**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Níveis de suplemento energético para bovinos em pastagens tropicais
e seus efeitos no consumo de forragem e fermentação ruminal**

João Ricardo Rebouças Dórea

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2010**

João Ricardo Rebouças Dórea
Engenheiro Agrônomo

Níveis de suplemento energético para bovinos em pastagens tropicais e seus efeitos no consumo de forragem e fermentação ruminal

Orientador:
Prof. Dr. **FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2010**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Dórea, João Ricardo Rebouças

Níveis de suplemento energético para bovinos em pastagens tropicais e seus efeitos no consumo de forragem e fermentação ruminal / João Ricardo Rebouças Dórea. - - Piracicaba, 2010.

108 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Bovinos de corte 2. Capim marandu 3. Comportamento ingestivo animal 4. Fermentação
5. Pastagens 6. Rúmen 7. Suplementos energéticos para animais I. Título

CDD 636.2084
D695n

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICO

Ao meu filho e minha esposa,

Pedro Ferreira Dórea e Renally Canuto Ferreira

Por todo amor e carinho durante minha caminhada, sempre me apoiando e nunca me deixando desanimar. Hoje, sem dúvidas, são as forças que mais me motivam a buscar um futuro melhor e a realizar os sonhos, que muitas vezes consideramos distantes. São por vocês e pra vocês esta conquista.

Aos meus pais e minha irmã,

Tadeu Dórea, Márcia Rebouças e Ana Rebouças Dórea

Pela dedicação, compreensão e acima de tudo, pelo apoio, pois eles foram, nos momentos mais difíceis, o suporte que me ajudou a continuar e a superar meus obstáculos.

Aos meus avós,

Bartolomeu Formigli Rebouças e Ezilda Benjamin Rebouças Natália Neves Dórea e Floriano Fonseca Dórea (*in memoriam*)

Pelos exemplos de dedicação, respeito, honestidade e caráter, que formaram as bases dos princípios aprendidos por mim durante minha formação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me manter sempre com saúde para trabalhar e poder realizar todos os meus objetivos

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) por me proporcionar um excelente treinamento acadêmico, e me capacitar para que eu possa continuar meu desenvolvimento profissional.

Ao Fundo de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por fornecer os meios para que este projeto fosse realizado.

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos, pela orientação e principalmente, pela amizade. Por, durante estes dois anos, ter sempre me ajudado em todos os momentos os quais solicitei, compreendendo minhas limitações e me ajudando a superá-las.

Ao Prof. Dr. José Augusto Gomes Azevêdo e ao Pesquisador Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, por sempre me orientarem, me aconselhando a melhor forma de proceder nesta caminhada. Por terem sido essenciais na condução dos estudos de cinética de degradação ruminal *in vitro*, deixando o trabalho com uma ótima qualidade.

A Prof. Carla Maris Bittar, pelas conversas e conselhos, que me auxiliaram no desenvolvimento deste projeto.

Ao Prof. Dr. Dimas Estrásulas, por responder rapidamente a todas as dúvidas relacionadas a este projeto, sendo um importante orientador no que diz respeito aos marcadores para estimativa do consumo voluntário.

Ao Prof. Dr. Gerson Barreto Mourão por durante nosso trabalho apontar a direção correta em momentos de dúvida.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia pelos valiosos ensinamentos.

Meu especial agradecimento ao amigo Luiz Roberto Dell Agostinho Neto (Conçolo), pela grande amizade criada, que com certeza levarei para o resto da vida. No que diz respeito à ajuda no experimento, foi de uma preocupação imensurável, me ensinando muita coisa do campo, a qual não tinha conhecimento.

Ao André Luiz Marra (100-PREGA) pela amizade e ajuda durante a fase de campo.

Aos amigos Danielle (Bananinha), Camila Takassugui, Marina (URUK), Lucas (Paraíba), Clayton (Cirilo), Fábio (Civil). Em especial a três grandes amigos, os quais dividi muitos momentos de felicidade e de tristeza, são como irmãos para mim: Diego (Tchezinho), Vinicius (Goiano), Aliedson (Acreaninho), pois sem eles este trabalho não seria realizado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Efeitos da suplementação no consumo.....	17
2.2 Efeitos da suplementação no tempo de pastejo e taxa de lotação.....	23
2.3 Efeitos da suplementação no desempenho animal	25
2.4 Efeitos da suplementação na fermentação ruminal	29
2.4.1 Síntese de proteína microbiana.....	29
2.4.2 Digestibilidade de nutrientes e parâmetros ruminais: pH e amônia.....	33
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1 Área experimental	39
3.2 Período experimental, animais e tratamentos	40
3.3 Manejo do pastejo	42
3.4 Amostragem do pasto e do suplemento e análises laboratoriais	42
3.5 Avaliação do consumo voluntário	45
3.5.1 Cálculos do consumo voluntário.....	48
3.6 Produção de proteína microbiana	49
3.7 Parâmetros ruminais	51
3.8 Parâmetros sanguíneos.....	52
3.9 Excreção de nitrogênio.....	52
3.10 Comportamento animal	53
3.11 Ensaio de produção de gás <i>in vitro</i>	54
3.12 Delineamento Experimental	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1 Composição bromatológica e fracionamento de carboidratos e proteínas	59
4.2 Consumo voluntário	63
4.2.1 Marcadores externos.....	63
4.2.2 Consumo de forragem, total e de nutrientes estimados com óxido de cromo	68
4.3 Comportamento animal	73

4.4 Parâmetros ruminais: pH, amônia e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no líquido ruminal	75
4.5 Excreção de nitrogênio, síntese de proteína microbiana e nitrogênio uréico no plasma	79
4.6 Degradabilidade ruminal da FDN.....	83
4.7 Cinética de fermentação ruminal <i>in vitro</i> gás	88
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
REFERÊNCIAS	93

RESUMO

Níveis de suplemento energético para bovinos em pastagens tropicais e seus efeitos no consumo de forragem e fermentação ruminal

O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes níveis de suplementação energética sobre os parâmetros metabólicos (ruminais e sanguíneos), consumo de forragem, comportamento animal e cinética de fermentação ruminal de novilhos Nelore recriados em pastagem tropical na época das águas. Os tratamentos foram: T1) controle (somente suplementação mineral); T2) 0,3% PC; T3) 0,6% PC; e T4) 0,9% PC em milho moído fino e monensina sódica. Foram utilizados 8 novilhos Nelore, fistulados no rúmen, com aproximadamente 410 kg e 48 meses de idade. O delineamento estatístico utilizado foi o de quadrado latino, com 2 quadrados latinos 4x4. Os animais foram alocados em 1 ha de pastagem de capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Os parâmetros avaliados foram o consumo de forragem, comportamento animal, pH e amônia ruminais, concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), teores plasmáticos de glicose e uréia, cinética de degradação ruminal, síntese de proteína microbiana e excreção de nitrogênio. Dois marcadores foram testados para estimar o consumo, LIPE e óxido crômico, e o escolhido para estimar o consumo foi o óxido crômico. A suplementação energética reduziu linearmente ($P<0,05$) o consumo de forragem, mas aumentou o consumo total de MS e de NDT ($P<0,05$). As taxas de substituição foram mais altas no nível 0,3%, intermediária no nível 0,6% e mais baixa no nível 0,9% do PC ($P<0,05$). Entre as variáveis do comportamento animal houve efeito apenas para o tempo de pastejo ($P<0,05$), que foi reduzido, e para o tempo de ócio ($P<0,10$) que foi aumentado com a suplementação. Houve efeito da suplementação apenas na produção de propionato, entre os AGCC, sendo aumentada linearmente ($P<0,05$) em função da suplementação. O pH não foi alterado em função dos níveis de suplementação, estando entre valores recomendados para manutenção dos microrganismos celulolíticos. A concentração ruminal de $N-NH_3$ e a excreção de nitrogênio foram reduzidas com a suplementação ($P<0,05$). A síntese de proteína microbiana foi aumentada ($P<0,05$) em função dos níveis crescentes de suplementação, o que demonstra o efeito da sincronia de energia e proteína no rúmen. Não houve efeito significativo para os parâmetros sanguíneos (glicose e uréia). A suplementação melhorou a degradação da fração fibrosa, aumentando a fração potencialmente degradável da FDN ($P<0,05$), e reduzindo a fração indigestível da FDN. Não houve efeito ($P<0,05$) no lag time para a degradação da fibra. A redução no consumo de forragem em função da suplementação energética não está associada a prejuízos no pH ruminal e na degradação da fração fibrosa. A suplementação energética de bovinos de corte mantidos em pastagens de bom valor nutritivo e manejadas intensivamente no período das águas promove aumentos na síntese de proteína microbiana e melhorias na degradação da fibra.

Palavras-chave: Suplementação; Bovinos de corte; Capim-marandu; Período das águas; Altura pós-pastejo

ABSTRACT

Effects of levels of energetic supplement for beef cattle grazing tropical pastures on forage intake and ruminal fermentation

The objective of this trial was to evaluate the effects of different levels of energy supplementation on metabolic parameters (blood and ruminal), forage intake, animal behavior and ruminal kinetics of Nelore steers raised in tropical pasture during the rainy season. Each level of supplementation was considered a treatment and consisted of: T1) control (only mineral supplementation); T2) supply of 0.3% BW of energetic concentrate; T3) supply of 0.6% of BW of energetic concentrate; T4) supply of 0.9% of BW of energetic concentrate. Eight Nelore rumen-cannulated steers, averaging 410 kg BW and 48 months of age were assigned to two 4x4 Latin square and allotted in 1 ha of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pasture. The parameters evaluated were forage intake, ruminal pH and concentration of NH_3 and short chain fatty acids (SCFA), blood nitrogen urea and blood glucose, ruminal kinetics, microbial synthesis, nitrogen excretion and animal behavior. The marker that better estimated the intake was chromium oxide. Forage intake (% BW) decreased ($P<0.05$) and total DM intake increased ($P<0.05$) as levels of supplementation increased. Substitution rates decreased ($P<0.05$) as the supplementation level increased, explaining the higher total DM intake. Among the ingestive behavior variables, only grazing time, that decreased ($P<0.05$), and rest time, that increased ($P<0.10$), as the supplement level increased, were affected by supplementation. Among the SCFA, only the propionate concentration was affected ($P<0.05$) by the treatments, increasing as the levels increased. The ruminal pH was not affected by supplementation and was among the recommended values for maintenance of cellulolytic microorganisms. The concentration of NH_3 and nitrogen excretion decreased ($P<0.05$), and the microbial synthesis increased ($P<0.05$) as levels of supplement increased, as a result of the better synchronization between energy and protein in the rumen. Blood variables (glucose and urea nitrogen content) were not affected by treatments. Supplementation improved fiber degradation, by increasing the potential degradable fraction of NDF ($P<0.05$). There was no effect on the lag time of fiber degradation, confirming that the supplementation had no negative effects on the ruminal environment. The decreasing on forage intake as the supplement level increased was not associated neither to inadequate ruminal pH nor to impairment of fiber degradation. Energetic supplementation for beef cattle grazing tropical pastures intensively managed during rainy season improves microbial synthesis and fiber degradation.

Keywords: Supplementation; Beef cattle; Palisade-grass; Rainy season; Post-grazing height

1 INTRODUÇÃO

A utilização de pastagens como único alimento apresenta limitações de ordem nutricional e não nutricional que podem restringir ganhos de peso elevados de bovinos nas fases de recria e terminação (POPPI et al., 1987). O ganho de peso dos animais em pastagens é determinado principalmente pela ingestão de nutrientes, a qual é determinada pelo consumo de forragem e composição química da forragem. O consumo de forragem por sua vez é limitado pela composição química dessa forragem e pela capacidade do animal em colher essa forragem. A composição química da forragem limita o consumo após a colheita da mesma, através do mecanismo de distensão da parede ruminal ou efeito de enchimento ruminal (ALLEN, 1996). Já a capacidade de colheita da forragem é influenciada por fatores climáticos (como altas temperaturas), estrutura do pasto (fatores relacionados diretamente com o manejo) e limitações comportamentais do animal (frações do dia pré-destinadas a atividades de ruminação, ócio e pastejo) (POPPI et al., 1987). Sendo assim, fatores relacionados com as características da forragem, exigência nutricional do animal e capacidade de colheita eficiente são na maioria das vezes os principais limitadores de desempenhos elevados de animais em pastagens tropicais. Portanto, mecanismos que reduzam a possibilidade de ações negativas destes fatores são de extrema importância. A suplementação concentrada pode ser utilizada como estratégia para contornar as limitações previamente apresentadas que ocorrem com a utilização exclusiva de pastagens (SANTOS et al., 2009).

No tocante à sistemas de produção de bovinos em pastagens tropicais no Brasil Central, a estação do ano é fator importante e de maneira prática, o ano é dividido em

duas estações, a estação das águas e a estação seca. As modificações ocorridas em cada período determinam diferenças na qualidade e disponibilidade de forragem, e, portanto, o desempenho animal é diferente entre as estações assim como as estratégias de suplementação com concentrado a serem adotadas.

Durante a seca o teor de proteína das forragens é muito baixo, a ponto de limitar a atividade microbiana e reduzir a digestão de fibra com conseqüente limitação do consumo de forragem. Nesse caso, a suplementação protéica deve suprir essa deficiência e aumentar a ingestão de matéria orgânica digestível pelo animal (CARDOSO, 1997).

Durante as águas, em pastagens razoavelmente bem manejadas, o teor de proteína bruta das forrageiras é normalmente superior a 7% da MS. Em sistemas intensivos, com pastagens adubadas com nitrogênio, os teores de proteína bruta da forragem colhida pelo animal podem variar entre 12 a 22% de PB (FONTANELLI, 2005; CORREIA, 2006; RAMALHO, 2006; COSTA, 2007; DANÉS, 2010). Portanto nas águas, normalmente, o teor energético da forragem passa a constituir-se na maior limitação nutricional para alto desempenho animal, e a suplementação energética permite melhor sincronia entre a degradação de proteína e energia dentro do rúmen. Isso resulta em maior fermentação ruminal de carboidratos e maior produção de proteína microbiana. O resultado final é o maior aporte de energia e de proteína para o bovino.

A hipótese deste trabalho é que a suplementação energética no período chuvoso nos níveis de 0,3 a 0,9% do PC (peso corporal): a) reduz o consumo de forragem, porém sem que haja redução significativa no pH ruminal médio e na digestibilidade da fibra, e que fatores que não estes determinam o efeito de substituição; b) aumenta a

síntese microbiana e a eficiência de utilização do nitrogênio contido em forragens com teores altos de proteína bruta .

Portanto, os objetivos da pesquisa foram avaliar o efeito de níveis de concentrado energético sobre: 1) consumo de forragem e total; 2) comportamento animal; 3) parâmetros ruminais; 4) nitrogênio uréico no plasma e glicose plasmática; 5) degradação *in vitro* da fração fibrosa; 6) cinética de fermentação ruminal *in vitro* gás; 7) eficiência de utilização do nitrogênio e 8) síntese de proteína microbiana.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para elaboração de parte da revisão de literatura deste trabalho, foram revisados 52 artigos publicados em periódicos, 1 tese de doutorado e 2 dissertações de mestrado. Desses trabalhos revisados, 28 artigos publicados entre 2000 e 2010, a tese e as dissertações foram utilizadas para a realização de meta-análise sobre os efeitos da suplementação no desempenho animal no período das águas e no período da seca, e 24 artigos publicados entre 1974 e 2010 foram utilizados para a realização de meta-análise sobre os efeitos da suplementação no consumo total (forragem + suplemento) e de forragem, também nos 2 períodos distintos do ano.

2.1 Efeitos da suplementação no consumo

Foram compilados os dados referentes a 24 artigos publicados entre os anos de 1974 e 2010 que permitiram avaliar o efeito da suplementação sobre o consumo voluntário de 429 animais mantidos em pastagens, sendo 163 animais avaliados durante o período das águas e 266 animais avaliados durante o período seco do ano. (Tabela 1).

A dose média de concentrado fornecida tanto no período das águas quanto no período da seca foi de 0,48% do PC (peso corporal) dos animais. No período das águas a forragem apresentou maior valor médio de proteína bruta (PB) (12,3%) em relação à época seca (7,9%), justificando o menor teor de PB no suplemento das águas comparado com o da seca. O valor energético também foi maior na forragem das águas com 67,7% de FDN contra 72,9% na forragem da seca.

Tabela 1 - Caracterização dos trabalhos analisados em relação ao consumo de forragem e total, valor nutricional da forragem e do suplemento, dose, número de animais e peso dos animais

Estação	N		PC ¹	Dose ²	PBs ⁴	CMSF ²	CMST ²	FDNf ⁴	PBf ⁴
Águas	163	Med	381	0,49	18,8	2,05	2,40	67,7	12,3
		Máx	580	1,32	46,1	3,49	3,49	80,8	20,5
		Mín	289	0,12	10,9	0,93	0,93	53,5	7,4
Seca	266	Med	287	0,47	33,2	1,56	1,93	72,9	7,9
		Máx	387	0,90	54,9	2,59	3,14	80,9	23,6
		Mín	191	0,17	19,2	0,82	0,82	65,5	4,0

⁽¹⁾=Kg, ⁽²⁾=%PV, ⁽³⁾=% N= número de animais, PC=peso vivo, Dose= dose de suplemento, PB=proteína bruta (%MS), FDN=fibra em detergente neutro (%MS), f=forragem, CMSF= consumo de matéria seca de forragem, CMST= consumo de matéria seca total.

O consumo médio de forragem foi menor no período seco (1,56% do PC) que no período das águas (2,05% do PC), assim como o consumo médio de MS total de 1,93% do PC na seca contra 2,4% do PC nas águas. Essas diferenças, como esperado, ocorreram em virtude da menor qualidade da forragem e menor oferta de folhas verdes no período seco do ano em comparação com o período das águas.

No Gráfico 1 são apresentados os resultados da meta-análise dos dados de consumo de matéria seca de forragem e total em resposta aos níveis crescentes de suplementação protéica ou protéico/energética durante a seca. O consumo médio de forragem dos animais não suplementados foi de 1,7% do PC. Ao contrário do conceito difundido de forma generalizada que a suplementação protéica aumenta o consumo de forragem durante a seca, houve redução linear ($P < 0,05$) no consumo de forragem com a suplementação. A maioria dos dados analisados foram níveis de suplementação entre 0,3 e 0,6% do PC. Em apenas 5 dos 24 trabalhos revisados foram estudados níveis de suplementação menores que 0,3% do PC e em 2 desses estudos a suplementação aumentou o consumo de pasto, manteve em 1 e diminuiu nos 2 restantes. Portanto a meta-análise realizada é pouco representativa para níveis baixos (menor que 0,3% do

PC) de suplementação protéica na seca. Em outros 5 trabalhos revisados posteriormente à realização da meta-análise (McCOLLUM; GALYEAN, 1985; STOKES et al., 1988; GUTHRIE; WAGNER, 1988; KOSTER et al., 1996; MATHIS et al., 2000) a suplementação protéica em nível baixo aumentou o consumo de forragem de baixa qualidade.

O consumo de MS total aumentou com a suplementação ($P < 0,05$). Para cada 1% do PC de consumo de suplemento houve redução de 0,45% no consumo de forragem e aumento de 0,55% no consumo de MS total. O resultado final da suplementação protéica ou protéica energética na seca é o aumento no consumo de matéria orgânica digestível e de proteína pelo animal.

Gráfico 1 - Consumo de forragem ($r^2=0,80$) e total de matéria seca ($r^2=0,73$) em função de níveis crescentes de suplementação no período da seca

No Gráfico 2 são apresentados os resultados da meta-análise dos dados de consumo de matéria seca de forragem e total em resposta aos níveis crescentes de suplementação protéica, protéico-energética ou energética durante as águas. O

consumo médio de forragem dos animais não suplementados foi de 2,2% PC. A suplementação reduziu ($P<0,05$) o consumo de forragem nas águas de forma mais marcante que nas secas, ou seja, houve maior efeito substitutivo nessa época do ano, conforme esperado. Para cada 1% do PC de consumo de suplemento houve redução de 0,71% no consumo de forragem. A suplementação nas águas aumentou o consumo de MS total, porém este aumento foi menor que na seca. O efeito de substituição mais intenso nas águas ocorre em virtude da qualidade da pastagem e da característica do suplemento utilizado. Se por um lado esse alto efeito substitutivo pode limitar a resposta do animal em GPD ao suplemento nas águas, por outro lado ele possibilita aumentos consideráveis nas taxas de lotação dos pastos.

