).

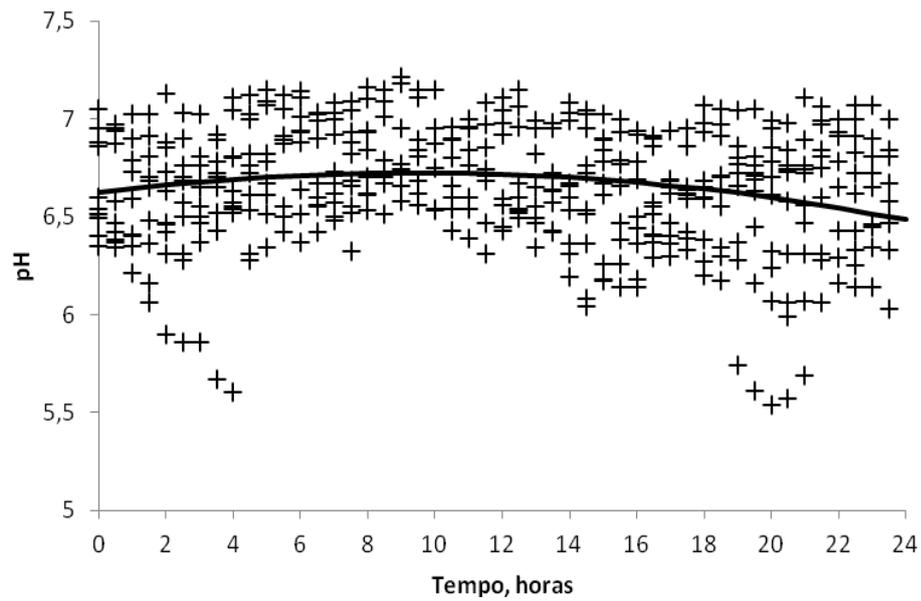


Figura 1 - Relação entre o tempo e o pH ruminal mensurado a cada 5 minutos, durante 24 horas, em bovinos de corte alimentados com dietas à base de silagem de milho

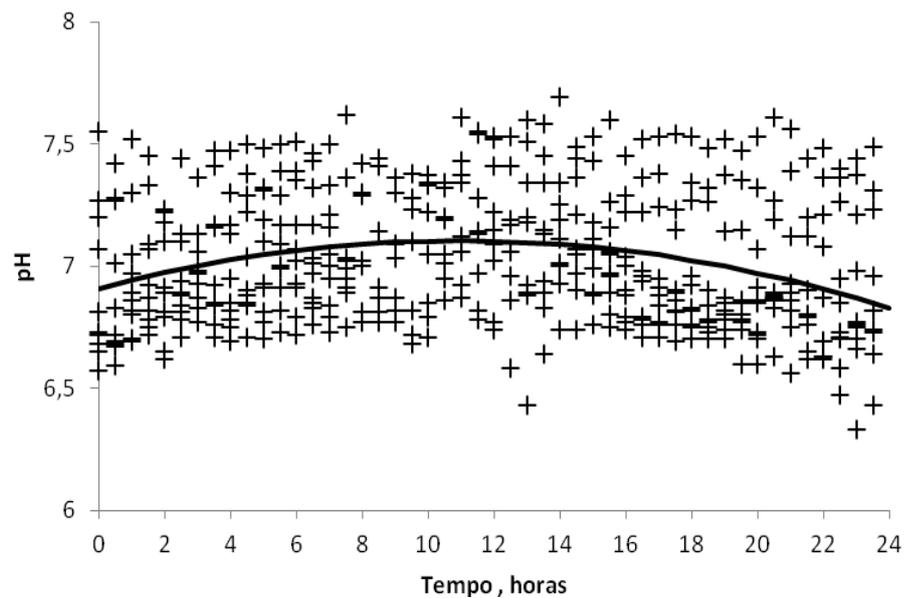


Figura 2 - Relação entre o tempo e o pH ruminal mensurado a cada 5 minutos, durante 24 horas, em bovinos de corte alimentados com dietas à base de silagem de capim-braquiária

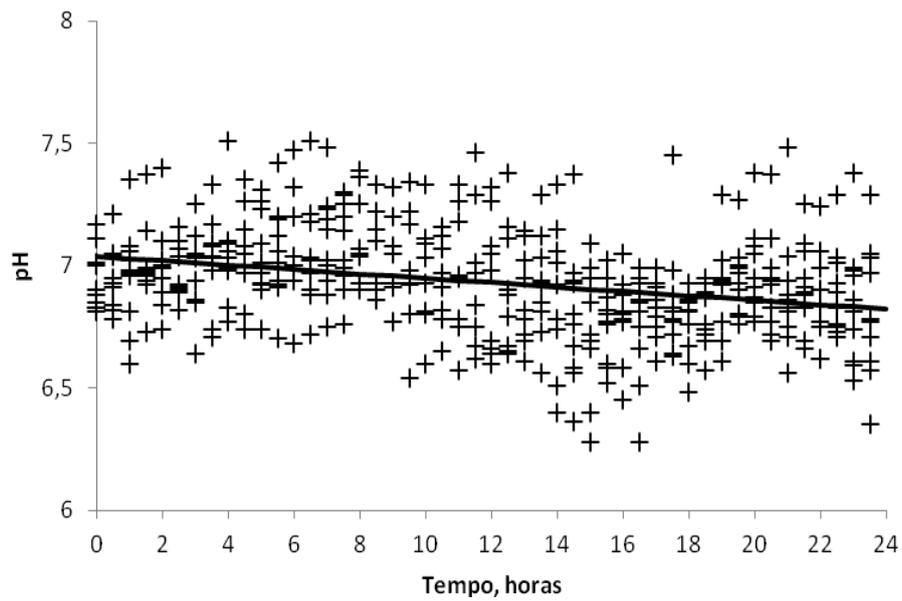


Figura 3 - Relação entre o tempo e o pH ruminal mensurado a cada 5 minutos, durante 24 horas, em bovinos de corte alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar *in natura*

