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

**Compostos nitrogenados e de carboidratos em pastos de
capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Cameroon manejados
com intervalos de desfolhação fixos e variáveis**

Jakeline Vieira Romero

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

**Piracicaba
2008**

Jakeline Vieira Romero
Zootecnista

**Compostos nitrogenados e de carboidratos em pastos de capim-elefante
(*Pennisetum purpureum*) cv. Cameroon manejados com intervalos de
desfolhação fixos e variáveis**

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

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

Piracicaba
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Romero, Jakeline Vieira

Compostos nitrogenados e de carboidratos em pastos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Cameroon manejados com intervalos de desfolhação fixos e variáveis / Jakeline Vieira Romero. - - Piracicaba, 2008.
99 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Capim elefante 2. Carboidratos 3. Compostos de nitrogênio 4. Desfolha 5. Pastagens
I. Título

CDD 633.2
R763c

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

***À minha amada mãe Elisete Vieira da Silva, a minha
querida vó Leonor de Oliveira e a tia Claudia Vieira da Silva,
pela dedicação, incentivo prestados e, acima de tudo,
pelo eterno amor manifestado!***

DEDICO

***Aos meus irmãos Jackson e Rafael; ao meu avô Lúcio Romero; ao Daniel, um
grande amigo que mesmo longe sempre esteve presente; á todos meu tios e tias
que sempre estiveram do meu lado.***

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois me ajudou em momentos de necessidade e por Sua divina proteção.

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos, pela oportunidade de orientação, disposição para repassar seus conhecimentos e experiência e por todo apoio oferecido.

A Dr. Carla Maris Machado Bittar pela co-orientação, acompanhamento nas análises laboratoriais, paciência nas atividades realizadas e pela amizade.

A Cristiane Sitta e Jackeline Thaís (Jajakizinha) pela força e colaboração na condução do experimento e principalmente pela amizade construída que foi de extrema importância pra mim e jamais ficará no esquecimento.

A Lilian Itechio (Nega) pela grande amizade e parceria de todos os momentos.

Aos amigos e companheiros profissionais Camila, Diogo Fleury (K-Bomba), Juninho Pacheco, Júlio Trindade, Junio César, Leandro Greco, Mirella (Dodói), Neto, Paulo Sérgio (Bigode), Rafaela (Sakudida), Salim Jacaúna pela grande amizade que resultou em momentos de muita alegria e descontração.

A minha querida e belíssima princesa Vick, que durante todos estes anos, compreendeu a necessidade dos meus estudos.

Às amigas de graduação Josy Volpato e Sil Teixeira, pelos eternos momentos de alegria, aprendizado, e mesmo em meio às brigas e desentendimentos, sempre unidas em um mesmo objetivo.

Aos secretários do Departamento de Zootecnia USP/ESALQ, Creide Ely Martins, Samuel Prudenciano e Giovana Lara;

Ao funcionário Carlos César Alves do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia pela amizade, colaboração e instrução durante as análises laboratoriais.

À funcionária Tânia pelo enorme carinho, amizade e pelos “cafés” da vida.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia que contribuíram para minha formação profissional através de seus conhecimentos, apoio e amizade.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade da realização do curso de pós-graduação, e ao DVATCOM, pelo auxílio moradia.

A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - pela bolsa de estudo concedida durante parte do curso.

A FAPESP, pela viabilização da pesquisa através da concessão de recursos financeiros.

A todos, que de alguma forma, fizeram parte de mais esta etapa da minha vida, participando direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

“Nunca se afaste de seus sonhos, pois se eles se forem, você continuará vivendo, mas terá deixado de existir”.

Charles Chaplin

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABELAS.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 DESENVOLVIMENTO.....	23
2.1 Revisão Bibliográfica.....	23
2.1.1 O capim-elefante como forrageira tropical.....	23
2.1.2 Valor nutricional das plantas forrageiras tropicais.....	24
2.1.3 Influência do manejo na qualidade e eficiência de colheita da forragem.....	26
2.1.4 Caracterização dos alimentos.....	29
2.1.4.1 Proteínas.....	30
2.1.4.1.1 Fracionamento de compostos nitrogenados.....	31
2.1.4.2 Carboidratos.....	33
2.1.4.2.1 Fracionamento dos carboidratos.....	35
2.1.5 Degradabilidade <i>in situ</i>	38
2.2 Material e Métodos.....	40
2.2.1 Área experimental e tratamentos impostos ao capim-elefante (cv. Cameroon).....	40
2.2.2 Medições no pasto e coleta de amostras de forragem.....	43
2.2.3 Preparo da amostra e determinação das análises bromatológicas.....	44
2.2.4 Determinação da degradabilidade <i>in situ</i>	44
2.2.5 Determinação de purina.....	47
2.2.6 Fracionamento dos compostos nitrogenados conforme o CNCPS.....	49
2.2.7 Fracionamento dos carboidratos conforme o CNCPS.....	50
2.2.8 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	51
2.3 Resultados e Discussão.....	51
2.3.1 Características quantitativas e qualitativas do capim-elefante.....	52
2.3.1.1 Intervalos de desfolhação (ID).....	52
2.3.1.2 Altura do dossel em pré e pós-pastejo.....	53

2.3.1.3 Determinação da massa de forragem e composição morfológica do capim-elefante.....	55
2.3.2 Composição bromatológica do capim-elefante.....	57
2.3.3 Fracionamento dos compostos nitrogenados.....	64
2.3.4 Fracionamento dos carboidratos.....	67
2.3.5 Degradabilidade <i>in situ</i>	72
2.3.5.1 Degradabilidade da matéria seca.....	72
2.3.5.2 Degradabilidade da matéria orgânica.....	75
2.3.5.3 Degradabilidade da fibra em detergente neutro.....	76
2.3.5.4 Degradabilidade da proteína bruta.....	79
3 CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS.....	87

RESUMO

Compostos nitrogenados e de carboidratos em pastos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon), manejados com intervalos de desfolhação fixos e variáveis

O presente estudo teve como objetivo a caracterização das frações protéicas e de carboidratos em pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon), manejada com altas taxas de lotação no período das águas. O experimento foi realizado nas instalações do Departamento de Zootecnia da Esalq/USP. A forragem foi coletada nas estações do outono/2006, primavera/2006 e verão/2006-07, adotando-se intervalos de desfolhação fixos de 27 dias e variáveis, onde a entrada dos animais ocorreu quando o capim atingiu 1,05 m de altura (95 % IL). Foi determinada a composição bromatológica, frações protéicas e de carboidratos tanto por métodos químicos quanto pelo método de degradação “in situ” da forragem. A pastagem também foi avaliada quanto à massa de forragem (kg de MS por ha⁻¹), composição morfológica e alturas do dossel na entrada e saída dos animais. Para as determinações no pasto utilizou-se o delineamento inteiramente aleatorizado com medidas repetidas no tempo. Para as frações protéicas A, B e C, foi realizado ensaio de degradabilidade “in situ” utilizando-se 4 garrotes castrados e canulados no rúmen. As amostras de forragem secas e moídas a 5 mm foram acondicionadas em sacos de nylon e incubadas no rúmen por 0, 3, 6, 12, 24, 48, 60, 72, 96 e 120 horas. O delineamento experimental foi em quadrados latinos 2x2 replicados. A duração do intervalo entre desfolhas não diferiu entre os tratamentos ($P>0,05$), em nenhuma das estações avaliadas. As alturas do dossel no pré-pastejo foram maiores ($P<0,05$) nos tratamentos com ID variável. Para altura do dossel em pós-pastejo, houve efeito somente da estação ($P<0,05$), com menores alturas na primavera (0,43 e 0,51 m), e maiores no verão (0,56 e 0,57 m) para os tratamentos com ID fixo e variável. Não foi verificada diferença ($P>0,05$) para produção de forragem entre os tratamentos. Apenas os teores de PB da forragem foram afetados pelos tratamentos ($P<0,05$), com menores valores para ID variável. Os teores de MS, FDN, FDA, lignina e PIDA não diferiram ($P>0,05$) entre os tratamentos. Somente a fração protéica B2 foi afetada, com maiores valores para ID variável ($P<0,05$). As frações A e B3 diferiram nas estações do ano ($P<0,05$), com o outono apresentando menores valores de A e maiores da B3. Não houve diferença para as frações B1 e C ($P>0,05$). No verão, a fração A+B1 dos carboidratos apresentou os menores valores dentre as estações (13,80 e 16,22 % para ID fixo e variável), e a fração B2, os maiores valores (76,59 e 73,42 %) ($P<0,05$). Não houve diferenças ($P>0,05$) para as variáveis de degradabilidade da MS e MO. Na degradabilidade da FDN, diferenças significativas foram observadas apenas para variável de DP e DE com taxa de passagem de 2 %/h no tratamento com ID fixo. A correção da contaminação microbiana resultou em aumento nos valores da fração protéica A e redução na B. Não houve efeito ($P>0,05$) para as variáveis da PB corrigida pela contaminação, exceto para a fração B, onde os valores foram maiores no outono (73,3 e 73,69%) e menores na primavera com ID variáveis (55,87%).

Palavras-chave: Degradabilidade; Fracionamento; Intervalos de desfolhação

ABSTRACT

Nitrogen and carbohydrate fractions in elephant grass pastures (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon), managed with fixed and variable defoliation intervals

The present study was designed to characterize the protein and carbohydrate fractions of elephant grass pasture (*Pennisetum purpureum*) cv. Cameroon, intensively grazed at high stocking rate during the rainy season. The experiment was carried in the Animal Sciences Department of the University of São Paulo (USP/ESALQ). Forage samples were collected during autumn and spring/2006 and summer/2006-07. Two defoliation intervals (DI) were adopted, fixed and variable. For the fixed DI treatment experimental animals had access to the paddocks every 27 days, and for the variable DI treatment experimental animals had access to the paddocks when the sward reached 1,05m height, corresponding to 95% light interception. Forage samples were analyzed for chemical composition and protein and carbohydrate fractions by chemical methods and with "in situ" degradation technique. Pasture was also analyzed for pre-grazing forage mass (kg DM ha^{-1}), morphologic composition, pre and post grazing sward heights. A completely randomized design with repeated measures was used for pasture determinations. For protein fractions (A, B, C) determinations, an "in situ" trial was developed using four rumen cannulated steers. 5mm ground forage samples were conditioned in nylon bags and incubated in the rumen for 0, 3, 6, 12, 24, 48, 60, 72, 96 and 120 hours. The experimental design was a replicated 2x2 Latin square. The defoliation interval length did not differ ($P>0,05$) among treatments, in any season. Pre-grazing sward heights were higher ($P<0,05$) for the variable DI treatment. A season effect ($P<0,05$) was observed for post-grazing heights, with lower values observed on spring (0,43 and 0,51m) and higher on summer (0,56 and 0,57m) for both treatments. No differences ($P>0,05$) were observed among treatments for total forage mass. Only forage CP content was affected by treatments, with lower values ($P<0,05$) for variable DI. DM, NDF, ADF, lignin and ADIN were not different ($P>0,05$) among treatments. Protein B2 fraction was affected, showing higher values ($P<0,05$) for variable DI treatment. Fractions A and B3 were different among seasons, with lower fraction A and higher fraction B3 values during autumn ($P<0,05$). No differences were observed for fractions B1 and C ($P>0,05$). During summer carbohydrate fractions A + B1 showed the lowest values among seasons (13,80 and 16,22% for fixed and variable DI), and B2 fraction showed the highest values (76,59 and 73,42 %) ($P<0,05$). No differences were observed for DM and OM degradabilities variables ($P>0,05$). For NDF degradability significant differences were observed only PD and ED variables with 2%/h passage rate for fixed DI treatment. Microbial contamination adjustment resulted in higher protein A and lower protein B fraction values. No effects were observed ($P>0,05$) for microbial contamination adjusted CP variables, except for B fraction that showed higher values during autumn (73,3 and 73,69%) and lower during spring with variable DI (55,87%).

Keywords: Carbohydrate and protein fractions; Defoliation intervals; Degradability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Figura da área cultivada com capim-elefante (cv. Cameroon). Fonte: Google Earth.....	41
Figura 2 – (a) Altura de pós-pastejo; (b) moldura de 1 m ² ; (c) Altura de pré-pastejo.....	43
Figura 3 – (a) sacos de náilon; (b) sacos amarrados ao meio com fio de náilon; (c) sacos amarrados em corrente e ancorados ao rúmen.....	46
Figura 4 – Porcentagem de proteína bruta na MS.....	58
Figura 5 – Porcentagem de Fibra em detergente neutro na MS.....	60
Figura 6 – Porcentagem de Fibra em detergente ácido na MS.....	61
Figura 7 – Porcentagem de Lignina na MS.....	61
Figura 8 – Porcentagem de extrato etéreo na MS.....	62
Figura 9 – Porcentagem de proteína insolúvel em detergente neutro na PB.....	63
Figura 10 - Porcentagem de proteína solúvel na PB.....	63
Figura 11 – Frações protéicas.....	65
Figura 12 – Frações de carboidratos.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição bromatológica (%MS) de amostras de pastejo simulado ou estrato pastejável de forragens tropicais relatadas em trabalhos de pesquisa.....	25
Tabela 2 - Concentrações de PB e NDT em amostras de pastejo simulado ou estrato pastejável de forrageiras tropicais em pastagens comerciais.....	25
Tabela 3 - Composição morfológica de plantas forrageiras tropicais conforme o critério para determinação do ID.....	28
Tabela 4 - Frações de carboidratos do capim-elefante.....	37
Tabela 5 - Frações de carboidratos como porcentagem dos carboidratos totais em capim-elefante.....	37
Tabela 6 - Análise química dos macronutrientes do solo da área de pastagem.....	42
Tabela 7 – Análise química dos micronutrientes do solo da área de pastagem.....	42
Tabela 8 – Dados climáticos obtidos na estação meteorológica da Esalq/USP.....	42
Tabela 9 – Diluição do sobrenadante da amostra de RNA para construção da curva de leitura.....	49
Tabela 10 – Intervalos de desfolhação (ID) e alturas de pré e pós-pastejo da pastagem de capim-elefante submetido a intervalos de desfolhação fixos e variáveis.....	54
Tabela 11 – Massa de forragem e composição morfológica da pastagem de capim-elefante submetido a intervalos de desfolhação fixos e variáveis.....	54
Tabela 12 - Valores da composição bromatológica do capim-elefante manejado com intervalos de desfolhação fixo e variável no outono, primavera e verão.....	59
Tabela 13 – Frações protéicas de amostras de pastagens de capim-elefante manejadas com intervalos de desfolhação fixos ou variáveis nas estações do outono, primavera e verão.....	65
Tabela 14 – Frações de carboidratos obtidas da pastagem de capim-elefante submetida a intervalos de desfolhação fixo e variável nas estações do outono, primavera e verão.....	68
Tabela 15 - Variáveis de degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca (MS).....	73
Tabela 16 - Variáveis de degradabilidade <i>in situ</i> da matéria orgânica (MO).....	76

Tabela 17 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da fibra em detergente neutro (FDN)..77

Tabela 18 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da proteína bruta (PB).....80

Tabela 19 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da proteína bruta (PB) corrigida pela
contaminação microbiana.....81

1 INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das atividades mais importantes do agronegócio nacional, presente em todo o território brasileiro. No cenário mundial, o Brasil se destaca como detentor do maior rebanho comercial de bovinos, como o segundo maior produtor de carne dessa natureza e maior exportador mundial, sétimo maior produtor mundial de leite bovino com crescimento no mercado de exportação de produtos lácteos (SANTOS et al., 2007a). Predominam no país, os sistemas de produção pecuária em pastagens, ocupando 180 milhões de hectares, onde cerca de 100 milhões são ocupados por gramíneas tropicais cultivadas e o restante por vegetação natural. A predominância de sistemas de produção em pastagens se deve à vocação natural e, principalmente, aos baixos custos de produção que conferem ao país alta competitividade no mercado internacional (ZIMMER; SILVA; MAURO, 2002; Da SILVA; PEDREIRA, 1996).

Uma vez que as pastagens constituem a principal fonte de nutrientes para bovinos de corte e de leite nos sistemas de produção nacional, é necessária a busca de melhor entendimento dos mecanismos que governam a digestão ruminal dos nutrientes, para o aproveitamento adequado dessas forrageiras pelos animais (VIEIRA, 1998). Ênfase especial vem sendo dada ao estudo e caracterização das frações de proteínas e de carboidratos e os aspectos relativos à cinética de degradação ruminal destes compostos. Para tanto, é necessária a obtenção de amostras o mais representativo possível do pasto consumido pelos animais (LIMA et al., 1998; VIEIRA et al., 2000).

A determinação da composição bromatológica e da digestibilidade das frações que compõem a planta forrageira é de fundamental importância para a previsão do desempenho animal em sistemas de produção de bovinos (BALSALOBRE, 2002). Com o surgimento e evolução do programa nutricional da Universidade de Cornell, o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), uma nova forma de se prever o desempenho de bovinos foi adotada (FOX et al., 1992; RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992). Segundo Balsalobre (2002), os programas de predição de desempenho eram estáticos, não levando em consideração os vários componentes do alimento com suas diferentes taxas de degradação ruminal e suas interações. O sistema de *Cornell*, como é conhecido, é um modelo dinâmico, que adota taxas de passagem e taxas de

degradação diferenciadas para cada fração da proteína e dos carboidratos. Sendo um programa de simulação, tem duas funções: a primeira, seu objetivo principal, é prever o desempenho animal; a outra é indicar novas pesquisas em assuntos que ainda não estão bem definidos.

Os sistemas protéicos evoluíram da adequação da ração em proteína bruta (PB) para os sistemas atuais de proteína metabolizável (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1985, 1996, 2001; FOX et al., 1992; RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992). A versão mais recente do NRC para gado leiteiro (NRC, 2001) passou a adotar valores de extensão de degradação ruminal da proteína, que são variáveis em função da taxa de degradação da mesma e da taxa de passagem ruminal, afetada pelo consumo de matéria seca.

As forrageiras produzidas em ambientes tropicais apresentam variações na composição nutricional em relação às produzidas em regiões de clima temperado. Dados de composição bromatológica, taxas de degradação e taxas de passagem de pastagens tropicais, manejadas com altas doses de fertilização nitrogenada e altas taxas de lotação animal, são escassos na literatura. Além disso, a maior parte dos dados de forragens tropicais apresentados nas tabelas de composição nutricional do NRC (1996; 2001) e nas tabelas da biblioteca tropical do CNCPS (TEDESCHI et al., 2002) são representativas principalmente de amostras da planta toda, colhidas próxima ao nível do solo, com intervalos fixos entre cortes. Estas amostras podem diferir drasticamente do material colhido por animais mantidos em pastagens bem manejadas.

Em trabalhos recentes conduzidos com pastagens tropicais manejadas intensivamente, onde o critério para entrada dos animais no pasto foi este ter atingido 95% de interceptação luminosa (IL) (BUENO, 2003; CARNEVALLI, 2003; TRINDADE, 2007; VOLTOLINI, 2006; CARARETO, 2007; COSTA, 2007) foi demonstrado de forma consistente a melhora na estrutura da pastagem, com maior proporção de folhas e menor proporção de colmos e material senescido em comparação com pastagens manejadas com intervalos fixos de desfolhação. O material consumido por animais mantidos em pastagens manejadas com base em 95% de IL, é composto principalmente por folhas, com baixa proporção de colmos ou material senescente. Por outro lado, amostras de massa de forragem colhidas ao nível do solo, em parcelas experimentais

manejadas com intervalos fixos entre cortes contêm alta proporção de colmos e material senescente. Tanto a composição nutricional quanto a cinética de degradação ruminal desses materiais podem diferir significativamente.