Gráfico 2 - Consumo de forragem ($r^2=0,92$) e total de matéria seca ($r^2=0,66$) em função de níveis crescentes de suplementação no período das águas

À medida que se suplementa e os animais deixam de consumir forragem para consumir concentrado, é gerado um excedente de forragem que torna possível o aumento da carga animal na área de pastagem (PERRY et al., 1971). Este é um fato

relevante e positivo que deve ser sempre lembrado no que diz respeito ao efeito de substituição da suplementação no período das águas.

Ainda não estão determinados de forma clara e conclusiva os fatores que determinam a redução no consumo de forragem causada pela suplementação com concentrado. A hipótese inicialmente levantada por vários nutricionistas que aponta para a redução do pH ruminal e por consequência da digestibilidade da fração fibrosa como agentes causadores da depressão no consumo de forragem, é pouco consistente de acordo com as revisões realizadas por Caton e Dhuyvetter (1997) e por Santos et al. (2009). Estudos sobre os fatores reguladores do consumo em bovinos têm gerado grande interesse por parte da comunidade científica ao longo dos anos (ANIL; FORBES, 1988; ALLEN, 2009; ZIEBA et al., 2005).

O fornecimento de energia via suplemento promove aumentos na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) como o propionato, que tem sido apontado como um dos responsáveis pela modulação do consumo em ruminantes. O efeito hipofágico do propionato em ruminantes tem sido amplamente documentado (ALLEN, 2009). Porém ainda são escassas as informações referentes ao exato mecanismo de ação do propionato no fígado sobre o controle da fome.

O consumo também pode ser influenciado por ações de hormônios reguladores da fome, como insulina, leptina e grelina, secretados respectivamente pelo pâncreas, tecido adiposo e estômago (abomaso nos ruminantes) e que são sensíveis à manipulações da dieta (HAYASHIDA et al., 2001). Acredita-se que esses hormônios desempenham um papel importante na transmissão do estado das reservas de energia para o sistema nervoso central para regular o consumo do animal. (ZIEBA et al., 2005).

Grovum (1995) sugeriu que os efeitos da infusão de propionato na redução do consumo estão associados ao aumento da produção de insulina pelo organismo.

A insulina liga-se a receptores de afinidade específica com a membrana celular da maioria dos tecidos, como músculos, fígado e tecido adiposo, desencadeando uma série de reações em cadeia. No músculo, promove captação de glicose e o estoque de glicogênio. No fígado, inibe a produção e liberação de glicose, bem como promove o estoque de glicogênio. No tecido adiposo, a captação de glicose é estimulada e a liberação de ácidos graxos livres é inibida, afetando diretamente o metabolismo de lipídeos, uma vez que reduz a oxidação de gorduras, por inibir a ação da lipase hormônio-sensível, e estimula o depósito de gorduras por ativação da lipase lipoprotéica (FRIEDMAN, 1998; HOWARD, 1999).

A insulina também atua no hipotálamo, interagindo com neurotransmissores envolvidos no mecanismo de controle da fome e da saciedade, sendo o NPY, o principal deles. O hipotálamo possui receptores sensíveis a glicemia plasmática, que induzem a uma maior sensação de fome quando os níveis glicêmicos apresentam-se baixos (VOLP et al., 2008)

A insulina interage com hormônios como a leptina, sendo capaz de estimular sua expressão por meio da metabolização da glicose e de lipídeos. A ingestão de alimentos gera sinais de saciedade, que através de circuitos neurais e hormonais, regularão a ingestão alimentar e o gasto energético (SCHWARTZ et al., 2000). O aumento da glicose na corrente sanguínea aumenta os níveis de insulina e leptina, fazendo com que haja inibição do consumo de alimentos. Ao contrário, o aumento da glicose sanguínea reduz a secreção grelina, o que resulta em efeito anorexígeno nessas condições (SUVIOLAHTI et al., 2003).

Com base nestes mecanismos acredita-se que após ingestões de suplementos concentrados capazes de aumentar o fluxo de glicose sanguínea através da fermentação ruminal (principalmente aumentando a proporção de propionato), ocorra a ação de hormônios (insulina, grelina e leptina), fazendo com que o consumo de forragem, que ocorreria posteriormente ao consumo de suplemento, seja reduzido, pela ação anorexígena que os níveis destes hormônios provocam. Quando os níveis hormonais são restabelecidos, inicia-se um comportamento orexígeno, que promoverá aumento do consumo de forragem novamente.

Para demonstrar esta teoria, Anil e Forbes (1980), citado por Allen (2000), infundiram propionato dentro da veia porta de ovelhas, o que reduziu em até 80% o consumo de matéria seca comparado ao controle.

Fica claro com base nos trabalhos revisados que a suplementação com concentrados, principalmente com os energéticos ou com os protéico-energéticos reduz o consumo de forragem. A magnitude dessa redução depende principalmente do nível de suplementação, mas geralmente o consumo total de matéria seca e principalmente de matéria orgânica digestível são aumentados.

2.2 Efeitos da suplementação no tempo de pastejo e na taxa de lotação

Dados sobre o efeito da suplementação no comportamento do animal com efeitos no consumo de pasto são escassos na literatura. Em trabalhos conduzidos por Vendramini et al. (2006, 2007) com bovinos suplementados mantidos em pastagem, nos quais foram avaliados consumo de forragem e tempo destinado ao pastejo, foram observadas reduções no tempo de pastejo em função de níveis crescentes de suplementação. Houve redução também no consumo de forragem em função dos níveis

de suplementação. Conseqüentemente por efeito de substituição a taxa de lotação nos dois estudos foi aumentada significativamente, o que corresponde ao excedente de forragem gerado pelo consumo de suplemento.

Conforme observado na meta-análise descrita anteriormente, o consumo do suplemento resulta em diminuição na ingestão de forragem. Tal fato é devido ao efeito de substituição, no qual a redução no consumo de forragem é expressa como uma proporção da quantidade do alimento alternativo consumido. Assim, o coeficiente de substituição pode ser definido como a quantidade de forragem que deixa de ser consumida em função de um determinado consumo de suplemento.

Para Reis et al. (1997), essa diminuição no consumo de forragem por animais em pastejo é semelhante ao ocorrido com aqueles confinados, em resposta à suplementação energética, e está associado a uma progressiva diminuição no tempo de pastejo e tamanho do bocado, com o aumento do nível de suplementação. O valor nutritivo da forragem, a disponibilidade dessa forragem e os tipos de suplementos fornecidos podem alterar a magnitude do efeito de substituição.

Foram revisados 8 trabalhos onde foram avaliados os efeitos da suplementação com concentrado não apenas no ganho de peso animal, mas também nas taxas de lotação das pastagens (AGOSTINHO NETO, 2010; Da CRUZ et al., 2009; COSTA, 2007; CORREIA, 2006; VENDRAMINI et al., 2006, 2007; GOES et al., 2005; PERRY et al., 1971). Em todos os trabalhos houve aumento da taxa de lotação e da produção de carne por área, o que evidencia o potencial da suplementação com concentrado como ferramenta para aumentar a produtividade de sistemas de produção em pastagens.

2.3 Efeitos da suplementação no desempenho animal

Para análise do desempenho de animais mantidos em pastagens, foram compilados os dados referentes a 28 artigos publicados entre os anos de 2000 e 2010, 2 dissertações de mestrado e 1 tese de doutorado onde foram avaliados os efeitos da suplementação ou não sobre o ganho de peso de 1287 animais, sendo 785 animais avaliados durante o período das águas e 502 animais avaliados durante o período seco do ano. (Tabela 2).

A dose média de suplemento fornecida no período das águas foi de 0,47% do peso vivo e na seca foi de 0,74%. Os teores de proteína bruta da forragem foram menores na seca (5,9% da MS) que nas águas (10,2% da MS), entretanto, valores de apenas 4,4% de PB foram relatados nas águas. Os suplementos utilizados na seca foram protéicos e/ou protéico-energéticos, com valores de PB de 10,3 a 83,1%. Nas águas, predominou a utilização de suplementos energéticos em virtude do teor de PB das forragens que na média foi de 10,2% na MS, chegando a valores de até 16,3% em função da adubação nitrogenada alta.

O GPD médio nas águas dos animais suplementados e não suplementados foi de 0,84 kg/cab nas águas contra 0,51 kg/cab na seca. A taxa de lotação média nas águas foi de 3,84 UA/ha contra 1,6UA/ha na seca.

Tabela 2 - Caracterização dos trabalhos analisados para desempenho em relação ao número de animais, peso dos animais, nível de suplementação, consumo total, valor nutricional da forragem e do suplemento, taxa de lotação e disponibilidade de forragem

Estação	N		PC ¹	Nível ²	GMD ³	NDTs ⁴	PBs ⁴	CMST ²	PBf ⁴	FDNf ⁴	Tx. Lot ⁵	Massa. For ⁶
Águas	785	Med	286	0,47	0,84	76,7	25,6	2,41	10,2	67,5	3,84	6,2
		Máx	448	1,30	1,13	93,4	48,0	2,87	16,3	76,2	9,58	12,8
		Mín	181	0,15	0,35	66,5	6,4	2,11	4,4	55,5	1,00	2,57
Seca	502	Med	288	0,74	0,51	72,3	28,7	2,26	5,9	70,9	1,46	7,1
		Máx	415	1,00	1,12	82,9	83,1	2,65	10,2	84,3	7,86	12,2
		Mín	191	0,06	-0,11	45,0	10,3	1,90	3,4	55,0	0,30	1,3

(¹)=Kg, (²)=%PC, (³)=kg/animal/dia, (⁴)=%, (⁵)=UA/ha, (⁶)=toneladas/ha, N= número de animais, PC=peso corporal, Dose= dose de suplemento, GMD=ganho médio diário, NDT=nutrientes digestíveis totais (%MS), PB=proteína bruta (%MS), FDN=fibra em detergente neutro (%MS), s=suplemento, f=forragem, CMST= consumo de matéria seca total, Tx. Lot= taxa de lotação (UA/ha), Massa For= massa de forragem (ton/ha).

Os valores médios de massa de forragem foram altos tanto na seca quanto nas águas, porém o valor nutricional da forragem foi mais baixo na seca. O manejo realizado no período seco para garantir uma elevada oferta de forragem, geralmente caracterizado pelo diferimento da pastagem, proporcionou acúmulo elevado de forragem, entretanto de baixo valor nutritivo. Tanto as massas de forragem quanto as taxas de lotações observadas nos experimentos compilados podem não refletir situações reais em sistemas comerciais de produção. Nas águas, a taxa de lotação média de 3,84 UA/ha com massa de forragem de 6,2 ton de MS/ha pode ser indicativo de baixa eficiência de uso dessa forragem e alta possibilidade de seleção pelo animal. O mesmo pode ter ocorrido na seca, onde a lotação média foi de 1,71 UA/ha com massa de forragem de 7,1 ton de MS/ha. Nessas condições os GPD obtidos exclusivamente em pastagens podem ser maiores que os observados na maioria das fazendas brasileiras, e as respostas ao suplemento podem ser menores que nas fazendas comerciais.

No Gráfico 3 são apresentados os resultados da meta-análise para o período das águas. O GPD médio nas águas no tratamento não suplementado foi elevado (0,801 kg/animal), explicado pelo bom valor nutricional e abundância na oferta de forragem.

O aumento do GPD foi linear ($P < 0,05$) com níveis crescentes de suplementação. A resposta baixa ao suplemento nas águas se deve ao GPD alto de 0,801 kg/animal dos animais não suplementados. A resposta em GPD foi de apenas 180 g/cab para o nível de suplementação de 1% do PC. Essa resposta dificilmente viabiliza a suplementação nas águas para o animal médio do banco de dados de 286 kg de peso corporal.

Gráfico 3 - Ganho médio diário ($r^2=0,80$) em função de níveis crescentes de suplementação no período das águas

Dos 16 trabalhos compilados sobre suplementação nas águas, em 14 houve a comparação entre níveis de suplementação, havendo sempre um tratamento controle (sem suplementação). Desses 14 trabalhos, em 7 o GPD médio dos animais não suplementados foi alto, em torno de 0,89 kg/animal. Nesses 7 estudos não houve

resposta ($P > 0,05$) à suplementação. Nos 7 trabalhos restantes, o GPD médio dos animais foi de 0,57 kg/animal e a suplementação aumentou o GPD ($P < 0,05$) dos animais em patamares bem maiores que os projetados pela equação obtida com a meta-análise de todos os dados das águas.

Fica claro que a viabilidade da suplementação nas águas depende em grande parte do desempenho dos animais mantidos em pastagens sem suplementação. Em fazendas onde o GPD durante as águas é da ordem de 0,8 kg/animal a resposta à suplementação é baixa e pouco viável do ponto de vista financeiro. Obviamente que aprimorar as condições de manejo de pastagens para obter tais GPD durante as águas deve ser uma das metas prioritárias na fazenda. Entretanto, a manutenção desses ganhos durante todo o período das águas, entre outubro e abril, normalmente não é atingida em sistemas comerciais. Nesse caso a suplementação pode se tornar ferramenta de grande valia para o sistema de produção. Na realidade, a suplementação nas águas pode ser altamente viável em sistemas intensivos que trabalham com altas taxas de lotação, com alta produção por área, mas com menor ganho por animal. Nesses casos a suplementação em níveis moderados pode dobrar a produção de carne por área, em virtude do aumento significativo do GPD dos animais e da taxa de lotação dos pastos.

No Gráfico 4 são apresentados os resultados da meta-análise para o período da seca. Houve resposta quadrática à suplementação nesse período ($P < 0,05$). A maior parte desta resposta está associada ao baixo valor nutricional da forragem, nessa época e baixa oferta de matéria seca verde, especialmente folhas, que limitam o CMS e o desempenho (SIMONI et al., 2009). Com base na equação gerada pela meta-análise dos dados, o GPD do animal médio de 288 kg de PC não suplementado foi de

0,25kg/animal, valor este bem acima do normalmente observado nas fazendas comerciais durante a seca. O aumento em GPD foi de 0,42 kg/animal para a suplementação no nível de 1% do PC e de 0,27 kg/animal para o nível de suplementação de 0,5% do PC. Obviamente que essas respostas devem ser maiores quanto menores forem os GPD dos animais não suplementados no sistema de produção.

Gráfico 4 - Ganho médio diário ($r^2=0,85$) em função de níveis de suplementação no período das secas

2.4 Efeitos da suplementação na fermentação ruminal

2.4.1 Síntese de proteína microbiana

A disponibilidade e a sincronização entre energia e compostos nitrogenados (N) no rúmen, têm sido reconhecidas como os fatores que mais afetam a síntese de proteína microbiana (RUSSELL et al., 1992). A taxa na qual a energia é disponibilizada é o fator mais limitante à síntese de proteína microbiana, uma vez que os carboidratos fibrosos apresentam lenta taxa de digestão, e as proteínas são rápida e extensivamente

degradadas no rúmen. Desta forma, o fornecimento de quantidades moderadas de carboidratos não fibrosos, geralmente aumenta o fluxo de N microbiano para o abomaso, desde que não haja limitação de N disponível no rúmen. De acordo com Stern et al. (1994), os principais nutrientes necessários para o crescimento microbiano ruminal são a proteína bruta e os carboidratos, os quais podem ser fermentados para proporcionar nitrogênio amoniacal, aminoácidos, esqueletos de carbono e energia na forma de ATP, para a síntese microbiana.

Nos sistemas nutricionais atuais utilizam-se estimativas do suprimento de energia para o animal, para a predição da síntese microbiana. Assim, a produção de proteína microbiana pode ser estimada com base na energia metabolizável, na energia líquida de lactação, nos carboidratos digestíveis, na matéria orgânica fermentável ou nos nutrientes digestíveis totais (INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA, 1988; AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC, 1992; TAMMINGA et al., 1994; MADSEN et al., 1995; NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 2001).

Em todos esses sistemas, a síntese de proteína microbiana por unidade de energia é considerada fixa, embora em alguns deles sejam adotados fatores de ajustes como no NRC (2001) onde a eficiência microbiana varia em função da disponibilidade de PDR (proteína degradável no rúmen) da dieta.

Tem sido demonstrado que, em dietas contendo altos níveis de concentrado, a eficiência de síntese microbiana ruminal é menor do que em dietas com níveis moderados de concentrado (AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC, 1984). Contudo, segundo Clark et al. (1992), na compilação de dados experimentais com dietas onde os teores de forragem variaram de 24 a 81% na MS, não se detectou

alteração significativa no fluxo de nitrogênio não amoniacal e de aminoácidos para o intestino delgado de vacas de leite, o que inviabilizou o estabelecimento de uma relação concentrado: volumoso adequada.

Segundo Clark et al. (1992), a matéria orgânica ingerida é um importante fator que contribui para determinar a quantidade de N microbiano passando para o intestino delgado, sendo a matéria orgânica verdadeiramente degradada no rúmen um preditor mais acurado em relação à matéria orgânica aparentemente degradada no rúmen.

Avaliando o efeito de diferentes CNF (carboidratos não fibrosos) como pectina, sacarose e amido, e da FDN sobre a produção de PBmic em sistemas de fermentação *in vitro*, com o pH sendo mantido acima de 6,49 nos tubos de fermentação, Hall & Herejk, (2001) observaram maior produção com amido, seguido da pectina, da sacarose e por último da FDN. Também foi observado que os picos de produção de PBmic foram atingidos com 15,6; 13,5; 12,6 e 19,3 horas após o início da fermentação, respectivamente, para amido, pectina, sacarose e FDN. O que corrobora com a resposta encontrada por Sanne et al. (2002), que observou maior síntese de PBmic com a dieta contendo amido. No entanto, estes trabalhos vão de encontro com outros trabalhos publicados na literatura. (CHAMBERLAIN e THOMAS, 1983; CHAMBERLAIN et al., 1993; CHAMBERLAIN e CHOUNG, 1995) que citam os açúcares solúveis (sacarose, lactose e frutose) como sendo superiores ao amido como fonte de energia para a fixação de nitrogênio microbiano no rúmen

Diante desta variação nos resultados publicados, observa-se que o aumento na síntese de PBmic não depende só da fonte de carboidrato utilizada, mas também de outros fatores como o teor de PDR da dieta, amônia ruminal e pH ruminal, não tendo

um consenso sobre qual a fonte de carboidrato é mais eficiente em aumentar a síntese de PBmic.

Uma vez que os açúcares representam, normalmente, menos de 10% do total de carboidratos não fibrosos (CNF), o amido torna-se a principal fonte de carboidratos para o crescimento microbiano (HOOVER; MILLER-WEBSTER, 1998). A taxa de fermentação de todos os carboidratos determina seu destino no trato digestivo e a eficiência com a qual os microrganismos podem utilizá-los (VAN SOEST et al., 1991).

Segundo Dewhurst et al. (2000), a inclusão de amido em dietas para ruminantes pode afetar os microrganismos ruminais de várias maneiras, dificultando uma predição do resultado final. Entretanto, uma moderada inclusão beneficia os microrganismos ruminais, através do aumento no substrato e na taxa de crescimento das bactérias associadas à fase líquida.