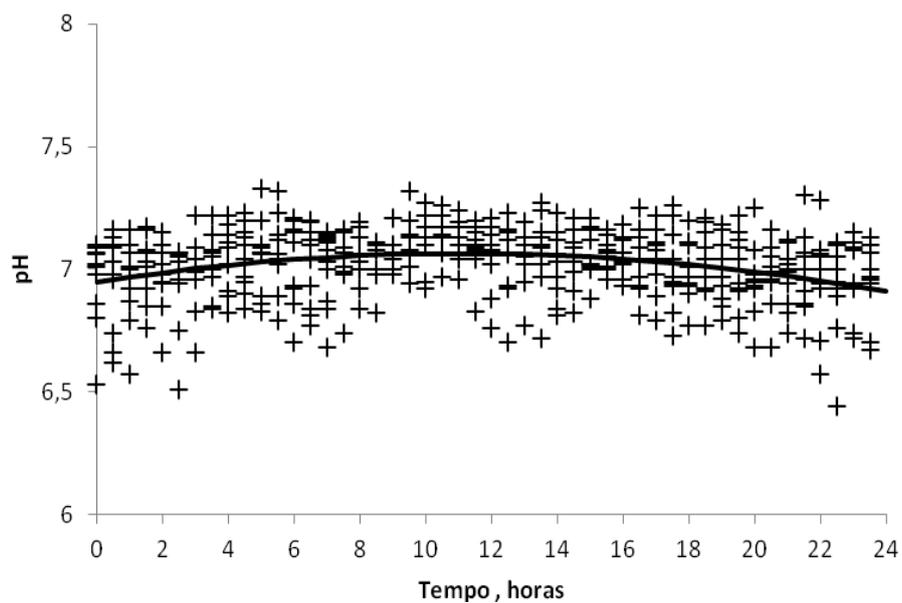


Figura 4 - Relação entre o tempo e o pH ruminal mensurado a cada 5 minutos, durante 24 horas, em bovinos de corte alimentados com dietas à base de silagem de capim-elefante

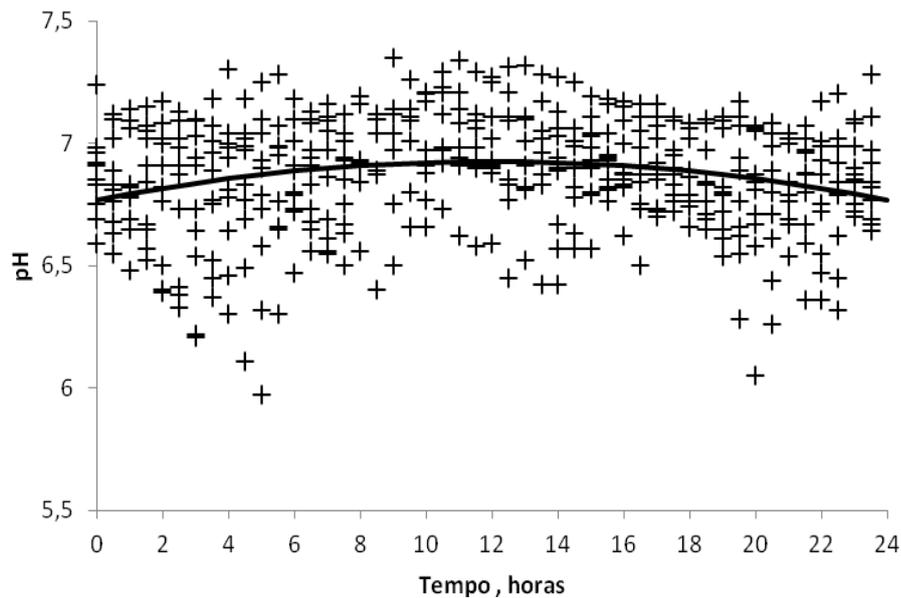


Figura 5 - Relação entre o tempo e o pH ruminal mensurado a cada 5 minutos, durante 24 horas, em bovinos de corte alimentados com dietas à base de feno de capim-tifton 85

Os valores de pH no líquido ruminal apresentaram comportamento quadrático em função do tempo e os valores máximos de 6,72; 7,10; 7,06 e 6,92 foram estimados nos tempos de 9,45; 10,99; 11,13 e 12,00 horas após a alimentação para as dietas contendo SM (Figura 1); SCB (Figura 2); SCE (Figura 4) e FT85 (Figura 5), respectivamente. Os valores de pH para CA apresentaram comportamento linear decrescente em função do tempo (Figura 3).

Procedeu-se à avaliação dos modelos de predição da FDN digestível propostos pelo NRC (2001) e por Detmann et al. (2007), tanto para bovinos em crescimento e terminação quanto para vacas em lactação em nível de alimentação irrestrita. Os valores de coeficiente de correlação e concordância (CCC) foram próximos, embora o valor apresentado para o modelo NRC (2001) tenha se apresentado ligeiramente superior (Tabela 8). Todos os modelos apresentaram reduzidos valores para o quadrado médio do erro de predição (QMEP), entretanto, o modelo de Detmann et al. (2007) para bovinos em crescimento e terminação apresentou maior percentual de vício médio. Este maior vício pode ser visualizado na Figura 10. Nota-se que a distribuição dos resíduos padronizados se concentra na parte superior da linha do eixo das abscissas, o que indica maior superestimação dos dados de FDN digestível para estes volumosos.

Tabela 8 - Médias, desvios-padrão, máximo, mínimo, coeficiente de correlação (R), de correlação e concordância (CCC), quadrado médio do erro de predição (QMEP) e sua decomposição em vício médio, vício sistemático e erro aleatório, para os teores de FDNcp digestível observado na dieta de bovinos Holandês x Zebu alimentados com diferentes volumosos e estimativas obtidas por diferentes modelos matemáticos

	Observado	NRC (2001)	Detmann et al. (2007) Crescimento e terminação	Detmann et al. (2007) Vacas em lactação
Média	0,3454	0,3285	0,3989	0,3201
Desvio-padrão	0,1243	0,0670	0,0804	0,0645
Máximo	0,5209	0,4241	0,5146	0,4129
Mínimo	0,0652	0,2343	0,2866	0,2300
R	--	0,8992	0,8984	0,8984
CCC	--	0,7683	0,7459	0,7322
QMEP	--	0,00465	0,00616	0,00524
Vício médio	--	6,16%	46,44%	12,27%
Vício sistemático	--	47,33%	18,54%	46,42%
Erro aleatório	--	46,51%	35,11%	41,31%
P-valor <sup>1</sup>	--	0,0001	<0,001	<0,001

<sup>1</sup>Teste do intercepto conjunto (Mayer et al., 1994)

Nas Figuras 6, 7 e 8 nota-se que os dados apresentaram pequena variabilidade, o que também é reflexo do reduzido QMEP. Nas Figuras 9 e 11, é possível observar que os modelos NRC (2001) e Detmann et al. (2007), para vacas em lactação, apresentaram menores tendências à sub ou superestimação, uma vez que os resíduos padronizados encontram-se uniformemente distribuídos em torno do eixo das abscissas. Entretanto, todos os modelos avaliados diferiram dos valores observados ( $P < 0,05$ ), conforme o teste do intercepto conjunto, indicando que o modelo não se aplica aos dados observados.

Ao se proceder a obtenção de um novo parâmetro para a equação proposta por Detmann et al. (2007):  $FDNd = \beta_1 \times \{ [FDNcp - Lignina] \times [1 - (Lignina/FDNcp)^{0,85}] \}$ , obteve o valor 0,6099 para o parâmetro  $\beta_1$ . Este valor é menor que 0,835 proposto por Detmann et al. (2007) para bovinos em crescimento e terminação, sendo assim capaz de corrigir as estimativas

superestimadas neste modelo. Dessa forma pode-se utilizar esta equação reparametrizada:  $FDNd = 0,6099 \times \{[FDNcp - Lignina] \times [1 - (Lignina/FDNcp)^{0,85}]\}$  para obtenção do FDNcp digestível e posterior obtenção do NDT para bovinos em alimentação irrestrita.