Portanto, é importante aprofundar os estudos da composição bromatológica e caracterização das frações de carboidratos e proteínas de amostras de pastagens tropicais bem manejadas e submetidas a altas taxas de lotação, colhidas de forma a se aproximar o máximo possível do material colhido pelo bovino. Essas informações são fundamentais para a aplicação com boa precisão, em nossos sistemas de produção, dos sistemas de proteína metabolizável atuais como o NRC (1996, 2001) e modelos mais mecanicistas como o CNCPS.

O objetivo do presente estudo foi a caracterização das frações protéicas e de carboidratos em amostras do estrato pastejável de pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Cameroon, manejada com altas taxas de lotação durante a primavera, verão e outono. Foram determinadas as frações de carboidratos A, B1, B2 e C e as frações protéicas A, B1, B2, B3 e C, para o CNCPS (SNIFFEN et al., 1992) e as frações protéicas A, B e C para o NRC (2001).

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 O capim-elefante como forrageira tropical

No Brasil, a grande maioria das áreas de pastagem é constituída por plantas forrageiras tropicais, destacando-se plantas dos gêneros *Pennisetum*, *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon*, (CORSI, 1986; EUCLIDES, 1995), que são capazes de responder à adubação com aumentos expressivos na produtividade. Potencialmente, essas plantas podem atingir produções entre 60 e 80 toneladas de MS ha⁻¹ ano⁻¹ (CORSI, 1986). Apesar de altamente produtivas, as forrageiras tropicais concentram aproximadamente 80% de sua produção na estação chuvosa e quente, sendo marcante a queda de produção na estação seca ou fria do ano. Sendo assim, na maior parte das regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil, as pastagens tropicais produzem grande quantidade de massa por 180 a 200 dias, enquanto que para o restante do ano, o produtor deve buscar outras alternativas para suprir a falta de forragem (SANTOS et al., 2003).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma forrageira largamente utilizada na pecuária nacional, seja para corte, silagem ou pastejo rotacionado, em razão de sua alta produtividade (PEDREIRA; NUTI; CAMPOS, 1975; CÓSER et al., 2002), que pode variar de 10 a 80 toneladas de MS por ha⁻¹ ano⁻¹ (CORSI, 1986; Da SILVA et al., 1996; De FARIA; PEDREIRA; SANTOS, 1996; CÓSER et al., 2002).

Na USP/ESALQ, os estudos com o capim-elefante para alimentação de ruminantes foram iniciados a partir da década de 50-60, mostrando que a utilização desta forrageira nos sistemas tropicais não é recente (PEIXOTO, 1994; MARTHA JÚNIOR et al., 1999). Mas somente a partir da década de 70, foi proposto o manejo em lotação rotacionada com período fixo de descanso de 45 dias (CORSI, 1972).

Durante o período favorável, as forrageiras permitem explorar sistemas intensificados com altas taxas de lotação animal, da ordem de 6 a 15 unidades animais ha⁻¹ (SANTOS et al., 2003). Segundo Coser, Martins e Cardoso (2001), em decorrência

de seu potencial produtivo e qualidade, o capim-elefante é capaz de apresentar elevadas produções de forragem quando devidamente adubado e manejado (CÓSER; MARTINS; CARDOSO, 2001), resultando em alta produtividade animal nessas áreas (CORSI, 1972, 1986; Da SILVA et al., 1996; De FARIA, 1996; SANTOS et al., 2005).

2.1.2 Valor nutricional das plantas forrageiras tropicais

As plantas tropicais, como é o caso do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), fixam o CO₂ do meio pela via C4 sendo caracterizadas por apresentarem altas taxas de crescimento. Assim, com o avanço da idade fisiológica, perdem qualidade mais rapidamente, quando comparadas às plantas que predominam em países de clima temperado, que possuem o sistema de fixação do CO₂ pela via denominada de C3 (VAN SOEST, 1982). Além de apresentarem qualidade nutricional inferior, caracterizada por maiores proporções de parede celular, as plantas C4 também apresentam menores teores de proteína bruta que as C3. As plantas C4 têm maior eficiência na retirada de CO₂ do meio, e com isso possuem menores proporções da enzima Rubisco que as C3, apresentando assim menores concentrações de nitrogênio em seus tecidos fotossinteticamente ativos (BALSALOBRE, 2002).

Entretanto, o conhecimento tecnológico atual tem permitido o aprimoramento das práticas de manejo de pastagens, permitindo a produção de forragem tropical de boa qualidade (SANTOS et al., 2005).

Dados de composição bromatológica de amostras de pastejo simulado ou do estrato pastejável de forrageiras tropicais bem manejadas, obtidos de trabalhos de pesquisa e de sistemas comerciais de produção de leite são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. É possível observar que pastagens tropicais, quando bem manejadas, produzem forragem com bons teores protéicos e energéticos.

Tabela 1 – Composição bromatológica (%MS) de amostras de pastejo simulado ou estrato pastejável de forragens tropicais relatadas em trabalhos de pesquisa

Forragem	PB%	FDN%	FDA%	Referência
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	12,6	57,4	34,5	CORREIA, 2006
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	13,6	56,2	31,5	CORREIA, 2006
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	15,3	65,0	32,0	COSTA, 2007
<i>Panicum maximum</i> cv. Colonião	16,3	66,0	32,4	RAMALHO, 2006
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Cameroon	13,7	62,9	33,3	MARTINEZ, 2004
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Cameroon	14,6	65,1	35,9	VOLTOLINI, 2006
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Cameroon	20,6	63,2	33,3	CARARETO, 2007
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Napier	20,6	64,7	32,5	FONTANELLI, 2005
Quicuio	21,4	66,4	26,0	FONTANELLI, 2005
Tifton – 68	22,1	65,5	25,4	FONTANELLI, 2005

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2007b)

Tabela 2 - Concentrações de PB e NDT em amostras de pastejo simulado ou estrato pastejável de forrageiras tropicais em pastagens comerciais

Local	Gramínea	Idade (dias)	PB (%MS)	NDT (%MS)
Minas Gerais	Tifton-85	21	18,9	63,9
Minas Gerais	Tangola	25	17,9	62,4
Minas Gerais	Setária	22	17,5	60,3
São Paulo	Tanzânia	30	18,2	61,2
São Paulo	Elefante	35	13,7	60,2
Rio Grande do Sul	Tifton-68	21	14,3	64,9

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2007b)

Os teores de PB das plantas forrageiras são altamente influenciados pelas doses de N aplicados após cada corte ou pastejo. Em trabalho realizado por Johnson e colaboradores (2001), os teores de PB (%MS) em Tifton 85 cortado a 5 cm do nível do solo a cada 28 dias, foram de 9,81; 10,93; 13,81, 15,75 e 18,12% para as doses de 0, 39, 78, 118 e 157kg de N ha⁻¹ por corte, respectivamente. Os elevados teores de PB em amostras de pastejo simulado das forragens apresentadas nas Tabelas 1 e 2 se devem

à combinação entre forma de amostragem (pastejo simulado ou estrato pastejável), adubação nitrogenada para alta produção e idade jovem da planta. Conseqüentemente, em sistemas de produção intensiva de leite ou carne em pastagens tropicais, onde elevadas doses de N são aplicadas visando altas taxas de lotação, os pastos, desde que colhidos no ponto certo, conterão elevados teores de proteína bruta.

Plantas forrageiras tropicais que apresentem cerca de 56 a 65% de FDN, 13 a 22% de PB, 2% de EE e 8% de cinzas, contêm apenas 3 a 21 % de carboidratos não fibrosos (CNF). Estes baixos teores de CNF certamente limitam o uso de boa parte da fração da PB que é degradável no rúmen (PDR) dessas forragens.

Os constituintes químicos e as taxas de degradação dos alimentos produzidos em condições tropicais diferem grandemente daqueles produzidos em regiões de clima temperado (VAN SOEST, 1994). Além da composição bromatológica dos alimentos, é importante o conhecimento da capacidade de utilização desses nutrientes pelo animal, o que pode ser obtido com estudos de digestão e cinética ruminal (COSTA et al., 2005).

2.1.3 Influência do manejo na qualidade e eficiência de colheita da forragem

A partir do momento em que uma alta produção da pastagem é estabelecida, impõe-se um dos maiores desafios no manejo da pastagem: aperfeiçoar a sua colheita. Falhas no manejo podem resultar em perdas da ordem de 20 a 80% da forragem produzida (CORSI et al., 1994).

A combinação da adubação nitrogenada e a variação na freqüência de pastejo influenciam a produção, a qualidade e a eficiência de colheita da pastagem pelos animais. Invariavelmente, maiores doses de N devem exigir menores intervalos entre pastejos, com o objetivo de garantir alta produção de forragem com bom valor nutritivo, e alta eficiência de pastejo (Da SILVA; PEDREIRA, 1997).

A diminuição da freqüência de pastejo pode resultar em queda na produção animal em decorrência da queda da qualidade da forragem e alterações na estrutura da planta que afetam negativamente o consumo de pasto (Da SILVA; PEDREIRA, 1997). A associação negativa, freqüentemente observada entre produção de matéria seca, qualidade de forragem e seu grau de utilização, são responsáveis pela falta de

correspondência entre produção de matéria seca e produção animal em diversos trabalhos ou experiências práticas (CORSI et al., 1994).

Em sistemas intensivos de produção de bovinos em pasto, a adoção de períodos fixos de intervalos de desfolhação (ID) tem sido criticada por Da Silva e Corsi (2003). Da Silva e Nascimento Jr. (2006) têm proposto que a entrada dos animais no pasto seja determinada pelo momento em que o dossel forrageiro atinge 95% de interceptação luminosa (IL). Estudando pastagens tropicais, Bueno (2003) relatou que a partir de 95% de IL pelo dossel, ocorrem reduções na taxa média de acúmulo e comprometimento da estrutura do dossel e do valor nutritivo da forragem produzida. Isto se deve ao aumento na proporção de colmos e material senescido, indicando que maiores intervalos de desfolhação (ID) não seria uma prática interessante, no caso de forrageiras tropicais.

De acordo com Da Silva e Pedreira (1997), a taxa máxima de crescimento é atingida quando as folhas menos iluminadas encontram-se no ponto de compensação luminosa, o que geralmente acontece quando cerca de 95 -100% da luz incidente é interceptada. O uso de ID variáveis, indicado por uma interceptação luminosa de 95% do dossel, permite melhor controle do manejo do pasto, uma vez que este será pastejado com ID menores quando as condições climáticas e de fertilidade do solo forem mais favoráveis e com ID maiores quando as mesmas forem menos favoráveis. Ao contrário, a adoção de ID fixo não respeita a fisiologia da planta e pode resultar em desfolhas ora com a planta ainda muito jovem ora já passada. Isto pode resultar em menor produção da planta forrageira ou menor qualidade do material colhido ou menor ingestão de pasto, ou a combinação destes.

Em trabalhos realizados com diversas espécies de plantas forrageiras, tem sido demonstrado que as alturas em que o dossel atinge 95% de IL durante a rebrotação variam conforme a planta considerada. Este valor está correlacionado com uma determinada faixa de altura do dossel forrageiro. Com base no valor de 95% de IL, as alturas de entrada recomendadas têm sido de 90 cm para o capim-Mombaça (CARNEVALLI et al., 2006), 70 cm para o capim-Tanzânia (DIFANTE, 2005; BARBOSA et al., 2007), 30 cm para o capim-Xaraés (PEDREIRA, 2006); 100 cm para o capim-Cameroon (VOLTOLINI, 2006) e 25 cm para o capim-Marandu (ZEFERINO, 2006; SARMENTO, 2007; SOUZA JÚNIOR, 2007; TRINDADE, 2007).

A composição morfológica de plantas forrageiras manejadas com ID determinados pelo critério da IL de 95% tem apresentado proporção de folhas significativamente maior e proporção de colmos e material senescido menor que plantas manejadas com ID fixos (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição morfológica de plantas forrageiras tropicais conforme o critério para determinação do ID

Fonte	Forragem	Critério para ID	Folhas ¹	Colmos ¹	Senescido ¹
Martinez (2004)	Elefante	35 dias fixos	33,7	56,1	10,2
Voltolini (2006)	Elefante	37 dias fixos	33,93	63,55	2,53
Voltolini (2006)	Elefante	27 dias fixos	48,0	46,0	6,0
Voltolini (2006)	Elefante	95% de IL (1m)	53,0	42,0	5,0
Carareto (2007)	Elefante	27 dias fixos	47,9	45,7	6,4
Carareto (2007)	Elefante	95% de IL (1m)	54,3	40,9	4,8
Correia (2006)	Marandú	30 dias fixos	40	36	24
Correia (2006)	Marandú	21 dias fixos	34	32,7	33,3
Costa (2007)	Marandú	95% de IL (25cm)	56	32	12

¹Valores em porcentagem da MS.

Voltolini (2006) e Carareto (2007) relataram maior produção de leite das vacas, maior lotação dos pastos e conseqüentemente maior produção de leite por área, quando capim-elefante, cv Cameroon, foi manejado com critério de entrada nos pastos com base na IL de 95% (1,05 m) em comparação com ID fixos de 27 dias.

A melhora na composição bromatológica e morfológica das pastagens manejadas corretamente, podem tanto aumentar a produção de leite das vacas sem alteração nas doses de concentrado como relatado por Voltolini (2006), quanto manter a produção de leite das vacas com menores doses de concentrado.

Portanto, práticas como a adubação nitrogenada, determinação de altura de entrada e saída dos animais e estrutura da planta, são fatores essenciais a serem observados no manejo de pastagens tropicais, com o objetivo de otimizar a colheita de grande quantidade de forragem de boa qualidade, que resulte em elevada produção

animal por área. O material colhido por animais pastejando tais pastagens certamente difere de forma significativa da grande maioria dos dados de composição bromatológica das tabelas do NRC (2001) e da tabela de alimentos tropicais do CNCPS (TEDESCHI, 2002). O teor de fibra em detergente neutro (FDN), a composição dessa fração fibrosa e sua cinética de digestão, assim como teor de PB e cinética de digestão dessa fração, certamente são afetadas pelas condições de manejo da pastagem e da forma de amostragem da mesma.

2.1.4 Caracterização dos alimentos

A digestibilidade do alimento reflete em parte a capacidade que o animal possui em utilizar, em maior ou menor escala, seus nutrientes. Dessa forma, medidas de digestibilidade podem contribuir significativamente para o desenvolvimento de sistemas para descrever o valor nutritivo dos alimentos (COSTA et al., 2005; VAN SOEST, 1994).

A estimativa da degradação ruminal dos alimentos é fundamental para que se possa avaliar a quantidade de nutrientes disponíveis para os microrganismos presentes no rúmen e a quantidade e a qualidade dos nutrientes que escapam da fermentação ruminal e são digeridos no abomaso e intestino delgado, ficando disponíveis para a absorção intestinal (MOREIRA et al., 2003). Para adequada sincronização entre a degradação ruminal de carboidratos e proteína, a determinação das taxas de degradação da matéria seca e das diferentes frações que compõem os carboidratos e as proteínas se faz necessária (BALSALOBRE et al., 2003a).

A taxa de degradação do alimento no rúmen tem grande efeito quanto aos produtos finais da fermentação e no desempenho animal, sob diferentes aspectos. Caso a taxa de degradação da proteína exceda a taxa de fermentação dos carboidratos, grande quantidade de N pode ser perdida na forma de amônia. Por outro lado, se a taxa de fermentação dos carboidratos exceder a taxa de degradação da proteína, a produção de proteína microbiana pode diminuir. Outro aspecto importante é quando o alimento é degradado muito lentamente. Neste caso, o rúmen permanece por mais tempo com alimento, diminuindo o consumo; ou partículas de alimento escapam da fermentação ruminal e passam diretamente para o intestino delgado (RUSSELL et al., 1992).

Os sistemas atuais de avaliação de dietas para ruminantes, como o NRC (1996, 2001) e o CNCPS (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; FOX et al., 1992), necessitam de informações sobre o alimento no que diz respeito às suas frações de proteínas e carboidratos, assim como de suas taxas de digestão, para que se possa estimar com maior exatidão o desempenho dos animais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes.

2.1.4.1 Proteínas

Um critério apropriado para classificar os compostos nitrogenados é sua capacidade de suprir as exigências de N dos microrganismos ruminais e do animal hospedeiro. As exigências de N dos microrganismos ruminais são supridas por amônia, aminoácidos e peptídeos. As exigências de N dos bovinos são supridas por aminoácidos e pequenos peptídeos, e conseqüentemente, a quantidade e perfil de aminoácidos da proteína que chega ao intestino delgado são importantes variáveis a se considerar (NRC, 2001).

A qualidade da planta forrageira deve ser analisada não só em relação às alterações na parede celular, mas também em relação à porção protéica, tanto em teores como em composição, assim como as várias frações que a compõe. Muitas das proteínas encontradas nas forragens são altamente solúveis e rapidamente degradadas pelas bactérias ruminais (RUSSELL et al., 1992). A determinação da porção protéica dos alimentos que se degrada no rúmen ou pós-rúmen tem trazido grandes avanços no entendimento da nutrição animal. A introdução do CNCPS como um modelo dinâmico, tem possibilitado melhor compreensão das interações das frações dos alimentos (FOX et al., 1992; RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992).

Segundo Lanzas (2007), os sistemas de fracionamento da proteína dos alimentos têm sido integrados em modelos nutricionais para informar sobre diferenças na disponibilidade e utilização da fração protéica. Técnicas *in situ* e esquemas baseados na solubilização em solução tampão e detergente neutro têm sido adaptadas pelo NRC (2001) e CNCPS (RUSSEL et al., 1992; FOX et al., 2004) para mensurar essas frações no alimento.

2.1.4.1.1 Fracionamento de compostos nitrogenados

No NRC (2001) foi adotada a metodologia “*in situ*” para a divisão das frações nitrogenadas do alimento em proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR). A fração A do método “*in situ*” inclui nitrogênio não protéico (NNP), proteína solúvel, e proteína com partículas suficientemente pequenas para passar através dos sacos de náilon, sendo mensurada como a porcentagem de N que escapa do saco durante uma saturação inicial em água. A fração B é aquela potencialmente degradável no rúmen, ou seja, a porção de N associado com tamanho de partículas maiores do que o tamanho do poro do saco e susceptíveis à degradação. Já a fração C é a proteína não-degradável, estimada como o nitrogênio remanescente após um determinado tempo de incubação (LANZAS, 2007).

Na metodologia descrita no CNCPS (FOX et al., 1992; RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992), o N é dividido em cinco frações com base na solubilidade do alimento. A fração A é a porcentagem da PB na forma de NNP, a qual apresenta alta degradabilidade no rúmen, sendo determinada utilizando-se um agente precipitador da proteína; a fração B é composta de proteína verdadeira, cuja extensão de degradação ruminal é afetada pela taxa de passagem do alimento. A fração C é a proteína não-degradável, a qual é determinada como a porcentagem da PB na forma de N insolúvel em solução de detergente ácido (NIDA). Esta fração pode estar associada com lignina, formar complexos de tanino ou ser resultado da reação de Maillard, sendo altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática (LANZAS, 2007; SNIFFEN et al., 1992).

A fração B descrita pelo modelo acima é posteriormente sub-dividida em três frações com diferentes taxas de digestão (B1, B2 e B3) (SNIFFEN et al., 1992). A fração B1 é solúvel em tampão borato-fosfato, mas precipitada pelo ácido tricloroacético (TCA). A fração B3 resulta da subtração do NIDA do NIDN (fração nitrogenada ligada ao FDN), sendo uma fração disponível, porém com uma taxa de degradação muito lenta. A fração B2 apresenta taxa de degradação média, e corresponde à fração protéica não solúvel, que não faz parte da parede celular e também não é NNP (SNIFFEN et al., 1992). Esta fração B2 é a PB remanescente, a qual é calculada por diferença, como o total da PB

menos a soma das frações A, B1, B3 e C. A fração A é assumida como completamente degradável no rúmen, enquanto que a fração C é assumida como completamente indegradável. Assume-se 100% de digestibilidade intestinal para as frações B1 e B2, 80% para B3 e 0% para a fração C (LANZAS, 2007).