Revisando alguns experimentos sobre o efeito das fontes de amido sobre o metabolismo microbiano ruminal, Clark et al. (1992) sugeriram que, proporcionalmente, uma maior quantidade de proteína microbiana e uma menor quantidade de nitrogênio não amoniacal e não microbiano passaram para o intestino delgado, quando a fermentação da MO foi aumentada no rúmen. Dessa forma, a utilização de fontes de carboidratos prontamente degradadas, tais como, a cevada, na alimentação de vacas de leite foi associada com um aumento da síntese de proteína microbiana ruminal, o que se deve, possivelmente, a uma maior disponibilidade de energia em comparação com o milho moído. Dietas a base de milho aumentaram a quantidade de compostos não nitrogenados e não microbianos passando para o intestino delgado, resultando em pequenas mudanças na passagem de nitrogênio não amoniacal.

2.4.2 Digestibilidade de nutrientes e parâmetros ruminais: pH e amônia

A digestibilidade da forragem, especialmente da sua fração fibrosa, pode ser alterada para mais ou para menos em função de parâmetros ruminais como o pH e a concentração de N-NH₃. Tanto a suplementação protéica quanto a energética pode alterar de forma distinta esses 2 parâmetros e assim afetarem o consumo de forragem (SANTOS et al., 2009)

Em diversos trabalhos de pesquisa estudou-se o efeito da suplementação protéica no consumo de forragem e digestão da fibra em animais mantidos em pastagens ou alimentados com feno com teores baixos de PB.

No trabalho de Caton et al. (1988) o fornecimento de 0,83 kg/cab/dia de farelo de algodão aumentou o consumo de forragem, acompanhado por aumento na degradação *in situ* da FDN, nos tempos 4, 8, 12, 18 e 36 de incubação e aumento na taxa de passagem ruminal de sólidos em comparação com animais não suplementados. O pH ruminal não diferiu entre os tratamentos (6,3 x 6,4), mas a concentração de N-NH₃ ruminal aumentou de 1,3 para 7,1 mg/dL uma hora após a suplementação e de 1,5 para 5,4 mg/dL às 4 horas após a alimentação. A suplementação protéica estimulou a fermentação ruminal com maiores concentrações molares de ácidos graxos de cadeia curta tanto uma hora quanto oito horas após a suplementação.

Stokes et al. (1988) forneceram farelo de soja (0,12 ou 0,24% do peso vivo) para vacas de corte alimentadas com feno (90% da ingestão *ad libitum*), e constataram que a suplementação com PDR aumentou a digestibilidade da FDN, porém com pequenas diferenças entre os dois níveis de proteína.

De acordo com Galyean e Owens (1991), a suplementação protéica em forragem com baixo teor de proteína e alto teor de fibra, melhora a digestão, subseqüentemente melhorando a taxa de passagem e a ingestão voluntária

Entretanto, em alguns trabalhos não foi demonstrado efeito positivo da suplementação protéica na digestão da FDN e consumo de forragem.

Avaliando diferenças no desaparecimento e na taxa de degradação da FDN do pasto, Krysl et al. (1989) suplementaram bovinos com 0,5 kg de farelo de soja ou 0,5 kg de grãos de sorgo floculados e não encontraram influência do carboidrato ou da proteína. Também Hunt et al. (1989) e Judkins et al. (1991) suplementaram com farelo de algodão novilhos que recebiam feno de festuca e não encontraram diferenças na taxa de desaparecimento da FDN.

No trabalho de Bodine e Purvis (2003) a suplementação com 0,93 kg de MS de farelo de soja não aumentou o consumo e a digestibilidade da MO da forragem. O pH ruminal permaneceu inalterado (6,44 x 6,35). Houve aumentos na concentração sérica de uréia (5,6 x 15,8 mg/dL), nos consumos de MO total e digestível e no ganho de peso dos animais. De acordo com estes autores a ausência de efeito positivo da suplementação protéica na digestibilidade da forragem também foi relatada nos trabalhos de Bodine et al. (2000, 2001). A ausência de efeito positivo da suplementação protéica na digestibilidade da forragem provavelmente se explica pelo aumento nos consumos de forragem e de MS total.

Quanto ao N-NH₃ ruminal, muitos autores defendem a existência de concentrações mínimas de N-NH₃ para que não ocorra limitação na síntese microbiana, na fermentação ruminal e na degradação da fibra. Não há, todavia, consenso sobre o valor ótimo de N-NH₃ ruminal para otimizar cada uma dessas 3 variáveis. Satter e Slyter

(1974) recomendaram 2 a 5 mg de N-NH_3 /100 mL de líquido ruminal como satisfatório para otimizar a síntese microbiana. Já Preston e Leng (1987), recomendaram em torno de 20 mg de N-NH_3 / 100 mL e Mehrez et al. (1977), recomendaram de 19 a 23 mg de N-NH_3 /100 mL de líquido ruminal para otimizar o crescimento microbiano.

Franco et al. (2002, 2004) trabalharam com três níveis de degradabilidade da proteína (alta, média e baixa) e em três quantidades de suplemento para bovinos no período da seca. Os autores relataram que os níveis de N-NH_3 ruminal (17,0, 21,9, 27,9 mg/100 mL), foram sensíveis à degradabilidade e à quantidade dos suplementos, de forma mais acentuada, uma hora após o fornecimento, declinando gradativamente até quatro a cinco horas. No entanto não observou alterações na degradação da fibra em função da suplementação protéica. Este fato demonstra que o uso da suplementação protéica, associada com o aumento da produção de amônia não afetou a síntese microbiana a ponto de alterar a degradabilidade da fração fibrosa. O que mostra mais uma vez que estas melhorias não dependem somente de um nível ótimo de amônia no rúmen.

Com base nos trabalhos revisados (FRANCO et al., 2002, 2004; MATEJOVSKY e SANSON, 1995; KRYSL, 1989). Pode-se concluir que a suplementação protéica melhorou a digestibilidade da fibra, quando os níveis de PB da dieta eram tão baixos a ponto de não suprirem as quantidades mínimas de compostos nitrogenados para manutenção da população microbiana. Pois uma vez que estes níveis de PB foram aumentados, não foram observadas respostas com aumento na degradação da fibra.

De acordo com a meta-análise realizada a suplementação energética exerce efeito negativo no consumo de forragem mais intenso que a suplementação protéica. Entretanto, de acordo com Caton e Dhuyvetter (1997) a redução no pH ruminal com

conseqüente redução na digestão da FDN, normalmente citadas como as principais causas da redução do consumo de forragem, podem não estar envolvidas no processo.

Em 11 trabalhos revisados sobre suplementação energética, foram avaliados tanto o consumo de forragem quanto o pH ruminal (PORDOMINGO et al., 1991; BODINE et al., 2003; BROKAW et al., 2001; CHASE; HIBBERD, 1987; HESS et al., 1996; CAREY et al., 1993; ELIZALDE et al., 1998; FAULKNER et al., 1994; RICHARDS et al., 2006; MARTIN; HIBBERD, 1990; SALES et al., 2008). Com exceção do trabalho de Brokaw, nos demais trabalhos a suplementação energética sempre reduziu o consumo de forragem. Em apenas 3 (CAREY et al., 1993; FAULKNER et al., 1994; SALES et al., 2008) desses 10 trabalhos a suplementação energética reduziu o pH ruminal significativamente. Nos demais trabalhos sempre houve redução numérica, mas não significativa do pH ruminal, que sempre permaneceu acima de 6,0. De acordo com Orskov (1982) e Mertens (1977), o crescimento microbiano começa a ser prejudicado apenas quando o pH ruminal cai abaixo de 6,2. As digestibilidades da forragem ou da FDN foram avaliadas em 9 dos 10 trabalhos onde houve redução no consumo de forragem com a suplementação energética. Em 5 desses trabalhos houve efeito negativo nas digestibilidades. Em apenas 1 desses 5 trabalhos (CAREY et al., 1993) a suplementação energética reduziu significativamente o pH ruminal. Portanto, na maioria dos trabalhos não parece ter havido condição inadequada de pH ruminal para a digestão da fibra, que possa explicar a redução consistente do consumo de forragem nos animais suplementados com energia.

As concentrações ruminais de N-NH_3 e de ácidos graxos voláteis foram determinadas em 8 dos trabalhos revisados onde a suplementação energética reduziu o consumo de forragem (PORDOMINGO et al., 1991; CHASE; HIBBERD, 1987; HESS et

al., 1996; CAREY et al., 1993; ELIZALDE et al., 1998; FAULKNER et al., 1994; RICHARDS et al., 2006; MARTIN; HIBBERD, 1990). A suplementação energética reduziu a concentração de N-NH_3 em 6 dos 8 trabalhos e aumentou a concentração molar de ácidos graxos voláteis em 5 trabalhos. Em 2 dos 3 trabalhos onde a concentração molar de AGCC não foi aumentada com a suplementação energética (CHASE et al., 1987; PORDOMINGO et al., 1991) os teores de PB da forragem (4,2 e 10,5% respectivamente) podem ter limitado a fermentação ruminal, quando doses de milho entre 0,6 e 0,7% do PC foram fornecidas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área Experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP), localizada no município de Piracicaba, SP, durante os meses de fevereiro a abril de 2009, com duração total de 76 dias. A área utilizada correspondeu 8 piquetes de 1200 m² cada, formados com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e manejada em sistema de pastejo rotacionado (Figura 1). Os animais tinham acesso a cochos com mistura mineral em todos os piquetes e a 2 locais com bebedouro. O fornecimento do suplemento concentrado era realizado no centro de manejo em área anexa aos piquetes, provido de cochos individuais.

Figura 4 - Área experimental

3.2 Período experimental, animais e tratamentos

O experimento teve 4 períodos experimentais de 19 dias, totalizando 76 dias. Cada período teve 11 dias iniciais para adaptação dos animais aos níveis de suplementação. Os 8 dias subsequentes foram utilizados para realização das coletas na seguinte ordem: no 12º dia foi realizado o comportamento ingestivo, do 13º ao 17º dia foram realizadas as coletas de fezes, no 18º dia foram realizadas as coletas de sangue e urina e no 19º dia foi feita a coleta de líquido ruminal

Foram utilizados 8 novilhos Nelore com cânula ruminal, com PC (peso corporal) médio de 410 kg e 48 meses de idade. Os oito animais foram mantidos juntos como um único lote nos piquetes, sendo apartados apenas durante o fornecimento do suplemento (Figuras 2 e 3).

Figura 2 - Animais experimentais em baias individuais

Figura 3 - Animal consumindo suplemento concentrado

Os tratamentos consistiram de níveis crescentes de suplemento energético: T1) controle, somente mistura mineral; T2) 0,3% do PC; T3) 0,6% do PC; T4) 0,9% do PC. Os animais foram pesados sem jejum antes do início de cada período experimental e com base nesses pesos corporais eram ajustadas as quantidades diárias de suplemento para cada tratamento durante todo o período.

O suplemento era composto de milho moído fino e monensina sódica. A concentração de monensina sódica variou entre os suplementos dos tratamentos T2, T3 e T4, a fim de proporcionar o mesmo consumo diário do aditivo para os animais desses 3 tratamentos.

O suplemento foi fornecido uma vez ao dia em cochos individuais, às 10 horas da manhã, com objetivo de interferir o mínimo possível no período de pastejo dos animais. Os animais do tratamento controle eram trazidos para o centro de manejo juntamente com os animais suplementados, tanto para infusão dos marcadores como para as coletas de amostras. O tempo médio de permanência dos animais no centro de manejo para o consumo dos suplementos era de 40 minutos.

3.3 Manejo do pastejo

O método de pastejo utilizado foi o rotativo, utilizando a altura como critério para entrada dos animais no piquete. O acesso dos animais a cada piquete ocorria quando o dossel forrageiro apresentava 25 cm de altura média, com o objetivo de atingir 95% de interceptação de luz (GIACOMINI et al., 2009). A altura média do resíduo pós pastejo estabelecida foi de 15 cm (COSTA, 2006). Os pastos foram adubados com 45 kg N ha⁻¹ por ciclo de pastejo.

3.4 Amostragem do pasto e suplemento e análises laboratoriais

Para fins de análises bromatológicas descritivas do pasto, horas antes da entrada dos animais no piquete, amostras do estrato pastejável (dos 15 aos 25 cm de altura do dossel forrageiro) foram coletadas em 10 pontos distintos por piquete, em cada período experimental. As amostras foram secas em estufa a 55°C por 72 horas logo após a coleta, moídas em peneira com malha de 1mm em moinho tipo Willey, compostas por período e armazenadas à temperatura ambiente. Posteriormente as amostras foram analisadas para matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) segundo a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990), proteína bruta por combustão de Dumas (Leco 2000, Leco Instruments Inc), a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina segundo Van Soest et al. (1991) sem o uso de sulfito e de amilase. As análises de N-FDN e N-FDA foram realizadas por digestão com detergentes neutro (sem sulfito) e ácido, seguida de determinação do nitrogênio total nos resíduos, pelo micro Kjeldahl (AOAC, 1990). A digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) foi realizada segundo Tilley e Terry

(1963), adaptada segundo Goering e Van Soest (1970), na qual o estágio de digestão com pepsina e ácido clorídrico é substituído pela lavagem com detergente neutro.

Os suplementos energéticos foram coletados 1 vez por período, normalmente logo após a batida dos mesmos, e compostos por período, uma vez que a diferença entre eles era desprezível, em função apenas das concentrações de monensina sódica. Ao final dos 4 períodos experimentais as amostras de cada período foram compostas em uma única amostra. A amostra do suplemento foi moída em peneira com malha de 1 mm em moinho tipo Willey e armazenada em temperatura ambiente e posteriormente foi analisada para matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) segundo a AOAC(1990), proteína bruta por combustão de Dumas (Leco 2000, Leco Instruments Inc), a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina segundo Van Soest et al. (1991) sem o uso de sulfito e com amilase. As análises de N-FDN e N-FDA foram realizadas por digestão com detergentes neutro (sem sulfito) e ácido, seguida de determinação do nitrogênio total nos resíduos, pelo micro Kjeldahl (AOAC, 1990). A digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) foi realizada segundo Tilley e Terry (1963), adaptada segundo Goering e Van Soest (1970), na qual o estágio de digestão com pepsina e ácido clorídrico é substituído pela lavagem com detergente neutro.

Os valores de NDT das amostras de forragem e do suplemento foram calculados a partir da equação proposta por Weiss et al. (1992).

O fracionamento da proteína bruta do capim foi feito de acordo com o (SNIFFEN et al., 1992). A fração A corresponde ao nitrogênio não protéico (NNP) foi determinada como sendo o nitrogênio solúvel em ácido tricloroacético (TCA) (LICITRA et al., 1996). A fração B1 é composta pela proteína verdadeira solúvel e foi determinada pela

diferença entre o nitrogênio solúvel em solução tampão de borato fosfato (KRISHNAMOORTHY et al., 1982) e o NNP. A fração C, considerada indisponível ao animal, é o nitrogênio ligado de forma irreversível à parede celular e é determinado pelo nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (VAN SOEST et al., 1991). A fração B3 corresponde à proteína verdadeira de lenta degradabilidade e é calculada pela diferença entre nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) (VAN SOEST et al., 1991) e NIDA. Por fim, a fração B2 é a proteína verdadeira de média degradabilidade e é calculada como o nitrogênio total menos todas as outras frações.

Os carboidratos totais (CHOT) foram obtidos de acordo com a equação 1, na qual a somatória dos teores de PB, EE e MM são subtraídos da MS.

$$\text{CHOT}(\% \text{MS}) = 100 - (\text{PB}(\% \text{MS}) + \text{EE}(\% \text{MS}) + \text{MM}(\% \text{MS})) \quad (1)$$

Os carboidratos dos capins em estudo foram divididos em 3 frações (A+B1, B2 e C), seguindo a metodologia descrita por Sniffen et al. (1992). A fração C, representada pela fibra indisponível, foi obtida através da equação 2:

$$\text{C}(\% \text{CHOT}) = \text{FDN}(\% \text{MS}) * (\text{lignina} (\% \text{FDN}) * 2,4) / \text{CHOT}(\% \text{MS}) \quad (2)$$

onde o valor de 2,4 multiplicado pela lignina corresponde ao material remanescente após 72 horas de digestão *in vitro* (MERTENS, 1973 apud SNIFFEN et al., 1992). Para o cálculo da fração B2, de lenta degradação ruminal, utilizou-se a equação 3:

$$B2(\%CHOT) = 100 * (FDN(\%MS) - PIDN(\%PB) * 0,01 * PB(\%MS)) - \\ C(\%CHOT) / CHOT(\%MS) \quad (3)$$

As frações A e B1, nada mais são que carboidratos não fibrosos (CNF), onde A representa carboidratos rapidamente fermentescíveis e B1 representa amido e fibra solúvel. Para calcular a fração A+B1, pode-se utilizar a equação 4:

$$A+B1(\%CHOT) = 100 - (B2(\%CHOT) + C(\%CHOT)) \quad (4)$$

3.5 Avaliação do consumo voluntário

Os consumos de pasto foram estimados a partir das produções totais de fezes (PTF), determinada por meio de três marcadores externos (Lipe[®] e óxido crômico), e da digestibilidade dos alimentos, determinada com o uso do marcador interno fibra em detergente neutro indigestível (FDNi).

Os marcadores foram comparados entre si. Para o cálculo de consumo de nutrientes foi escolhido o marcador cuja estimativa de consumo de MS mais se aproximou do consumo predito pelo NRC (1996).

O óxido crômico (Cr₂O₃) foi pesado e embrulhado em papel toalha, formando péletes de 5g do marcador, os quais foram administrados diretamente no rúmen, via fístula ruminal, duas vezes ao dia, totalizando 10g por dia. O marcador foi administrado durante 15 dias, sendo 10 dias de adaptação (do dia 1 ao dia 10 do período experimental) e 5 dias de coleta de fezes (do dia 11 ao dia 15 do período experimental), duas vezes ao dia (às 10 e 17 horas).

Figura 4 - Óxido crômico em péletes de papel sendo administrado via fístula ruminal

As amostras de fezes foram submetidas à digestão nitro-perclórica a quente (VEGA; POPPI, 1997) no Laboratório de Tecidos Vegetais do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP. O plasma resultante da digestão foi analisado para concentração de cromo pela técnica de espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente, no Laboratório de Análise Ambiental e Geoprocessamento do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP).

O marcador externo hidroxifenilpropano modificado e enriquecido (LIPE[®]) foi administrado via cápsula comercial de 0,5 g diariamente pela fístula ruminal, utilizando um total de 7 dias (do dia 9 ao dia 15 do período experimental), sendo 2 de adaptação e 5 de coleta de fezes, duas vezes ao dia (as 10 e 17 horas). As fezes coletadas foram enviadas para análise em laboratório comercial da empresa fornecedora do marcador. O material enviado foi analisado pela espectroscopia no infravermelho (SALIBA, 2005).

Figura 5 - Marcador externo: LIPE[®]

As amostras de fezes (aproximadamente 200 g) comuns para todos os marcadores foram obtidas diretamente do reto dos animais e, congeladas por animal e por período a -10°C . Posteriormente, as amostras foram descongeladas, secas durante 72 horas a 55°C e moídas em peneira com malha de 1mm em moinho tipo Willey. Após a que foi seca em estufa a 105°C para determinação do teor de MS das fezes.

A digestibilidade da forragem e dos concentrados foi determinada com o marcador interno FDNi. Amostras de forragem de cada período, do concentrado e das fezes de cada animal foram moídas a 1mm, acondicionadas em bolsas de filtro F-57 (Ankom[®]) e incubadas no rúmen de uma vaca fistulada consumindo dieta mista (30% de concentrado) por 240 horas (CASALI et al., 2009). A incubação foi seguida de lavagem com água corrente até o total clareamento e secagem em estufa a 105°C por 12 h, sendo o resíduo submetido à extração com detergente neutro (VAN SOEST et al., 1991), em equipamento analisador de fibra Ankom200[®], e lavados com água quente e acetona.

3.5.1 Cálculos do consumo voluntário

A produção total de fezes foi estimada segundo equação 5, para os marcadores óxido de cromo e Lipe:

$$PTF \text{ (kgMS / dia)} = \frac{QMA \text{ (g)}}{CMF \text{ (g / kgMS)}} \quad (5);$$

onde,

PTF= produção total de fezes

QMA= quantidade do marcador administrado

CMF= concentração de marcador nas fezes

A indigestibilidade dos alimentos, necessária também para o cálculo do consumo, estimado pelo óxido de cromo e pelo Lipe, foi determinada pela concentração de FDNi no alimento dividida pela concentração de FDNi nas fezes de cada animal.