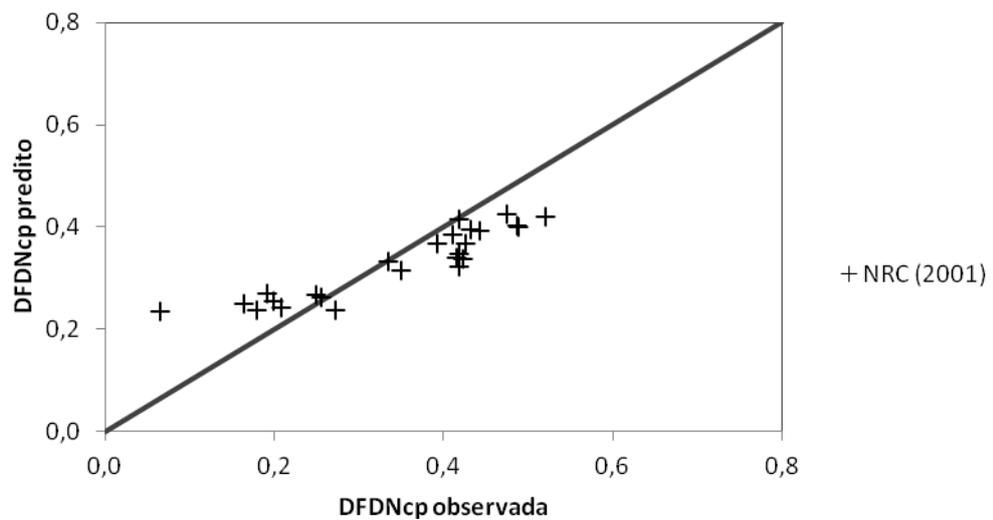


Figura 6 – Relação entre os valores observados de FDNcp digestível e preditos pelo modelo NRC (2001)

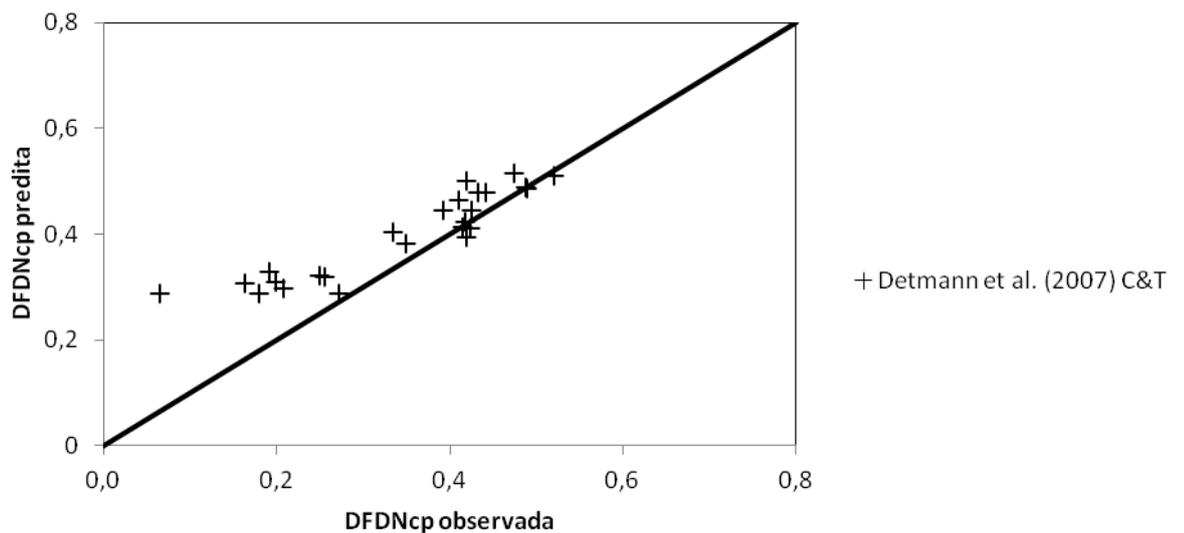


Figura 7 – Relação entre os valores observados de FDNcp digestível e preditos pelo modelo proposto por Detmann et al. (2007), para bovinos em crescimento e terminação

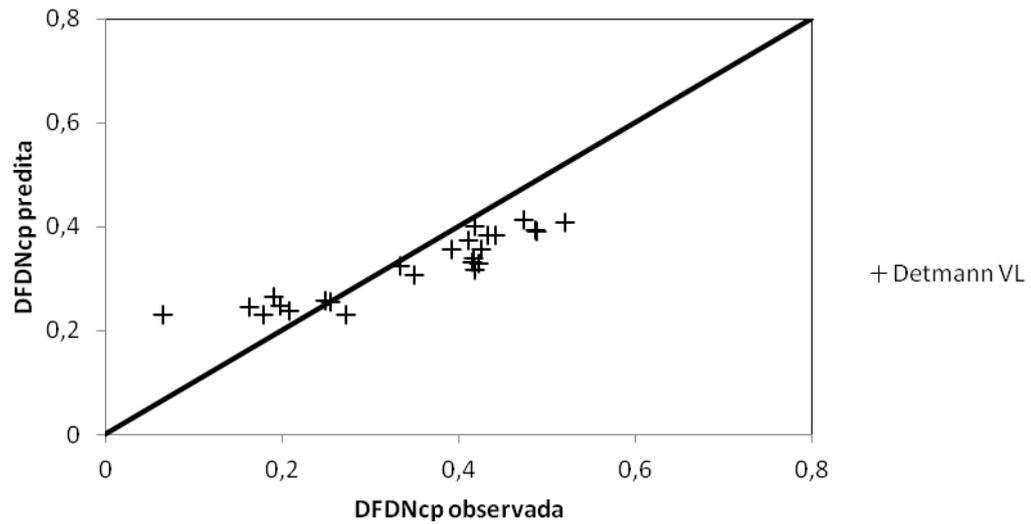


Figura 8 – Relação entre os valores observados de FDNcp digestível e preditos pelo modelo proposto por Detmann et al. (2007), para vacas em lactação