Os teores de nitrogênio ligado aos compostos da parede celular tendem a aumentar com a idade fisiológica da planta, principalmente aquela fração ligada ao FDA (BALSALOBRE, 2002). Lima et al. (1999) apud Balsalobre (2002) encontraram uma redução linear na fração protéica de lenta degradação (fração B3) com a maturidade de plantas de Tifton-85 (*Cynodon dactylon*), Bahia (*Paspalum notatum*) e Florata (*Hemarthria altíssima*). Com quatro semanas de idade, essas plantas apresentavam 76,4% do N na forma de proteína de lenta degradação, enquanto que, com oito semanas, o valor dessa fração foi de 70,4% do N total. Já em relação ao NNP, os valores para plantas de Tifton-85 variaram entre 15,9 e 21,8%, para a Hemarthria entre 11,4 e 20,1%.

Os autores acima citados concluíram que para plantas de Hemarthria e Tifton-85, os teores de proteína de rápida degradação ruminal (soma das frações A e B1), foram muito baixos, com valores entre 15 e 30 e 22 e 38% do N total, respectivamente. Em plantas de *Vicia sativa*, Caballero et al. (2001), encontraram redução da fração B1 de 30,81 para 23,87% com o avanço da idade, do início da emissão da folha bandeira para o 14º dia da emissão dessa folha, respectivamente.

Segundo Balsalobre (2002), as plantas apresentam uma concentração ótima de N para a fotossíntese. Nas plantas C4, essa concentração é menor que para plantas C3. O teor de NNP pode estar associado à adubação nitrogenada, ou seja, quando a planta se encontra com concentração adequada de N, o aumento no fornecimento de N irá determinar um consumo de luxo e, conseqüentemente, aumento do NNP.

Cilliers e colaboradores (1997) avaliaram diferentes níveis de fertilização nitrogenada, encontrando resultados onde o teor de N total aumentou de 0,99 para 1,47% MS quando uma área com mistura de forrageiras tropicais foi adubada com 0 e 80 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Nesse caso, o teor de NNP na MS também aumentou de 0,12 para 0,21% para fertilização com 0 ou 80 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. No entanto, os aumentos nos teores de NNP em relação ao N total

foram menores, de 12,10 para 14,27%. Desse modo, pode-se dizer que houve aumento de síntese líquida de proteína à medida que se aumentou a adubação nitrogenada.

Malafaia et al. (1997) encontraram para quatro plantas tropicais (Tifton-85, capim-elefante, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*), valores para a fração C variando entre 11,66 e 27,73% da PB, onde as forragens foram manejadas com aproximadamente 60 dias de descanso na estação das chuvas. A fração A variou de 11,58 a 32,28% da PB, enquanto que as frações B1, B2 e B3 tiveram variações entre 0,58 e 4,54; 32,97 e 43,62; 17,55 e 34,17% da PB, respectivamente. Nesse trabalho, a *Brachiaria brizantha* apresentou a pior qualidade de proteína, onde a soma das frações B3 e C foi de 61,9% da PB, enquanto que a *Brachiaria decumbens* apresentou a menor proporção da proteína na forma das frações C e B3, sendo que a soma, nesse caso, foi de 29,21% da PB. A *Brachiaria decumbens* também apresentou o maior valor para a fração A (32,28%) e a *Brachiaria brizantha* o menor (11,58% da PB). De acordo com Balsalobre (2002), as frações protéicas podem ter influência da espécie forrageira, no entanto parece ser mais dependente do manejo, da idade fisiológica e da adubação nitrogenada.

Vieira, Pereira e Malafaia (2000), ao estudarem pastagens nativas, encontraram valores entre 5,20 e 13,19% da proteína para a fração A, sendo os maiores valores encontrados no período das secas. A fração indisponível (fração C) apresentou valores entre 19,83 e 35,11%, sendo que o mesmo padrão de elevação de teor na estação seca foi observado. As frações B1, B2 e B3 estiveram entre 3,94 e 14,53; 15,99 e 23,45; 21,33 e 55,04% da PB, respectivamente, para o período das águas e seca.

2.1.4.2. Carboidratos

A principal função dos carboidratos é servir como fonte de energia para os animais. Nos ruminantes a maior parte da digestão ocorre no rúmen, apesar de eventualmente, a digestão de uma porção considerável ocorrer pós-rúmen. Os carboidratos são as biomoléculas mais abundantes na natureza. Representam a principal reserva de energia fotossintética nas plantas, constituindo cerca de 50 a 80%

da MS e são extremamente importantes para a nutrição animal, como a fonte primária de energia na dieta dos ruminantes (VAN SOEST, 1994).

Visando a maximização da produção juntamente com a saúde ruminal, no balanceamento de dietas para ruminantes, deve-se considerar o teor e os tipos de carboidratos fornecidos. Algumas frações dos alimentos como os ácidos graxos de cadeia curta, lactato, açúcares e amido, já estão sendo mensuradas em alguns laboratórios comerciais, informações estas que podem auxiliar em melhorias na formulação de dietas (LANZAS et al., 2006).

Os carboidratos representam o maior componente dos produtos vegetais consumidos por ruminantes, onde desempenham variadas funções, como: fonte e reserva de energia, função estrutural, e servir como matéria prima para a biossíntese de outras biomoléculas. Os açúcares simples, monossacarídeos (glicose, frutose, etc.) e dissacarídeos (sacarose, celobiose, etc.), são rapidamente fermentados no rúmen produzindo ácidos graxos de cadeia curta, os quais são absorvidos através da parede do rúmen, sofrendo metabolismo em graus variados e alcançando a circulação sanguínea. Amido, fructanas e galactanas são compostos de armazenamento de reservas. Amido é o carboidrato de reserva predominante, armazenado em sementes, folhas e talos de gramíneas tropicais e leguminosas (VAN SOEST, 1994). Pectina, hemicelulose e celulose são componentes da parede celular da planta.

Os carboidratos ainda podem ser divididos em fibrosos (CF) (celulose e hemicelulose) e não-fibrosos (CNF) (açúcares, amido e pectina). Diferenças na quantidade e propriedades químicas da fibra na dieta podem afetar o desempenho do animal. Altos teores de fibra na dieta reduzem a digestibilidade da ração e restringem a ingestão devido ao efeito de enchimento (MERTENS, 1997). Por outro lado, baixos teores de fibra podem ocasionar efeitos adversos na fermentação ruminal, levando à acidose. Entretanto, devido a importância do balanceamento de dietas para conteúdo de fibra, métodos laboratoriais têm sido desenvolvidos, permitindo a determinação da fibra nos mais variados tipos de alimentos.

O método mais amplamente aceito para determinação do conteúdo de fibra no alimento é a determinação da fibra em detergente neutro (FDN), conforme proposto por Van Soest, Robertson e Lewis (1991). Foi observado que os alimentos podem ser

divididos em frações solúveis (prontamente disponíveis) e um resíduo fibroso digerido incompletamente. A metodologia de FDN foi desenvolvida para que uma definição nutricional de fibra fosse claramente aperfeiçoada, frente às limitações apresentadas pelo uso do conceito de fibra bruta para os ruminantes. Um grande número de modificações no método existe, sendo que a metodologia aprovada pela Association of Official Analytical Chemists International - AOAC (MERTENS, 2002), utiliza sulfito de sódio para remover materiais proteináceos da fibra insolúvel e amilase para reduzir a contaminação de amido. O método de FDN isola outros componentes além dos carboidratos fibrosos (celulose e hemicelulose), recuperando também complexos de tanino-proteína, proteína, cinzas, sílica e lignina. A utilização de sulfito de sódio para o procedimento de FDN é opcional, sendo seu propósito remover resíduos queratinosos de origem animal (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991).

Até recentemente, a fração de CNF era considerada como sendo homogênea e altamente digestível. Na edição mais recente do NRC (2001), assume-se que os CNF apresentam 98% de digestibilidade verdadeira, modificada por fatores de ajuste baseados no processamento do alimento. Entretanto, estudos indicam que a manipulação dos CNF da dieta influencia na fermentação ruminal, digestão no trato total, desempenho animal, composição do leite e saúde do animal. Embora no NRC (2001) seja apresentada recomendação para a concentração de CNF na dieta (entre 32 e 42% da MS da dieta), também é admitido que a concentração ótima CNF na ração depende de diversos fatores incluindo os tipos de componentes dos CNF, interações entre eles, as frações de proteína e fibra, efeitos do processamento, ingestão de MS e o estado fisiológico do animal.

2.1.4.2.1 Fracionamento dos carboidratos

Os carboidratos (CHO's) são os componentes mais abundantes de rações para vacas em lactação, e podem ser fracionados em carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF). A fibra (celulose e hemicelulose) é a fração lentamente digestível do alimento que ocupa espaço no tratogastrointestinal, sendo que a fibra associada com lignina é resistente à digestão e, conseqüentemente, não contribui com energia para o

animal (MERTENS, 1997). Dentro dos carboidratos solúveis em detergente neutro (SDN) estão incluídos os ácidos orgânicos, monossacarídeos, oligossacarídeos, fructanas, substâncias pécicas, β - glucanas e amido (HALL, 2003). O balanceamento para um adequado teor e tipo de carboidratos não-fibrosos (CNF) é um dos principais desafios na formulação de ração para ruminantes. Os alimentos variam grandemente em quantidade e composição de CNF, e as frações de CHO's da fração CNF diferem em taxa e extensão de fermentação, produtos da fermentação e contribuição para produção de proteína microbiana (NOCEK; TAMMINGA, 1991), afetando conseqüentemente o desempenho animal.

O sistema de *Cornell* baseia-se no fracionamento dos carboidratos e no modo diferenciado como os microrganismos ruminais fazem uso destes compostos, sendo consideradas as diferenças quanto à utilização dos carboidratos para manutenção e crescimento microbiano, quanto à utilização e natureza dos compostos nitrogenados consumidos e quanto à sincronização entre a disponibilidade de energia e nitrogênio para maximização do crescimento microbiano no rúmen (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; VIEIRA et al., 2000).

O atual modelo de *Cornell* descrito inicialmente por Sniffen et al. (1992), Russell et al. (1992), Fox et al. (1992), O'Connor et al. (1993) e Tedeschi, Fox e Russell, (2000), divide os carboidratos em quatro frações: fração A, de rápida degradação ruminal (contendo os açúcares e ácidos orgânicos); a fração B1, com taxa de degradação intermediária (amido e pectina); fração B2, que possui lenta degradação ruminal (parede celular disponível) e fração C, representada pela parede celular indisponível (fibra indigestível). A fração indisponível (C) depende do teor de lignina, portanto, plantas de idade fisiológica mais avançada apresentam maiores teores dessa fração. O aumento da fração C promove redução da fração potencialmente degradável (B2) (CABALLERO et al., 2001). Os ácidos orgânicos não são considerados carboidratos, mas estão inclusos na fração A por estarem mais correlacionados aos carboidratos do que com proteínas ou gorduras (LANZAS, 2007).

Na Tabela 4 encontram-se dados referentes às frações de carboidratos em capim-elefante. Nos estudos realizados por Lima (2006) e Malafaia, Valadares Filho e Vieira (1998), o capim-elefante foi avaliado aproximadamente aos 60 dias de

crescimento, e o valor obtido para a fração A+B1 foi maior nos resultados de Malafaia, Valadares Filho e Vieira (1998), já o valor da fração B2 foi menor ao obtido por Lima (2006). Nestes trabalhos é possível verificar que, como citado anteriormente, a medida que houve aumento da fração indisponível (C), houve diminuição nos teores da fração B2.

Tabela 4 - Frações de carboidratos do capim-elefante

A+B1	B2	C	%FDN	Fonte
5,5	82,0	12,5	76,2	Lima (2006)
9,9	69,3	20,8	76,7	Malafaia; Valadares Filho; Vieira (1998)

Malafaia, Valadares Filho e Vieira (1998) avaliaram o capim-elefante na estação das chuvas, encontrando 69,31% de seus carboidratos como fração B2 e 76,71% de FDN (%MS), onde segundo os autores, estes resultados se enquadram dentro do esperado para plantas cultivadas em regiões tropicais.

Cabral et al. (2000) avaliaram o capim-elefante (cv. Cameroon) nas estações de primavera e verão em dois cortes, aos 42 e 63 dias de crescimento (Tabela 5). Os autores não observaram variação para a fração C dos carboidratos aos 63 dias de rebrota em função da estação estudada, permanecendo em 26,01% na primavera e verão. Já aos 42 dias de crescimento, esta mesma fração obteve uma ligeira redução da primavera para o verão, com valores de 25,10 e 24,37% respectivamente. O mesmo aconteceu com a fração B2, aos 42 dias de crescimento, ocorrendo diminuição na estação da primavera para o verão (69,32 e 67,85%, respectivamente). O avanço da maturidade afeta a proporção da fração B2, onde maior lignificação ocasiona redução desta fração, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Frações de carboidratos como porcentagem dos carboidratos totais em capim-elefante

Época e idade ao corte	Fração dos carboidratos		
	C	B2	CNF
Primavera 42d	25,10	69,32	5,58
Primavera 63d	26,01	68,45	5,54
Verão 42d	24,37	67,85	7,78
Verão 63d	26,01	66,77	7,22

Fonte: Adaptado de Cabral et al. (2000)

2.1.5. Degradabilidade *in situ*

A metodologia *in situ* utilizando sacos de náilon incubados no rúmen de animais fistulados, permite o contato íntimo do alimento avaliado com o ambiente ruminal, por isso é considerada a melhor forma de simulação desta técnica. E mesmo que o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem, a técnica é útil para determinar a degradabilidade de diferentes frações do alimento e comparar diferentes produtos, apesar de ser um método trabalhoso e requerer tempo para obtenção de resultados (ÍTAVO et al., 2002). Além disso, permite avaliar a qualidade do nutriente, como por exemplo, da proteína bruta que escapa da fermentação ruminal, fornecendo, conseqüentemente, aminoácidos disponíveis para digestão a partir do abomaso (MOLINA et al., 2002; MOREIRA et al., 2003).

A técnica *in situ* apresenta alguns fatores que devem ser considerados no momento de sua realização, como a área de superfície do saco de náilon e tamanho do poro do tecido, tamanho das partículas, quantidade de amostra incubada, origem do alimento, material incubado, procedimentos de lavagem e análises das amostras (MEHREZ; ORSKOV, 1977; SANTOS, 2006). De acordo com Garcia, Alcalde e Jobim, (2003), esses fatores podem explicar em partes, as diferenças que ocorrem nos resultados obtidos.

Segundo Santos (2006), o tecido utilizado deve ter poros que permitam a entrada dos microrganismos no interior dos sacos, sendo que vários autores indicam uma porosidade de 45 a 50µm como sendo ideal, o que proporciona adequada remoção dos produtos finais da degradação e redução das perdas de amostras não degradadas. Em trabalho realizado por Nocek (1985), avaliando tamanho de poros do tecido de náilon (6, 20, 40, 59, 80 e 102 µm), não foram observadas diferenças entre tamanhos de poros até 59 µm no desaparecimento da MS e nitrogênio, porém, o desaparecimento tendeu a aumentar quando o tamanho dos poros dos sacos foi superior.

Com relação à quantidade de amostra a ser incubada, Nocek (1988) recomenda que a quantidade de amostra por área útil do saco a ser utilizada deve ser de aproximadamente 10 a 20 mg/cm². Também é importante que os animais destinados aos ensaios de degradabilidade, estejam com o ambiente ruminal adaptado aos

ingredientes a serem avaliados, para que os microrganismos adequados se desenvolvam, colonizem e degradem de forma eficiente o tipo de material incubado (BERCHIELLI; GARCIA; OLIVEIRA, 2006).

A determinação do número de horários requeridos para o estudo da extensão potencial da degradação dependerá do tipo de alimento a ser incubado. Campos, Nussio e Nussio (2004) sugerem tempos de incubação de 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24 e 48 horas no caso de concentrados, e para alimentos volumosos, os autores indicam tempos de 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48 e 72 horas. Entretanto, em alguns casos será interessante a inclusão de maiores tempos de incubação como 96 e 120 horas.

As curvas de desaparecimento de cada fração dos alimentos nos horários determinados retratam a cinética de degradação ruminal. Dessa maneira, a descrição da taxa e da extensão de digestão explica as relações existentes entre a ingestão, digestão e o desempenho de ruminantes (ORSKOV, 1982).

Orskov e McDonald (1979) sugeriram um modelo exponencial com a finalidade de auxiliar no estudo da degradação de nutrientes de forrageiras no rúmen em função do tempo, a partir de uma equação sugerida com base no desaparecimento do material ao longo da incubação. Esse modelo é bastante utilizado, permitindo obter valores de degradabilidades potenciais e efetivas, além de taxas de degradação e valores de *lag time*.

O conceito de degradabilidade efetiva é utilizado quando se inclui a taxa de passagem do alimento no cálculo da degradabilidade. Segundo Orskov (1982), a mensuração da degradabilidade no rúmen sem considerar a taxa de passagem, pode superestimar a extensão da degradação, já que as partículas dos alimentos estão sujeitas à passagem para o compartimento seguinte antes de serem completamente degradadas, o que não ocorre na determinação *in situ*.

O fracionamento baseado na metodologia *in situ* tem sido amplamente adotado em sistemas de avaliação de alimentos (NRC, 2001). Nesta metodologia, as amostras são incubadas em sacos de náilon no rúmen de animais fistulados, sendo removidos em diferentes tempos após a primeira incubação, ou colocados em ordem cronológica reversa e retirados ao mesmo tempo. No NRC (2001), para proteína, 3 frações são mensuradas: uma fração A, que é geralmente mensurada como a porcentagem de N

que escapa do saco durante uma lavagem inicial com água, a fração B que é a porção de N associada com partículas maiores do que o tamanho do poro que são susceptíveis à degradação ruminal, e fração C, que é a porcentagem do N remanescente no saco no último horário de incubação.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Área experimental e tratamentos impostos ao capim-elefante (cv. Cameroon)

A colheita de forragem foi realizada nas áreas de pastagem do sistema de produção de leite do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, em Piracicaba. A cidade possui como coordenadas 22°42'3"0 de latitude sul, 47°38'00" de longitude oeste e 546 m de altitude.

As amostragens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cultivar Cameroon) foram realizadas nos períodos do outono (22/03 - 20/06/2006), primavera (22/09 - 20/12/2006) e verão (21/12/06 - 21/03/2007), adotando-se dois critérios de avaliação através de intervalos de desfolhação, um fixo e outro variável. No tratamento 1, o intervalo de desfolhação (ID) adotado foi o fixo, onde a entrada dos animais nos piquetes foi realizada a cada 27 dias. No tratamento 2, foram adotados ID variáveis, com a entrada dos animais nos piquetes ocorrendo quando o capim atingia 1,05 m de altura, tratamento este visando interceptação luminosa de 95% (Voltolini, 2006). A pastagem foi manejada de forma intensiva com lotação animal entre 4 a 9 UA/ha durante os períodos experimentais. A área de pastagem (Figura 1) utilizada no experimento consistiu de 10 piquetes de 0,1 ha cada, cinco para cada tratamento, totalizando 1,0 ha de área experimental.