A contribuição fecal proveniente do concentrado (PF concentrado) foi determinada como sendo a quantidade de concentrado oferecida multiplicada por sua indigestibilidade. O valor obtido foi descontado da produção fecal total para determinar a produção fecal proveniente da forragem. Sendo assim, o consumo de pasto foi calculado com a equação 6:

$$CF \text{ (kgMS / dia)} = \frac{PTF - PFC \text{ (Kg)}}{1 - DF} \quad (6);$$

onde,

CF= consumo de forragem

PTF= produção total de fezes

PFC= produção de fezes do concentrado

DF= digestibilidade da forragem

1 – DF = indigestibilidade da forragem

3.6 Produção de proteína microbiana

A produção de proteína microbiana foi estimada com base na concentração de derivados de purina presentes na urina de cada animal (CHIZZOTTI et al., 2006). A coleta spot de urina foi realizada no 18º dia de cada período, 4 horas após a suplementação, acidificada e congelada a -20º C. para análise posterior.

O ácido utilizado foi o HCl 6N, na proporção de 2 mL de ácido para 40 mL de urina, sempre certificando-se de que o pH da amostra ficasse menor que 3. Caso mais ácido tenha sido necessário para atingir esse pH, a diluição foi anotada para posterior correção nos cálculos.

As análises de creatinina, alantoína e ácido úrico foram realizadas no laboratório de nutrição animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (LNA/CENA), através da técnica de cromatografia gasosa. A análise de nitrogênio na urina foi realizada no laboratório de nutrição animal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), segundo a metodologia de proposta por *Kjeldahl* (AOAC, 1990)

O material foi preparado através de centrifugação (3000 rpm / 20min) e filtragem (membrana de 0,45µm). Para a análise foi utilizado um HPLC modelo HP1100, com coluna C18 (250 x 4,6 mm 5µm), bomba quaternária e detector de arranjo de diodo. Foi utilizado um sistema cromatográfico em gradiente, utilizando duas fases móveis: tampão A (NH₄ H₂PO₄ 0,0025M, pH 3,5) e tampão B (tampão A:acetonitrila, 8:2, pH 4,0). Além disso, foi utilizado oxipurinol (1mM/amostra) como padrão interno.

A excreção de creatinina por unidade de peso vivo foi estimada segundo a equação 7, proposta por Chizzotti (2004):

$$EC = 32,27 - 0,01093 \times PV \quad (7);$$

O volume urinário foi estimado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina e sua excreção por unidade de peso vivo.

A excreção de purina total (PT) foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina, expressas em mmol/dia

As purinas absorvidas (mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purina (mmol/dia), por intermédio da equação descrita para zebuínos (PIMPA et al., 2001):

$$Pabs = \frac{PT - 0,147 \times PV^{0,75}}{0,85} \quad (8);$$

em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas; 0,147 é a contribuição endógena para a excreção de purinas.

O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (Y, g N/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (mmol/dia), pela equação 9 (CHEN; GOMES, 1992):

$$Nmic = \frac{70 \times Pabs}{0,83 \times 0,0116 \times 1000} \quad (9);$$

em que 70 é o conteúdo de N de purinas (mg N/mol); 0,116, a relação N purina:N total nas bactérias; e 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas.

3.7 Parâmetros ruminais

A coleta de líquido ruminal foi realizada no 19º dia de cada período, às 0, 2, 4, 6 e 8 horas após o fornecimento do suplemento, com auxílio de um cano de PVC com o seu perfil perfurado, inserido na porção ventral do rúmen com uma mangueira plástica acoplada ao bico de uma piceta, que possibilitava a formação de vácuo capaz de succionar o líquido ruminal para o interior da piceta. A piceta, a mangueira e o cano de PVC eram lavados entre um animal e outro.

Figura 6 - Coleta de fluido ruminal

Foram coletados aproximadamente 200 mL de líquido ruminal para a leitura de pH em peagâmetro digital. Posteriormente 40 mL de fluido ruminal foram acondicionados em frasco plástico e imediatamente armazenados a -10°C , para posterior análise de N amoniacal (N-NH_3) e de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC).

As amostras de fluido ruminal foram descongeladas em temperatura ambiente e centrifugadas a 15.000 g por 30 minutos para separar o sobrenadante das partículas do conteúdo ruminal. O sobrenadante foi analisado para AGCC, por cromatografia em fase gasosa (ERWIN et al., 1961), e de nitrogênio amoniacal, de acordo com Chaney e Marbach (1962).

3.8 Parâmetros sanguíneos

No 18º dia de cada período experimental foram coletadas amostras de sangue através de punção na veia coccígea e armazenadas em tubos de ensaio a vácuo contendo 5 mg fluoreto de sódio como anticoagulante e 5 mg EDTA K3 como antiglicolítico. As referidas coletas foram realizadas 4 horas após o fornecimento matinal das rações.

As amostras de sangue foram centrifugadas a 3.000 x g por 20 minutos a uma temperatura de 4°C para obtenção de plasma, acondicionadas em tubos de 2 mL do tipo “ependorff” e congeladas a -10° C para determinação dos teores plasmáticos de uréia de acordo com Chaney e Marbach (1962), e de glicose através do analisador bioquímico automático YSI 2700 Select.

3.9 Excreção de nitrogênio

As amostras de fezes e urinas descritas nas seções anteriores foram também utilizadas para determinação da concentração de nitrogênio, por combustão de Dumas (Leco 2000, Leco Instruments Inc) e segundo a metodologia proposta por *Kjeldahl* (AOAC, 1990), respectivamente.

A partir da concentração de nitrogênio, da produção total de fezes e do volume total de urina, foram estimadas as excreções diárias (g) de nitrogênio na urina e nas fezes.

A partir dos valores encontrados oriundos do consumo de nitrogênio (N), do N excretado na urina e nas fezes, foi possível através da equação abaixo obter o N retido (g/dia) e o N retido (%N consumido) em função dos níveis de suplementação energética, segundo as equações abaixo (11 e 12):

$$N_{retido} = N_{consumido} - N_{fezes} - N_{urina} \quad (10);$$

$$N_{retido} (\% N_{consumido}) = \frac{N_{retido}}{N_{consumido}} \times 100 \quad (11);$$

3.10 Comportamento Animal

O comportamento animal foi determinado mediante observação visual individual dos animais, durante 24 horas, em intervalos de 5 minutos, perfazendo um total de 288 observações. Foram determinados os tempos gastos em ingestão (pastejo), ruminação e ócio, sendo o último a somatória do tempo em que os animais permaneceram em descanso e ingerindo água. O tempo total despendido em cada atividade foi calculado multiplicando-se o número total de observações por cinco.

Figura 7 - Animais em pastejo, sob avaliação de comportamento ingestivo

As taxas de ingestão e de ruminação foram calculadas dividindo-se o tempo de pastejo e de ruminação pelo consumo de MS e de FDN. Dessa foram obtidas as seguintes taxas: min/g de MS ingerida, min/g de FDN ingerida, min/g de MS ruminada e min/g de FDN ruminada.

3.11 Ensaio de produção de gases *in vitro*

A taxa de degradação *in vitro* dos alimentos e das rações foi estimada usando o método semi-automático da produção cumulativa de gases proposto por Mauricio et al. (1999). O inóculo ruminal foi obtido de bovinos adultos, fistulados no rúmen e mantidos em pastagem, suplementados com 1 kg/dia de um concentrado contendo milho, farelo de soja, uréia e sal mineral. O inóculo foi incubado com 0,3 g de amostra, sendo utilizadas 28,125 mL de meio de cultura e 3,125 mL de inóculo, com três repetições por tratamento em cada horário.

Figura 8 - Vidrinhos e caixas de incubação e solução nutritiva para ensaio de cinética de fermentação ruminal *in vitro* gás

Os tratamentos foram montados em cima dos valores de consumo de forragem (capim Marandu) e de concentrado (milho moído fino e monensina sódica) observados no ensaio de campo (100% forragem; 85% volumoso / 15% concentrado; 75% volumoso / 25% concentrado; e 65% volumoso / 35% concentrado). Também foi incubada amostra com 100% de concentrado.

A pressão dos gases produzidos foi medida nos tempos 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 17, 20, 24, 28, 36, 48, 72 96 e 120 horas após a incubação, mediante o uso de um transdutor-medidor de pressão (PDL800, Laboratório de Nutrição/ Universidade Estadual de Santa Cruz). Do valor obtido em cada leitura foi subtraída a pressão obtida de vidros sem substrato (branco). O volume final de gás da degradação de carboidratos fibrosos (VfCF), volume final de gás da degradação de carboidratos não fibrosos (VfCNF), lag time (L), taxa de degradação de carboidratos fibrosos e não fibrosos (KdCF e KdCNF, respectivamente) foi estimada de acordo com o modelo logístico bicompartimental proposto por Pell e Schofield (1993).

Após 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72, 96 e 120 horas de incubação, os conteúdos dos frascos foram filtrados em cadinhos porimizados para determinação da degradabilidade da FDN.

Os valores de desaparecimento da FDN foram ajustados por modelos não lineares pelo PROC NLIN do pacote estatístico SAS (2003) para determinação das frações B e C, taxa de degradação da fração B (kd) e fase de latência discreta (“lag time”).

Os modelos foram ajustados pelo método de Gauss-Newton. Os parâmetros da cinética de degradação ruminal da FDN (equação 13) foram estimados segundo Mertens e Loften (1980):

$$Y = b \times \exp^{-c(t-L)} + I, t > L \quad (12);$$

em que: b=fração insolúvel, potencialmente degradável (%); c = taxa de degradação da fração b (h⁻¹); I = fração não degradável (%); L = tempo de latência ou *lag time* (h); e t = tempo de incubação (h).

Após o ajuste das equações para degradação da fibra em detergente neutro (FDN), procedeu-se à padronização de frações segundo a proposição de Waldo et al. (1972), conforme as equações:

$$B_p = \frac{b}{b + I} \times 100 \quad (13);$$

$$I_p = \frac{I}{b + i} \times 100 \quad (14);$$

em que: bp = fração potencialmente degradável padronizada (%); Ip = fração não degradável padronizada (%); e b e I=como definidas anteriormente.

3.12 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi quadrado latino duplo. Foram utilizados 8 animais, 4 tratamentos e 4 períodos, utilizando-se 2 animais por tratamento por período.

Todas as variáveis, com exceção das variáveis relacionadas ao experimento de cinética de fermentação ruminal, foram analisadas pelo PROC MIXED do pacote estatístico STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS (2003), adotando-se as características do modelo específicas para cada variável. As médias foram calculadas pelo LSMEANS ajustado para comparação pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (comparação entre marcadores), ou, pelo teste F através de contrastes polinomiais ortogonais (avaliação dos efeitos lineares e quadráticos).

Os parâmetros das equações utilizadas na variável cinética de fermentação ruminal, foram ajustados por modelos não lineares pelo PROC NLIN do pacote estatístico SAS (2003).

Obrigatoriamente, todos os conjuntos de dados foram testados antes da análise geral final, na intenção de assegurar que todas as premissas da análise de variância (aditividade do modelo, independência dos erros, normalidade dos dados e homocedasticidade) estivessem sendo respeitadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição bromatológica e fracionamento de carboidratos e proteína

Na Tabela 3 são apresentados de forma descritiva os valores médios da composição bromatológica do capim Marandu por período e do suplemento energético utilizados no presente estudo.

Tabela 3 – Composição bromatológica do capim Marandu por período e do suplemento energético

ITEM	Capim Marandu				MÉDIA	Suplemento
	Períodos					
	1	2	3	4		
MM ¹	11,47	10,77	11,7	10,37	11,08	1,07
PB ¹	12,12	12,43	13,07	14,84	13,12	9,32
FDN ¹	63,97	60,75	63,24	62,26	62,56	13,11
FDA ¹	30,98	31,51	31,72	30,58	31,2	5,07
CEL ¹	28,5	28,96	28,87	27,17	28,38	5.40
HEM ¹	33,00	29,24	31,52	31,68	31,36	8,04
LIG ¹	3,41	2,85	2,48	2,55	2,82	1,16
EE ¹	1,90	1,26	1,70	1,65	1,63	4,81
DIVMS ¹	75,86	73,62	73,36	75,27	74,52	92,53
NDT ¹	56,69	58,37	58,14	59,35	58,14	88,04

(¹) % da matéria seca, MM= matéria mineral, PB= proteína bruta, FDN= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido, CEL= celulose, HEM=hemicelulose, LIG= lignina, EE= extrato etéreo, DIVMS= digestibilidade *in vitro* da MS, NDT= nutrientes digestíveis totais.

Com base nos dados da Tabela 3 a forragem oferecida aos animais pode ser considerada de boa qualidade. O teor de PB da forragem é determinado principalmente pelo estágio fisiológico da planta, teor de matéria orgânica do solo e dose de nitrogênio aplicado ao solo (SANTOS et al., 2005). Costa (2007) trabalhou nessa área experimental com mesmo nível de adubação nitrogenada e mesmo critério para a entrada e saída dos animais do piquete e obteve teor de PB de 15,3% na MS da forragem. O teor mais alto de PB no trabalho de Costa (2007) provavelmente se deve

ao período experimental mais longo, com efeito acumulativo das doses de N. Velásquez et al. (2009), avaliaram a composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de amostras do estrato pastejável de 3 gramíneas tropicais (capim Marandu, Tanzânia e Tifton 85) e relataram que o capim Marandu foi a que apresentou o melhor valor nutritivo na época das águas com 54% de FDN, 2,27% de LIG e 15% de PB na MS. Correia (2006) e Costa (2007) trabalharam na mesma área com capim Marandu e relataram valores de PB, FDN e LIG de 12,5 e 15,3%; 57,3 e 63,7%; 3,1 e 3,3%, respectivamente. Tais valores são indicativos da resposta positiva da forragem quando bem manejada.

No CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) carboidrato e proteína são divididos em frações com taxas específicas de degradação ruminal e de digestão no intestino delgado. Os carboidratos são divididos nas frações A (açúcares simples) que apresenta rápida degradação ruminal, B1 (amido e pectina), de média degradação ruminal, B2 (parede celular disponível de acordo com as taxas de passagem e degradação) com taxas lentas de degradação ruminal e na fração C (lignina) não degradada pelos microrganismos ruminais (SNIFFEN et al., 1992).

Os valores encontrados na literatura para o fracionamento de carboidratos de gramíneas tropicais apresentam faixa com variação ampla, que pode ser decorrente da idade de colheita da planta, época do ano, forma de amostragem, entre outros fatores. Pacheco Júnior (2009) coletou amostras do estrato pastejável enquanto Malafaia et al. (1998) coletaram amostras da planta cortada rente ao solo. Os valores médios de CHOT (% da MS) foram 73,34 e 85,4% e os das frações A+B1 foram 16,28 e 11,9%, respectivamente. Os valores de CHOT encontrados no presente estudo (Tabela 4) são semelhantes aos reportados por Pacheco Júnior (2009), entretanto, os valores da

fração A+B1 (% CHOT) foram baixos quando comparados com os reportados nessa referência acima. Valores tão baixos das frações A+B1 não eram esperados em virtude do bom manejo da pastagem que foi adotado. Valores baixos para a fração A+B1 de apenas 4,46; 1,45; 2,03; 3,28% da MS para o feno de Tifton 85 cortado com 28, 35, 42 e 56 dias, respectivamente também foram reportados por Ribeiro et al. (1998)

Tabela 4 – Frações de carboidratos da amostra de estrato pastejável do capim Marandu

ITEM	Capim Marandu				MÉDIA
	<i>Período 1</i>	<i>Período 2</i>	<i>Período 3</i>	<i>Período 4</i>	
CHOT ¹	74,51	75,54	73,53	73,14	74,18
A+B1 ²	3,35	10,68	6,05	5,32	6,35
B2 ²	85,67	80,26	85,86	86,31	84,52
C ²	10,98	9,05	8,09	8,37	9,12

¹ % da MS; ² % dos CHOT

Os baixos valores das frações de A+B1 associados a altos teores de PB com alta degradabilidade na forragem, podem resultar em perdas consideráveis de proteína na forma de N-NH₃ pelo rúmen em animais com consumo exclusivo dessas pastagens. Quanto maior a adubação nitrogenada maior o teor de PB da planta e maior o desequilíbrio entre carboidrato fermentescível e proteína degradável no rúmen (RUSSEL et al., 1992).

Os valores para a fração B2 obtidos no presente estudo, com média de 84,52% (% dos CHOT) são maiores que os reportados Pacheco Júnior (2009) com capim Marandu e similares aos de Ribeiro et al. (1998) com feno de Tifton 85 cortado com 28, 35, 42 e 56 dias que apresentaram valores de 87,45; 89,15; 88,54 e 85,93%, respectivamente.

Os resultados encontrados para as frações de proteína, A, B1, B2, B3 e C, estão apresentados na Tabela 5. A fração A (NNP) é solúvel, composta por amônia, nitrito,

aminoácidos e peptídeos rapidamente convertidos em amônia no rúmen. A fração B representa a proteína verdadeira potencialmente degradável e é dividida em 3 subfrações de acordo com sua taxa de degradação ruminal (KRISNAMOORTY et al., 1983). A proteína solúvel verdadeira, rapidamente degradada, constitui a fração B1. A fração B2 apresenta taxa de degradação intermediária, enquanto a B3 é lentamente degradada no rúmen, por se tratar de proteína associada à parede celular (NIDN menos NIDA). A fração C é formada pela proteína indisponível, tanto no rúmen quanto no intestino, ligada fortemente à parede celular (NIDA).

Tabela 5 – Frações protéicas de amostras de estrato pastejável do capim Marandu

ITEM ¹	Capim Marandu				MÉDIA
	<i>Período 1</i>	<i>Período 2</i>	<i>Período 3</i>	<i>Período 4</i>	
A	30,74	31,09	36,02	22,51	30,09
B1	7,61	10,70	9,36	29,69	14,34
B2	37,03	36,00	33,81	30,89	34,43
B3	20,51	17,72	16,79	12,69	16,93
C	4,11	4,50	4,02	4,22	4,21

(¹)% da PB.

Os valores obtidos neste estudo para fração A, são superiores aos encontrados na literatura, de 24,9% (Sá et al., 2010) e 22,2% (PACHECO JUNIOR, 2009) para o capim Marandu e entre 18 e 28% para o capim Tanzânia (BALSALOBRE et al., 2003).

Valores mais elevados da fração A estão relacionados com o intervalo entre cortes e com a adubação nitrogenada. Assim a dose utilizada de adubação nitrogenada (45 kg/ha/ciclo de pastejo) em curto espaço de tempo, no presente estudo, pode ter promovido acúmulo de NNP na planta. Johnson et al. (2001) avaliaram o efeito de 5 doses de nitrogênio no fracionamento protéico de Tifton 85 cortado aos 28 dias, a 7,6

cm do solo. O teor de nitrogênio aumentou significativamente a fração A e reduziu a fração C.

Segundo Russell et al. (1992), fontes de NNP são fundamentais para o bom funcionamento ruminal, pois os microrganismos ruminais, fermentadores de carboidratos estruturais, utilizam amônia como fonte de nitrogênio. Todavia, altas proporções de NNP podem resultar em perdas nitrogenadas, se houver a falta do esqueleto de carbono prontamente disponível para a síntese de proteína microbiana.