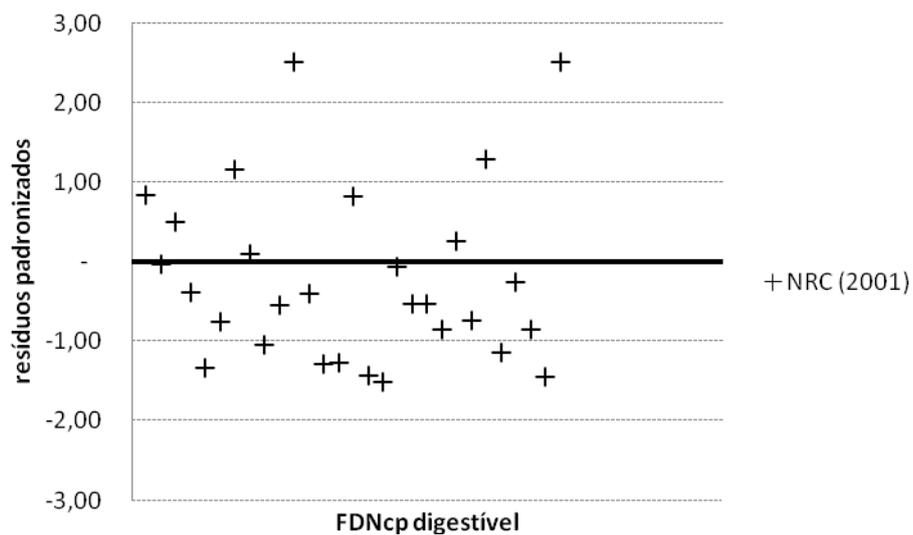


Figura 9 – Distribuição dos resíduos padronizados entre os valores observados de FDNcp digestível e preditos pelo modelo NRC (2001)

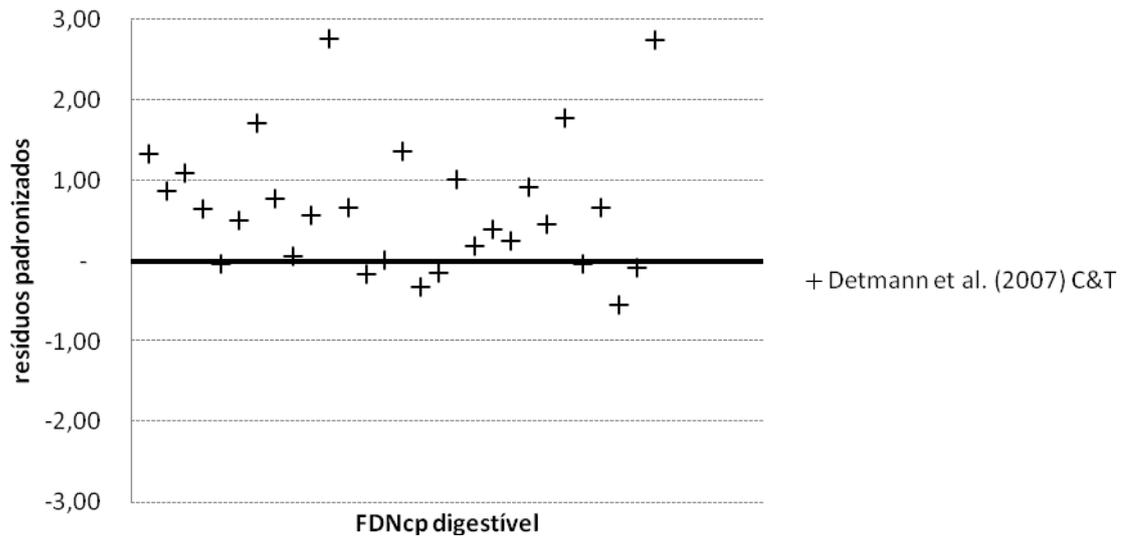


Figura 10 – Distribuição dos resíduos padronizados entre os valores observados de FDNcp digestível e preditos pelo modelo proposto por Detmann et al. (2007), para bovinos em crescimento e terminação

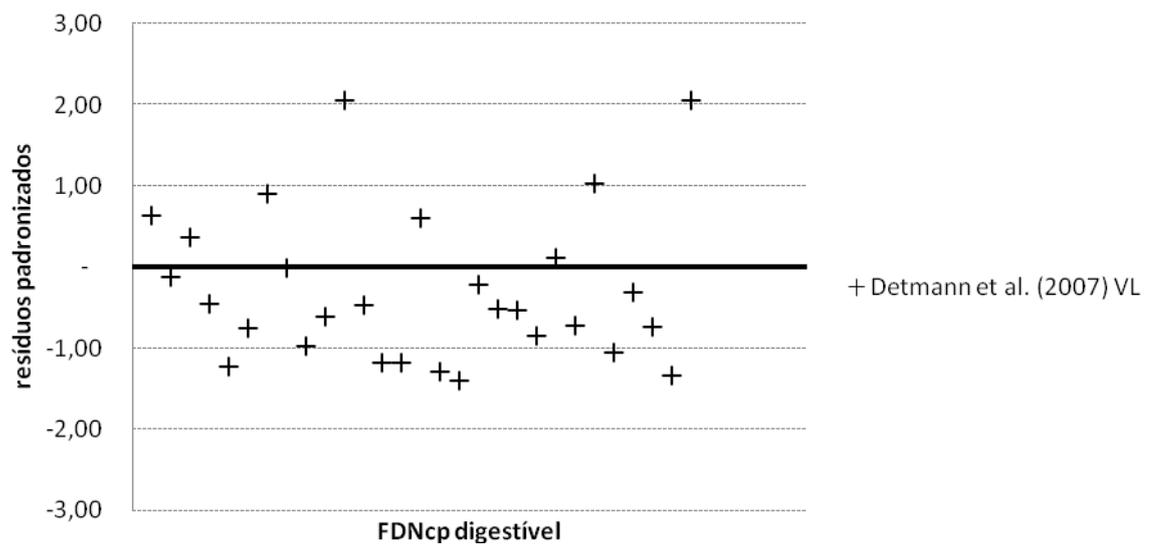


Figura 11 – Distribuição dos resíduos padronizados entre os valores observados de FDNcp digestível e preditos pelo modelo proposto por Detmann et al. (2007), para vacas em lactação

Alternativamente optou-se por utilizar os dados deste trabalho para validação da equação proposta por Machado et al. (2013) para  $FDNi = 4,1696 * \text{Lignina} (\%MS)$ . A referida equação foi proposta utilizando-se 24 forrageiras tropicais como silagens, fenos e capins. Os dados obtidos neste trabalho se ajustaram ao modelo proposto ( $P=0,4366$ ) quando avaliado pelo teste do intercepto conjunto, o que permite recomendar a equação proposta acima para estimar o teor de FDNi em forrageiras tropicais a partir do teor de lignina.