Figura 1 – Figura da área cultivada com capim-elefante (cv. Cameroon). Fonte: Google Earth

A adubação foi realizada somente com o N uma vez que o solo continha teores adequados de fósforo (P) e potássio (K), sendo aplicados 80 kg de N por ha⁻¹ a cada ciclo de pastejo. As análises químicas relativas aos macro e micronutrientes presentes no solo da área experimental estão descritas nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. Os dados climáticos obtidos na estação meteorológica automática da Esalq/USP estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 6 – Análise química dos macronutrientes do solo da área de pastagem

Amostra	pH CaCl ₂	MO gdm ⁻³	P (mg dm ⁻³) ⁻¹	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	M
Módulo D	5,1	44	32	25	3,7	60	29	1	38	92,7	130,7	71	1
Módulo B	4,8	47	50	28	7,2	69	34	0	42	110,2	152,2	72	0
Módulo F	5,7	42	47	18	11,1	71	23	0	22	116,1	138,1	84	0

pH = Potencial hidrogeniônico; MO = Matéria orgânica; P = Fósforo; S = Enxofre; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Al = Alumínio; H = Hidrogênio; SB = Soma de bases; T = Capacidade de troca de cátion; V = Saturação por bases; M = Saturação por alumínio.

Tabela 7 – Análise química dos micronutrientes do solo da área de pastagem

Amostra	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			mg dm ⁻³		
Módulo D	0,36	12,6	94	81,4	6,6
Módulo B	0,27	14,6	95	90,4	8,7
Módulo F	0,42	9,4	69	74,4	9,6

B = Boro; Cu = Cobre; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Zn = Zinco

Tabela 8 – Dados climáticos obtidos na estação meteorológica da Esalq/USP

Mês/ano	R.Global (cal/cm.d)	Insolação (h/d)	Precipitação (mm)		U.R. (%)	Vento Médio (km/h)	Temperatura (°C)		
			Média	Total			Média	Mínima	Máxima
Jan/06	451,6	6,2	7,8	240,5	82,5	6,1	25,5	19,6	31,4
Fev/06	412,0	4,6	6,3	176,2	86,5	5,3	25,0	19,6	30,3
Mar/06	418,1	5,9	5,0	154,0	82,4	6,3	25,2	19,3	31,0
Abr/06	377,0	6,4	1,1	33,7	80,0	6,1	22,1	15,8	28,3
Mai/06	319,6	6,3	0,1	2,0	75,9	6,1	18,0	10,7	25,4
Jun/06	284,9	6,6	0,6	18,6	81,3	6,1	18,3	10,3	26,3
Jul/06	272,7	6,4	1,0	32,4	78,6	6,4	18,9	10,7	27,1
Ago/06	348,1	7,4	0,6	17,4	69,8	7,2	20,7	11,9	29,4
Set/06	369,6	6,3	1,8	54,7	67,1	8,6	20,9	13,5	28,3
Out/06	452,5	6,6	2,6	80,3	79,9	8,1	23,3	17,0	29,6
Nov/06	478,1	6,5	6,7	200,2	80,4	9,1	24,1	17,8	30,4
Dez/06	489,4	6,0	8,1	251,7	88,8	7,2	25,0	19,8	30,1
Jan/07	374,4	3,8	8,6	267,0	92,2	6,6	24,7	20,1	29,3
Fev/07	505,2	7,3	8,6	241,9	84,7	6,5	25,5	19,3	31,6
Mar/07	471,4	7,7	2,6	80,5	92,3	5,4	25,8	19,0	32,5

2.2.2 Medições no pasto e coleta de amostras de forragem

Para determinação das características da forragem, a pastagem foi avaliada quanto à massa de forragem (kg de MS por ha^{-1}) no pré-pastejo, composição morfológica da massa de forragem (relação colmo:folha:material senescente) e composição bromatológica das amostras de forragem do estrato pastejável (acima da altura do resíduo pós-pastejo). As alturas do dossel na entrada e na saída dos animais dos piquetes também foram determinadas (Figura 2).

Figura 2 – (a) Altura de pós-pastejo; (b) moldura de 1 m^2 ; (c) Altura de pré-pastejo

Para estimar a massa de forragem (MF), foram coletadas quatro amostras por piquete utilizando uma moldura (Figura 2b), apresentando dimensões de 1 m^2 , seguindo as recomendações de Penati et al. (2001). As amostras foram colhidas à 5 cm do solo e compostas por piquete. Uma sub-amostra oriunda da amostra coletada para MF foi utilizada para determinar a composição morfológica da planta forrageira. Esta sub-amostra foi separada em folhas (lâminas foliares), colmo e material senescente, anotando-se os respectivos pesos e seguindo para secagem em estufa à 55°C por 72 horas.

As amostras de forragem para determinação da composição bromatológica foram colhidas manualmente, em dez pontos do piquete. Foi colhido todo o estrato do dossel acima da altura de resíduo pós-pastejo do ciclo anterior. As amostras foram compostas por piquete e uma sub-amostra foi tomada para as análises químico-bromatológicas. A altura do dossel forrageiro pré-pastejo foi mensurada em 10 pontos de cada piquete, considerando-se o comprimento desde o nível do solo até a curvatura da última folha

completamente expandida. Já a altura do pós-pastejo, foi mensurada como a medida do comprimento desde o nível do solo.

2.2.3 Preparo da amostra e determinação das análises bromatológicas

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da Esalq/USP.

As amostras do estrado pastejável colhidas no campo foram pesadas e levadas para pré-secagem em estufa de ventilação forçada à 55°C por 72 horas. Após a secagem, o material foi pesado novamente e moído em moinho tipo *Wiley* com peneiras de malha de 1mm de diâmetro e armazenado em sacos plásticos. As análises para determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) foram realizadas segundo a AOAC (1990); para determinação de fibra em detergente neutro (FDN) (sem adição de sulfito de sódio), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina segundo metodologia descrita por Van Soest, Robertson e Lewis, (1991); e as análises para determinação de NFDN, NFDA, N-solúvel e NNP segundo Licitra, Hernandez e Van Soeste (1996). A PB foi obtida através da combustão das amostras segundo o método de Dumas, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio marca Leco® (Leco Corporation, St. Joseph, MI, EUA) modelo FP-2000 *nitrogen analyzer*, Leco Instruments, Inc. St.

Os carboidratos totais (CHT) foram obtidos subtraindo-se da MS os teores de PB, EE e MM, equação (1):

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

2.2.4 Determinação da degradabilidade *in situ*

Para determinação das frações A, B e C (NRC, 2001), foi realizado ensaio de degradabilidade *in situ* utilizando-se 4 garrotes castrados (com aproximadamente 350 kg de PV) e fistulados no rúmen. Cerca de 6,0 g de matéria seca das forragens moídas a 5 mm foram acondicionadas em sacos de náilon (com área de aproximadamente 10 x 15

cm) respeitando a relação 20 mg/cm^2 (NOCEK, 1988), e porosidade de $50 \text{ }\mu\text{m}$ (BOWMAN et al., 1991) e incubados em quadruplicatas (que posteriormente formaram uma única amostra de cada tempo) no rúmen por 0, 3, 6, 12, 24, 48, 60, 72, 96 e 120 horas. Após a pesagem dos sacos, estes foram selados para o fechamento e amarrados ao meio com linha de náilon com espessura de 0,7 mm (Figura 3b).

Amostras dos dois tratamentos foram incubadas após 10 dias de adaptação dos animais com dieta composta exclusivamente de feno de Tifton-85. Os sacos foram colocados dentro do rúmen em ordem cronológica reversa, sendo retirados ao mesmo tempo, permitindo que a lavagem fosse homogênea para todos os sacos. Os sacos de náilon com amostras referentes ao tempo zero não foram incubados, porém realizou-se a lavagem juntamente com os demais sacos.

Após a retirada dos sacos do rúmen, estes foram imediatamente colocados dentro de baldes com água gelada, para que o processo de fermentação microbiana fosse interrompido imediatamente. Efetuou-se então a lavagem com uma máquina de lavar (tipo “tanquinho”) com água corrente, de maneira a reduzir a variação que ocorre na lavagem manual dos sacos, devido à manipulação por diferentes indivíduos (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2004). A lavagem foi realizada até que a água se apresentasse límpida, ou seja, sem resíduo do conteúdo ruminal.

Foi retirado o excesso de água dos sacos pressionando-os levemente contra as mãos, seguindo então para estufa de ventilação forçada a 55°C , onde permaneceram por 48 horas, sendo então, transferidos para dessecador durante 30 minutos. Após estes procedimentos, foi realizada a pesagem do material seco, e os resíduos obtidos das quadruplicatas em cada tempo foram compostos e então moídos em moinho tipo *Willey* com peneiras de malhas de 1mm de diâmetro para posteriores determinações químico-bromatológicas.

Figura 3 – (a) sacos de náilon; (b) sacos amarrados ao meio com fio de náilon; (c) sacos amarrados em corrente e ancorados ao rúmen

Foram realizadas as análises para determinação da MS, MO, PB e FDN. As determinações da MS e MO foram realizadas de acordo com AOAC (1990), a PB foi obtida através da combustão das amostras segundo o método de Dumas, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio marca Leco® (Leco Corporation, St. Joseph, MI, EUA) modelo FP-2000 *nitrogen analyzer*, Leco Instruments, Inc. St. As determinações de FDN das amostras foram realizadas segundo metodologia de Van Soest, Robertson e Lewis, (1991), com adição de sulfito de sódio para eliminação de possíveis resíduos de origem animal, como por exemplo, pêlos que podem ter entrado em contato com o resíduo das amostras.

Os dados de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) foram obtidos pela diferença de peso encontrada entre as pesagens efetuadas antes e depois da incubação ruminal, e expressos em porcentagem. Os resultados das determinações bromatológicas das frações de MS, MO, PB e FDN foram utilizados para posterior cálculo da degradabilidade potencial dos nutrientes (equação 2), conforme proposto por Ørskov e McDonald (1979), seguindo recomendações propostas por Nocek e Kohn (1988):

$$DP = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (2)$$

onde,

DP = degradabilidade potencial estimada;

a = fração rapidamente solúvel em água;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação da fração b ;

e = logaritmo natural, que representa o tempo de colonização dos microrganismos das partículas dos alimentos, para o início da degradação microbiana (*lag time*);

t = tempo de incubação (horas).

Para determinação da degradabilidade efetiva dos nutrientes, utilizou-se a equação (3), levando-se em conta as taxas de passagem de 2, 5 e 8 % por hora, as quais correspondem aos níveis de ingestão alimentar baixo, médio e alto, respectivamente, segundo preconizado pelo Agricultural Research Council (1984) (PIRES et al., 2006).

$$DE = a + [(b \times c) / (c + kp)] \quad (3)$$

onde,

DE = degradabilidade efetiva (%);

a = fração rapidamente solúvel em água;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação da fração b ;

Kp = taxa de passagem da digesta no rúmen (%/hora).

2.2.5 Determinação de purina

Os resíduos da degradabilidade *in situ* foram submetidos à análise de purina segundo metodologia descrita por Zinn e Owens (1986) para correção de proteína microbiana.

Cerca de 0,5 g de amostra seca e de RNA foram pesadas em tubos de cultura de 25 mL sendo adicionados 2,5 mL de ácido perclórico (HClO_4 70%) aos tubos com tampas de boa vedação, e incubados à 90 - 95°C em banho-maria por 1 hora. Após 15 minutos de incubação, os frascos foram agitados retornando ao banho-maria. Adicionou se então 17,5 mL de solução tampão de fosfato de amônio (0,0285 M

$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) sendo os tubos agitados e colocados em banho-maria por mais 30 minutos. Após este procedimento, os frascos foram retirados do banho-maria, resfriados e filtrados com papel filtro *Whatman* nº 4.

Foi transferido 0,5 mL do filtrado para tubos de centrífuga de 15 mL (polipropileno), e adicionado 0,5 mL de nitrato de prata (AgNO_3 0,4 M) e 9 mL de fosfato de amônio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0,2 M). Os tubos foram vedados com tampas plásticas, agitados suavemente e levados para geladeira a 5°C por uma noite (cerca de 12 horas). Em seguida foram centrifugados a 25.000 x g por 15 minutos em centrífuga refrigerada. O sobrenadante foi cuidadosamente aspirado e descartado. Adicionou-se 5 mL de solução composta por ácido sulfúrico (H_2SO_4 0,005 N) e nitrato de prata (AgNO_3 0,005 M), raspando-se o precipitado aderido as laterais do tubo com auxílio de um bastão de vidro, sendo em seguida adicionando mais 5 mL da mesma solução, agitando e centrifugando como anteriormente.

O sobrenadante foi novamente aspirado e descartado. Adicionou-se ao precipitado 10 mL de ácido clorídrico (HCL 0,5 N), sendo então levados para incubação em banho-maria à 90 - 95°C por 5 minutos. Posteriormente, os tubos foram vedados com tampas plásticas e agitados, em seguida as tampas plásticas foram substituídas por papel alumínio e levados ao banho-maria por 45 minutos. Após saírem do banho-maria, os tubos foram centrifugados como antes. O sobrenadante foi em seguida filtrado com papel filtro *Whatman* nº 541.

Realizou-se a leitura do sobrenadante das amostras em equipamento de espectrofotometria à 260 nm. O sobrenadante da amostra de RNA foi primeiramente diluído nas concentrações descritas na Tabela 9 para a construção da curva de leitura, as quais foram lidas à 260 e 280 nm para verificar a razão dessas duas leituras, que deve ser de aproximadamente 1,8.

Tabela 9 – Diluição do sobrenadante da amostra de RNA para construção da curva de leitura

mL de sobrenadante	Balão Volumétrico (mL)	Concentração da diluição mL/mL
0,750	50	0,750
0,500	25	1,000
0,625	25	1,250
0,750	25	1,500
0,875	25	1,750

2.2.6. Fracionamento dos compostos nitrogenados conforme o CNCPS

A proteína do alimento foi dividida em 5 frações (A, B1, B2, B3 e C), de acordo com Sniffen et al. (1992). A fração A (NNP), de rápida degradação ruminal, foi obtida pelo tratamento da amostra (0,5g) com 50mL de água destilada por 30 minutos e pela adição subsequente de 10 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10% e deixados em repouso por mais 30 minutos (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996). As amostras foram então filtradas em papel de filtro (Whatman 54), sendo determinado o nitrogênio residual em macro-Kjeldahl. A fração A foi então obtida pela diferença do nitrogênio total do nitrogênio residual.

A determinação do nitrogênio solúvel total foi realizada incubando-se 0,5 g de amostra com 50 mL da solução de tampão borato-fosfato (12,2 g de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ + 8,91 g de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). As amostras foram levadas ao banho-maria, permanecendo por 1 hora à 39°C. As amostras foram então filtradas em papel-filtro, sendo realizada a análise de nitrogênio residual insolúvel em tampão borato-fosfato (TBF), pelo macro-Kjeldahl.

A determinação do N-solúvel total (NNP + proteína solúvel + peptídeos) foi obtida pela diferença do N-total presente na amostra menos o N-insolúvel em TBF (SNIFFEN et al., 1992). Assim, a fração B1 (proteínas solúveis) foi determinada pela diferença entre a fração N-solúvel total menos a fração NNP determinada pelo TCA, equação (6):

$$B1 = \text{N-solúvel} - A \quad (6)$$

Pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), determinou-se a fração B3, conforme a equação (7).

$$B3 = NIDN - NIDA \quad (7)$$

A fração B2 foi determinada pela diferença entre a fração insolúvel em TBF e a fração NIDN, equação (8), e a fração C determinada através do NIDA.

$$B2 = 100 - (A+B1+B3+C) \quad (8)$$

2.2.7 Fracionamento dos carboidratos conforme o CNCPS

Os carboidratos do capim 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 seguinte equação (9):

$$C = \%FDN \times (\text{lignina } (\%FDN) \times 2,4) / \%CHOt \quad (9)$$

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 (10):

$$B2 = 100 \times (\%FDN - PIDN (\%PB) \times 0,01 \times \%PB) - \text{fração C} / \%CHOt \quad (10)$$

As frações A e B1 correspondem aos carboidratos não fibrosos (CNF) (equação 11), onde a fração A representa os carboidratos rapidamente fermentáveis, e a fração B1 amido e fibra solúvel. A determinação da fração A + B1 foi calculada pela equação (12):

$$\text{CNF} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{FDNcp} + \text{Cinzas}) \quad (11)$$

onde, FDNcp é a quantidade de FDN corrigida para proteína, evitando dessa forma, que se subtraia a PB-FDN duas vezes (como parte de PB e da PBFDN).

$$\text{A+B1} = 100 - (\text{B2} + \text{C}) \quad (12)$$

2.2.8 Delineamento experimental e análises estatísticas

Para os dados do fracionamento de nutrientes, análises bromatológicas e as mensurações realizadas no pasto, foi utilizado o delineamento inteiramente aleatorizado com medidas repetidas no tempo (estações do ano). Os piquetes foram considerados as unidades experimentais sendo considerados 2 tratamentos, sendo estes, um intervalo de desfolhação fixo e outro variável. As análises foram realizadas utilizando-se o PROC MIXED do sistema estatístico SAS, versão 9.1.3 para windows. Descartando-se a hipótese de nulidade na análise da variância, deu-se prosseguimento a análise utilizando-se o teste Tukey, considerado o nível de 5% como significativo para a probabilidade do teste F. Todas as médias foram obtidas utilizando-se a média de quadrados mínimos (LSMEANS).

No ensaio de degradabilidade *“in situ”* para determinação das frações A, B e C segundo o NRC (2001), foi utilizado o delineamento experimental em quadrado latino 2x2, com dois grupos de dois animais cada, sendo o quadrado repetido uma vez.

2.3 Resultados e Discussão

Como mencionado anteriormente, o manejo da pastagem foi determinado pelos intervalos de desfolhação (ID) fixos, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias, e intervalos de desfolhação (ID) variáveis, assumindo-se 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa (IL), conforme determinado em trabalho realizado por Voltolini (2006) com a mesma forragem e na mesma área experimental.

2.3.1 Características quantitativas e qualitativas do capim-elefante

Os valores observados para intervalos de desfolhação (ID) fixos ou variáveis e as alturas do dossel em pré e pós-pastejo estão apresentados na Tabela 10. A determinação da massa de forragem e a composição morfológica do capim-elefante podem ser observadas na Tabela 11.

2.3.1.1 Intervalos de desfolhação (ID)

Não houve efeito dos tratamentos, estação e interação (tratamento x estação) para característica de ID ($P>0,05$). Os intervalos obtidos no tratamento com ID variável foram numericamente maiores aos obtidos no tratamento com intervalos fixos de 27 dias.

No outono, a média de 30 dias (28 a 31 dias) obtida no tratamento de ID variável, foi numericamente menor aos obtidos no mesmo tratamento das demais estações. Na primavera, a média de 32 dias verificada no ID variável, variou entre 25 e 53 dias, provavelmente pelo fato de no início da estação ter ocorrido baixa precipitação pluviométrica (54,7 e 80,3 mm nos meses de setembro e outubro de 2006 – Tabela 8). Este reduzido índice pluviométrico pode ter refletido no crescimento da pastagem, fazendo com que esta demorasse maior tempo para atingir a altura desejada de 1,05 m.

Esta grande variação de 25 a 53 dias no ID nos pastos manejados com base na altura no período da primavera, reforçam a colocação de Da Silva (2005) quanto à inadequação da adoção de ID fixos para manejar pastagens tropicais e as prováveis vantagens da adoção do critério de 95% de IL.