Os valores encontrados das frações B1, B2, B3 são semelhantes aos reportados por Pacheco Júnior (2009) e Sá et al. (2010), no entanto, as frações C, relativas ao nitrogênio retido na parede celular, foram superiores nos trabalhos referenciados. Foram encontrados valores de 9,7% (SÁ et al., 2010) e 10,3% (PACHECO JÚNIOR, 2010) para a fração C, enquanto neste estudo observou-se valor médio de 4,21. De acordo com Johnson et al. (2001) a adubação nitrogenada favorece o acúmulo de fração A e redução da fração C de proteína na planta tropical

4.2 Consumo voluntário

4.2.1 Marcadores externos

Na Tabela 6 encontram-se os valores de consumo de matéria seca total e de forragem para os dois marcadores utilizados (LIPE e óxido crômico). O valor estimado pelo NRC (1996) foi utilizado como valor de referência para escolha do marcador externo, sendo escolhido para as estimativas do consumo voluntário em todas as demais variáveis presentes neste estudo, o marcador que mais se aproximou dos valores preditos pelo NRC. Tanto os valores preditos pelo NRC (1996) quanto os

valores observados para os dois marcadores, são representativos da média dos 4 tratamentos.

Tabela 6 – Valores médios do consumo de matéria seca total (CMSt) e consumo de matéria seca de forragem (CMSf), preditos pelo NRC (1996) e pelos marcadores externos LIPE e óxido crômico

ITEM	Referência NRC (1996)	Tratamentos		Valor P			EPM
		CROMO	LIPE	Trat	Marc	Trat*Marc	
CMSf, kg d-1	7,86	6,62	5,35	0,0001	0,0001	0,1378	0,17
CMSt, kg d-1	9,69	8,30	7,02	0,0050	0,0001	0,2162	0,19
CMSf,%PC	1,96	1,64	1,33	0,0039	0,0001	0,1787	0,04
CMSt, %PC	2,42	2,07	1,76	0,1541	0,0002	0,3146	0,05

(EPM)=erro padrão da média

Houve diferença ($P<0,05$) entre as estimativas de consumo obtidas com os marcadores LIPE e óxido crômico. O LIPE estimou valores menores de consumo que o óxido crômico, sendo que este último estimou valores mais próximos dos preditos pelo NRC (1996). Não houve interação dos marcadores com os níveis de suplementação ($P>0,05$), ou seja, independente do nível de suplementação, o óxido de cromo estimou valores mais altos de consumo que o LIPE.

Diversos fatores estão associados com a acurácia e precisão nas estimativas de produção fecal e consumo voluntário através de marcadores externos. O óxido crômico é um marcador bastante difundido e tem sido o indicador mais amplamente utilizado para a estimativa da produção fecal, principalmente em ensaios de pastejo (ASTIGARRAGA, 1997), pois permite, ainda, estimar o consumo de forragem por meio da relação entre a produção fecal e a indigestibilidade da dieta.

Entretanto, há críticas ao óxido crômico como marcador indigestível, a começar pela recuperação fecal, a qual é apontada como um dos principais problemas relacionados à técnica com este marcador, sendo consequência da incompleta homogeneização na digesta ruminal (COELHO SILVA; LEÃO, 1979), passagem mais rápida pelo rúmen que o material fibroso, possibilidade de acúmulo em algum segmento do aparelho digestório e variações diurnas nas concentrações fecais (VAN SOEST, 1994).

Um fator de grande relevância, muitas vezes não levado em consideração, são os métodos analíticos escolhidos para determinação das concentrações de cromo nas fezes. A técnica de espectrofotometria por absorção atômica (WILLIAMS et al., 1962) envolve diversas etapas de extrações químicas, implicando gasto de tempo e reagentes e aumento no erro analítico, conforme relatado por Oliveira Jr. et al., (2004). Savastano (1993) citado por Berchielli et al. (2005) descreveu uma marcha analítica para digestão nitroperclórica de cromo, no entanto o fato de o cromo ser oriundo do óxido crômico ou do dicromato oferece certos problemas analíticos. Por colorimetria, a própria técnica admite a necessidade de manter a mesma concentração molar de ácido sulfúrico para não alterar a absorbância da amostra, aumentando o grau de dificuldade e reduzindo a repetibilidade dos resultados.

Oliveira Jr. et al. (2004) obtiveram resultados satisfatórios com o emprego da técnica analítica nuclear de fluorescência de raio X com dispersão de energia (EDXRF), na análise do indicador, o que diverge dos resultados encontrados por Oetting (2002), que comparou as técnicas EDXRF com espectrômetro de emissão ótica com plasma de argônio induzido (ICP-OES), e observou maiores recuperações fecais de cromo, em

suínos, quando as amostras foram analisadas pelo ICP-OES, o que está relacionado com maior sensibilidade e precisão da técnica.

A recuperação de cromo neste trabalho foi considerada 100%, e o método analítico foi o ICP-OES, o qual segundo os dados da literatura apresenta maior sensibilidade nas leituras. Além disso, as infusões e as coletas de cromo foram realizadas duas vezes ao dia, o que minimiza o erro e reduz as chances de subestimar as excreções fecais (DETMANN et al., 2001)

Na tabela 7 são apresentados os valores estimados pelo NRC (1996), e pelos dois marcadores externos óxido crômico e LIPE, para cada tratamento.

Para ambos marcadores o comportamento dos consumos de forragem e total foram o mesmo, com redução linear do consumo de forragem ($P < 0,05$) com níveis crescentes de suplementação, tanto em kg d^{-1} como em % do PC. Não houve efeito de tratamento no consumo total de MS ($P > 0,05$) expresso em kg d^{-1} . Porém, quando o consumo foi ajustado para % do peso corporal (PC), o consumo total de matéria seca estimado pelo cromo, aumentou linearmente ($P < 0,05$). Este fato está diretamente relacionado com reduções nas taxas de substituição com o aumento dos níveis de suplementação, conforme será visto nos próximos itens.

Tabela 7 – Valores médios do consumo de matéria seca total (CMSt) e consumo de matéria seca de forragem (CMSf) em função dos níveis de suplementação, estimados pelo NRC (1996) e pelos marcadores externos LIPE e óxido crômico

	Tratamentos				Valor P	Contraste		EPM
	0	0,3	0,6	0,9		L	Q	
CMSf NRC, kg d ⁻¹	9,72	8,57	7,30	5,87	-	-	-	-
CMSf lipe, kg d ⁻¹	7,18	5,64	4,76	3,83	0,0001	*	ns	0,30
CMSf cromo, kg d ⁻¹	7,78	6,55	6,23	6,01	0,0530	*	ns	0,45
CMSf NRC, %PC	2,43	2,14	1,83	1,47	-	-	-	-
CMSf lipe, %PC	1,75	1,40	1,19	0,97	0,0001	*	ns	0,09
CMSf cromo, %PC	1,90	1,64	1,55	1,50	0,0178	*	ns	0,11
CMSt NRC, kg d ⁻¹	9,72	9,77	9,70	9,57	-	-	-	-
CMSt lipe, kg d ⁻¹	7,18	6,71	6,99	7,20	0,5568	ns	ns	0,35
CMSt cromo, kg d ⁻¹	7,78	7,59	8,46	9,37	0,1028	ns	ns	0,43
CMSt NRC, %PC	2,43	2,44	2,43	2,39	-	-	-	-
CMSt lipe, %PC	1,75	1,70	1,75	1,82	0,5913	ns	ns	0,11
CMSt cromo, %PC	1,90	1,94	2,10	2,35	0,0122	*	ns	0,12

(*)= significativo e (ns)= não significativo a 5 % de probabilidade, L=linear, Q=quadrático, (EPM)=erro padrão da média

A estimativa de consumo de MS com o uso do LIPE foi menor que com óxido de cromo, sendo que este último estimou valores mais próximos dos preditos pelo NRC (1996) para os tratamentos. Quando os dados de consumo estimados tanto pelo LIPE quanto pelo óxido de cromo para o tratamento controle do presente estudo foram utilizados para estimar o ganho de peso dos animais utilizados no experimento de Correia (2006), o desempenho predito pelo NRC (1996) foi muito abaixo do observado.

Assim, diante dos critérios de avaliação e das análises realizadas para selecionar o marcador que melhor estimou o consumo, o óxido crômico foi escolhido para estimar as demais variáveis dependentes da variável consumo.

4.2.2 Consumo de forragem, total e de nutrientes estimados com uso do óxido de cromo

Conforme apresentado na tabela 8, houve redução linear do consumo de forragem ($P < 0,05$) em função dos níveis de suplementação, porém o consumo de MS total aumentou com a suplementação ($P < 0,05$). Esses efeitos ocorreram tanto para o consumo expresso em kg/animal/dia quanto em % do PC. Em virtude do aumento no consumo de MS total e da maior participação do suplemento energético na dieta total do animal, a ingestão de energia (NDT) aumentou em 34% em termos de kg/animal/dia e em 36% em termos de % do PC ($P < 0,05$), mas os consumos de FDN e de PB não foram alterados pela suplementação ($P > 0,05$).

Diversos fatores podem estar relacionados com a redução do consumo voluntário de forragem em ruminantes mantidos em pastagens, sendo que vários desses fatores não estão presentes quando os animais estão estabulados. Animais em pastagens vivem o desafio diário de colherem seu próprio alimento, estando muitas vezes limitados pelas características estruturais da pastagem, antes de estarem limitados pelo valor nutritivo da mesma (POPPI et al., 1987).

No caso deste trabalho, o manejo do pastejo adotado (25 cm de altura de entrada, correspondente a 95% de interceptação luminosa e 15 cm na saída) visou aumentar a eficiência de colheita de forragem pelo animal (GIACOMINI et al., 2009). Todos os animais pastejaram compondo lote único no mesmo piquete, de maneira que as diferenças observadas de consumo de nutrientes entre os tratamentos deve-se ao efeito de cada tratamento testado e não à diferenças em condições dos pastos.

Tabela 8 – Valores médios dos consumos de matéria seca total (CMSt), forragem (CMSf), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), hemicelulose (CHEM), celulose (CCEL), proteína bruta (CPB) e nutrientes digestíveis totais (CNDT) em função dos níveis de suplementação

	Tratamentos				Valor P	Contraste		EPM
	0	0,3	0,6	0,9		L	Q	
	<i>kg/animal/dia</i>							
CMSpasto	7,78	6,55	6,23	6,01	0,0530	*	ns	0,45
CMStotal	7,78	7,59	8,46	9,37	0,0928	*	ns	0,43
CFDN	4,81	4,21	4,19	4,20	0,3421	ns	ns	0,33
CFDA	2,40	2,08	2,06	2,05	0,2534	ns	ns	0,16
CHEM	2,41	2,13	2,13	2,16	0,4356	ns	ns	0,16
CCEL	2,18	1,90	1,89	1,89	0,3046	ns	ns	0,15
CPB	1,00	0,95	1,02	1,09	0,2354	ns	ns	0,07
CNDT	4,47	4,73	5,58	6,45	0,0003	*	ns	0,27
	<i>% PC</i>							
CMSpasto	1,90	1,64	1,55	1,50	0,0178	*	ns	0,11
CMS total	1,90	1,94	2,10	2,35	0,0122	*	ns	0,12
CFDN	1,19	1,08	1,04	1,05	0,5518	ns	ns	0,08
CFDA	0,59	0,53	0,51	0,51	0,4226	ns	ns	0,04
CHEM	0,60	0,54	0,53	0,54	0,2891	ns	ns	0,23
CCEL	0,54	0,49	0,47	0,47	0,4986	ns	ns	0,03
CPB	0,25	0,24	0,25	0,27	0,3125	ns	ns	0,25
CNDT	1,10	1,21	1,39	1,62	0,0124	*	ns	0,10
Tx. Substituição	0	1,13	0,74	0,58	0,0213	ns	*	0,21

(*)= significativo e (ns)= não significativo a 5 % de probabilidade, L=linear, Q=quadrático, (EPM)=erro padrão da média

A hipótese inicialmente levantada por vários nutricionistas que aponta para a redução do pH ruminal e por conseqüência a redução da digestibilidade da fração fibrosa, como agentes causadores da depressão no consumo de forragem, é pouco consistente de acordo com as revisões realizadas por Caton e Dhuyvetter (1997) e por Santos et al. (2009). Essas observações corroboram com os dados do presente estudo, uma vez que não ocorreram reduções significativas nos valores de pH ruminal, e não houve efeito negativo na degradação da fração fibrosa, conforme será visto

posteriormente. Sendo assim, permanece a questão sobre qual o fator determinante do mecanismo de substituição e conseqüente redução do consumo de forragem quando o animal é suplementado?

Animais em pastagens sofrem limitação na ingestão de forragem inicialmente pela oferta de forragem e pela estrutura do dossel forrageiro. Após a forragem ser ingerida, o teor de FDN e a digestibilidade da sua fração fibrosa participam do mecanismo físico de regulação de consumo. Conforme observado no presente estudo assim como apresentado nos Gráficos 1 e 2 da Revisão de Literatura, o fornecimento de suplementos protéicos, protéico-energéticos ou energéticos, tanto na seca quanto nas águas, constitui-se em ferramenta eficaz para reduzir o efeito limitante do enchimento ruminal e aumentar o consumo de MS total e de energia de animais mantidos em pastagens. A partir de certo nível de suplementação, a dieta deverá atingir densidade calórica suficiente para que o consumo do animal passe a ser regulado pelo mecanismo quimiostático.

No presente estudo, como o consumo total de MS foi crescente até o nível de suplementação de 0,9% do PC, aparentemente não foi atingido o ponto de controle quimiostático de regulação do consumo. Entretanto, as concentrações de NDT observadas nas dietas com níveis de suplementação de 0,6 e 0,9% do PC (Tabela 8) foram 66 e 69% respectivamente, valores estes que de acordo com o NRC (1996) seriam suficientemente altos para desencadear o mecanismo quimiostático de controle de consumo.

No presente estudo, chama a atenção o efeito quadrático ($P < 0,05$) da suplementação na taxa de substituição. O maior percentual na redução no consumo de forragem ocorreu com o nível de apenas 0,3% do PC, com taxa de substituição de 1,13

contra 0,74 e 0,58 para os níveis 0,6 e 0,9% do PC respectivamente. Com o fornecimento de doses crescentes acima de 0,3% do PC, os efeitos negativos adicionais no consumo de forragem foram pequenos, mas com grande efeito positivo no consumo total de MS e de energia.

A presença de monensina no suplemento fornecido aos animais poderia explicar o efeito expressivo do nível baixo de suplementação (0,3% do PC) na redução do consumo, com pequenos decréscimos nos níveis seguintes. Dahl et al., (2005) demonstraram reduções no consumo de forragem durante o verão em pastagens de moderada a baixa qualidade, quando a monensina foi adicionada ao suplemento energético (milho). No entanto, os dados de Dahl et al. (2005) diverge da maioria dos trabalhos onde se avaliou o fornecimento de monensina para animais em pastagens (DINIUS et al., 1976; HORN et al., 1981; DAVENPORT et al., 1989; BRANINE e GALYEAN, 1990; GALLARDO et al., 2005;), inclusive da extensa revisão de literatura feita por Schelling, (1984), onde não foi observado efeito depressivo da monensina (100 a 335 mg/cab/dia) no consumo de MS de animais mantidos em pastagens. O efeito depressivo da monensina no consumo de MS ocorre de forma consistente, quando os animais são alimentados com dietas com teores altos de concentrado (SCHELLING, 1984).

A queda drástica no consumo de forragem no nível de suplementação de 0,3% do PC que resultou em aumento pequeno no consumo de MS e de NDT totais, e as quedas adicionais inexpressivas no consumo de forragem com os níveis mais altos de suplementação, explicam os resultados relatados por Correia (2006) em trabalho de desempenho na mesma área, com os mesmos tratamentos do presente estudo. Apesar de ter havido efeito positivo linear, a resposta em ganho de peso diário foi pequena em

relação ao tratamento controle ($0,595 \times 0,673$ kg/cab/dia) para o nível de 0,3% do PC, mas crescente nos níveis 0,6% do PC ($0,673 \times 0,871$ kg/cab/dia) e 0,9% do PC ($0,871 \times 0,995$ kg/cab/dia). Essas respostas em desempenho animal relatadas por Correia (2006) estão em plena concordância com o comportamento dos dados de consumo de forragem e de energia determinados pelos níveis de suplementação observados no presente estudo. É importante frisar que no trabalho de Correia, os suplementos não continham monensina sódica.

Taxas elevadas de substituição com níveis baixos de suplementação com milho também foram observadas nos trabalhos de Lake et al. (1974), de Pordomingo et al. (1991) e de Hess et al. (1996). No trabalho de Lake et al. (1974), animais mantidos em pastagens de Orchardgrass com 17 a 20% de PB reduziram o consumo de MS de forragem de 2,89% para 2,57% do PC quando suplementados com milho moído no nível de 0,44% do PC. No trabalho de Pordomingo et al. (1991) animais mantidos em pastagens de gramíneas de clima temperado com 10,6% de PB, reduziram o consumo de MS de forragem de 2,76 para 2,26% do PC quando suplementados com milho inteiro no nível de 0,4% do PC. No trabalho de Hess et al. (1996) animais mantidos em pastagens de Festuca com 14,4% de PB, reduziram o consumo de MS de forragem de 3,49 para 2,82% do PC quando suplementados com milho quebrado no nível de 0,34% do PC. Nos sistemas de recria e terminação de gado de corte em pastagens no Brasil, níveis de suplementação ao redor de 0,3% do PC são mais freqüentes que níveis mais altos como 0,6 ou 0,9% do PC. De acordo com os dados de taxas de substituição observadas no presente estudo e nos 3 trabalhos acima citados, além dos dados de desempenho animal do estudo de Correia (2006), a suplementação energética em

níveis baixos como 0,3% do PC durante o período das águas, pode ter maior risco de não apresentar resultados satisfatórios que níveis mais altos de suplementação.

Entretanto, Brokaw et al. (2001), diferentemente do presente estudo e dos dados de Lake et al. (1974), Pordomingo et al. (1991) e de Hess et al. (1996), observaram redução pequena no consumo de MS de forragem (2,00 x 1,92% do PC) quando animais mantidos em pastagens de Bromegrass com 17% de PB foram suplementados com milho quebrado no nível de 0,34% do PC.

Na meta-análise dos trabalhos revisados apresentada no item Revisão de Literatura, no período das águas a redução média no consumo de MS de forragem foi de 0,74 kg para cada kg de matéria natural de suplemento consumido (Gráfico 2). Entre os níveis zero de suplementação e níveis ao redor de 1,25% do PC, foi observado efeito linear na redução de consumo de forragem. Não foram observadas reduções nas taxas de substituição com níveis crescentes de suplementação como no presente estudo.

4.3 Comportamento Animal

Foram observadas reduções lineares ($P < 0,05$) dos tempos de pastejo (Tabela 9) em função dos níveis de suplementação que resultaram nas reduções significativas do consumo de forragem apresentados acima. Esse comportamento está de acordo com a meta-análise (Gráfico 2) apresentada na revisão de literatura. Em contrapartida houve aumento linear significativo ($P < 0,10$) do tempo destinado ao ócio, fato este que também foi relatado por Pardo et al. (2003), como consequência da suplementação de animais em pastagens.

Tabela 9 – Valores médios dos tempos de ingestão (TING) ruminação (TRUM), ócio (TÓCIO) e as taxas de ingestão e ruminação de MS e FDN em função dos níveis de suplementação

ITEM	Tratamentos				Valor P Trat	Contrastes		EPM
	0	0,3	0,6	0,9		L	Q	
TING (min/dia)	441	385	372	363	0,0441	*	ns	9.82
TRUM (min/dia)	395	399	358	378	0,3131	-	-	9.38
TÓCIO (min/dia)	441	515	548	551	0,0928	*	ns	16.37
Ingestão pasto								
<i>min/g de MS</i>	0,059	0,064	0,062	0,061	0,9047	-	-	0.005
<i>min/g de FDN</i>	0,094	0,103	0,099	0,098	0,9047	-	-	0.008
Ruminação total								
<i>min/g de MS</i>	0,050	0,047	0,047	0,038	0,2788	-	-	0.004
<i>min/g de FDN</i>	0,080	0,086	0,098	0,086	0,6475	-	-	0.010

(*)= significativo e (ns)= não significativo a 5 % de probabilidade, L=linear, Q=quadrático, (EPM)=erro padrão da média

É importante ressaltar que, assim como ocorreu com o consumo de forragem, houve redução drástica do tempo de pastejo entre o nível 0 e 0,3% do PC. As reduções subseqüentes com os níveis de suplementação de 0,6 e 0,9% do PC foram pequenas. Como a suplementação reduziu o consumo de forragem sem que tenha havido redução crítica do pH ruminal e da digestibilidade da forragem, e aumentou o consumo total de MS e de energia do animal, fica o questionamento se essa redução no tempo de pastejo e por consequência do consumo de forragem, devem-se à alterações de comportamento animal, independente de ocorrências metabólicas.