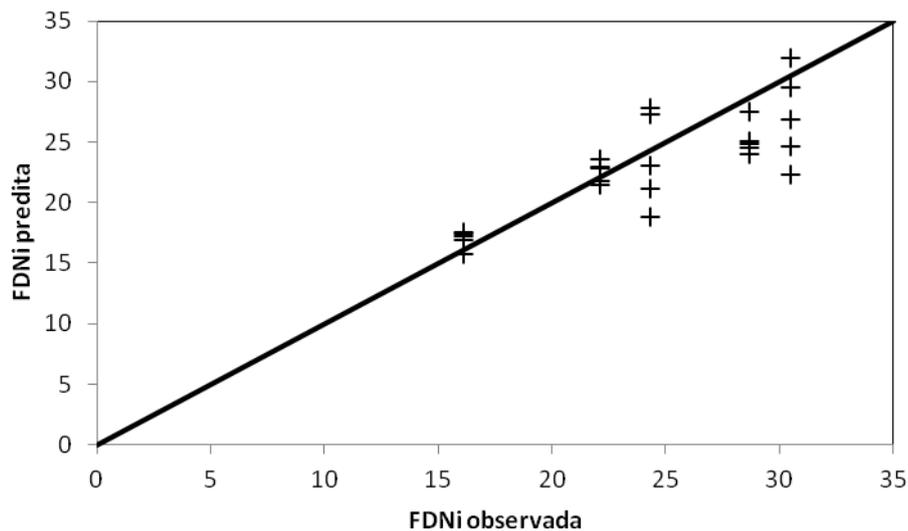


Figura 12 – Relação entre os valores observados de FDNi e preditos pelo modelo proposto por Machado et al. (2013) a partir do teor de lignina das forrageiras

## DISCUSSÃO

Trabalhos de pesquisas demonstraram claramente que existem limitações em termos de consumo de cana-de-açúcar (CA). Esta restrição se deve principalmente ao fato de que a taxa de digestão da FDN deste volumoso é reduzida ( $k_d = 0,008 \text{ h}^{-1}$ ), limitando assim o consumo pelo efeito da repleção (Magalhães et al., 2001). Em consequência do acúmulo de fibra indegradável no rúmen (taxa de passagem ( $k_p$ ) da  $FDNi = 0,017 \text{ h}^{-1}$ ), ocorre uma redução no consumo de MS (Rodrigues et al., 1992), sendo que, nesta pesquisa obteve-se valores de CMS da CA = 3,87 (kg/dia). Segundo Preston (1982), o efeito depressivo da cana-de-açúcar para esses consumos pode estar relacionado à baixa digestibilidade de sua fibra ou

com a baixa taxa de digestão da fibra no rúmen. Estas suposições são confirmadas quando se observa o valor de digestibilidade ruminal da FDN<sub>cp</sub> para cana-de-açúcar, que foi menor entre as demais (Tabela 4) e os valores de taxa de degradação ( $k_d$ ) da FDN<sub>cp</sub> e FDN<sub>pd</sub>, que também foram os mais baixos (Tabela 5) na comparação com os demais volumosos. Nutricionalmente, o baixo consumo de MS está relacionado com alto tempo de retenção do alimento no rúmen. Assim, o menor aproveitamento da cana-de-açúcar está relacionado à alta concentração de lignina e a sua ligação com os carboidratos estruturais (celulose e hemicelulose), impossibilitando a ação dos microrganismos do rúmen (Sobreira, 2006). A SCB apresentou consumo semelhante à SM em g/kg peso corporal (PC).

O consumo de PB apresentou comportamento similar ao apresentado pela MS, sendo os maiores valores obtidos em animais que consumiram SM e menores para os que consumiram FT85 e CA. Isto se deve ao fato de que as dietas foram formuladas para serem isoproteicas, com aproximadamente 11% de PB. Assim, os menores consumos de MS, mesmo em termos numéricos, como no caso do FT85, justificam os menores consumos de PB. O consumo de EE, aparentemente, também acompanhou o comportamento do consumo de MS, provavelmente devido às pequenas quantidades em que é encontrado nestes volumosos tropicais.

O consumo de CNF foi maior para os animais alimentados com SM, possivelmente por causa do maior consumo de MS e do maior teor de CNF desse volumoso. Valores intermediários foram observados para os animais que receberam CA, provavelmente devido ao alto conteúdo de sacarose encontrado neste alimento, o que eleva substancialmente o seu conteúdo de CNF. Na Tabela 1 é possível visualizar que os maiores valores de CNF são de 28,40% na SM e de 29,73% na CA. Os menores valores para consumo de CNF foram observados para os animais que consumiram SCB, SCE e FT85, cujos volumosos apresentam em sua composição os menores teores de CNF, 5,79% na SCB, 3,36% na SCE e 5,14% no FT85. Estes valores reduzidos de CNF nos volumosos se refletiram diretamente no consumo deste nutriente.

A dieta à base de cana-de-açúcar *in natura* apresentou o menor valor para consumo de FDN<sub>cp</sub> tanto em kg/dia quanto em g/kg PC. A cana-de-açúcar proporciona algumas limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína, minerais (corrigidos neste trabalho) e precursores gliconeogênicos e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal, afetando dessa forma o consumo deste alimento (Leng, 1988). Os animais

alimentados com CA apresentaram menor consumo de FDN<sub>cpD</sub>, o que é um reflexo direto da lignificação da parede celular, ou seja, do maior teor de FDN<sub>i</sub>.

De acordo com Lazzarini et al. (2009), o valor mínimo de 11% de PB (valor utilizado neste experimento) é requerido na dieta para que haja maximização da digestão de forrageiras de baixa qualidade. Entretanto, é possível que para cana-de-açúcar esse fato não seja aplicado. Devido ao fato de que, o valor mínimo de compostos nitrogenados, requerido para maximização do desempenho dos microrganismos frente à digestão da FDN, seja em torno de 7% de PB (Lazzarini et al., 2009 ; Sampaio et al., 2009). Os demais volumosos apresentaram consumo de FDN<sub>pd</sub> similar, assim, o fornecimento de 11% de PB maximizou a digestibilidade da FDN<sub>cp</sub> (Tabela 4). Já a cana-de-açúcar, mesmo com 11% de PB, não foi possível maximizar, pois a relação entre FDN<sub>i</sub>/FDN<sub>cp</sub> foi maior (50,0%) (Tabela 3).

A CA também proporcionou menor fluxo ruminal da MS, o que corrobora com os fatos apresentados. Os animais alimentados com CA apresentaram menor consumo de MS e maiores teores de FDN<sub>i</sub> na dieta (Tabela 1), o que possivelmente contribuiu para o aumento na proporção de FDN<sub>i</sub> dessa dieta, com diminuição na taxa de passagem do alimento e, conseqüentemente do fluxo de digesta (Queiroz et al., 2011). Além disso, nota-se que os animais alimentados com CA, mesmo apresentando menor consumo de MS total, não diferiram quanto à ingestão de FDN<sub>i</sub> (Tabela 3), o que favoreceu as menores ingestões de FDN<sub>pd</sub> por parte desses animais, contribuindo assim para o efeito de enchimento ruminal.

Não houve diferença para o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da MS, MO, PB e CNF entre os volumosos avaliados. Resultados controversos foram encontrados por Cabral et al. (2006), que concluíram que a dieta à base de SM diferiu dos demais tratamentos, apresentando maior digestão total da MS, MO e dos carboidratos totais (CT) que as dietas à base de FCT e SCE. Nesta pesquisa, este comportamento ocorreu para os valores de NDT (Tabela 4). Por outro lado, a digestibilidade aparente da MS e MO para a silagem de milho foi próxima aos valores encontrados por Mora et al. (1996), de 68 e 66%, respectivamente.