No verão, a estratégia de entrada no piquete quando este atingisse 1,05 m (ou 95% IL) resultou em intervalo médio de desfolhação de 31 dias (Tabela 10). Carareto (2007) trabalhando com capim-elefante na mesma área experimental e adotando a mesma IL de 95% como critério para a entrada dos animais no pasto, obteve ID médio de 23 dias (11 a 33 dias) na estação do verão de 2006. Voltolini (2006), no verão anterior, observou ID médio de 19,4 dias com IL de 95%. O ID maior (31 dias) obtido no atual experimento, pode ser devido à baixa insolação (horas de luz solar diária) no mês de janeiro e baixa precipitação pluviométrica (80,5 mm) ocorrida no mês de março de 2007 (Tabela 8), visto que a forragem necessita de luz e umidade em quantidades

adequadas para alcançar seu potencial produtivo (FERRARIS; MAHONY; WOOD, 1986; CORSI, 1994).

De modo geral, as condições climáticas vigentes principalmente durante o verão no presente estudo, resultaram em ausência de diferença nos ID entre o manejo com ID fixos e o com ID variáveis baseados na IL de 95%.

2.3.1.2 Altura do dossel em pré e pós-pastejo

Houve efeito do tratamento para altura do dossel em pré-pastejo ($P < 0,05$), onde o tratamento com ID variáveis obteve significativamente as maiores alturas nas três estações, alcançando o objetivo de entrada dos animais no piquete quando este atingisse a altura de 1,05 m. Não houve efeito das estações e interação tratamento x estação.

A média das alturas das três estações no pré-pastejo foi de 0,93 m no tratamento com ID fixos e 1,05 m no tratamento com ID variáveis. Já na condição de pós-pastejo, ID fixos de 27 dias resultaram em altura média de 0,50 m e o tratamento com ID variáveis resultou em altura de 0,54 m (Tabela 10).

Carareto (2007) e Voltolini (2006) trabalhando com capim-elefante na mesma área, obtiveram os mesmo valores de pré-pastejo para o tratamento com ID variáveis (1,03 m), valor este próximo aos obtidos neste experimento (1,05 m) (Tabela 10). Os mesmos autores também verificaram valores de pré-pastejo para tratamento com ID fixos bastante próximos (1,20 e 1,21 m, respectivamente) durante o verão, estando acima dos obtidos neste trabalho no verão (0,94 m), como pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 – Intervalos de desfolhação (ID) e alturas de pré e pós-pastejo da pastagem de capim-elefante submetido a intervalos de desfolhação fixos e variáveis

Características	Outono		Primavera		Verão		Tratamento	Estação Pr > F	Interação
	Fixo ¹	Variável ²	Fixo	Variável	Fixo	Variável			
ID (dias)	27 _(0,01)	30 _(0,01)	27 _(0,2)	32 _(0,1)	27 _(0,03)	31 _(0,03)	ns	ns	ns
Altura do dossel em pré-pastejo (cm)	0,91 _(0,02)	1,05 _(0,02)	0,93 _(0,04)	1,06 _(0,04)	0,94 _(0,02)	1,05 _(0,02)	0,0071	ns	ns
Altura do dossel em pós-pastejo (cm)	0,51 _(0,02)	0,53 _(0,02)	0,43 _(0,02)	0,51 _(0,02)	0,56 _(0,04)	0,57 _(0,04)	ns	0,0195	ns

¹ Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias;

² Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa; Erro padrão da média entre parênteses.

Tabela 11 – Massa de forragem e composição morfológica da pastagem de capim-elefante submetido a intervalos de desfolhação fixos e variáveis

Variáveis	Outono		Primavera		Verão		Tratamento	Estação Pr > F	Interação
	Fixo ¹	Variável ²	Fixo	Variável	Fixo	Variável			
Massa de forragem (kg MS ha ⁻¹)	5719 _(552,02)	4762 _(552,02)	5415 _(552,02)	5647 _(552,02)	6260 _(552,02)	5803 _(552,02)	ns	ns	ns
Folha (%)	48,3 _(3,45)	55,26 _(3,45)	58,52 _(3,45)	44,00 _(3,45)	34,62 _(3,45)	36,82 _(3,45)	ns	0,0002	0,0113
Colmo (%)	44,64 _(0,63)	40,22 _(0,63)	27,6 _(4,9)	34,98 _(4,9)	48,62 _(3,5)	48,14 _(3,5)	ns	0,0039	ns
Senescido (%)	7,06 _(0,35)	4,52 _(0,35)	13,88 _(3,31)	21,02 _(3,31)	16,76 _(2,12)	15,04 _(2,12)	ns	<0,0001	ns

¹ Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias;

² Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa; Erro padrão da média entre parênteses.

Para característica de altura do dossel em pós-pastejo, houve efeito somente da estação ($P < 0,05$), onde as menores alturas foram verificadas na primavera (0,43 e 0,51 m), e as maiores no verão (0,56 e 0,57 m) para os tratamentos com ID fixo e variável, respectivamente. As alturas dos resíduos pós-pastejo obtidas no ID fixo, foram numericamente inferiores quando comparados aos ID variáveis, para as três estações.

Voltolini (2006) e Carareto (2007) encontraram menores valores para altura de resíduo pós-pastejo no tratamento com 95% de IL (0,62 e 0,41 m) quando comparados ao ID fixo (0,71 e 0,47 m). Como pode ser observado na Tabela 10, para condição de pós-pastejo, o tratamento visando 95% de IL, foi numericamente maior para todas as estações, diferente dos trabalhos citados anteriormente.

Geralmente, muitos produtores encontram dificuldades em manejar adequadamente pastagens de capim-elefante, principalmente no controle da altura do resíduo, resultando em áreas heterogêneas e com resíduo acima do ideal. Este problema foi sanado com a adoção de ID variáveis, com base na IL de 95% na entrada dos animais no piquete (CARARETO, 2007; VOLTOLINI, 2006).

Segundo Molan (2004), estratégias de manejo onde a altura do dossel seja controlada de forma planejada e orientada, podem ser interessantes para o entendimento das relações entre a estrutura do dossel, interceptação luminosa e o acúmulo de forragem.

Houve redução na altura do resíduo ($P < 0,05$) da estação do outono (0,51 e 0,53 m) para a primavera (0,43 e 0,51 m), e um aumento desta para o verão (0,56 e 0,57), nos dois tratamentos (Tabela 10), aumento este que pode ser devido ao fator climático ocorrido no mês de janeiro como mencionado anteriormente. A falta de luz devido aos longos períodos nublados no mês de janeiro que estimularam a elongação dos colmos, dificultando o controle da altura do resíduo próxima aos 40 cm.

2.3.1.3 Determinação da massa de forragem e composição morfológica do capim-elefante

Para característica de massa de forragem (Tabela 11), não houve efeito do tratamento, estação e interação (tratamento x estação). Os valores observados durante a estação do verão, com 6.260 e 5.803 kg MS ha⁻¹, para os tratamentos com ID fixos e

variáveis, respectivamente, foram próximos aos reportados por Carareto (2007), que obteve 6.642 e 6.209 kg MS ha⁻¹, para os tratamentos com ID fixos e variáveis.

Martinez (2004) relatou altos valores de massa de forragem do capim-elefante na época do outono, aproximadamente 15.000 kg MS ha⁻¹, com ID fixos de 35 dias. Voltolini (2006), com a mesma forrageira e ID fixos de 37 dias, obteve massa de forragem de 11.270 kg MS ha⁻¹. Quando os ID foram menores, adotando-se ID fixos, com 27 dias e ID variáveis com base na IL de 95% (média de 19 dias), o autor reportou valores de massa de forragem de 6.310 e 6.270 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

Não houve diferença dos tratamentos para as características de % folhas, mas houve efeito da estação e da interação (tratamento x estação) ($P < 0,05$). No tratamento com ID variável (Tabela 11), houve uma diminuição linear da estação do outono para o verão, onde as menores proporções foram observadas nesta estação ($P < 0,05$), com valores de 34,6 e 36,8% para os tratamentos com ID fixo e variável, respectivamente.

Para característica de porcentagem de colmos, houve efeito somente de estação do ano ($P < 0,05$). O verão é a época do ano em que ocorre o maior acúmulo de colmos (ZEFERINO, 2006; TRINDADE, 2007), fato que pôde ser observado no presente trabalho. As maiores proporções deste componente (Tabela 11), foram alcançadas durante o verão (48,62 e 48,14%) ($P < 0,05$), quando comparado com as estações do outono e primavera. Esta elevada proporção de colmos na estação do verão, resultou em aumento na altura do dossel pós-pastejo (Tabela 10). Esta alta proporção de colmos e baixa proporção de folhas durante o verão, foi consequência da baixa luminosidade no período.

A primavera foi a estação com as menores proporções de colmos ($P < 0,05$) e maiores proporções de folhas ($P < 0,05$).

Para a proporção de material senescido, houve efeito somente da época do ano ($P < 0,05$), onde o outono foi a estação em que foram registradas as menores proporções de material morto, 7,06% para o ID fixo e 4,52 % no ID (Tabela 11). Carareto (2007) reportou valores semelhantes de material senescido, 6,38 e 4,70% para os tratamentos com ID fixo e variável, abrangendo a estação do verão e início do outono.

Martinez (2004), trabalhando com capim-elefante na época do outono, relatou maiores proporções de material senescido, 10,2%, onde o autor menciona que a grande proporção deste componente se deu pelo maior ID adotado (34 a 35 dias).

2.3.2 Composição bromatológica do capim-elefante

A composição bromatológica do capim-elefante está expressa na Tabela 12.

Apenas os teores de PB do foram afetados ($P < 0,05$) pelos ID. As demais variáveis bromatológicas não foram afetadas ($P > 0,05$). As estações do ano afetaram os teores de MM, EE, PIDN e P-Sol do capim-elefante.

A porcentagem de matéria seca (MS) do capim-elefante variou de 20,0 a 24,03 %, valores estes que se assemelham aos obtidos por Malafaia, Valadares Filho e Vieira (1998), que observaram 22,10 % de MS em capim-elefante manejado com 60 dias de descanso no período das águas. Mas os valores obtidos no atual trabalho estão acima dos observados por Voltolini (2006), que verificou 16,40 e 16,58 % de MS com a mesma forrageira manejada com ID fixo de 27 dias e ID variável, respectivamente.

Os valores de matéria mineral (MM) foram significativamente ($P < 0,05$) menores na estação do outono, com 9,80 e 8,96 % para os tratamentos com ID fixo e variável, respectivamente (Tabela 12). Os valores de MM no atual trabalho estiveram entre 8,96 e 11,67 %, bastante próximos aos obtidos por Carareto (2007), que observou 9,34 e 10,16 % de MM na mesma forrageira de estudo manejada com ID fixo e variável, respectivamente.

Houve efeito dos tratamentos ($P < 0,05$) somente para porcentagem de proteína bruta do capim. Os menores valores (17,17; 17,11; e 16,14 % PB na MS) foram observados no tratamento com ID variáveis, nas estações do outono, primavera e verão, respectivamente (Figura 4). Considerando que este tratamento obteve os maiores intervalos de desfolhação (ID) (Tabela 10), a dose total de N aplicada pode ter sido um pouco menor.

Figura 4 – Porcentagem de proteína bruta na MS

Carareto (2007) observou diferença significativa nos teores de PB do capim-elefante manejado com ID fixo (19,03% PB na MS) e ID variável (20,70% PB na MS). Voltolini (2006) não observou diferença nos teores de PB nos tratamentos com ID fixo e variável, 14,58 e 14,24% PB na MS, respectivamente.

Gonçalves et al. (2001), observou porcentagens de PB de 19,50; 12,84; 8,47 em diferentes idades de corte, 21, 42 e 63 dias respectivamente, em plantas do gênero *Cynodon* (Coast-cross) na estação do verão. Johnson et al. (2001), estudando o efeito de diferentes doses de adubação nitrogenada (0, 39, 78, 118, 157 kg ha⁻¹corte⁻¹) em plantas de *Cynodon dactylon* e *Cynodon nlenfuensis*, cortada ao nível do solo a cada 28 dias, observou que os teores de N total nas plantas aumentaram de 1,55 para 2,82% da MS, com as adubações de 39 e 157 kg, respectivamente. No presente estudo, as doses de N aplicadas foram de 80 kg ha⁻¹ por ciclo de pastejo (aproximadamente 2,6 ha⁻¹dia⁻¹), caracterizando uma alta adubação nitrogenada, justificando os elevados teores de PB na forragem.

Os teores de proteína variaram de 13 a 23% sem efeito de estação do ano ($P>0,05$), com grande incidência de valores acima de 16%, estando de acordo com pastagens de capim-elefante adubadas com altas doses de nitrogênio (CARARETO, 2007; SANTOS et al., 2007b).

Tabela 12 - Valores da composição bromatológica do capim-elefante manejado com intervalos de desfolhação fixo e variável no outono, primavera e verão

Características	Outono		Primavera		Verão		Tratamento	Estação	Interação
	Fixo ¹	Variável ²	Fixo	Variável	Fixo	Variável			
MS	22,45 _(1,09)	21,32 _(1,09)	21,00 _(1,09)	24,03 _(1,09)	21,82 _(1,09)	20,00 _(1,09)	ns	ns	ns
MM	9,80 _(0,73)	8,96 _(0,73)	11,03 _(0,73)	11,67 _(0,73)	10,18 _(0,73)	11,03 _(0,73)	ns	0,012	ns
PB (%MS)	18,70 _(1,0)	17,17 _(1,0)	18,85 _(1,0)	17,11 _(1,0)	17,92 _(1,0)	16,14 _(1,0)	0,037	ns	ns
FDN (%MS)	65,72 _(1,7)	64,93 _(1,7)	62,43 _(1,16)	62,72 _(1,16)	65,77 _(0,98)	64,72 _(0,98)	ns	ns	ns
FDA (%MS)	30,65 _(0,88)	32,00 _(0,88)	31,14 _(0,88)	31,34 _(0,88)	29,66 _(0,88)	31,49 _(0,88)	ns	ns	ns
Lig (%MS)	3,21 _(0,24)	3,42 _(0,24)	3,15 _(0,08)	3,11 _(0,08)	2,79 _(0,18)	3,05 _(0,18)	ns	ns	ns
EE(%MS)	2,54 _(0,11)	2,93 _(0,11)	2,38 _(0,11)	2,27 _(0,11)	2,13 _(0,11)	2,06 _(0,11)	ns	<0,001	0,013
PIDN(%PB)	48,70 _(1,99)	44,05 _(1,99)	39,31 _(1,99)	37,25 _(1,99)	39,44 _(1,99)	37,87 _(1,99)	ns	0,0002	ns
PIDA(%PB)	6,43 _(0,31)	7,36 _(0,31)	6,94 _(0,31)	7,24 _(0,31)	6,39 _(0,31)	6,44 _(0,31)	ns	ns	ns
P-sol (%PB)	20,89 _(2,39)	17,22 _(2,39)	26,83 _(2,39)	29,32 _(2,39)	27,85 _(2,39)	26,63 _(2,39)	ns	0,0008	ns

¹ Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias;

² Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa; Erro padrão da média entre parênteses.

Não houve diferença significativa nas proporções de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e Lignina ($P > 0,05$) entre tratamentos e estações do ano (Tabela 12). Numericamente ($P = 0,09$) os valores de FDN foram menores durante a primavera (Figura 5), condizente com a menor proporção de colmos na pastagem neste período do ano (Tabela 11).

Voltoloni (2006) trabalhando com capim-elefante no período das águas, encontrou valores maiores aos obtidos neste experimento, 66,99 e 65,07% de FDN para os tratamentos com ID fixos de 27 dias e ID variáveis respectivamente. Derez (2001), avaliou o capim-elefante com ID de 30 dias na época das chuvas, verificando valor médio de 71,3% de FDN na MS. Carareto (2007) obteve 61,5% e 62,8% de FDN para os ID fixos e variáveis na estação do verão, estando abaixo dos encontrados neste trabalho, que foram 65,77 e 64,72% de FDN na MS, respectivamente para a mesma estação.

Figura 5 – Porcentagem de Fibra em detergente neutro na MS

Martinez (2008) avaliando o capim-elefante na época das águas, reportou valores de FDN semelhantes ao presente trabalho, 63,85%. Balsalobre (2002) avaliando a qualidade nutricional do capim-tanzânia, reportou maiores teores de FDN nas estações da primavera e verão.

A proporção de FDN de uma forragem é importante não só para a determinação da qualidade nutricional, mas também pelo fato da FDN estar relacionada com o consumo máximo de matéria seca, pois representa a porção orgânica do alimento que é mais

difícilmente digerida (MERTENS, 1994; MERTENS, 2002), sendo assim, plantas com maiores teores de FDN teriam menor potencial de consumo.

Os teores de FDA variaram de 29,66 a 32,00% sem efeito de ID e estação do ano ($P>0,05$) (Tabela 12 e Figura 6).

Figura 6 – Porcentagem de Fibra em detergente ácido na MS

Mesmo não havendo diferença significativa para os valores de lignina, na Figura 7 pode ser observado uma redução numérica do outono para o verão. Quanto menor o teor de lignina, maior a digestão da fração fibrosa das forrageiras, visto que este composto está diretamente associado com a indigestibilidade da forragem. De acordo com Sniffen et al. (1992), o conteúdo de lignina das forragens varia de 5 a 25 % da parede celular da planta.

Figura 7 – Porcentagem de Lignina na MS

As porcentagens de extrato etéreo (EE) não sofreram alterações com os ID fixos ou variáveis ($P>0,05$), mas houve efeito de estação e interação entre tratamento e estação ($P>0,05$). Os valores obtidos nos tratamentos com ID fixos e variáveis no outono (2,54 e 2,93 % EE) (Tabela 12) foram os maiores dentre as estações, havendo uma diminuição significativa até a estação do verão, com 2,13 e 2,06 % EE para os tratamentos com ID fixo e variável, respectivamente (Figura 8). Estes valores estão bastante próximos aos obtidos por Martinez (2004), que reportou 2,5 % de EE na estação do outono, e aos obtidos por Voltolini (2006), que obteve 3,17 e 2,70 % de EE na MS para os ID fixos e variáveis, respectivamente na estação do verão.

Figura 8 – Porcentagem de extrato etéreo na MS

Para os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína solúvel (P-sol), houve efeito somente da estação ($P<0,05$), sendo o outono a época em que a forragem concentrou os maiores teores de PIDN (Figura 9) e conseqüentemente, menores de P-sol (Figura 10), visto que quanto maior a proporção de componentes protéicos aderidos a fibra, menor será o nitrogênio prontamente disponível para fermentação ruminal. Balsalobre et al., (2003a), trabalhando com capim-tanzânia manejada pelo método de pastejo rotacionado com 33 dias de descanso, obteve valores da ordem de 52,40; 49,07 e 49,10 de PIDN em forragem de capim-tanzânia nas estações do outono, primavera e verão, respectivamente.

Figura 9 – Porcentagem de proteína insolúvel em detergente neutro na PB

Figura 10 - Porcentagem de proteína solúvel na PB

Os valores de PB, PIDN e P-sol, obtidos nas amostras de estrato pastejável no presente estudo, são muito diferentes dos relatados na biblioteca tropical do CNCPS v. 5.0, para amostras de planta inteira de capim elefante cortada fresca. Nesse banco de dados o material continha apenas 6,6% de PB na MS, com PIDN de 2,2% (%PB total) e P-sol de 46% (% PB total). Estes números reforçam a necessidade de um banco de dados de amostras do estrato pastejável ou de pastejo simulado de pastagens tropicais manejadas com doses altas de fertilização nitrogenada e com ID adequados.

Os sistemas de proteína metabolizável requerem valores precisos de degradabilidade ruminal da proteína dos alimentos, para poderem efetuar predições corretas de síntese microbiana e fluxo de proteína metabolizável para o intestino.