A suplementação com milho até 0,9% do PC não afetou o tempo de ruminação dos animais ($P>0,05$). De acordo com BAILEY, (1961) o consumo maior de forragem no tratamento não suplementado deveria ter estimulado maior ruminação dos animais o que não aconteceu no presente estudo.

As taxas de ingestão da MS e FDN, e ruminação da FDN não foram afetadas pelos níveis de suplementação (Tabela 9). Isto demonstra que para ingerir 1 g de MS e

FDN e, para ruminar 1 g de FDN, os animais gastaram o mesmo tempo à medida que foram aumentados os níveis de suplemento na dieta.

Glienke et al. (2010), avaliando o efeito da suplementação sobre o comportamento ingestivo de bezerras de corte, observaram que os animais não suplementados percorreram grandes distâncias em piquetes e visitaram mais estações alimentares por minuto, enquanto que os suplementados, provavelmente tiveram suas exigências nutricionais atendidas, deslocando-se menos e possuindo um menor número de estações de pastejo visitadas. No entanto Adams (1985) observou que a maior seletividade dos animais suplementados foi relacionado à maiores distâncias percorridas por eles.

Krisl e Hess (1993) e Glienke et al. (2010), encontraram as massas de bocado mais pesadas em animais suplementados mantidos em pastagem. Estes autores atribuíram este aumento para a maior eficiência sobre a seleção de áreas da pastagem, as quais permitiam bocados mais pesados.

Assim, observa-se que a ausência de efeito nas taxas de ingestão e ruminação não obedece ao padrão de comportamento animal encontrado na literatura, uma vez que a suplementação pode alterar a eficiência de colheita e digestão da forragem, já que parte da exigência foi atendida, e o animal pode atuar com maior poder seletivo durante o pastejo.

4.4 Parâmetros ruminais: pH, amônia e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no líquido ruminal

Para confirmar a possível teoria exposta para redução do consumo de forragem, segue abaixo na tabela 10, os valores de pH e amônia ruminal, e ácidos graxos de

cadeia curta (AGCC). Observa-se que houve aumento linear significativo ($P < 0,05$) na concentração molar de propionato e da relação acetato:propionato em função dos níveis de suplementação, o que corrobora com alguns autores (KOZLOSKI, 2002; MARTIN; HIBBERD, 1990; FALKNER et al., 1994) que apontam a suplementação energética como potencial substrato para produção de propionato pelos microrganismos ruminais.

Tabela 10 – Valores médios do pH e amônia ruminal, e dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) em função dos níveis de suplementação

ITEM	Tratamentos				Valor P			Contraste		EPM
	0	0,3	0,6	0,9	Trat	Hora	T*H	L	Q	
pH ruminal	6,51	6,42	6,38	6,37	0,1140	0,0001	0,0132	ns	ns	0,03
Amônia ruminal ¹	7,88	6,58	5,55	5,46	0,0039	0,0013	0,387	*	ns	0,69
AGCC total ²	96,03	100,51	99,16	99,56	0,8547	0,2531	0,4600	ns	ns	3,82
Ac. Acético ²	62,84	66,52	64,45	63,98	0,8326	0,5422	0,5291	ns	ns	2,88
Ac. Propiônico ²	18,32	19,57	20,08	20,72	0,0285	0,0001	0,2775	*	ns	0,58
Ac. Butírico ²	11,42	10,9	11,27	11,27	0,8191	0,0464	0,5413	ns	ns	0,42
Ac. Isobutírico ²	0,765	0,796	0,798	0,838	0,7336	0,0038	0,8933	ns	ns	0,045
Ac. Valérico ²	1,16	1,18	1,06	1,2	0,6737	0,2275	0,8531	ns	ns	0,08
Ac. Isovalérico ²	1,51	1,52	1,47	1,53	0,9687	0,0081	0,4318	ns	ns	0,04
C2/C3	3,42	3,34	3,22	3,1	0,0027	0,0001	0,9992	*	ns	0,06
Glicose plasmática ¹	53,39	52,64	50,90	57,22	0,1293	-	-	ns	ns	1,83

(*)= significativo e (ns)= não significativo a 5 % de probabilidade, L=linear, Q=quadrático, (EPM)=erro padrão da média, T*H=interação tratamento*hora, (1)= mg/dL, (2)= milimol/mL

A quantidade total de AGCC produzida e dos ácidos acético, butírico, isobutírico, valérico e isovalérico não sofreram efeitos dos níveis da suplementação energética ($P > 0,05$)

Não houve efeito do pH ruminal entre os tratamentos ($P>0,05$), e os valores médios permaneceram acima de 6,2, que segundo Orskov (1982) e Mertens (1977), não prejudica crescimento microbiano, que começa a sofrer prejuízos apenas quando o pH ruminal cai abaixo de 6,2. Entretanto houve interação ($P<0,05$) entre os tratamentos e as horas após a suplementação, demonstrando diferenças no comportamento da fermentação ruminal em função dos níveis de suplementação (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Valores médios de pH ruminal dos níveis de suplementação em função dos horários antes (0) e após (2, 4, 6 e 8) o fornecimento de suplemento

Como pode ser observado no gráfico acima, a suplementação reduziu o pH ruminal nas primeiras 6 horas após o fornecimento, com redução maior nos níveis mais altos de suplementação. Entretanto, em nenhum momento o pH ruminal atingiu valores abaixo de 6,2, estando de acordo com as revisões de Caton e Dhuyvetter (1997) e Santos et al. (2009). Nessas duas revisões ficou clara a falta de consistência nos dados

presentes na literatura para apontar queda do pH ruminal em animais suplementados em pastagem a níveis críticos capazes de causara redução da digestibilidade da fração fibrosa da forragem.

A suplementação reduziu linearmente ($P < 0,05$) a concentração ruminal de N-NH_3 , o que pode ser explicado pelo aporte de carboidrato (amido) fermentescível no rúmen, fornecendo energia para síntese de proteína microbiana (SANTOS et al., 2004; KARGES et al., 1992; POPPI e McLENNAN, 1995). A concentração ruminal de N-NH_3 (7,88 mg/dL) nos animais não suplementados não foi alta considerando que o pasto continha 13,12% de PB. Detman et al., (2001) trabalhando com capim *Brachiaria decumbens*, e Franco et al. (2002) com capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, ambas com valor médio de 10% de PB, relataram teores de N-NH_3 no fluido ruminal de 7,5 e 7,3 mg/dL. Isso pode ser explicado pela proporção alta (66% da PB) de fração B na proteína da forragem (Tabela 5). Pastagens tropicais com teores altos de proteína bruta, em virtude de adubações nitrogenadas elevadas têm apresentado proporções elevadas de fração B na proteína, com taxas baixas de degradação ruminal, da ordem de 4 a 6%/h (PACHECO JUNIOR, 2009; DANÉS, 2010).

Não há consenso na literatura sobre valor ótimo de N-NH_3 no fluido ruminal para otimizar a síntese microbiana e a fermentação ruminal. Satter e Slyter (1974) recomendaram de 2 a 5 mg/dL de N-NH_3 ruminal como suficientes para otimizar a síntese microbiana; Preston e Leng (1987), em torno de 20 mg/dL; Mehrez et al. (1977), relataram valores de 19 a 23 mg/dL para otimizar a fermentação ruminal. Hoover (1986) relatou valores de 3,3 a 8,0 mg/dL de N-NH_3 como adequados para otimizar a síntese microbiana.

A taxa de fermentação do amido pode influenciar a taxa de utilização da amônia ruminal pela alteração do suprimento de energia para o crescimento microbiano (RUSSELL, SNIFFEN e VAN SOEST, 1984). Estudos indicam que o crescimento dos microrganismos é maximizado quando as taxas de fermentação do amido e proteínas estão sincronizadas (FIRKINS, 1996; RUSSEL et al., 1992).

As concentrações ruminais de $N-NH_3$ no presente estudo aparentemente não limitaram a síntese microbiana e nem a fermentação da FDN como será mostrado adiante.

Houve aumento linear significativo ($P<0,05$) na concentração molar de propionato e redução na relação acetato:propionato em função dos níveis de suplementação, o que corrobora com os dados de outros autores (KOZLOSKI, 2002; MARTIN e HIBBERD, 1990; FALKNER et al., 1994).

As concentrações molares totais de AGCC e dos ácidos acético, butírico, isobutírico, valérico e isovalérico não sofreram efeitos dos níveis da suplementação energética ($P>0,05$).

Não houve efeito dos tratamentos sobre as concentrações de glicose plasmática ($P>0,05$).

4.5 Excreção de nitrogênio, síntese de proteína microbiana e nitrogênio uréico no plasma

Conforme observado no tópico relativo ao consumo de nutrientes, não houve efeito no consumo de PB em função dos níveis de suplementação, conseqüentemente não houve efeito no consumo de nitrogênio (N). Entretanto, a suplementação energética

reduziu linearmente ($P<0,05$) a excreção de N na urina e nas fezes e aumentou linearmente ($P<0,05$) a eficiência de uso do N (Tabela 11).

Os valores de excreção urinária estão de acordo aos encontrados na literatura (NASCIMENTO et al., 2010; MORAES et al., 2009), com consumos totais em torno de 1 kg de PB/dia, e excreções dos animais não suplementados de 59,4 e 54,3 g/dia, respectivamente. No entanto, os animais dos respectivos estudos possuíam no concentrado, elevados teores de proteína bruta (32 e 22%, respectivamente), o que fez com as excreções de nitrogênio urinário dos mesmos, aumentasse em função dos níveis de suplementação, através do incremento de proteína degradável no rúmen (PDR) da dieta.

Tabela 11 – Valores médios de nitrogênio ingerido, na urina, fezes, retido e retido (%N consumido) em função dos níveis de suplementação

ITEM	Tratamentos				Valor P	Contrastes		EPM
	0	0.3	0.6	0.9	Trat	L	Q	
N ingerido (g/dia)	160,2	150,37	164,71	180,49	0,2672	ns	ns	12,07
N urina (g/dia)	56,95	69,86	50,11	44,72	0,0145	*	ns	4,76
N fezes (g/dia)	64,64	57,97	58,98	51,24	0,0288	*	ns	2,72
N retido (%N ingerido)	20,07	19,10	33,32	47,09	0,0063	*	ns	5,85
Pbmic (g/dia)	448,58	591,12	593,14	981,84	0,0380	*	ns	114,6
Efic (g/kg de NDT)	100,99	111,27	118,53	196,65	0,0694	*	ns	23,69
NUP (mg/dL)	16,70 _(2,54)	10,58 _(2,73)	11,56 _(3,33)	13,90 _(3,12)	0,4231	ns	ns	-

(*)= significativo e (ns)= não significativo a 5 % de probabilidade, L=linear, Q=quadrático, (EPM)=erro padrão da média

No presente trabalho, os níveis de N urinário foram reduzidos em função do aporte energético oriundo do suplemento, fazendo com que os microrganismos ruminais utilizassem mais eficientemente os compostos nitrogenados da forragem. O

crescimento microbiano depende da quantidade de energia proveniente da fermentação ruminal e, segundo Russell et al. (1992), aumenta quando há sincronização entre o suprimento de energia e proteína. Esta melhor sincronia entre suprimento de carboidrato fermentável e compostos nitrogenados no rúmen resultou em maior eficiência de uso do N, onde o N retido (% N ingerido) aumentou de 20,07 para 47,09%.

A síntese de proteína microbiana (P_{mic}) foi aumentada de forma linear ($P < 0,05$) em função dos níveis de suplementação. Este aumento na síntese de P_{mic} foi o fator responsável pelas reduções nos teores de amônia ruminal, discutidos anteriormente e em parte pela maior retenção de nitrogênio consumido.

A produção microbiana total no rúmen, geralmente aumenta com o aumento da quantidade de matéria orgânica fermentada no rúmen (OWENS & GOETSCH, 1993), o que converge com o observado no presente trabalho, uma vez que maior quantidade de matéria orgânica fermentável foi fornecida ao elevar os níveis de concentrado energético. A síntese de proteína microbiana é um ponto chave no sistema de produção animal em pasto, visto que este parâmetro está associado com a utilização da amônia ruminal, que está diretamente relacionada com a degradação da fração fibrosa e com o consumo voluntário.

Apesar de alguns autores relatarem que a excreção de N nas fezes não varia com a manipulação da PB da dieta (VAN AMBURGH, 2005; HEINRICHS, 2007), no presente estudo, as excreções de N foram reduzidas nas fezes, o que pode estar relacionado com o aumento da síntese de P_{mic} . Alguns autores relataram aumentos lineares sobre a digestibilidade aparente intestinal da PB com o aumento do nível de concentrado na dieta (LADEIRA et al., 1999; DIAS et al., 2000).

Um fator que poderia alterar a produção de proteína microbiana, no presente trabalho, seria o pH. Baixos valores de pH podem ser deletérios aos microrganismos e também estão relacionados com a redução na digestibilidade dos componentes fibrosos das plantas (VERBIC, 2002). Entretanto, conforme foi mostrado não houve limitação do pH ruminal a níveis que causassem prejuízos a síntese de Pmic e conseqüente degradação da fração fibrosa.

Houve aumento linear significativo ($P < 0,10$) na eficiência de síntese de Pmic em função dos níveis de suplementação, no qual o aumento na síntese de Pmic foi proporcionalmente maior do que os aumentos no consumo de NDT. Os níveis 0 e 0,3% do PV ficaram levemente abaixo dos valores de eficiência microbiana de 130 g PB microbiana / kg de NDT e 120g PB microbiana / kg de NDT, recomendados pelo NRC (2000) e, por Valadares Filho et al. (2006) como referências para condições tropicais, respectivamente. Com base no NRC (2000), a produção microbiana pode variar de 53 a 140 g de PB microbiana/kg de NDT e a recomendação de 130 g PB microbiana/kg de NDT é uma generalização e nem sempre se aplica a todas as condições. O tratamento com 0,6% do PV em concentrado energético apresentou-se mais próximo do recomendado por Valadares Filho et al., (2006), possuindo valor de eficiência microbiana de 118 g de PB / kg de NDT. O nível mais elevado de eficiência (0,9% do PV em concentrado) apresentou valores acima dos observados na literatura, estando com 196 g de PB / kg de NDT, o que pode estar relacionado com uma superestimativa da síntese de proteína microbiana, que conseqüentemente eleva a eficiência microbiana para este patamar.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da suplementação no nitrogênio uréico no plasma (NUP). Os níveis variaram entre 10,58 e 16,70 mg/dL, e estão dentro dos valores

encontrados na literatura com gado de corte pastejando forrageiras tropicais (NASCIMENTO et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2010; MORAES et al., 2009). Magalhães et al. (2005) trabalharam com novilhos em confinamento e não observaram efeitos dos níveis de uréia nos concentrados sobre o nitrogênio sérico.

A concentração de NUP está correlacionada à ingestão de nitrogênio (HARMEYER e MARTENS, 1980). De acordo com Valadares Filho et al. (1997), os níveis de uréia plasmática entre 13,52 e 15,15 mg/dL correspondem à máxima eficiência microbiana e provavelmente seriam o limite no qual ocorre perda de proteína em novilhos zebuínos alimentados com 62,5% de NDT.

4.6 Degradabilidade ruminal da FDN

Na Tabela 12 encontram-se os valores médios da fração potencialmente degradável (B), taxa de degradação da fração B (c), fração indigestível (I), lag time (L) e degradabilidade efetiva (DE) da FDN.

Os dados de degradação de FDN não apresentam fração A, uma vez que, conceitualmente, o FDN não possui fração solúvel e, por isso, o modelo utilizado para o ajuste dos parâmetros não lineares não contemplou essa fração.

A adição de milho ao capim Marandu entre os níveis de 0 a 35% não alterou ($P>0,05$) a Lag, $DE^{2\%}$ e $DE^{5\%}$ da fração fibrosa. As diferenças para estes parâmetros ocorreram ($P<0,05$) apenas entre os níveis de 0 e C, que correspondem exclusivamente a volumoso e concentrado, respectivamente, uma vez que estes apresentam características distintas quanto à composição bromatológica.

Tabela 12 - Valores médios da fração potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), fração indigestível (I), lag time (Lag) e degradabilidade efetiva (DE) da FDN em função dos níveis (N) de inclusão milho (C)

	Níveis de inclusão de milho (%)					Contrastes		Equações de regressão	r ²
	0	15	25	35	C	N x N	N x C		
<i>B</i>	74,52	74,79	74,5	75,02	66,04	ns	ns	-	-
<i>I</i>	23,81	20,70	21,57	18,33	8,30	*	*	$y = 23,66 - 0,1367x$	0,81
<i>Bp</i>	75,78	78,34	77,54	80,35	88,39	*	*	$y = 75,88 + 0,1134x$	0,79
<i>Ip</i>	24,21	21,65	22,45	19,64	11,60	*	*	$y = 24,11 - 0,1134x$	0,79
<i>c</i>	0,0550	0,0513	0,0582	0,0481	0,0456	ns	ns	-	-
<i>Lag</i>	5,85	5,95	6,46	5,79	1,50	ns	*	-	-
<i>DE</i> ^{2%}	48,61	47,67	48,33	47,15	33,96	ns	*	-	-
<i>DE</i> ^{5%}	29,13	28,04	28,49	27,51	15,8	ns	*	-	-

Modelo proposto por Mertens e Loften (1980) para estimativas dos parâmetros: $Y = B * \exp(-c * (t - L) + I$, onde B = fração potencialmente degradável, c = taxa de degradação da fração B, I = fração indigestível, L = lag time, t = tempo, $DE = B * (\exp^{-k * L}) * c / (c + k)$, quando $L > 0$, onde k = taxa de passagem, considerada 2%/h (*DE*^{2%}) e 5%/h (*DE*^{5%}). A padronização da frações B e I foram calculadas segundo as seguintes equações: $Bp = (B / B + I) * 100$, e, $Ip = (I / B + I) * 100$. Para os contrastes N vs N= Níveis vs Níveis, N vs C= Níveis vs Concentrado, (*)= significativo e (ns)= não significativo a 5 % de probabilidade

A ausência de efeito no lag time (tempo de colonização), demonstra que não houve prejuízos na degradação da fração fibrosa entre os níveis de suplementação energética. Lardy et al. (2004) avaliaram a inclusão de níveis de cevada na dieta de ruminantes recebendo feno como fonte de volumoso, e observaram que a inclusão de cevada em níveis de até 40% não prejudicou a extensão da degradação da FDN. Esses autores atribuíram a inexistência de efeito na extensão da degradação ao *lag time*, uma vez que este não foi alterado. Pordomingo et al. (1991) também não observaram

alterações na digestibilidade da matéria orgânica e nos valores de pH ruminal de bovinos mantidos em pastagens suplementados com até 0,6% do PC em milho inteiro.

Não houve efeito para a fração B antes de serem padronizadas, porém, quando a fração B foi padronizada, um aumento entre os níveis e, entre os níveis e o concentrado ($P<0,05$) foi observado em função da inclusão de milho, demonstrando a contribuição do concentrado com o aumento da fração potencialmente degradável, o que representa uma melhoria na fermentação ruminal da FDN. Em contrapartida, os aumentos na fração B foram acompanhados de reduções na fração I e Ip, resultado da inclusão do milho, o qual apresenta baixa indigestibilidade, contribuindo para estas reduções observadas.