De acordo com Mariz (2012), avaliando a digestão ruminal obtida com amostras de digesta omasal e reticular e taxas de digestão em bovinos alimentados com dietas contendo CA *in natura* ou ensilada e SM, as dietas contendo SM e CA *in natura* apresentaram resultados similares quanto à digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDN<sub>cp</sub> e teor de NDT. Resultados semelhantes foram encontrados nesta pesquisa em relação aos valores encontrados para a digestibilidade aparente da MS, MO, PB e EE, que foram similares para os

animais consumindo SM e CA *in natura*. Neste trabalho, a digestibilidade da FDNcp foi maior para os animais alimentados com SCB, SCE e FT85 em relação aos alimentados com CA. Possivelmente, o nível de 11% de PB utilizado nestas dietas através da correção com ureia foi suficiente para maximizar a digestibilidade da FDNcp, como preconizado por Lazzarini et al. (2009), para forragens de baixa qualidade. Segundo Magalhães (2010) e Menezes et al. (2011), o maior teor da FDNi presente nas dietas à base de CA também pode limitar a degradação total da FDNcp deste volumoso, reduzindo a digestibilidade deste atributo nutricional. Nesta pesquisa, pode ser observado (Tabela 5) um menor valor de taxa de digestão da FDNcp na CA ( $0,008 \text{ h}^{-1}$ ), em relação aos demais tratamentos.

As digestibilidades ruminais da MS e MO foram similares entre os tratamentos. As silagens de milho e de capim-elefante apresentaram maiores digestibilidades ruminais da PB, enquanto que SCB, SCE e FT85 apresentaram maiores digestibilidades ruminais da FDNcp. Nelson & Moser (1994) afirmaram que, com o aumento da idade e conseqüentemente aumento no teor de fibra, as gramíneas tropicais apresentam um processo acelerado de diferenciação morfológica, caracterizado por aumento dos tecidos de sustentação presentes na fração colmo e redução nos tecidos relacionados à fração folha. Essa redução na relação folha-colmo é responsável pelo aumento nos teores de FDNi e pela diminuição da PB verdadeira, causando baixa degradação e lento desaparecimento da digesta no rúmen, o que pode explicar os menores valores para a digestão ruminal de FDNcp, observada para os animais que consumiram CA. Os demais volumosos mantiveram níveis satisfatórios de digestibilidade ruminal da FDNcp, possivelmente por terem apresentado níveis adequados de compostos nitrogenados e PB verdadeira para maximizar a eficiência microbiana e a degradação da parede celular.

De acordo com Sampaio et al. (2009), a FDNi exerce forte efeito sobre o valor nutritivo do alimento, principalmente em função da sua elevada capacidade de repleção ruminal. De acordo com Forbes (1995), a elevação na taxa de passagem do alimento faz com que haja aumento no consumo, como ocorreu com a SM, porém, a digestibilidade pode ser reduzida devido ao menor tempo no trato digestivo. O fluxo de digesta pelo trato gastrointestinal é determinado pela taxa de passagem ruminal, que, no caso de forrageiras tropicais apresenta baixos valores, em razão, principalmente, do alto teor de fibra de baixa degradabilidade, ampliando o efeito de repleção ruminal (Fernandes et al., 2003).

Quanto ao teor de N bacteriano, os valores obtidos variaram entre 6,1 a 7,1%, sendo os mesmos inferiores aos encontrados por Rabello et al. (1996), Carvalho et al. (1997) e Valadares et al. (1997), similares aos encontrados por Ladeira et al. (1999) e superiores aos resultados de Guimarães et al. (2001). Contudo, se encontram dentro da faixa de variação estipulada por Valadares Filho (1995), de 5,2 a 8,7%, e da faixa citada por Van Soest (1994) de 5,0 a 12,4%. Estes resultados supracitados correspondem a experimentos realizados com animais recebendo dietas a base de volumosos e concentrados em diferentes proporções. No entanto, os valores encontrados neste estudo, se referem à alimentação somente com volumoso. A relação NRNA:Ntotal nas bactérias, foi maior para os animais que receberam FT85, em relação aos alimentados com SM, CA e SCE, o que pode explicar a baixa eficiência microbiana (g/kg NDT) desta dieta, em relação às demais dietas avaliadas. A eficiência microbiana (g/kg NDT) foi maior para os animais alimentados com SCB (147,08 g/kg NDT); este valor é superior ao proposto pelo NRC (1996), que é de 13g PBmic/100 g NDT. Esta elevada eficiência microbiana pode ter sido resultado da menor relação de NRNA em relação ao Ntotal obtida nas bactérias. E também, a elevada digestibilidade da FDNcp da SCB pode melhorar a eficiência microbiana. Já o valor de eficiência microbiana da SM (101,99 g/kg NDT), pode estar relacionado ao alto consumo de NDT desta silagem 5,21 kg/dia (Tabela 3).

Resultados próximos foram encontrados por Gomes et al. (2006), avaliando o consumo, digestibilidade e produção microbiana, em novilhos alimentados com diferentes volumosos, com e sem suplementação, utilizando capim-elefante picado (CE); pré-secado de capim-tifton 85 (PS); feno de capim-braquiária (FB); feno de capim-braquiária e concentrado a 0,5% do peso corporal (FB:C1); e também feno de capim-braquiária e concentrado a 1% do peso corporal (FB:C2). Esses autores concluíram que a eficiência microbiana, entre os volumosos, foi maior na dieta CE (13,66g de PBmic/100g NDT) e próximo a 13% do NDT, valor sugerido pelo NRC (1996). E ainda que, os valores de eficiência microbiana dos tratamentos PS, FB e FB:C1 foram próximos aos descritos por Rennó (2003), que encontrou para o nível de 12% PB, o valor de 7,17g PBmic/ 100g NDT. Nota-se que os valores encontrados neste trabalho, de eficiência microbiana das dietas SCE (96,14 g/kg NDT) e FT85 (80,31 g/kg NDT) estão próximos aos resultados de Gomes et al. (2006) e Rennó (2003).

Os valores máximos de pH no rúmen de 6,72; 7,10; 7,06 e 6,92 foram estimados nos tempos de 9,45; 10,99; 11,13 e 12,00 horas após a alimentação para as dietas contendo SM;

SCB; SCE e FT85, respectivamente. Os valores obtidos de pH em todas as dietas estudadas estão dentro do limite estabelecido para que não haja comprometimento na digestão ruminal da fibra, pois valores de pH abaixo de 6,2 comprometem a atividade de bactérias celulolíticas (Orskov, 1982). De acordo com Coelho da Silva e Leão (1979), o pH parece ser fator importante na atividade proteolítica do rúmen, sendo que o ponto ótimo varia entre 6,0 e 7,0 sendo observado uma atividade máxima em torno de 6,5.