Hernández et al., (2002), avaliando o capim-braquiária, coletado no início das águas com idade de 45 dias, capim-braquiário coletado no início da seca com 30 dias, e o feno de capim-Tifton (*Cynodon dactylon*) com 5 semanas de idade, e reportou valores de PB e PIDN respectivamente de 6,55 e 11,0; 6,01 e 11,57; 19,06 e 30,49

2.3.3. Fracionamento dos compostos nitrogenados

As frações protéicas foram pouco alteradas pelos diferentes ID (Tabela 13 e Figura 11). Apenas a fração protéica B2 foi afetada pelos ID, com valores maiores no tratamento com ID variáveis ($P<0,05$).

As frações A e B3 foram afetadas pela estação do ano ($P<0,05$), e para o restante das frações não houve diferença (Tabela 13). No outono, foram observados os menores valores para fração A, e os maiores para B3. A fração A é caracterizada pelo NNP, que é rapidamente convertida em amônia no rúmen. Já a B3 é lentamente degradada no rúmen por estar associada à parede celular da forragem, onde de acordo com Sniffen et al. (1992), as forragens possuem quantidades consideráveis desta fração. Aparentemente, durante o outono houve conversão do nitrogênio solúvel para a fração B3 não solúvel e de baixa degradabilidade ruminal, associada com a parede celular.

Segundo Russell et al. (1992), os microrganismos ruminais fermentadores de carboidratos estruturais utilizam amônia como fonte de N. Porém, altas proporções de NNP podem resultar em maiores perdas nitrogenadas devido à falta do esqueleto de carbono prontamente disponível para que a síntese de proteína microbiana ocorra. De acordo com Bach, Calsamiglia e Stern (2005), as perdas de N podem ser reduzidas pela diminuição da degradação da proteína no rúmen.

A subtração do NNP da P-sol indica o valor da fração B1, que teve variação entre 0,93 e 2,19% da PB (Tabela 13). A fração B1 tem pouca importância em gramíneas forrageiras, pois, normalmente, representa valores menores que 10% do total da proteína (BALSALOBRE et al., 2003b).

Tabela 13 – Frações protéicas de amostras de pastagens de capim-elefante manejadas com intervalos de desfolhação fixos ou variáveis nas estações do outono, primavera e verão

Frações	Outono		Primavera		Verão		Tratamento	Estação Pr > F	Interação
	Fixo ¹	Variável ²	Fixo	Variável	Fixo	Variável			
A	18,70 _(1,32)	15,73 _(1,32)	25,90 _(3,03)	27,49 _(3,03)	26,09 _(2,36)	24,65 _(2,36)	Ns	<0,001	ns
B1	2,19 _(0,42)	1,49 _(0,42)	0,93 _(0,42)	1,83 _(0,42)	1,76 _(0,42)	1,98 _(0,42)	Ns	ns	ns
B2	30,41 _(2,3)	38,73 _(2,3)	33,86 _(2,3)	33,42 _(2,3)	32,71 _(2,3)	35,50 _(2,3)	0,054	ns	ns
B3	42,27 _(1,9)	36,69 _(1,9)	32,36 _(1,9)	30,03 _(1,9)	33,05 _(1,9)	31,43 _(1,9)	Ns	<0,001	ns
C	6,43 _(0,31)	7,36 _(0,31)	6,94 _(0,31)	7,24 _(0,31)	6,39 _(0,31)	6,44 _(0,31)	Ns	ns	ns

¹ Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias;

² Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa; Erro padrão da média entre parênteses.

Figura 11 – Frações protéicas

De acordo com Malafaia et al. (1997), ruminantes consumindo volumosos tropicais, cuja fração protéica apresenta maior proporção das frações A, B1 e B2, poderão exarcebar o escape de N-amoniaco pelo epitélio ruminal. A forragem estudada, dentro das três estações tanto no tratamento com ID fixo como no ID variável, continham mais que 50% da PB como o somatório das frações A+B1+B2.

A fração B3 por estar associada com a parede celular vegetal, possui lenta degradação ruminal, e juntamente com a fração B2, representam a maior parte das proteínas digeríveis presente nos alimentos que irão atingir o intestino delgado sem serem previamente degradadas no rúmen. Dessa forma, o resíduo indigerível dessa fração B3 e a fração C, representam a maior parte das proteínas ingeridas a serem excretadas nas fezes (MALAFAIA et al., 1997; SNIFFEN et al., 1992).

A fração B3 foi significativamente maior ($P < 0,05$) na estação do outono (Tabela 13), 42,27 e 36,69 % da PB para os tratamentos com ID fixo e variável, respectivamente. Suplementos protéicos contêm pequenas quantidades da fração B3, mas forragens, grãos fermentados e subprodutos, contêm uma quantidade considerável desta fração (KRISHNAMOORTHY et al., 1982). No CNCPS, uma alta porcentagem da fração B3 escapa da degradação ruminal (SNIFFEN et al., 1992).

Malafaia et al. (1997), avaliou o capim-elefante com 60 dias de rebrota na estação das chuvas. Este capim apresentou 5,9 % de PB, e obteve 19,33; 0,58; 43,62; 22,10 e 14,37 para as frações A, B1, B2, B3 e C, respectivamente. Os resultados obtidos por este autor difere do atual trabalho, que obteve valores da fração C cerca de 2 vezes menores, fato que pode estar associado com a idade de corte da forragem, onde maiores intervalos de desfolhação proporcionam a planta maiores teores de fração indigestível, visto que o maior ID observado no atual trabalho foi de 32 dias (Tabela 10).

Lima (2006), trabalhando com capim-elefante (cv. Cameroon) nos meses de março a novembro com aproximadamente 60 dias de rebrota, obteve 39,2; 4,08; 33,3; 17,1 e 6,24 para as frações A, B1, B2, B3 e C, respectivamente. Lanna et al. (1996) observaram valores em porcentagem da PB da ordem de 13,19; 6,6; 55,0; 22,0 e 3,3 %, respectivamente para as frações A, B1, B2, B3 e C para o capim-elefante (cv. Cameroon) cortado com 45 dias de rebrota. Os valores de PB dos autores acima citados foram de 10,94 e 9,1 %, respectivamente para Lima (2006) e Lanna et al. (1996).

A fração C, representada pelo N aderido ao FDA, considerado como a fração nitrogenada indisponível, variou entre 6,39 e 7,36 % da PB.

2.3.4 Fracionamento dos carboidratos

O fracionamento dos carboidratos da pastagem de capim-elefante pode ser observado na Tabela 14. Os intervalos de desfolhações e as estações do ano não afetaram ($P>0,05$) os teores de carboidratos totais (CHT) da pastagem de capim-elefante. Os valores de CHT variaram de 67,74 a 70,93% na MS.

Em pastagens, sejam elas de regiões de clima temperado ou tropical, a maior parte dos carboidratos presentes nessas plantas são carboidratos fibrosos. De modo geral, pastagens tropicais adubadas com N, contêm altos teores protéicos, como é o caso das forragens no presente estudo e teores insuficientes de CNF para a utilização eficiente dessa proteína pelos microrganismos ruminais (Santos et al., 2005).

Nas amostras de pastagens os teores de CNF variaram de 11,06 a 13,47% da MS, não sendo afetados ($P>0,05$) pelos ID ou estações do ano. Esses valores estão de acordo com os dados revisados por Santos et al. (2005). Esses teores baixos de CNF e altos de CF, constituem-se na principal limitação do ponto de vista químico que as forrageiras tropicais apresentam para alta produção individual de leite ou de carne.

Os CNF, que são calculados por diferença, e os CNE, determinados por métodos enzimáticos, são frações distintas uma da outra. As concentrações de CNF e CNE não são iguais para alguns alimentos, sendo assim, os termos não devem ser confundidos. A diferença existente entre estas frações varia consideravelmente, sendo que muito desta diferença é causada pela contribuição da pectina e ácidos orgânicos. A pectina, que faz parte da parede celular, está presente nos CNF, mas não nos CNE. Quando o método enzimático é utilizado, amido e açúcares como sucrose e fructanas são mensuradas como CNE. Para forragens, principalmente gramíneas, fructanas e sucrose são os principais componentes dos CNE (NRC, 2001).

Tabela 14 – Frações de carboidratos obtidas da pastagem de capim-elefante submetida a intervalos de desfolhação fixo e variável nas estações do outono, primavera e verão

Frações	Outono		Primavera		Verão		Tratamento	Estação Pr > F	Interação
	Fixo ¹	Variável ²	Fixo	Variável	Fixo	Variável			
CHT, %MS	68,95 _(0,54)	70,93 _(0,54)	67,74 _(0,87)	68,95 _(0,87)	69,77 _(1,12)	70,76 _(1,12)	ns	ns	ns
CNF, % MS	12,31 _(0,96)	13,47 _(0,96)	12,78 _(0,96)	12,61 _(0,96)	11,06 _(0,96)	12,13 _(0,96)	ns	ns	ns
A+B1, %CHT	19,55 _(1,91)	26,19 _(1,91)	26,98 _(1,91)	24,25 _(1,91)	13,80 _(1,91)	16,22 _(1,91)	ns	<0,001	0,029
B2, %CHT	69,2 _(2,13)	62,19 _(2,13)	61,88 _(2,13)	64,94 _(2,13)	76,59 _(2,13)	73,42 _(2,13)	ns	<0,001	0,039
C, %CHT	11,23 _(0,92)	11,62 _(0,92)	11,14 _(0,2)	10,81 _(0,2)	9,61 _(0,66)	10,36 _(0,66)	ns	ns	ns

¹ Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias;

² Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa; Erro padrão da média entre parênteses.

Figura 12 – Frações de carboidratos

Malafaia, Valadares Filho e Vieira (1998) trabalhando com capim-elefante na época das chuvas e com idade ao corte de 60 dias, reportaram 82,7 e 11,1 % de CHT e CNF, respectivamente, podendo ser observado que os valores de CHT estiveram acima dos obtidos no atual trabalho, mas com teores de CNF semelhantes, principalmente na estação do verão. Lima (2006) também avaliando o capim-elefante com idade ao corte de aproximadamente 60 dias, verificou 77,94 e 4,47 % de CHT e CNF, respectivamente, com valores de CNF bastante abaixo do presente estudo, fato que vem associado com a altura da planta no momento do corte, onde o autor obteve os resultados de plantas com cerca de 2,27 m, o que pode ter colaborado para um maior incremento dos constituintes da parede celular e, conseqüentemente, menor valor da fração solúvel.

Segundo Santos et al. (2005), as plantas forrageiras tropicais que apresentem cerca de 56 a 65% de FDN, 13 a 22% de PB, 2% de EE e 8% de cinzas, contêm apenas 3 a 21 % de carboidratos não fibrosos (CNF). Estes baixos teores de CNF certamente limitam o uso de boa parte da fração da PB que é degradável no rúmen (PDR) dessas forragens.

Houve efeito das estações do ano e interação tratamento x estação ($P < 0,05$) para as frações A+B1 e B2 do capim-elefante (Tabela 14). As frações A+B1, corresponde aos açúcares, amido e pectina, de rápida degradação ruminal, onde esta fração foi significativamente menor na estação do verão (13,80 e 16,22 % para os ID fixo e variáveis) (Figura 12). Esse decréscimo nas frações A+B1 pode ser justificado pelo efeito da temperatura, onde segundo Van Soest (1994), altas temperaturas provocam rápida atividade metabólica na planta, associada ao decréscimo de metabólitos dos conteúdos celulares, e os produtos fotossintéticos também são rapidamente convertidos em componentes estruturais. Embora os teores de FDN das forragens não tenham diferido significativamente ao longo das estações do ano, os valores foram numericamente menores na primavera que no verão. O aumento nos teores das frações A+B1 na primavera não foi seguida por variação nos teores de CNF. Uma vez que estas duas frações devem se equivaler, fica difícil explicar essa diferença em resposta aos tratamentos.

Lima (2006) obteve valores para a fração A+B1 cerca de quatro vezes menor aos obtidos no atual trabalho (5,50 % contra média de aproximadamente 22,0 %), visto que

este autor obteve maiores alturas no momento do corte da forragem (2,27 m), e maior intervalo de desfolhação (cerca de 56 dias) onde a forragem apresentou maiores teores de carboidratos associados com compostos indigeríveis.

Ribeiro et al. (2001) avaliando capim-tifton 85 em diferentes idades de rebrota (28, 35, 42 e 56 dias), também observou diminuição dos teores da fração de rápida degradação ruminal com o aumento da idade ao corte, 7,79 a 4,64 % da fração A+B1 aos 28 e 56 dias de rebrota, respectivamente.

Os carboidratos presentes na forragem se apresentaram em sua maior parte na forma de fração B2, fato que pode ser claramente observado na Figura 12. Esta fração compreende a parede celular que está disponível, mas com lenta fermentação pelas bactérias ruminais que requerem amônia com sua única fonte de nitrogênio (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992). Esses altos valores obtidos para as frações B2 podem ser justificados pelos altos teores de FDN que são encontrados nas forrageiras tropicais, visto que o elevado conteúdo de parede celular das gramíneas tropicais está associado aos aspectos de natureza anatômica das espécies, em razão da alta proporção de tecido vascular característico das plantas C4 (VAN SOEST, 1994; GONÇALVES et al., 2001).

Cabral et al. (2000) avaliaram o capim-elefante (cv. Cameroon) nas estações da primavera e verão em dois cortes, aos 42 e 63 dias de crescimento. Os autores não observaram variação para a fração C dos carboidratos aos 63 dias de rebrota, permanecendo em 26,01 % na primavera e verão. Já aos 42 dias de crescimento, esta mesma fração obteve uma ligeira redução da primavera para o verão, com valores de 25,10 e 24,37 % respectivamente. O mesmo aconteceu com a fração B2, aos 42 dias de crescimento, ocorrendo diminuição na estação da primavera para o verão (69,32 e 67,85%, respectivamente).

Na Tabela 14 é possível observar que os maiores valores da fração B2 se concentraram na estação do verão (76,59 e 73,42 %), e ao contrário dos resultados obtidos por Cabral et al. (2000), houve um significativo aumento ($P<0,05$) nos teores de parede celular disponível da primavera para o verão (Figura 12).

O avanço da maturidade afeta a proporção da fração B2, onde maior lignificação ocasiona redução desta fração, dessa forma, a fração C, que está relacionada com a

maior ou menor digestibilidade dos carboidratos, afeta inversamente a proporção da fração B2. Segundo Caballero et al. (2001), a fração indisponível (C) é dependente do teor de lignina, portanto, plantas de idade fisiológica mais avançada apresentam maiores teores dessa fração. Sendo assim, o aumento da fração C promove redução da fração potencialmente degradável (B2).

Não houve diferença ($P>0,05$) nos teores da fração C para os tratamentos estudados (Tabela 14). Balsalobre et al. (2003b) observaram maiores teores da fração C na estação do outono em pastagem de capim-tanzânia manejada com 33 dias de descanso. No presente estudo, a fração C foi numericamente maior no outono ($P = 0,08$) que no verão, em função do maior valor numérico para o teor de lignina na forragem de outono.

Com base nos dados da Tabela 14, pode-se observar que o aumento do teor de fração B2 no verão em relação à primavera, ocorreu devido à conversão da fração A+B1 em B2 sem alteração na fração C. Isto indica que mesmo em pastos bem manejados, ocorre piora na qualidade dos CHT da pastagem de capim elefante no verão, não por lignificação da fibra, mas por redução nos teores da fração A+B1 e aumento em B2.

Com base nos dados das Tabelas 13 e 14 é provável que no verão a eficiência ruminal de uso da PB do pasto deverá ser inferior que no outono ou primavera, pois ocorreu aumento na fração protéica A e redução na fração B3, ou seja a proteína no verão foi mais degradável no rúmen, porém o teor da fração carboidrato A+B1 diminuiu e aumentou a fração B2.

A falta de resposta do animal ao NNP em dietas de alta forragem, é provavelmente devido a falta de carboidratos prontamente degradáveis no rúmen (VAN SOEST, 1994), e da baixa digestibilidade da parede celular em forragens maduras. Quando o N ruminal é deficiente, a fermentação da fibra e produção microbiana podem ser deprimidas. A correção desta deficiência de N pode resultar num aumento na digestibilidade da MS com conseqüente aumento na consumo (RUIZ et al., 2002).

Caso a taxa de degradação da proteína exceda a taxa de fermentação dos carboidratos, grande quantidade de N pode ser perdida na forma de amônia. Por outro lado, se a taxa de fermentação dos carboidratos exceder a taxa de degradação da proteína, a produção de proteína microbiana pode diminuir. Outro aspecto importante é

quando o alimento é degradado muito lentamente. Neste caso, o rúmen permanece por mais tempo com alimento, diminuindo o consumo; ou partículas de alimento escapam da fermentação ruminal e passam diretamente para o intestino delgado (RUSSELL et al., 1992).

2.3.5 Degradabilidade *in situ*

2.3.5.1 Degradabilidade da matéria seca

Os resultados das variáveis de degradabilidade *in situ* da MS do capim-elefante nas estações do outono, primavera e verão, estão apresentados na Tabela 15. Não houve diferença ($P>0,05$) para as variáveis de degradabilidade da MS em função da época do ano ou ID.

A fração prontamente solúvel (A) da MS do capim-elefante variou de 25,97 a 29,91 %. Martinez (2008) conduziu 4 experimentos com vacas leiteiras na mesma área com pastagem de capim cameroon manejada com ID fixos de 23 dias durante o verão e outono e relatou valores de fração A da MS entre 24,78 a 27,96 % (média de 26,47 %). Balsalobre (2002), avaliando a qualidade do capim-tanzânia manejado com 33 dias de descanso, não observou diferença significativa para a fração A nas três épocas do ano (outono, primavera e verão), mas observou menores valores desta fração na estação do verão (média de 16,7 %).

Tabela 15 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS)

Tratamento ²							EPM ³
Estação ¹	Fixo			Variável			
	O	P	V	O	P	V	
Variáveis	Matéria Seca						
A (%)	29,30	29,91	25,97	26,73	27,23	29,41	3,74
B (%)	57,88	56,63	59,61	60,28	58,71	55,89	3,36
C (%)	12,82	13,46	14,42	12,99	14,07	14,71	1,14
C (%/h)	4,45	3,87	4,67	4,69	4,19	3,89	0,55
DP	86,49	85,98	85,27	86,78	85,35	84,76	1,10
lth	11,82	12,35	13,26	11,91	12,87	13,50	1,00
dekp2	69,19	67,26	67,49	68,97	66,58	66,33	2,06
dekp5	56,51	54,64	54,58	55,90	53,67	53,88	2,69
dekp8	49,95	48,40	47,81	49,01	47,16	47,71	2,88

¹ O = Outono; P = Primavera; V = Verão;

² Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias; Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa;

³ Erro padrão da média

As médias não diferiram significativamente pelo teste de Tukey (p<5%).

A fração potencialmente degradável (B) da MS do capim-elefante (cv. Cameroon) variou de 55,89 a 60,28%. Nos 4 estudos que conduziu, Martinez (2008) relatou valores de fração B da MS do capim cameroon entre 55,60 a 57,77 % (média de 56,43%). Carvalho et al. (2006a) trabalhando com fenos de colômbio, tifton e braquiária, reportou respectivamente 62,72; 61,12 e 62,92 % da fração B, valores estes acima dos obtidos no atual trabalho e no dos reportados por Martinez (2008). Prado et al. (2004) avaliaram o capim-Mombaça, onde as amostras foram colhidas a cada 28 dias na estação do verão, estes autores observaram 59,1 % da fração B. Garcia, Alcalde e Jobim (2003), observaram 42,6 % da fração B no período seca em capim-braquiária colhido a cada 28 dias. Carvalho et al. (2006b) observou 7,85 e 50,63 % respectivamente para as frações A e B em feno de capim-elefante.