A inclusão de níveis crescentes de milho moído na dieta não afetou ($P>0,05$) a taxa de degradação da fibra do capim Marandu. O mesmo foi observado por Mertens e Loften (1980) e por Lardy et al. (2004) quando da inclusão de concentrado energético em dietas com forragens.

Os valores de lag time, DE, c e I obtidos neste trabalho foram semelhantes aos encontrados por Danés (2010), que ao avaliar as mesmas variáveis para o capim Elefante, relatou valores entre 4,8 e 6,4 (lag time), 47% (DE a 2%/h), 4,4 e 5,0 (c) e 20% (I). Entretanto, Danés (2010) conduziu o ensaio de cinética de fermentação ruminal *in situ*, diferindo do presente trabalho que foi *in vitro*, porém comprovando a qualidade na simulação *in vitro* do ambiente ruminal, no que diz respeito a manutenção da anaerobiose durante a incubação, boa solução tampão e meio de cultura capaz de sustentar o desenvolvimento microbiano pelo tempo necessário ao ensaio.

Porém no que se referem à degradabilidade potencial, os valores encontrados neste estudo, apresentam-se mais elevados do que os encontrados por alguns autores

(DANÉS, 2010; CARVALHO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010) em torno de 67, 67 e 64% respectivamente para forrageiras tropicais. Este fato em parte pode estar atribuído a superestimação através do ensaio *in vitro*, elevando os valores ao redor de 75% de degradabilidade potencial da FDN, no entanto, em outros estudos *in situ* foram reportados na literatura valores entre 75 a 85% a depender a idade de corte da planta (Araújo et al., 2010)

Foram compilados 12 artigos na literatura nacional (Revista Brasileira de Zootecnia) e internacional (Journal of Animal Science), entre os anos de 1990 e 2010, totalizando 49 comparações entre tratamentos, nos quais foram mensuradas as digestibilidades da FDN no trato digestivo total, de animais recebendo suplementação energética, protéica e protéico-energética. Dos 12 artigos, em apenas 1, houve efeito da suplementação reduzindo a digestibilidade da fibra, em todos os demais não houve efeito da suplementação.

Com a finalidade de refinar a tendência observada, e generalizar a informação, foi procedida uma meta-análise dos dados compilados da literatura, segundo metodologia descrita por St. Pierre (2001).

Conforme apresentado no gráfico 7, não houve efeito ($P>0,05$) da suplementação na digestibilidade da FDN no trato total, demonstrando mais uma vez a inconsistência em creditar reduções no consumo de forragem às reduções na degradação da fração fibrosa. O intercepto da equação foi de 64%, valor próximo ao encontrado para digestibilidade da FDN no trato total em diversos trabalhos na literatura. Esta meta-análise corrobora com os dados encontrados neste estudo, uma vez que a degradação da fibra não foi afetada pela inclusão de carboidrato não fibroso.

Gráfico 7 – Digestibilidade da FDN no trato total em função de níveis de suplementação para bovinos consumindo forragem

Fonte: Detman et al. (2001); Sales et al. (2008a, 2008b); Nascimento et al. (2010, 2009); Lardy et al. (2004); Elizalde et al. (1998); Carey et al. (1993); Faulkner et al. (1994); Richards et al. (2006); Martin e Hibberd et al. (1990); Pavan e Duckett (2008)

4.7 Cinética de fermentação ruminal *in vitro* “gás”

Na Tabela 13 encontram-se os valores médios e equações de regressão para volume final de produção de gases dos carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não-fibrosos (CNF), taxa de degradação (Kd) dos CF e CNF e o lag time (L) em função dos níveis de inclusão milho.

Tabela 13 - Valores médios e equações de regressão para volume final de produção de gases dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos (VfCF e VfCNF), suas respectivas taxas de degradação (KdCF e KdCNF) e o lag time (L) em função dos níveis de inclusão milho (X)

ITEM	Níveis de inclusão de milho (%)					Contrastes		Equações de regressão	r ²
	0	15	25	35	C	N x N	N x C		
VfCF	123,43	115,83	110,63	106,46	108,1	ns	ns	y = 117,1	0,45
VfCFc	73,00	77,84	81,07	84,60	286,64	*	*	y=72,945+ 0,33X	0,84
KdCF	0,0145	0,0154	0,0151	0,0163	0,0305	*	*	y = 0,0145 + 0,00005X	0,76
L	6,20	4,91	5,61	5,03	4,97	*	*	y = 5,8052- 0,0207X	0,22
VfCNF	77,18	102,23	122,33	143,8	190,43	*	*	y = 75,76+ 1,9002X	0,99
KdCNF	0,0542	0,0591	0,0594	0,0675	0,1135	*	*	y = 0,0537+ 0,0003X	0,87

$V(t) = Vf1/(1+\exp(2-4*c1*(T-L))) + Vf2/(1+\exp(2-4*c2*(T-L)))$.), onde: Vf1=volume de gás dos CF (mL), c1=taxa de degradação dos CF (%/hora), Vf2=volume final dos CNF (mL), c2=taxa de degradação dos CNF (%/hora), L=lag time (h), T=tempo (horas de incubação). VfCFc = volume de gás de CF corrigido para mg de FDN incubada (mL de gás/mg de FDN incubada). Para os contrastes N vs N= Níveis vs Níveis, N vs C= Níveis vs Concentrado, (*)= significativo e (ns)= não significativo a 5 % de probabilidade

As diferenças entre os níveis de 0 e C, correspondem exclusivamente a volumoso e concentrado, respectivamente, uma vez que estes apresentam características distintas quanto à composição bromatológica, sendo mais importante nesta discussão, os efeitos encontrados entre os níveis de suplementação. Diante disso a discussão será focada nos efeitos entre os níveis, com intuito de entender a cinética de fermentação ruminal entre os níveis de suplementação da dieta.

O aumento da inclusão de milho ao capim Marandu até 35% na dieta não alterou ($P>0,05$) o VfCF. Entretanto quando o volume de gás foi corrigido para a quantidade de FDN incubada, observou-se aumento significativo ($P<0,05$) no volume de gás com o aumento da inclusão de milho entre os níveis. Este fato demonstra que, por mais que se tenha reduzido o teor de FDN da dieta, o concentrado melhorou a fermentação da fração fibrosa, e aumentou a produção de gás oriunda da sua degradação.

A suplementação aumentou ($P<0,05$) a taxa de degradação dos carboidratos fibrosos. Mesmo com o teor de fibra tendo sido reduzido na dieta à medida que se incluiu o milho, o volume de gases produzidos foi compensado em decorrência dos aumentos na taxa de degradação dos CF. A inclusão de carboidratos altamente fermentescíveis favorece os microrganismos ruminais com aporte de energia para a síntese de proteína microbiana, quando existe disponibilidade de compostos nitrogenados. Isso promove melhorias na fermentação dos CF, desde que o pH ruminal não se encontre abaixo dos valores ideais para o desenvolvimento de microrganismos celulolíticos (SALES et al., 2008; WILBERT, 2009).

Matejovsky e Sanson (1995) avaliaram a suplementação energética e protéica associadas a fenos de baixa, média e alta qualidade, contendo 5,2, 10,2 e 14,2% de PB. Houve efeito negativo na digestibilidade da FDN apenas nos fenos de baixa e média qualidade. Já no feno de alta qualidade não houve efeito sobre a digestibilidade da FDN. Estes autores concluíram que a suplementação energética afeta mais drasticamente as forragens com menores teores de PB, o que não é o caso deste trabalho, convergindo mais uma vez para melhorias na fermentação da fração fibrosa uma vez que existem quantidades suficientes de compostos nitrogenados para fermentação. Chase e Hibberd (1987) observaram reduções na digestibilidade da FDN

da forragem quando utilizaram suplementos energéticos a base de milho, no entanto, o feno utilizado por estes autores possuíam 4,2% de PB, sendo este o principal motivo da redução na digestibilidade.

Houve redução linear no lag time ($P < 0,05$) em função dos níveis de milho na dieta, o que evidencia o efeito do concentrado sobre a redução no tempo de colonização das partículas de alimentos pelos microrganismos ruminais. Mertens e Loften (1980) concluíram que as reduções na digestibilidade da fibra quando adicionado níveis de amido *in vitro* foram resultados dos aumentos do lag time, ao contrário do que aconteceu no presente estudo.

O VfCNF e KdCNF aumentaram linearmente ($P < 0,05$) em função dos níveis de milho com monensina, resultado do incremento de carboidrato não-fibroso, amido, o qual possuiu elevada degradabilidade ruminal e contribuiu com energia à ser utilizada pelos microrganismos ruminais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação energética de novilhos mantidos em pastagens tropicais com teores adequados de PB, nos níveis de até 0,9% do PC reduz o tempo de pastejo e o consumo de forragem sem que isso esteja relacionado à queda do pH ruminal e da digestibilidade da FDN da forragem.

Apesar da redução no consumo de forragem, a suplementação energética aumenta o consumo de MS total e de NDT, aumenta a síntese de proteína microbiana, a retenção e a eficiência de uso do nitrogênio em pastagens de boa qualidade.

A redução no consumo de forragem pode ou deve implicar em aumento da lotação dos pastos quando a suplementação energética é adotada.

Ao contrário do que normalmente se pensa, a suplementação energética com nível baixo (0,3% do PC) é a que oferece o maior risco de não retorno econômico em virtude do maior efeito de substituição em comparação com os níveis mais elevados. Isso impede aumento significativo da ingestão de energia desses animais, limitando a resposta em desempenho animal.

A maior taxa de substituição no nível mais baixo de suplementação merece ser melhor estudada em próximos projetos de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO NETO, L.R.D. **Estratégias de suplementação energética para bovinos em recria em pastagens tropicais durante as águas e seus efeitos na terminação em confinamento**. 2010. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

AGRICUTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Necesidades energéticas y protéicas de los ruminantes**. Zaragoza: Acribia, 1993. 175 p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 351 p.

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

_____. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 83, p.1598-1624, 2000.

ANIL, M.H.; FORBES, J.M. The roles of hepatic nerves in the reduction of food intake as a consequence of intraportal sodium propionate administration in sheep. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, Cambridge, v. 73, p. 539, 1988.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12th ed. Washington, 1990. 1313p.

ARAUJO, S.A.C.; VÁSQUEZ. H.M.; SILVA. J.F.C.; DEMINICIS. B.B.; CAMPOS. P.R.S.S.; LISTA, F.N. Degradação ruminal e estimativa de consumo de genótipos de capim-elefante anão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 18-24, 2010.

ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de ruminantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p. 1-23.

BALCELLS, J.; GUADA, J.A.; CASTRILLO, C.; GASA, J. Urinary excretion of allantoin and allantoin precursors by sheep after different rates of purine infusion into the duodenum. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 116, p. 309-317, 1991.

BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS, P.M. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-Tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, p. 519-528, 2003.

BARBOSA, F.A.; GRAÇA, D.S.; MAFFEI, W.E. SILVA JUNIOR, F. V.; SOUZA, G. M. Desempenho e consumo de matéria seca de bovinos sob suplementação protéico-energética, durante a época de transição água-seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 160-167, 2007.

BARONI, C.E.S.; LANA, R.P.; MANCIO, A.B.; MENDONÇA, B. P. C.; LEÃO, M. I.; SVERZUT, C. B. Desempenho de novilhos suplementados e terminados em pasto, na seca, e avaliação do pasto. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, v. 62, n. 2, p. 373-381, 2010.

BODINE, T.N.; PURVIS, H.T. Effects of supplemental energy and/or degradable intake protein on performance, grazing behavior, intake, digestibility, and fecal and blood indices by beef steers grazed on dormant native tallgrass prairie. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 81, p.304-317, 2003.

BODINE, T.N.; PURVIS II, H.T.; LALMAN, D.L. Effects of supplement type on animal performance, forage intake, digestion, and ruminal measurements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, p. 1041–1051, 2001.

BODINE, T.N.; PURVIS II, H.T.; ACKERMAN, C.J.; GOAD, C.L. Effects of supplementing prairie hay with corn and soybean meal on intake, digestion, and ruminal measurements by beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, p. 3144–3154, 2000.

BRANINE, M.E.; GALYEAN, M.L. Influence of grain and monensin supplementation on ruminal fermentation, intake, digesta kinetics and incidence and severity of frothy bloat in steers grazing winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 1139-1150, 1990.

CABRAL, L.S.; ZERVOUDAKIS, J.T.; COPPEDÊ, C.M. SOUZA, A. L.; CARAMORI JÚNIOR, J. G.; POLIZEL NETO, A.; OLIVEIRA, I. S. Suplementação de bovinos de corte mantidos em pastagem de *Panicum maximum* cv.Tanzânia-1 no período das águas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 9, n. 2, p. 293-302, 2008.

CANESIN, R.C.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; REIS, R. A. Desempenho de bovinos de corte mantidos em pastagem de capim marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação no período das águas e da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 411-420, 2007.

CARDOSO, E.G.; SILVA, J.M. da; EUCLIDES, V.P.B. Proteína bruta e fibra em detergente neutro em *B. decumbens* sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.261-263.

CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; DETMANN, E.; PEREIRA, O.G.; FERNANDES, F.E.P. Balanço de nitrogênio, concentrações de ureia e síntese de proteína microbiana em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 10, p. 2253-2261, 2010 .

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; CUNHA, M.; DETMANN, K.S.C.; PAULINO, M.F. Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 130-138, 2009.

CATON, J.S.; DHUYVETTER, D.V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: Requirements and responses. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 533, 1997.

CATON, J.S.; FREEMAN, A.S.; GALYEAN, M.L. Influence of protein supplementation on forage intake, in situ forage disappearance, ruminal fermentation, and digestion passage rates in steers grazing dormant blue grama rangeland. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 66, p. 2262, 1988.

CHALUPA, W.; CORBETT, W.; BRETHOR, J.R. Effects of monensin and ampicillin on rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 51, p. 170-179, 1980.

CHAMBERLAIN, D.G.; ROBERTSON, S.; CHOUNG, J.J. Sugars versus starch as supplements to grass silage: Effects on ruminal fermentation and the supply of microbial protein to the small intestine, estimated from the urinary excretion of purine derivatives, in sheep. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 63, p. 189–194, 1993

CHAMBERLAIN, D. G.; CHOUNG, J. J. The importance of rate of ruminal fermentation of energy sources in diets for dairy cows. In: _____. **Recent Advances in Animal Nutrition**. P. C. Garnsworthy and D. J. A. Cole, eds. Nottingham University Press, Nottingham, UK, v.1 , p.3-27, 1995.

CHAMBERLAIN, D. G.; THOMAS, P. C. The effect of supplemental methionine and inorganic sulphate on the ruminal digestion of grass silage in sheep. **Journal of the Science of Food and Agriculture** , Hoboken, v.34, p.440–446, 1983.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, London, v. 8, p. 130-132, 1962.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details**. Aberdeen: Rowett Research Institute/ International Feed Research Unit, 1992. 21 p.

CHEN, X.B.; ORSKOV, E.R.; HOVELL, F.D. Excretion of purine derivatives by ruminants: endogenous excretion, differences between cattle and sheep. **British Journal of Nutrition**, Oxford, v. 63, p. 121-129, 1990.

CHIZZOTTI, M.L. **Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína microbiana em novilhas e vacas leiteiras**. 2004. 132 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C, VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F. H. M.; CAMPOS, J. M. S.; MARCONDES, M. I.; FONSECA, M. A. Intake, digestibility and urinary excretion of urea and purine derivatives in heifers with different body weights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1813-1821, 2006. Suplemento.

CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 75, p. 2304-2323, 1992

CNOP, M.; HANNAERT, J.C.; PIPELEERS, D.G. Troglitazone does not protect rat pancreatic beta cells against free fatty acid-induced cytotoxicity. **Biochemical Pharmacology**, Kansas, v. 63, p. 1281-1285, 2002.

COELHO SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamento de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 384 p.

CORREIA, P.S. **Estratégias de suplementação de bovinos de corte em pastagens durante o período das águas**. 2006. 333 p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

COSTA, D.F.A. **Respostas de bovinos de corte à suplementação energética em pastos de capim-marandu submetidos a intensidades de pastejo rotativo durante o verão**. 2007. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

DANÉS, M.A.C. **Teor de proteína no concentrado de vacas em lactação mantidas em pastagens de capim elefante**. 2007. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

DAVENPORT, R.W.; GALYEAN, M.L.; BRANINE, M.E.; HUBBERT, M.E. Effects of a monensin ruminal delivery device on daily gain, forage intake and ruminal fermentation of steers grazing irrigated winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 67, p. 2129-2139, 1989.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; LEÃO, M.I.; LANA, R.P.; PONCIANO, N.J. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição Seca/Águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e dos compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1371-1379, 2005.

DEWHURST, R.J.; DAVIES, D.R.; MERRY, R.J. Microbial protein supply from the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 85, p. 1-21, 2000.

DIAS, H.L.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; VALADARES, R. F. D.; RENNÓ, L. N.; COSTA, M. A. L. Consumo e digestões totais e parciais em novilhos F1 limousin x nelore alimentados com dietas contendo cinco níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 545-554, 2000.

DINIUS, D.A.; SIMPSON, M.E.; MARSH, P.B. Effect of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 42, p. 229- 234, 1976.

ELIZALDE, J.C.; CREMIN, J.D. Jr.; FAULKNER, D.B.; MERCHEN, N.R. Performance and digestion by steers grazing tall fescue and supplemented with energy and protein. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 1691, 1998.

ERWIN, W.S.; MARCO, D.G.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 44, p. 1766-1771, 1961.

EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; COSTA, F.P.; FIGUEIREDO, G. R. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 470-481, 2001.

FARIA, B.N.; REIS, R.B.; MAURÍCIO, R.M.; LANA, A.M.Q.; SOARES, S.R.V.; SATURNINO, H.M.; COELHO, S.G. Efeitos da adição de monensina ou propilenoglicol à polpa cítrica sobre a cinética de degradação dos carboidratos totais e da produção cumulativa de gases *in vitro*. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, p. 691-697, 2008.

FERNANDES, L.O.; REIS, R.A.; PAES, J.M.V.; Efeito da suplementação no desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. marandu. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 240-248, 2010.

FONTANELI, R.S. **Produção de leite de vacas holandesas em pastagens tropicais perenes no planalto médio do rio grande do sul**. 2005. 175 p. Tese (Doutorado em Plantas Forrageiras) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FRANCO, A.V.M.; FRANCO, G.L.; ANDRADE, P. Parâmetros ruminais e desaparecimento da MS, PB e FDN da forragem em bovinos suplementados em pastagem na estação seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1316-1324, 2004.

FRANCO, G.L.; ANDRADE, P.; BRUNO FILHO, J.R.; DIOGO, J.M.S. Parâmetros ruminais e desaparecimento da FDN da Forragem em bovinos suplementados em pastagem na estação das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2340- 2349, 2002.

FRIDEMAN, J.M.; HALAAS, J.L. Leptin and the regulation of body weight in mammals. **Nature**, London, v. 395, n. 6704, p. 763-770, 1998.

GALLARDO, M.R.; CASTILLO, A.R.; BARGO, F.; ABDALA, A.A.; MACIEL, M.G.; PEREZ-MONTI, H.; CASTRO, H.C.; CASTELLI, M.E. Monensin for lactating dairy cows grazing mixed-alfalfa pasture and supplemented with partial mixed ration. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 88, p. 644-652, 2005.

GALYEAN, M.L.; OWENS, F.N. Effects of diet composition and level of feed intake on site and extent of digestion in ruminants. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Ed.). **Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants**. New York: Academic Press, 1991. p. 483-514.

GARCIA, J.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; MARTINS, E. N.; JOBIM, C. C.; ANDRADE, S. R. D. F.; PEREIRA, M. F. Desempenho de novilhos em crescimento em pastagem de *Brachiaria decumbens* suplementados com diferentes fontes energéticas no período da seca e transição seca-águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n.6, p. 2140-2150, 2004. Suplemento, 2.