É possível observar, nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5, o comportamento médio do pH no rúmen, imediatamente antes e após o fornecimento da SM, SCB, CA, SCE e FT85, respectivamente. Observa-se que o valor inicial de pH foi menor para a dieta à base SM. Porém, este valor está dentro da faixa esperada para uma fermentação ruminal ótima. O pH ruminal pode influenciar o crescimento microbiano, principalmente dos microrganismos fibrolíticos, ocorrendo redução significativa na digestão da fibra com pH abaixo de 6,2 (Grant; Mertens, 1992). De acordo com estudos de Van Soest (1994), a fermentação de amido e de açúcares promove a diminuição no pH ruminal, devido a maior produção total de ácidos graxos voláteis (AGV's) e principalmente devido a maior produção de propionato pela via do ácido láctico, que pode ser acumulada no rúmen, reduzindo assim a digestão da fibra. No presente estudo a SM apresentou alto teor de CNF, proporcionando menores níveis de pH ao longo do tempo, em relação às demais silagens e feno.

A dieta à base de CA promoveu queda no pH após o fornecimento da dieta. O pool de carboidratos solúveis parece contribuir para esta redução, pois eleva o nível de substratos de rápida fermentação, contribuindo para produção rápida de AGV's. Quando ocorre redução moderada no pH ruminal, até aproximadamente 6,0, a digestão da fibra decresce um pouco, mas o número de organismos fibrolíticos não é usualmente influenciado, o que possivelmente pode ter ocorrido quando fornecida a dieta à base de CA. Entretanto, se o pH atinge uma faixa crítica de 5,5 a 5,0, há diminuição no número de microrganismos fibrolíticos, assim como em suas taxas de crescimento, podendo causar inibição na digestão da fibra (Hoover, 1986). Silagens de capins tropicais, por possuírem baixo conteúdo de CNF, contêm altos valores de pH, diminuindo a taxa de produção de AGV's. Portanto, estas silagens possuem maiores valores de pH devido ao maior poder tampão, o que afeta a qualidade da silagem.

Segundo Owens e Goetsch (1988), ao determinar o pH do fluido ruminal de animais alimentados com rações ricas em concentrado, encontraram valores entre 5,5 a 6,0 e para os alimentados exclusivamente com volumoso, de 6,2 a 7,0. Em relação aos valores de pH

encontrados neste trabalho, referentes aos alimentos com volumosos, foram encontrados valores próximos àqueles preconizados por Owens e Goetsch (1988), estando estes entre 6,1 a 7,6 para as dietas avaliadas.

Com relação aos modelos de predição da FDN digestível é possível notar que os modelos propostos por Detmann et al. (2007), para bovinos em crescimento e terminação, promovem tendência à superestimação dos dados. Estes autores relataram que a projeção dos limites do intervalo de confiança com 95% de probabilidade para as estimativas verificadas em bovinos em crescimento e terminação permite inferir que sua estimativa é superior ao valor descrito por Weiss et al. (1992), adotado pelo NRC (2001). Detmann et al. (2007) consideraram essa diferença nutricionalmente mais relevante, pelo fato da estimativa obtida referir-se a condições de alimentação *ad libitum*, contrariamente à condição estudada por Weiss et al. (1992), que projetaram suas proposições a animais sob restrição alimentar (manutenção). Essa divergência pode ser suportada, ao menos em parte, no maior tempo de retenção ruminal de partículas fibrosas de forragens tropicais em comparação àquelas produzidas em condições temperadas, implicando maior tempo de exposição à degradação ruminal, resultando, conseqüentemente, em maior digestibilidade total. Entretanto, os valores observados nesse trabalho para FDNcp digestível foram obtidos através de alimentação irrestrita, o que reduz a capacidade de aplicação das justificativas acima. O maior vício médio encontrado para o modelo de Detmann et al. (2007), para bovinos em crescimento e terminação, reforça o problema relatado para este modelo.

É possível observar que os modelos NRC (2001) e Detmann et al. (2007), para vacas em lactação, apresentaram menores tendências à sub ou superestimação, uma vez que os resíduos padronizados encontram-se uniformemente distribuídos em torno do eixo das abscissas, e dessa forma podem ser adotados com maior segurança.

Ao se proceder a obtenção de um novo parâmetro para a equação proposta por Detmann et al. (2007), para bovinos em crescimento e terminação:  $FDNd = 0,6099 \times \{[FDNcp - Lignina] \times [1 - (Lignina/FDNcp)^{0,85}]\}$ , pode-se obter valores de FDNcp digestível e posteriormente do NDT para bovinos em alimentação irrestrita com maior segurança, visto que o menor valor de  $\beta_1$  obtido permite obtenção de estimativas mais próximas das reais. Quando foram utilizados os dados de FDNi e de lignina deste trabalho para avaliação da equação proposta por Machado et al. (2013) para  $FDNi = 4,1696 * Lignina (\%MS)$ , foi

possível recomendar a equação proposta acima para estimar o teor de FDNi em forrageiras tropicais a partir do teor de lignina.

## CONCLUSÃO

O uso exclusivo de volumosos tropicais nas dietas de bovinos proporciona consumo e digestibilidades dos nutrientes satisfatórios, visto que dietas com 11% de proteína bruta atendem às exigências mínimas de compostos nitrogenados para que os microrganismos ruminais maximizem a digestão da fibra em detergente neutro. A cana-de-açúcar *in natura*, quando suplementada exclusivamente com uréia, representa um alimento com elevado teor de FDNi, o que se reflete em reduzido consumo dos nutrientes, podendo comprometer a digestibilidade da FDNcp. Para se obter estimativas de FDNcp digestível de volumosos tropicais recomenda-se utilizar a equação proposta por Detmann et al. (2007), para bovinos em crescimento e terminação reparametrizada:  $FDNd = 0,6099 \times \{[FDNcp - Lignina] \times [1 - (Lignina/FDNcp)^{0,85}]\}$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S.; LINTON J.A.V. *In vivo* methods to measure digestibility and digestion kinetics of feed fractions in the rumen. In. SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 1., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, p. 72-89, 2007.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2406-2412, 2006.

CARVALHO, A.U., VALADARES FILHO, S.C., COELHO DA SILVA, J.F. et al. Níveis de concentrado em dietas de Zebuínos. Eficiência microbiana e população de protozoários ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 26(5):1007-1015. 1997.

CECAVA, M.J.; MERCHEN, N.R.; GAY, L.C. et al. Composition of ruminal bacteria harvest from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency, and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.9, p.2480-2488, 1990.

COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N. et al. Efeitos do inoculante enzimático-bacteriano sobre a composição química, digestibilidade e qualidade das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.p.124-126.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. 1979. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Editora Livrocere. 380p.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.155-164, 2007.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para Análise de Alimentos** - INCT - Ciência Animal. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema.p.214, 2012.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980-984, 2010.