A fração indegradável (C) da MS do capim cameroon variou de 12,82 a 14,71%. Esses valores foram pouco inferiores aos relatados por Martinez (2008), entre 16,25 e 18,12 % (média de 17,08 %). Estes valores também estão abaixo dos reportados por Carvalho et al. (2006a), que obteve 26,8; 26,2 e 24,7 para os fenos de colômbio, tifton e braquiária, respectivamente.

As taxas de degradação (c) da MS do capim cameroon não foram afetadas pelas estações do ano e pelos ID estudados. Os valores variaram de 3,87 a 4,69 %/h, próximos aos valores reportados por Martinez (2008), que observou valores entre 3,56 a 3,98 %/h.

Balsalobre (2002), ao trabalhar com capim-tanzânia na estação do outono manejada com três resíduos pós-pastejo, observou valor médio de taxa de degradação da MS de 4,4 %/h. Carvalho et al. (2006a), reportaram 4,27 %/h para feno de capim-elefante. Garcia, Alcalde e Jobim (2003) reportaram valores de taxa de degradação média de 2,43 %/h para *Brachiaria brizantha* na estação seca, bem abaixo do observado no atual trabalho.

No presente estudo, os valores de degradabilidade potencial (DP) da MS do capim cameroon variaram de 85,27 a 86,78 %.

Barbi, Sampaio e Maurício (1995) estimaram para a MS do capim-elefante, cv. Cameroon, cortado rente ao solo, aos 28 e 56 dias de idade, valores de degradabilidade potencial de 88,1 e 83,2 % e taxas de degradação de 5,0 e 4,4 %/h, respectivamente.

Os valores para degradabilidade potencial foram maiores que as degradabilidades efetivas, em decorrência da não inclusão das taxas de passagem para o cálculo da DP. De acordo com Orskov (1982) a mensuração da degradabilidade no rúmen, sem considerar a taxa de passagem, pode superestimar a extensão da degradação, já que as partículas dos alimentos estão sujeitas à passagem para o compartimento seguinte, antes de ser completamente degradado.

Valores de degradabilidade efetiva do capim-elefante são relatados por vários autores. No entanto, em sua maioria, esses trabalhos não caracterizam o capim-elefante quanto à idade. Assim, Deschamps (1994) relata valores de degradabilidade efetiva da MS de 36,4 a 38,5 % para diferentes cultivares de capim-elefante, com corte a 15 cm do solo em plantas com 1,3 a 1,5 m de altura, respectivamente. Vilela et al. (1994) citam DE da MS do capim-elefante, estimada a uma taxa de passagem de 5 %/h, de 29,8, bastante abaixo do encontrado no atual trabalho.

Mas as estimativas da degradabilidade também são afetadas por fatores como: tamanho das partículas, quantidade de amostra incubada, área de superfície do saco de náilon e tamanho do poro, origem do alimento, material incubado, animal testado,

procedimentos de lavagem e análises das amostras (MEHREZ; ORSKOV, 1977), dessa forma, pode haver uma grande variabilidade nos resultados obtidos no atual trabalho com a literatura existente.

De acordo com o NRC (2001), para uma vaca de 500 kg de PV consumindo 12 kg de MS de uma pastagem com os valores bromatológicos médios reportados na Tabela 12, a taxa de passagem adotada é de 4,53 %/h contra 5 %/h para um consumo de 16 kg de MS. Quando foi adotado o valor de 5 %/h para taxa de passagem a DE da MS variou de 53,88 a 56,51 % no presente estudo. Os valores de taxa de passagem reportados nos 4 estudos de Martinez (2008) para MS de capim cameroon, em vacas em lactação foram 3,47, 3,58, 3,77 e 3,85 %/h com valores de DE da MS entre 55,12 a 56,57 %.

A velocidade com que os microrganismos aderem e penetram as barreiras físicas do alimento, é traduzido pelo tempo de colonização ou o *lag time* (McALLISTER, 1994), dessa forma, quanto menor o tempo de colonização pelos microrganismos, melhor a qualidade da forrageira, conseqüentemente, melhor aproveitamento pelos microrganismos. No presente trabalho o *lag time* variou de 11,82 a 13,26 h. Martinez (2008) reportou valores de *lag time* para MS de capim cameroon entre 15,00 e 16,57 h. Esse tempo extremamente longo para aderência e penetração dos microrganismos na forragem constitui-se em um fator limitante ao maior aproveitamento da forrageira tropical no rúmen. Em comparação, Martinez (2008) reportou valores médios de *lag time* de 1 a 3 horas para alimentos concentrados.

2.3.5.2 Degradabilidade da matéria orgânica

As frações A, B e C, taxa de degradação (c %/h), degradação potencial (DP) e as degradabilidade efetivas (DE) da MO não foram afetadas ($P > 0,05$) pelos ID e estações do ano estudados (Tabela 16).

Tabela 16 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da matéria orgânica (MO)

Tratamento ²							EPM ³
Estação ¹	Fixo			Variável			
	O	P	V	O	P	V	
Variáveis	Matéria Orgânica						
A (%)	19,67	18,78	15,54	17,16	15,24	19,89	4,14
B (%)	66,47	66,36	68,66	68,77	69,27	64,36	4,01
C (%)	13,86	14,86	15,80	14,08	15,49	15,75	1,23
c (%/h)	4,53	3,76	4,85	4,62	4,20	4,28	0,53
DP	83,49	80,62	81,92	83,45	80,56	81,22	1,38
Lag time (h)	12,77	13,58	14,37	12,87	14,21	14,24	1,04
DE (kp=2 %/h)	65,70	62,07	63,98	65,16	61,74	63,67	2,40
DE (kp=5 %/h)	51,19	47,26	49,20	50,20	46,50	49,49	3,26
DE (kp=8 %/h)	43,65	40,01	41,34	42,35	38,82	42,25	3,53

¹ O = Outono; P = Primavera; V = Verão;

² Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias; Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa;

³ Erro padrão da média

As médias não diferiram significativamente pelo teste de Tukey (p<5%).

2.3.5.3 Degradabilidade da fibra em detergente neutro

Os resultados das variáveis de degradabilidade *in situ* da FDN do capim-elefante nas estações do outono, primavera e verão, estão apresentados na Tabela 17. Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para as frações A, B e C, taxa de degradação, *lag time*, e DE com taxas de passagem de 5 e 8%/h. Diferenças significativas ($P<0,05$) foram observadas apenas para variável de DP e DE com taxa de passagem de 2 %/h no tratamento com ID fixo.

Tabela 17 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da fibra em detergente neutro (FDN)

Estação ¹	Tratamento ²						EPM ³
	Fixo			Variável			
	O	P	V	O	P	V	
Variáveis	Fibra em Detergente Neutro						
A (%)	6,85	3,56	3,46	4,63	2,29	8,54	4,12
B (%)	76,59	78,12	77,42	78,45	78,11	72,57	4,08
C (%)	16,56	18,32	19,12	16,93	19,61	18,89	1,44
c (%/h)	4,29	3,65	4,74	4,68	4,14	4,28	0,53
DP	79,87 ^{ab}	76,74 ^{ab}	78,06 ^{ab}	80,29 ^a	75,82 ^b	77,76 ^{ab}	1,83
Lag time (h)	15,05	16,54	17,14	15,44	17,58	17,03	1,18
DE (kp=2 %/h)	59,02 ^{ab}	53,93 ^a	57,70 ^{ab}	59,53 ^b	54,53 ^{ab}	57,98 ^{ab}	2,42
DE (kp=5 %/h)	42,16	36,45	40,96	42,51	37,34	41,99	3,17
DE (kp=8 %/h)	33,55	27,98	32,14	33,55	28,69	33,82	3,37

¹ O = Outono; P = Primavera; V = Verão;

² Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias; Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa;

³ Erro padrão da média

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (p<5%).

Martinez (2008) em pastagem de capim-elefante (Cv. Cameroon) observou média de 6,32 % para a fração A da FDN. Teoricamente, a proporção da fração solúvel (A) na FDN deveria ser próxima a zero, por tratar-se de uma fração prontamente solúvel no rúmen no tempo zero de incubação. No presente estudo foram observados teores médios da fração A de 5,7; 2,9 e 4,0 % no outono, primavera e verão, respectivamente. Possivelmente, esse fato deve-se a perda de partículas durante o processo de lavagem. Os valores obtidos para a fração A estiveram abaixo dos reportados por Balsalobre (2002) em pastagem de capim-tanzânia. Este autor também não observou diferença estatística entre as estações estudadas, com valores de 7,4; 10,1 e 6,6% no outono, primavera e verão, respectivamente. Em trabalho realizado por Ítavo et al. (2002), com fenos de capim-coastcross e tifton 85, o valor relatado para a fração A foi de 0 %, de acordo com o esperado teóricamente.

Os valores da fração B da FDN variaram de 72,57 a 78,45% para os diferentes tratamentos. Carvalho et al. (2006a), obtiveram valores para fração B de 59,55; 62,17 e 65,08 %, respectivamente para os fenos de colômbia, tifton e braquiária. Com capim-elefante (Cv. Cameroon), Martinez (2008) reportou valores próximos ao do atual trabalho para a fração B, com média de 71,76%.

Os valores observados para a fração C da FDN variaram de 16,56 a 19,61% neste estudo contra valores entre 19,27 a 24,8% no trabalho de Martinez (2008) com o mesmo cultivar de capim-elefante. Carvalho et al. (2006a), relataram valores aproximados de 25,1; 26,0 e 25,0 % para a fração C da FDN em fenos de colonião, tifton e braquiária, respectivamente, valores estes acima dos obtidos no atual trabalho. Já Ítavo et al. (2002) reportaram cerca de 30,0 e 25,0 % da fração indegradável em fenos de capim-coastcross e tifton. Os valores mais baixos de fração C no presente estudo em relação aos revisados acima, indicam melhor qualidade da FDN neste estudo, provavelmente em função da forragem nunca ter sido colhida após atingir 95 % de IL em ambos os ID estudados.

A taxa de degradação (c %/h) da FDN variou de 3,65 a 4,74 %/h nos diferentes tratamentos estudados. Também em amostras de estrato pastejável de capim-elefante (cv. Cameroon), porém manejado com ID fixos de 23 dias no verão e outono, Martinez (2008) reportou valores de taxa de degradação da FDN entre 3,51 a 4,27%/h, muito próximos dos valores obtidos no presente estudo. Lopes e Aroeira (1998), reportaram valores médios de taxa de degradação (c %/h) de 3,3 %/h para a FDN do capim-elefante com 60 dias de idade.

Segundo Mertens (1997), o enchimento ruminal é o principal fator limitante de consumo na maioria das forragens. O consumo de alimento está correlacionado negativamente com o teor e degradabilidade ruminal da FDN, ou seja, quanto menos degradável, mais tempo permanecerá a forragem no rúmen, e conseqüentemente, mais o enchimento limitará a ingestão de volumosos.

A ausência de diferença na taxa de degradação da FDN entre ID e épocas do ano está condizente com os dados de lignina nas amostras de forragem, que não diferiram entre os tratamentos. Uma vez que o intervalo entre desfolhas nos tratamento com ID fixos e variáveis não diferiram, devido às condições climáticas reinantes ao longo do período experimental, também não era de se esperar diferença significativa na qualidade da FDN das amostras de forragem.

A degradação potencial da FDN foi maior ($P < 0,05$) na forragem de outono (80,29%) que na de primavera (75,82%) para as pastagens manejadas com ID variáveis e intermediária nos demais tratamentos. Martinez (2008) reportou valores que variaram

de 74,08 a 80,19% para DP da FDN da mesma forrageira, com vacas alimentadas com concentrados ricos em milho ou em casca de soja, ou farelo de trigo, ou caroço de algodão ou farelo de glúten de milho (refinazil). A DP da FDN de 72% e 70,46% para o feno de capim-coastcross, relatadas por Lucci et al. (1998) e Rodrigues, Lucci e Melotti (2000), respectivamente, estiveram abaixo aos valores obtidos com capim-elefante neste trabalho.

Os valores de *lag time* para a FDN foram altos (15,05 a 17,58 h) e maiores quando comparados aos da MS, MO e PB. Este tempo longo para colonização da FDN da forragem de capim elefante constitui-se em fator limitante à degradação da fibra com provável efeito negativo no consumo de pasto.

Quando foi adotada a taxa de passagem de 5 %/h, mais próxima da realidade para forragem tropical que os valores de 2 ou 8 %/h, não houve diferença entre os valores estimados de DE da fração FDN.

2.3.5.4 Degradabilidade da proteína bruta

Nas Tabelas 18 e 19 são apresentados os dados de frações protéicas e degradabilidades ruminais sem e com correção para contaminação microbiana, respectivamente.

De acordo com Lanzas (2007), uma das limitações da metodologia *in situ*, seria a contaminação microbiana dos resíduos, que pode resultar em valores superestimados da fração B, especialmente em alimentos ricos em fibra e com baixo valor protéico. Nocek (1988) sugere que a correção microbiana é importante principalmente para forragens de baixa qualidade, mas de acordo com Olubobokun, Craig e Pond (1990), a correção também pode ser importante para forragens de alta qualidade.

Dessa forma, os parâmetros de degradabilidade da fração protéica foram corrigidos pela contaminação microbiana segundo a metodologia proposta por Zinn e Owens (1986), como apresentado na Tabela 19.

O grau de contaminação bacteriana não é constante entre os diferentes alimentos. Espécies forrageiras e fertilização nitrogenada de forragens têm sido mostradas afetando o grau de contaminação bacteriana (WEISS, 1994).

Comparando os dados das Tabelas 18 e 19, pode-se observar que a correção microbiana resultou em aumento nos valores da fração protéica A e redução principalmente na fração B, como era esperado.

Tabela 18 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da proteína bruta (PB)

Estação ¹	Tratamento ²						EPM ³
	Fixo			Variável			
	O	P	V	O	P	V	
Variáveis	Proteína Bruta						
A (%)	17,94 ^a	27,36 ^{ab}	19,41 ^{ab}	17,86 ^a	36,91 ^b	26,68 ^{ab}	8,10
B (%)	75,74 ^a	66,25 ^{ab}	74,23 ^{ab}	76,20 ^a	56,85 ^b	67,20 ^{ab}	7,77
C (%)	6,32 ^a	6,39 ^a	6,36 ^a	5,94 ^a	6,24 ^a	6,12 ^a	0,89
c (%/h)	4,91 ^a	4,60 ^a	4,92 ^a	5,82 ^a	5,58 ^a	5,03 ^a	0,79
DP	90,51 ^a	91,12 ^a	91,73 ^a	92,84 ^a	92,37 ^a	92,09 ^a	1,69
Lag time (h)	5,98 ^a	6,01 ^a	5,99 ^a	5,46 ^a	5,83 ^a	5,76 ^a	0,85
DE (kp=2 %/h)	71,40 ^a	73,44 ^a	71,95 ^a	74,45 ^a	78,50 ^a	74,84 ^a	3,54
DE (kp=5 %/h)	55,17 ^a	59,00 ^{ab}	56,00 ^{ab}	58,71 ^{ab}	66,71 ^b	60,49 ^{ab}	5,10
DE (kp=8 %/h)	46,52 ^a	51,46 ^{ab}	47,50 ^{ab}	49,82 ^{ab}	60,16 ^b	52,73 ^{ab}	5,78

¹ O = Outono; P = Primavera; V = Verão;

² Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias; Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa;

³ Erro padrão da média

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (p<5%).

A solubilidade da proteína é um fator chave para determinar sua susceptibilidade ao ataque de proteases microbianas e assim, sua degradabilidade (BACH; CALSAMIGLIA; STERN, 2005).

Com base nos dados da Tabela 19, a fração solúvel da proteína bruta (A) da forragem de capim-elefante não foi afetada ($P>0,05$) pelos ID e épocas do ano. Os valores variaram de 20,7 a 38,24%, o que representa uma variação grande, apesar de não diferir estatisticamente. Numericamente, os valores mais baixos foram observados no outono, independente dos ID adotados. O fracionamento químico da proteína, apresentado na Tabela 13, resultou significativamente em menor fração protéica A durante o outono.

Tabela 19 - Variáveis de degradabilidade *in situ* da proteína bruta (PB) corrigida pela contaminação microbiana

	Tratamento ²						EPM ³
	Fixo			Variável			
<i>Estação</i> ¹	O	P	V	O	P	V	
<i>Variáveis</i>	<i>Proteína Bruta</i>						
A (%)	20,71 ^a	29,62 ^a	21,67 ^a	20,70 ^a	38,24 ^a	28,17 ^a	8,01
B (%)	73,30 ^a	64,30 ^{ab}	72,35 ^{ab}	73,69 ^a	55,87 ^b	65,98 ^{ab}	7,67
C (%)	5,99 ^a	6,08 ^a	5,98 ^a	5,63 ^a	5,89 ^a	5,86 ^a	0,85
c (%/h)	4,88 ^a	4,57 ^a	4,88 ^a	5,81 ^a	5,54 ^a	5,08 ^a	0,77
DP	91,42 ^a	91,47 ^a	91,58 ^a	93,21 ^a	92,68 ^a	92,44 ^a	1,51
Lag time (h)	5,91 ^a	5,96 ^a	5,69 ^a	5,28 ^a	5,53 ^a	5,52 ^a	0,91
DE (kp=2 %/h)	72,35 ^a	74,28 ^a	72,73 ^a	75,44 ^a	79,00 ^a	75,57 ^a	3,49
DE (kp=5 %/h)	56,60 ^a	60,25 ^a	57,16 ^a	60,22 ^a	67,38 ^a	61,51 ^a	5,05
DE (kp=8 %/h)	48,25 ^a	52,94 ^a	48,88 ^a	51,63 ^a	60,96 ^a	53,88 ^a	5,74

¹ O = Outono; P = Primavera; V = Verão;

² Fixo = Intervalo de desfolhação fixo, onde a entrada dos animais na pastagem foi realizada a cada 27 dias; Variável = tratamento assumindo 1,05 m como altura média do dossel, correspondendo a 95% de interceptação luminosa;

³ Erro padrão da média

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 5\%$).

No estudo *“in situ”* de Martinez (2008), os valores reportados para a fração A do capim-elefante (cv. Cameroon) durante o verão e outono variaram de 32,38 a 40,02%.

Balsalobre (2002) reportou para amostras de pastejo simulado de capim-tanzânia, valores de 36,3; 28,6; 37,7 % para a fração A nas estações do outono, primavera e verão.

Carvalho et al. (2006a), observou da fração solúvel da PB da ordem de 21,45; 51,44 e 36,76 %, respectivamente para os fenos de capim-colonião tifton e braquiária.

A fração potencialmente degradável da proteína (fração B) foi afetada pelos tratamentos ($P < 0,05$). Os valores foram mais altos para os pastos de outono (73,3 e 73,69 %), independente dos ID, menores para o pasto de primavera com ID variáveis (55,87 %) e intermediários para os demais tratamentos.

Os valores reportados por Martinez (2008) para a fração B do capim-elefante foram mais baixos que no presente estudo, variando de 58,33 a 64,04 %.

A fração C, indegradável variou de 5,63 a 6,08% e não foi afetada pelos tratamentos ($P>0,05$). Estes valores foram mais altos que os reportados por Martinez (2008), em média ao redor de 3,58%.

A taxa de degradação (c %/h) da fração B não foi afetada pelos tratamentos e variou de 4,57 a 5,88 %. No trabalho de Martinez (2008) os valores variaram de 5,82 a 6,05 %. Estes valores não corroboram o conceito generalizado de que a proteína de pastos tropicais é de alta degradabilidade ruminal, e que este problema seria agravado com adubações nitrogenadas altas. Pastagens de clima temperado chegam a apresentar valores de taxa de degradação superiores a 12 %/h (NRC, 2001).