GIACOMINI, A.A.; DA SILVA, S.C.; SARMENTO, D.O.L.; ZEFERINO, C.V.; TRINDADE, J.K.; SOUZA JUNIOR, S.J.; GUARDA, V.A.; SBRISSIA, A.F.; JUNIOR, D.N. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 721-732, 2009.

GIESECKE, D.; EHRENTREICH, L.; STANGASSINGER, M. Mammary and renal excretion of purine metabolites in relation to energy intake and milk yield in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 77, p. 2376-2381, 1994.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis**. Washington: USDA, Agricultural Research Service, 1970. 1 v. (USDA. Handbook, 379).

GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; LANA, R.P.; ALVES, D.D.; LEÃO, M.I.; SILVA, A.T.S. Recria de novilhos mestiços em pastagem de *Brachiaria brizantha*, com diferentes níveis de suplementação, na região Amazônica: desempenho animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1740-1750, 2005.

GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; ALVES, D.D.; LANA, R.P.; CECOM, P.R.; FREITAS, T.B.; BRABES, K.C.S. Desempenho de novilhos mantidos em pastagens submetidos à suplementação protéica e protéico-energética, durante a época seca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 4, p. 907-916, 2009.

GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; LANA, R.P.; VALADARES FILHO, S.C.; CECOM, P.R.; QUEIROZ, A.C.; LOPES, A.M. Desempenho de novilhos Nelore em pastejo na época das águas: ganho de peso, consumo e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 214-221, 2003.

GOMES JÚNIOR, P.; PAULINO, M.F., DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; LANA, R. P. Desempenho de Novilhos Mestiços na Fase de Crescimento Suplementados Durante a Época Seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 139-147, 2002.

GONZALEZ-ROQUILLO, M.; BALCELLS, J.; GUADA, J.A.; VICENTE, F. Purine derivative excretion in dairy cows: Endogenous excretion and the effect of exogenous nucleic acid supply. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 86, p. 1282-1291, 2003.

GROVUM, W.L. Mechanisms explaining the effects of short chain fatty acids on feed intake in ruminants-osmotic pressure, insulin and glucagon. In: ENGLEHARDT, W.V.; LEONHARD-MAREK, S.; BREVES, G.; GEISECKE, D. (Ed.). **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1995. p. 173–197.

GUTHRIE, M.J.; WAGNER, D.G. Influence of protein or grain supplementation and increasing levels of soybean meal on intake, utilization, and passage rate of prairie hay in beef steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.66, p.1529-1537, 1988.

HALL, M.B.; HEREJK, C. Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.84, p.2486-24893, 2001.

HAYASHIDA, T.K.; MURAKAMI, K.; MOGI, M.; NISHIHARA, M.; NAKAZATO, M.S.; MONDAL, Y.; HORII, M.; KOJIMA, K.; KANGAWA, N. Ghrelin in domestic animals: distribution in stomach and its possible role. **Domestic Animal Endocrinology**. Texas, v. 21, p. 17–24, 2001.

HESS, B.W.; KRYSL, L.J.; JUDKINS, M.B.; HOLCOMBE, D.W.; HESS, J.D.; HANKS, D.R.; HUBER, S.A. Supplemental cracked corn or wheat bran for steers grazing endophyte-free fescue pasture: Effects on live weight gain, nutrient quality, forage intake, particulate and fluid kinetics, ruminal fermentation, and digestion. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 1116, 1996.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 69, p. 2755-2766, 1986.

HOOVER, W.H.; MILLER-WEBSTER, T.K. Role of sugars and starch in ruminal fermentation. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 1998, Fort Wayne. **Proceedings...** Fort Wayne, 1998. p. 1-16.

HORN, G.W.; MADER, T.L.; ARMBRUSTER, S.L.; FRAHM, R.R. Effect of monensin on ruminal fermentation, forage intake, and weight gains of wheat pasture stocker cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 52, p. 447-454, 1981.

HOWARD, B.V. Insulin resistance and lipid metabolism. **American Journal of Cardiology**, Dallas, v. 84, n. 1A, p. 28-32, 1999.

HUNT, C.W.; PARKINSON, J.F.; ROEDER, R.A.; FALK, D. G. The delivery of cottonseed meal at three different time intervals to steers fed low-quality grass hay: effects on digestion and performance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 67, n. 5, p. 1360-1366, 1989.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. **Tables de L'alimentation des bovins ovins & caprins**. Paris, 1988. 192 p.

ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F.; DIAS, A.M.; NOVAIS, M.F.S.M.; SILVA, F.F.; MATEUS, R.G.; SCHIO, A.R. Desempenho produtivo e avaliação econômica de novilhos suplementados no período seco em pastagens diferidas, sob duas taxas de lotação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 8, n. 3, p. 229-238, 2007.

JOHNSON, C.R.; REILING, B.A.; MISLEVY, P.; HALL, M.B. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 79, p. 2439-2448, 2001.

JUDKINS, M.B.; KRYSL, L.J.; BARTON, D.W.; HOLCOMBE, D.W.; GUNTER, S.A.; BROESDER, J.T. Effects of cottonseed meal supplementation time on ruminal fermentation and forage intake by Holstein steers fed fescue hay. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, n. 9, p. 3789-3797, 1991.

JUNG, L.C.S.; LOUVANDINI, H.; JÚNIOR, G.B.N. Desempenho de fêmeas Nelore de reposição com suplementação alimentar na seca em pastagens renovadas. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 2, p. 485-495, 2009.

KABEYA, K.S.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; QUEIROZ, D.S.; GOMES JUNIOR, P.; PEREIRA, O. G. Suplementação de novilhos mestiços em pastejo na época de transição água-seca: desempenho produtivo, características físicas de carcaça, consumo e parâmetros ruminiais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 213-222, 2002.

KÖSTER, H.H.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C.; VANZANT, E.S.; STJEAN, G. Effect of increasing urea level in protein supplements on intake and digestion of low-quality tallgrass-prairie forage by steers. In: _____. **Report Progress 776. Agricultural Experiment Station**. Manhattan, 1996. p. 43-45.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: UFSM, 2002. 140 p.

KRISHNAMOORTHY, U.; SNIFFEN, C.J.; STERN, M.D.; VAN SOEST, P.J. Evaluation of mathematical model of rumen digestion and in vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen-undegraded nitrogen content of feedstuffs. **British Journal of Nutrition**, Oxford, v. 50, p. 555-568, 1983.

KRISHNAMOORTHY, U.C.; MUSCATO, T.V.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 65, p. 217-225, 1982.

KRYSL, L.J.; HESS, B.W. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 71, p. 2546-2555, 1993.

KRYSL, L.J.; BRANINE, M.E.; CHEEMA, A.U.; FUNK, M. A.; GAYLEAN, M. L. Influence of soybean and sorghum grain supplementation on intake, digesta kinetics, Ruminal fermentation, site and extent of digestion and microbial protein synthesis in beef steers grazing blue grama rangeland. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 67, n. 11, p. 3040-3051, 1989.

LADEIRA, M.M. **Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de dietas contendo diferentes níveis de concentrado, em novilhos Nelore**. 1998. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

LAKE, R.P.; HILDEBRAND, R.L.; CLANTON, D.C.; JONES, L.E. Limited energy supplementation of yearling steers grazing irrigated pasture and subsequent feedlot performance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 39, p. 827, 1974.

LEÃO, M.M.; ANDRADE, I.F.; BAIÃO, A.A.F.; BAIÃO, E.A.M.; BAIÃO, L.A.M.; PÉREZ, J.R.O.; FREITAS, R.T.F. Níveis de suplementação de novilhos mestiços mantidos a pasto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1069-1074, 2005.

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

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; COELHO DA SILVA, J.F.; PEREIRA, J.C. Determinação da cinética ruminal das frações protéicas de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 1243-1251, 1997.

MARTIN, S.K.; HIBBERD, C.A. Intake and digestibility of low-quality native grass hay by beef cows supplemented with graded levels of soybean hulls. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 4319-4325, 1990.

MATEJOVSKY, K.M.; SANSON, D.W. Intake and digestion of low, medium and high-quality grass hays by lambs receiving increasing levels of corn supplementation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 2156-2163, 1995.

MATHIS, C.P.; COCHRAN, R.C.; HELDT, J.S.; WOODS, B. C.; ABDELGADIR, I. E.; OLSON, K. C.; TITGEMEYER, E. C.; VANZANT, E. S. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium- to low quality forages. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, n. 1, p. 224-232, 2000.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN E.; CHANNA K.S.; THEODOROU M.K. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, p. 321-330, 1999.

MCCOLLUM, F.T.; GALYEAN, M.L. Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 60, p. 570, 1985.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal Nutrition**, Cambridge, v. 38, n. 3, p. 437-443, 1977.

MERTENS, D.R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. **Federal Proceedings**, Bethesda, v. 36, p. 187, 1977.

MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, n. 9, p. 1437-1446, 1980.

MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; CABRAL, L.S.; DETMANN, E.; VALADARES, R.F.D.; MORAES, K.A.K. Associação de diferentes fontes energéticas e protéicas em suplementos múltiplos na recria de novilhos mestiços sob pastejo no período da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 914-920, 2006.

NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. Manipulation of ruminal fermentation In: HOBSON, N.P. (Ed). **Rumen microbial ecosystem**. London: Blackie, 1997. p. 523-631.

NASCIMENTO, M.L.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. Fontes de energia em suplementos múltiplos para novilhos em pastejo durante o período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 861-872, 2010.

NASCIMENTO, M.L.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PORTO, M.O.; SALES, M.F.L. Fontes de energia em suplementos múltiplos para recria de novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas: desempenho produtivo e características nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1121-1132, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 1996. 242 p.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381 p.

OETTING, L.L. **Avaliação de diferentes marcadores para a determinação da digestibilidade e taxa de passagem do alimento em suínos**. 2002. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

OLIVEIRA, L.O.F.; SALIBA, E.O.S.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; MIRANDA, P.A.B.; FIALHO, M.P.F. Digestibilidade in situ e cinética ruminal de bovinos de corte a pasto sob suplementação com proteinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1328-1335, 2010 .

OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; PIRES, A.V.; FERNANDES, J.J.R.; SUSIN, I.; SANTOS, F.A.P.; FILHO, V.F.N.; ARAÚJO, R.C. Avaliação de indicadores para estimar a digestibilidade dos nutrientes em novilhos nelore alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado e fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 33, n. 3, p. 749-758, 2004.

ORELLANA BOERO, P.; BALCELLS, J.; MARTÍN-ORÚE, S.M.; LIANG, J.B.; GUADA, J.A. Excretion of purine derivatives in cows: endogenous contribution and recovery of exogenous purine bases. **Livestock Production Science**, Denmark, v. 68, p. 243-250, 2001.

ØRSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants**. New York: Academic Press, 1982. 162 p.

PACHECO JR., A.J.D. **Valor nutritivo e cinética ruminal de gramíneas tropicais manejadas intensivamente**. 2009. 190 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PARDO, R.M. P.; FISHER, V.; BALBINOTTI, M.; MORENO, C.B.; FERREIRA, E.X.; VINHAS, R.I.; MONKS, P.L. Comportamento ingestivo diurno de novilhos em pastejo submetidos a níveis crescentes de suplementação energética. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1408-1418, 2003 .

PAULA, N.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; CARVALHO, D.M.G.; ZERVOUDAKIS, L.K.H.; MORAES, E.H.B.K.; OLIVEIRA, A.A. Frequência de suplementação e fontes de proteína para recria de bovinos em pastejo no período seco: desempenho produtivo e econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 873-882, 2010.

PAULINO, M.F.; MORAES, E.H.B.K.; ZERVOUDAKIS, J.Y.; ALEXANDRINO, E.; FIGUEIREDO, D.M. Terminação de novilhos mestiços leiteiros sob pastejo, no período das águas, recebendo suplementação com soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.154-158, 2006.

PAVAN, E.; DUCKETT, S.K. Corn oil or corn grain supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. I. Effects on in vivo digestibility, performance, and carcass quality. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. 3215, 2008.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, n. 4, p. 1063-1073, 1993.

PERRY, T.W.; HUBER, D.A.; MOTT, G.O.; RHYKERD, C.L.; TAYLOR, R.W. Effect of level of pasture supplementation on pasture, drylot and total performance of beef cattle. II. Spring plus summer pasture. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 34, p. 647-652, 1971.

PIMPA, O.; LIANG, J.B.; JELAN, Z.A.; ABDULLAH, N. Urinary excretion of duodenal purine derivatives in Kedahl-Kelantan cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 92, p. 203-214, 2001.

POPPI, D.P.; HUGHES, T.P.; L'HUILLIER, P.J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: _____. **Livestock feeding on pasture**. New Zealand: New Zealand Society of Animal Production, 1987. p. 55-64.

PORDOMINGO, A.J.; WALLACE, J.D.; FREEMAN, A.S.; GAYLEAN, M.L. Supplemental corn grain for steers grazing native rangeland during summer. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 1678, 1991.

PORTO, M.O.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; SALES, M.F.L.; COUTO, V.R.M. Formas de utilização do milho em suplementos para novilhos na fase de terminação em pastagem no período das águas: desempenho e parâmetros nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 12, p. 2251-2260, 2008.

PORTO, M.O.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SALES, M.F.L.; LEÃO, M.I.; COUTO, V.R.M. Fontes suplementares de proteína para novilhos mestiços em recria em pastagens de capim-braquiária no período das águas: desempenho produtivo e econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 8, p. 1553-1560, 2009.

PRESTON, T.R.; LENG, R.A. Sulphur nutrition of ruminants. In: PRESTON, T.R.; LENG, R.A. (Ed.). **Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics**. Armidale: Penambul Books, 1987. p. 46-47.

RABEN, A.; ASTRUP, A. Leptin is influenced both by predisposition to obesity and diet composition. **International Journal of Obesity**, London, v. 24, n. 4, p. 450-459, 2000.

RAMALHO, T.R. **Suplementação protéica ou energética para bovinos recriados em pastagens tropicais**. 2006. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G., VALADARES FILHO, S.C., CECOM, P. R. Determinações das frações que constituem a proteína bruta e os carboidratos totais de feno de tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 122.

RUAS, J.R.M.; TORRES, C.A.A.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; BORGES, L.E.; MARCATTI NETO, A. Efeito da suplementação proteica a pasto sobre consumo de forragens, ganho de peso e condição corporal, em vacas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 930-934, 2000.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, p. 3551-3561, 1992.

SÁ, J.F.; PEDREIRA, M.S.; SILVA, F.F.; BONOMO, P.; FIGUEIREDO, M.P.; MENEZES, D.R.; ALMEIDAS, T.B. Fracionamento de carboidratos e proteínas de gramíneas tropicais cortadas em três idades. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 3, p. 667-676, 2010.

SALES, M.F.L.; PAULINO, M.F.; PORTO, M.O.; VALADARES FILHO, S.C.; ACEDO, T.S.; COUTO, V.R.M. Níveis de energia em suplementos múltiplos para terminação de novilhos em pastagem de capim-braquiária no período de transição águas-seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 724-733, 2008.

SALES, M.F.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; PORTO, M.O.; MORAES, E.H.B.K.; BARROS, L.V. Níveis de uréia em suplementos múltiplos para terminação de novilhos em pastagem de capim-braquiária durante o período de transição águas-seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 9, p. 1704-1712, 2008.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; PILÓ-VELOSO, D. Utilization of purified lignin extracted from *Eucalyptus grandis* (PELI), used as an external marker in digestibility trials in various animal species. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9., 2003, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre, 2003

SANNES, R.A.; MESSMAN, M.A.; VAGNONI, D. B. Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.85, p.900-908, 2002

SANTOS, E.D.G., PAULINO, M.F., VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S.; FONSECA, D.M. Terminação de tourinhos Limousin X Nelore em pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* stapf, durante a estação seca, alimentados com diferentes concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1627-1637, 2004.

SANTOS, F.A.P., DOREA, J. R. R., AGOSTINHO NETO, L. R. D. Uso estratégico da suplementação concentrada em sistemas de produção animal em pastagens. In: 25º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2009. Piracicaba **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 273-296.

SANTOS, F.A.P.; PEDROSO, A.M.; MARTINEZ, J.C.; PENATTI, M.A. Utilização da suplementação com concentrados para vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA, 5., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 219-294.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics; version 9.1.3. Cary, 2003. 965 p.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, Oxford, v. 32, p. 199-208, 1974.

SHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 58, p. 1518-1527, 1984.

SCHWARTZ, M.W.; WOODS, S.C.; PORTE, D. Jr.; SEELEY, R.J.; BASKIN, D.G. Central nervous system control of food intake. **Nature**, London, v. 404, n. 6778, p. 661-671, 2000.

SHIYA, R.; NAKAZATO, M.; MIZUTA, M.; DATE, Y.; MONDAL, M.S.; TANAKA, M.; NOZOE, S.; HOSODA, H.; KANGAWA, K.; MATSUKURA, S. Plasma ghrelin levels in lean and obese humans and the effect of glucose on ghrelin secretion. **Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, Stanford, v. 87, p. 240-244, 2002.

SILVA, R.R.; PRADO, I.N.; CARVALHO, G.G.P.; Níveis de suplementação na terminação de novilhos Nelore em pastagens: aspectos econômicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 9, p. 2091-2097, 2010.

SIMIONI, F.L.; ANDRADE, I.F.; LADEIRA, M.M.; GONÇALVES, T.M.; MATA JUNIOR, J.I.; CAMPOS, F.R. Níveis e frequência de suplementação de novilhos de corte a pasto na estação seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n.10, p. 2045-2052, 2009.

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

STERN, M.D.; VARGA, G.A.; CLARK, J.H.; FIRKINS, J.L.; HUBER, J.T.; PALMIQUIST, D.L. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 77, n. 12, p. 2762-2786, 1994.

STOKES, S.R.; GOETACH, A.L.; JONES, A.L. LANDIS, K.M. Feed intake and digestion by beef cows fed prairie hay with different levels of soybean meal and receiving post ruminal administration of antibiotics. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 66, n. 7, p. 1778-1789, 1988.

ST-PIERRE, N.R. Invited review: Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 84, p. 741-755, 2001.

SUVIOLAHTI, E.; RIDDERSTRALE M.; ALMGREN P.; KLANNEMARK, M.; MELANDER, O.; CALRSSON, E. Proopiomelanocortin gene in associated with serum leptin levels in lean but not in obese individuals. **International journal of obesity and related metabolic disorders**, London, v. 27, n. 3, p. 1204-1211, 2003.

TAMMINGA, S.; VAN STRAALLEN, W.M.; SUBNEL, A.P.J.; MEIJER, R.G.M.; STEG, A.; WEVER, C.J.G.; BLOK, M.C. The Dutch protein evaluation system: The DVE/OEB system. **Livestock Production Science**, Denmark, v. 40, p. 139, 1994.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stages technique for the "in vitro" digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; CHIZZOTTI, M.L. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. (Ed.). **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos**. Viçosa: UFV, DZO, 2006. 142 p.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VEGA, A.; POPPI D.P. Extent of digestion and rumen condition as factors affecting passage of liquid and digesta particles in sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 128, p. 207–215, 1997.

VELASQUEZ, P.A.T.; REIS, R.A.; RIVERA, A.R.; DIAN, P.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. Cinética da fermentação e taxas de degradação de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte estimadas pela técnica de produção de gases in vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 9, p. 1695-1705, 2009 .

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, Albany, v. 55, p. 125-129, 1972.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, R.S. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 95-119, 1992.

WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; ILSMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 59, n. 1, p. 381-385, 1962.

ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; CECON, P.R. Desempenho de novilhas mestiças e parâmetros ruminais em novilhos, suplementados durante o período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 1050-1058, 2002.

ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; LANA, R.P.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; QUEIROZ, D.S.; MOREIRA, A.L. Desempenho e características de carcaça de novilhos suplementados no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1381-1389, 2001.

ZIEBA, D.A.; AMSTALDEN, M.; WILLIAMS, G.M. Regulatory roles of leptin in reproduction and metabolism: a comparative review. **Domestic Animal Endocrinology**, Texas, v. 29, p. 166-185, 2005.