EVANGELISTA, R.A.; LIMA, J.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Aditivos na silagem de *coastcross* (*Cynodon dactylon* (L) Pers.) Farelo de trigo e polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.71-72.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Fracionamento e cinética da degradação in vitro dos carboidratos constituintes da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1778-1785, 2003.

FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Wallingford: CAB International, 1995. 532p.

FRANCE, J.; SIDDON, R.C. Determination of digesta flow by continuous marker infusion. **Journal of Theoretical Biology**, v.121, n.2, p.105-119, 1986.

GOMES, S.P.; LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade e produção microbiana em novilhos alimentados com diferentes volumosos, com e sem suplementação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.**, v.58, n.5, p.884-892, 2006.

GRANT, R.J ; MERTENS, D. R. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. **J. Dairy Sci**, v. 75, p .2762-2768, 1992.

GUIMARÃES, K.C.; BRANCO, A.F.; ZEOULA, L.M. et al. Efeito do período experimental sobre a fermentação ruminal e eficiência de síntese microbiana em bovinos alimentados com dois níveis de volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, 30(3):880-887, 2001.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **J. Dairy Sci.**, 69(10): p. 2755-2766. 1986.

HUHTANEN, P.; BROTZ, P.G.; SATTER, L.D. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.75, n.5, p.1380-1392, 1997.

LADEIRA, M.M.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Eficiência microbiana, concentração de amônia e ph ruminal e perdas nitrogenadas endógenas, em novilhos nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.28, n.2, p.404-411, 1999.

LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B. et al. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**, v.61, p.635-647, 2009.

LEÃO, M.I.; COELHO DA SILVA, J.F. Técnicas de fistulação de abomaso em bezerros: In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., 1980. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 37, 1980.

LEÃO, M.I. **Metodologias de coletas de digestas omasal e abomasal em novilhos submetidos a três níveis de ingestão: consumo, digestibilidade e produção microbiana.** Belo Horizonte, MG:UFMG-Escola de Veterinária, 2002, 57p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, 2002.

LENG, R.A. **Limitaciones metabolicas em la utilización de la cana de azucar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche em ruminantes.** In: PRESTON, T.R.; ROSALRS, M. (Ed.). *Sistemas intensivos para la producción animal y de energia renovable com recursos tropicales.* Cali: CIPAV, 1988. p. 1-24

MACHADO, P.A.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; SANTOS, S.A.; VALADARES, R.F.D.; DUCATTI, C.; ROTTA, P.P.; COSTA E SILVA, L.F. Development of equations to estimate microbial contamination in ruminal incubation residues of forage produced under tropical conditions using <sup>15</sup>N as a label. **Journal of Animal Science** (artigo no prelo), 2013.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S; CABRAL, L.S. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.591-599, 2001.

MAGALHÃES, F.A. **Cana-de-açúcar ensilada com diferentes graus brix com ou sem óxido de cálcio e silagem de milho em dietas para bovinos de corte.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 145p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

MANNO, M.C.; PEREIRA O.G.; MARTINS, H. et al. Composição bromatológica de silagens de capim coastcross, com e sem inoculante microbiano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 (CD-ROM).

MARIZ, L.D.S. **Desempenho, produção de metano entérico e avaliação de locais para estimação da digestibilidade ruminal de bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar e silagem de milho.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 97p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2012.

MAYER, D.; M. Stuart, and A. Swain. Regression of real-world data on model output: An appropriate overall test of validity. **Agricultural Systems** 45: 93-104. 1994.

MENEZES, G.C.C.; VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, F.A.; VALADARES, R.F.D.; MARIZ, L.D.; DETMANN, E.; PEREIRA, O.G.; LEÃO, M.I. Total and partial digestibility, rates of digestion obtained with rumen evacuation and microbial protein synthesis in bovines fed fresh or ensiled sugar cane and corn silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1104-1113, 2011.

MORA, P.J.G.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia líquida da silagem de milho (*Zea mays L.*) para vacas lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.2, p.357-368, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: National Academy, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: Academic Press, 2001. 381p.

NELSON, C.J.; MOSER, L.E. **Forage quality, evaluation, and utilization.** Madison: Library of Congress, 1994. p.112-134.

ORSKOV, E. R. **Protein nutrition in ruminants.** London: Academic Press. p. 160, 1982.

OWENS, F. N., GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D. C. 1988. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition.** Englewood cliffs. O & Books Inc., p. 146-171. 1988.

PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, p.877-884, 1982.

QUEIROZ, M.F.S.; MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; MALHEIROS, E.B.; SADER, A.P.O.; RESENDE, DE K.T.; EIFERT, E.C. Indicadores na estimativa do fluxo de digesta em bovinos de corte. **Archivos de zootecnia**, vol. 60, núm. 231, p. 576. 2011.

RABELLO, T.G., VALADARES FILHO, S.C., COELHO DA SILVA, J.F. et al. Grão de soja moído na alimentação de vacas em lactação. III- Eficiência microbiana, amônia e pH. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 25(2):270-281.1996.

RENNÓ, L.N. **Consumo, digestibilidade total e parcial, produção microbiana, parâmetros ruminais e excreções de uréia e creatinina em novilhos alimentados com dietas contendo quatro níveis de uréia ou dois níveis de proteína.** 2003. 252f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RIBEIRO, K.G.; PEREIRA O.G.; SOUZA, P.P.S. et al. Composição bromatológica de silagens de *Brachiaria decumbens*, tratadas com inoculante microbiano, em diferentes idades. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).

RODRIGUES, A.A.; VIEIRA, P.F.; TORRES, R.A; et al. Efeito da uréia e sulfato de cálcio na digestibilidade de cana-de-açúcar por ruminantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.10, p.1421-1427, 1992.

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; LAZZARINI, I.; et al. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.560-569, 2009.

SOBREIRA, G.F. Uso de cana-de-açúcar hidrolisada. Alternativa para alimentação de Ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.3, n.2, p. 327-330, 2006.

TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agric. Syst.** 89:225-247. 2006.

TEIXEIRA, C.B. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos.** 2004. 72p. Dissertação (Mestrado em produção de ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

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

VALADARES FILHO, S.C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 1995. p.355-388.

VALADARES FILHO, S.C.; ROTTA, P.P.; COSTA E SILVA, L.F.. **Técnicas de coleta duodenal, abomasal, omasal e reticular na avaliação do fluxo ruminal**. In: RENNÓ, F.P.; PRADA E SILVA, L.F. SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES,3. Pirassununga, SP. p.14-45, 2011.

VALADARES, R.F.D., CONÇALVES, L.C., SAMPAIO, I.B. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 3-pH, amônia e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, 26(6):1264-1269. 1997.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.S. A theoreticalbased model for predicting total digestible nutrient value of forage and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, n.1, p.95-110, 1992.