Tanto a DP quanto a DE da proteína não diferiram entre os tratamentos ($P>0,05$). A DE variou de 56,6 a 67,38 % para a taxa de passagem de 5 %/h. Quando os valores médios de frações protéicas e taxa de degradação da forragem de verão e de outono do presente estudo foram utilizados para simulação no NRC (2001) para vaca leiteira consumindo 12 kg de MS por dia, o programa assumiu taxa de passagem de 4,53 %/h resultando em degradabilidade ruminal da proteína de 60,5 %.

A alta proporção de N ligado à fração FDN nas plantas tropicais explica em parte esta baixa taxa de degradação protéica. Isto pode se constituir em fator positivo nas plantas tropicais quando manejadas em sistemas com altas taxas de lotação, que exigem altas doses de fertilização nitrogenada. Nesse caso, pode-se ter forragem com alto teor protéico, porém sem que a degradabilidade dessa proteína seja muito alta, evitando perdas excessivas de amônia ruminal.

Uma alta degradabilidade da proteína no rúmen não é desejável, pois de acordo com Nocek e Russell (1988) quando a taxa de degradação da proteína excede a taxa de fermentação dos carboidratos, grande quantidade de N pode ser perdida como amônia no rúmen. Segundo Bach, Calsamiglia e Stern (2005), as perdas de nitrogênio podem ser reduzidas diminuindo a degradação da proteína no rúmen ou aumentando a utilização de N pelos microrganismos ruminais.

De maneira geral, a estimativa da degradação ruminal dos alimentos tem sido considerada fundamental para se avaliar a quantidade de nutrientes disponível para os microrganismos do rúmen (BARBOSA et al., 2007); além disso, permite avaliar a qualidade do nutriente, como, por exemplo, da proteína bruta que escapa da

fermentação ruminal, fornecendo, conseqüentemente, aminoácidos disponíveis para digestão a partir do abomaso (MOLINA et al., 2002; MOREIRA et al., 2003).

3 CONCLUSÕES

Não houve diferença em dias de intervalo de desfolhas entre os tratamentos com ID fixos de 27 dias e ID variáveis (95% de IL), o que explica a ausência de diferenças entre esses tratamentos para a maioria das variáveis estudadas.

A composição morfológica do pasto de capim-elefante foi pior no verão, com menor proporção de folhas e maior proporção de colmos e material senescido. Este resultado pode ter sido afetado pela alta incidência de dias nublados durante o mês de janeiro.

Quando o pasto é bem manejado, a composição bromatológica das amostras do estrato pastejável do capim-elefante (cv. Cameroon) é pouco alterada pelas épocas do ano.

A fração solúvel da proteína bruta do capim-elefante (cv Cameroon) é composta quase que exclusivamente por nitrogênio não-protéico.

A solubilidade da proteína do capim-elefante é menor no outono que no verão e primavera.

A proteína do capim-elefante é baixa em fração solúvel (A e B1) e rica em proteína de média e baixa degradabilidade ruminal (B2 e B3).

A taxa de degradação da fração B da proteína do capim-elefante não é alta, com valores entre 4,57 a 5,81%/h.

A degradabilidade da proteína do capim-elefante em condições de consumo que resultem em taxas de passagem dessa forragem da ordem de 5 %/h, fica entre 56,6 a 67,38 %.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, 1990.

BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. Nitrogen Metabolism in the Rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 88, suppl. E9 – E21. 2005.

BALSALOBRE, M.A.A. **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**. 2002. 113 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS, P.M.; PENATI, M.A.; DEMETRIO, C.G.B. Cinética da degradação ruminal do capim Tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, p. 1747-1762, 2003a.

BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS, P.M.; VIEIRA, I.; CÁRDENAS, R.R. 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, 2003b.

BARBI, J.H.T.; SAMPAIO, I.B.M.; MAURÍCIO, R.M. Avaliação de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte pela técnica "in situ". **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 47, p. 73-86, 1995.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B.; Da SILVA, S.C.; ZIMMER, A.H.; TORRES JR, R.A.A. Capim-Tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.

BERCHIELLI, T.T.; GARCIA, A.V.; OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELI, T.T.; PIRES, A.A.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. cap. 14, p. 397-421.

BOWMAN, J.G.P., HUNT, C.W., KERLEY, M.S., PATERSON, J.A. Effects of grass maturity and legume substitution on large particle size reduction and small particle flow from the rumen of cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, p. 369-378, 1991.

BRODERICK, G.A. Determination of protein-degradation rates using a rumen in vitro system containing inhibitors of microbial nitrogen- metabolism. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 58, p. 463-475, 1987.

BUENO, A.A.O. **Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de forragens em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente.** 2003. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CABALLERO, R.; ALZUETA, C.; ORTIZ, L.T.; RODRÍGUEZ, M.L.; BARRO, C.; REBOLÉ, A. Carbohydrate and protein fractions of fresh and dried Common Vetch at three maturity stages. **Agronomy Journal**, Madison, v.93. p. 1006-1013, 2001.

CABRAL, L.S. da; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M.; LANA, R.P. de; COELHO DA SILVA, J.F.; VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, E.S. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2087-2098, 2000.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análises de alimentos.** Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CARARETO, R. **Uso de uréia de liberação lenta para vacas alimentadas com silagem de milho ou pastagens de capim Elefante manejadas com intervalos fixos ou variáveis de desfolhas.** 2007. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CARNEVALLI, R.A. **Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente.** 2003. 163 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CARNEVALLI, R.A.; Da SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODGSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 40, n. 3, p. 165-176, 2006.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R. Degradabilidade ruminal do feno de forrageiras tropicais. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 81-85, 2006a.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; DETMANN, E.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R. Degradabilidade ruminal do feno de alguns alimentos volumosos para ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 4, p. 575-580, 2006b.

CILLIERS, J.W.; VAN BILJON, P.L.; TOLMAY, E.; COERTZE, C. Effects of different levels of fertilizer application to yield on growth of steers and chemical composition of the herbage. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 52, n. 3, p. 242-248, 1997.

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. 2304-2320, 1992

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

CORSI, M. **Estudo da produtividade e do valor nutritivo do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), variedade napier, submetido a diferentes frequências de corte**. 1972. 139 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

_____. Potencial das pastagens para produção de leite. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. de (Ed.). **Bovinocultura leiteira: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 147-154.

_____. Manejo do capim-elefante sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994.p. 143-168.

CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.; SANTOS, P.M.; SILVA, S.C. Base para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 249-266.

CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; CARDOSO, F.P.N. Produção de leite em pastagem de capim-elefante submetida a duas alturas de resíduo pós-pastejo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 417-423, mar./abr. 2001.

CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, C.A.B.; GERÔNIMO, O.J.; FREITAS, V.P.; SALVATI, J.A. Avaliação de metodologias para a estimativa da disponibilidade de forragem em pastagem de capim-elefante. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 589-598, maio/jun. 2002.

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. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; PAULINO, P.V.R.; CHIZZOTTI, M.L.; PAIXÃO, M.L. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 280-287, 2005.

Da SILVA, S.C. Manejo do pastejo para a obtenção de forragem de qualidade. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 7., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 2005. p.117-146.

Da SILVA, S.C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 155-186. 2003

Da SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR., D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM. 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Editora Suprema, 2006. p. 1-42.

Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. In: Fatores condicionantes e predisponentes da produção animal a pasto. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 97-119.

_____. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DA PASTAGEM, 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, FCAV, 1997. p. 1-62.

De FARIA, V.P.; PEDREIRA, C.G.S.; SANTOS F.A.P. Evolução do uso de pastagens para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 1-14.

DEREZ, F. Produção de leite de vacas mestiças holandês x zebu em pastagem de capim-elefante, manejada em sistema rotativo com e sem suplementação durante a época das chuvas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 197-204, 2001.

DESCHAMPS, F.C. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína de alguns alimentos utilizáveis na alimentação de ruminantes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, p. 898-908, 1994.

DIFANTE, G.S. **Desempenho de novilhos, comportamento ingestivo e consumo voluntário em pastagem de *Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia**. 2005. 74 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R. Suplementação animal em pastagens e seu impacto na utilização de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: TEORIA E PRÁTICA DA PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS, 22., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 33-70.

FERRARIS, R.; MAHONY, M.J.; WOOD, T.T. Effect of temperature and solar radiation on the development of dry matter and attributes of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 37, n. 6, p. 621-632, 1986.

FIRKINS, J.L.; ALLEN, M.S.; OLDICK, B.S.; ST-PIERRE, N.R. Modeling Ruminant Digestibility of Carbohydrates and Microbial Protein Flow to the Duodenum. **Journal of Dairy Science**, Albany, v. 81, n. 12, p. 3350-3369, 1998.

FONTANELLI, R.S. **Produção de leite de vacas da raça Holandês em pastagens tropicais perenes no planalto médio do Rio Grande do Sul**. 2005. 174 p. Tese (Doutorado em Plantas Forrageiras) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSEL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, p. 3578-3596, 1992.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P.; RUSSELL, J.B.; VAN AMBURGH, E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 112, p. 29–78, 2004.

GARCIA, J.; ALCALDE, C.R.; JOBIM, C.C. Degradabilidade *in situ* de alimentos concentrados e do capim *Brachiaria decumbens* Stapf. em diferentes crescimentos vegetativos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25 n. 2, p. 387-395, 2003.

GONÇALVES, G.D.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; CECATO, U.; DAMASCENO, J.C.; BRANCO, A.F.; SILVA, K.T. Determinação das frações de proteína e de carboidratos de gramíneas do gênero *Cynodon* em idades ao corte. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 789-794, 2001.

HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, p. 3226-3232, 2003.

HERNÁNDEZ, F.I.L.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; MANCIO, A.B.; CECON, P.R.; LANA, R.P.; MAGALHÃES, K.A.; ROSA, S.L. Avaliação da composição de vários alimentos e determinação da cinética ruminal da proteína, utilizando o método de produção de gás e amônia *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p.243-255, 2002.

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; ÍTAVO, C.C.B.F.; MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. Consumo, Degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, supl. 1, p. 1024-1032, 2002.

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.

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.

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.

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

LANZAS, C. **Models to predict ruminal carbohydrate and nitrogen supply and nitrogen excretion in cattle**. 2007. 235 p. Ph.D. (Dissertation) – Cornell University, Ithaca, 2007.

LANZAS, C.; SNIFFEN, C.J.; SEO, S.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, doi:10.1016/j.anifeedsci.2006.08.025., 2006.

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.

LIMA, E.S. **Produção e avaliação nutricional de genótipos de capim-elefante cultivados na região norte-fluminense**. 2006. 69 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2006.

LIMA, J.A.; NASCIMENTO JR., D.; PEREIRA, J.C.; REGAZZI, A.J. Seletividade por bovinos em pastagem natural. 1. Composição botânica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 434-443, 1998.

LIRA, V.M.; PEREIRA, J.C.; VIEIRA, M.R.A.; CECOM, P.R.; OLIVEIRA, E.C. de; AMARAL, A.M. do; SILVA, I.M. da; MAGIEIRO, D. Cinética da degradação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro do capim brachiaria na estação seca e chuvosa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p. 358.

LISTA, F.N.; SILVA, J.F.C.; VASQUEZ, H.M.; DETMANN, E.; PERES, A.A.C. Avaliação nutricional de pastagens de capim-elefante e capim-mombaça sob manejo rotacionado em diferentes períodos de ocupação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1406-1412, 2007.

LOPES, F.C.; AROEIRA, L.J.M. Consumo, digestibilidade, degradabilidade e parâmetros ruminais em vacas Holandês x Zebu alimentadas com capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) picado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, v. 50, n. 5, p. 593-599, 1998.

LUCCI, C.S.; MELOTTI, L.; KODAIRA, V.; CASTRO, A.L. de; RODRIGUES, P.H.M. Degradabilidade ruminal de alimentos em vacas secas e lactantes, recebendo 70% ou 50% de MS das rações como volumosos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 35, p. 127-133, 1998.

MACHADO, A.O.; CECATO, U.; MIRA, R.T.; PEREIRA, L.A.; DAMASCENO, J.C. Avaliação da composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. Sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 1057-1063, 1998.

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.

_____. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 790-796, 1998.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M.; MAULE, R.F.; TRIVELIN, P.C.O.; ROVARI, R.; JÚNIOR, J.C.P. Métodos de determinação da área basal de uma pastagem de capim-elefante. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 645-649, 1999.

MARTINEZ, J.C. **Substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada no concentrado de vacas leiteiras mantidas em pastagens de capim-elefante durante o outono-inverno**. 2004. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

_____. **Avaliação de co-produtos na alimentação de vacas leiteiras mantidas em pastagens tropicais durante a estação chuvosa e alimentadas no cocho durante a estação seca do ano**. 2008. 364 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

McALLISTER, T.A.; BAE, H.D.; JONES, G.A.; CHENG, K.J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 72, p. 3004-3018, 1994.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, Albany, v. 88, p. 645-650, 1977.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G.C.JR.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1994. chap. 11, p. 450 - 493.

_____. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

_____. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, 2002.

MOLAN, R. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandú submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua**. 2004. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J.; CASTRO NETO, A.G. Digestibilidade *in situ* das frações fibrosas de silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, v. 54, p. 169-179, 2002.

MOREIRA, J.F.C.; RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C.; P.C.C.; VELOSO, C.M.; SALIBA, E.O.S.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C. Concentrados protéicos para bovinos. 1. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, v. 55, p. 315-323, 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant nitrogen usage**. Washington: National Academic Press, 1985. 138 p.

_____. **Nutrient requirements of domestic animals: nutrient requirements of beef cattle**. Washington: National Academic Science, 1996. 245 p.

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

NOCEK, J.E. Evaluation of specific variables affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 60, n. 5, p. 1347-1358, 1985.

_____. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 71, p. 2051-2069, 1988.

NOCEK, J.E.; KOHN, R.A. *In situ* particle size reduction of alfalfa and timothy hay as influenced by form and particle size. **Journal Dairy Science**, Lancaster, v. 71, p. 932-945, 1988.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, p. 3598-3629, 1991.

O'CONNOR, J.D.; SNIFFEN, C.J.; FOX, D.G.; CHALUPA, W. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 71, p. 1298-1311, 1993.

OLUBOBOKUN, J.A.; CRAIG, W.M.; POND, K.R. Effects of mastication and microbial contamination on ruminal *in situ* forage disappearance. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 3371-3381, 1990.

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

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate passage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, p. 499-503, 1979.

PEDREIRA, B.C. **Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. Cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado**. 2006. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

PEDREIRA, J.V.S.; NUTI, P.; CAMPOS, B.E.S. Competição de capim para produção de matéria seca. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 32, n. 2, p. 319-323, 1975.

PEIXOTO, A.M. O departamento de zootecnia da ESALQ e o manejo do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1994. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 1-18.

PENATI, M.A.; CORSI, M.; DIAS, C.T.S.; MAYA, F.L.A. Efeito do número de amostras e da relação dimensão - formato da moldura sobre o coeficiente de variação na determinação da massa de forragem em pastagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 46.

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.P.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F.; RUGGIERI, A.C.; ALMEIDA, E.O.; ROTH, M.T.P. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da fração fibrosa e da proteína bruta de forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 41, n. 4, p. 643-648, 2006.

PRADO, I.N.; MOREIRA, F.B.; ZEOULA, L.M.; WADA, F.Y.; MIZUBUTI, I.Y.; NEVES, C.A. Degradabilidade *In situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de algumas gramíneas sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1332-1339, 2004.

QUEIROZ, M.A.A. **Desempenho, características da carcaça e parâmetros metabólicos de cordeiros recebendo rações ricas em amido e fontes protéicas**. 2008. 156 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RAMALHO, T.R.A. **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, G.K.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; GARCIA, R.; CABRAL, L.S. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 589-595, 2001.

RODRIGUES, P.H.M.; LUCCI, C.S.; MELOTTI, L. Efeitos da lasalocida sódica e proporção volumoso/concentrados sobre a degradabilidade *in situ* do farelo de soja e do feno Coast-cross [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] em vacas secas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 37, p. 127-133, 2000.

RUIZ, R.; TEDESCHI, L.O.; MARINI, J.C.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; JARVIS, G.; RUSSELL, J.B. The effect of a ruminal nitrogen (n) deficiency in dairy cows: evaluation of the Cornell net carbohydrate and protein system ruminal n deficiency adjustment. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, p. 2986-2999, 2002.

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

SANTOS, F.A.P.; CORREIA, P.S.; RAMALHO, T.R.; COSTA, D.F.A. Sistemas intensivos de recria de bovinos com suplementação em pastagens e terminação em confinamento. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 6., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007a. p. 183-219.

SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C.; VOLTOLINI, T.V.; NUSSIO, C.M.B. Associação de plantas forrageiras de clima temperado e tropical em sistemas de produção animal de regiões subtropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 215-246.

SANTOS, F.A.P.; PEDROSO, A.M.P.; MARTINEZ, J.C.; PENATI, M.A.A. Utilização de suplementação de concentrado para vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais. Visão técnica e econômica da produção Leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA, 5., 2005., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 219-294.

SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C.; GRECO, L.F.; CARARETO, R.; PENATI, M.A. Suplementação de vacas sob pastejo: considerações técnicas e econômicas visando maior rentabilidade. In: CARVALHO, M.P. de; SANTOS, M.V. dos (Org.). **O Brasil e a nova era do mercado de leite: compreender para competir.** Uberlândia: Impressão Gráfica Rio Pedrense, 2007b. p. 249-300.

SANTOS, V.P. **Degradabilidade *in situ* da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e ácido e digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar fresca ou ensilada e silagem de milho em diferentes ambientes ruminais.** 2006. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SARMENTO, D.O.L. **Produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. Cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte.** 2007. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. C.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.

SOUZA JÚNIOR, S.J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte.** 2007. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell net carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, p. 1648-1658, 2000.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B.; PELL, A.N.; LANNA, D.P.D.; BOIN, C. Development and evaluation of a tropical feed library for the Cornell net carbohydrate and protein system model. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 1-18, 2002.

TRINDADE, J.K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado.** 2007. 163 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** Ithaca: Cornell University Press, 1982. 374 p.

_____. **Nutritional ecology of ruminant.** Ithaca: Comstock Publ., Associations, 1994. 476 p.

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

VIEIRA, R.A.M. **Simulação da dinâmica de nutrientes no trato gastrintestinal:** aplicação de um modelo matemático para bovinos a pasto. 1998. 91 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. Fracionamento e cinética de degradação *in vitro* dos compostos nitrogenados da extrusa de bovinos a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 880-888, 2000.

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. QUEIROZ, A.C.; GONÇALVES, A.L. Fracionamento dos carboidratos e cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro da extrusa de bovinos a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 889-897, 2000.

VILELA, G.L.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. CECOM, P.R.; QUEIROZ, A.C.; NASCIMENTO, O.C. Degradabilidade "in situ" da matéria seca e da proteína bruta e proteína efetivamente degradada no rúmen, de vários alimentos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, p. 342-351, 1994.

VOLTOLINI, T.V. **Adequação protéica em rações com pastagens ou com cana-de-açúcar e efeito de diferentes intervalos entre desfolhas da pastagem de capim Elefante sobre o desempenho lactacional de vacas leiteiras.** 2006. 168 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

WEISS, W.P. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: FAHEY, G.C. JR.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization.** Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1994. chap. 16, p. 644-681.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica de acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex. A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte.** 2006. 193 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ZIMMER, A.; SILVA, M.P.; MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 19., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 31-58.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 66, p. 157-166, 1986.