Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Valor nutritivo e cinética ruminal de gramíneas tropicais manejadas intensivamente

Arlindo José Dias Pacheco Junior

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

Piracicaba
2009

Arlindo José Dias Pacheco Junior
Médico Veterinário

Valor nutritivo e cinética ruminal de gramíneas tropicais manejadas intensivamente

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

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

Piracicaba
2009

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

Pacheco Junior, Arlindo José Dias
Valor nutritivo e cinética ruminal de gramíneas tropicais manejadas intensivamente / Arlindo José Dias Pacheco Junior. - - Piracicaba, 2009.
192 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Cinética 2. Forragem 3. Gramíneas 4. Morfologia vegetal 5. Nutrição animal 6. Pastagens Valor nutritivo I. Título

CDD 633.2
P116v

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

Ofereço

Aos meus pais,

Arlindo José Dias Pacheco
Rosangela Dal Fabbro Dias Pacheco

A meus avós,

Aninoel Dias Pacheco e Hortência Maria Z. Dias Pacheco
Celso Dal Fabbro e Ovidia Tognin Dal Fabbro

Pelo carinho, apoio, compreensão e acima de tudo, pela formação de meu caráter, pois eles foram, em diferentes fases da vida, o alicerce de minha existência.

Ao Professor e amigo
Francisco Armando de Azevedo Souza e
Meus amigos
Luiz Roberto Dell'Agostinho e Junio Cesar Martinez

Pela amizade e companheirismo, pois acredito que meus primeiros passos na escolha profissional, decorreram dos seus conselhos e do exemplo de suas vidas.

Aos meus amados irmãos **Celso e Cristiano** e demais familiares.

Aos meus queridos e inesquecíveis amigos **Fernando Bortoluzzi Lustri, Ricardo Salioni, Matheus Oliveira, Rafael Oliveira e Rafaela Carareto.**

Dedico esta singela obra ao meu pai, pelo exemplo que é para mim de caráter, de conduta, de sensibilidade, de altruísmo e, sobretudo, de dignidade humana e à minha mãe, em sinal de meu amor e eterna gratidão.

“Há dois tipos de pessoas: as que fazem o trabalho e as que reivindicam o mérito. Procure estar no primeiro grupo. Há menos concorrência”

Indira Gandhi

Não se contente em trilhar um caminho desconhecido. Ao contrário, vá para onde não há caminho algum e deixe seu rastro.

Muriel Strode

O verdadeiro critico enriquece as obras que estuda, e em tudo o que toca deixa um rastro de sua personalidade. Os criticastros, que são, por instinto, inimigos da obra, desejam diminuí-la, pela simples razão de que eles não a escreveram. Nem saberiam escrevê-la, se o criticado lhes contestasse: "Faze-a melhor".

José Ingenieros

6

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela Divina proteção.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela acolhida e oportunidade para realização do Curso.

Ao Fundo de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro ao projeto e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos, por ser amigo, antes de ser meu orientador. Pela confiança depositada, por compreender minhas falhas, disposição para repassar seus valiosos conhecimentos e experiências de vida.

Ao Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires por ter colaborado com os animais utilizados nos experimentos metabólicos.

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio pela amizade e pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Wilson Roberto Soares Mattos, pelo respeito, confiança, amizade e companheirismo.

A Profª. Carla Maris Machado Bittar pela confiança, respeito, amizade, e acima de tudo, pela disposição, co-orientação e pelos valiosos ensinamentos. Tudo seria mais difícil.

Ao Prof. Ricardo Augusto Mendonça Vieira pela contribuição imprescindível ao trabalho, o qual sem vossa colaboração não se concretizaria plenamente. Pela paciência, disposição e pelos valiosos ensinamentos.

Ao Marco Antonio Penati (Kueio), pela amizade, ensinamentos e confiança.

Ao Prof. Gerson Barreto Mourão, pela contribuição nas análises estatísticas desse trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelo convívio, amizade e pelos valiosos ensinamentos.

A Carlos Cesar Alves, pela disposição e auxílio nas análises laboratoriais, paciência e ensinamentos. Se hoje sei algo sobre análise bromatológica devo a essa pessoa.

A Luiz Roberto Dell’Agostinho Neto pelo auxílio na condução do experimento, pela disposição, pela confiança e pela grande amizade. Sem dúvida nenhuma uma das melhores pessoas que tive o prazer de conhecer.

Ao companheiro, colaborador e amigo, Junio Cesar Martinez, mentor de meu ingresso na pós-graduação.

A Rafaela (Sakudida), Mirella, Jakeline Romero, Leandro (Goiano), Neto, Camila, Marina (Uruk), João Ricardo (Baiano), Lucas (Paraíba), Catarina (Portuguesa), Mariana, Cristiane, Ricardo (Bronha), Vanessa, Rafael (Caneco), Sarturi, Maity, Ana Luiza, Gisele, Rafael Camargo, João, Marlon, Yuri, Gabriela Acetoze, Mariana Caetano, Lucas Ferreira, Jackeline, Sérgio Gil (Porção), Renato (Shimu), K-Bomba, Alexandre Pedroso e demais colegas de pós-graduação por fazerem deste tempo de convívio juntos, momentos prazerosos e inesquecíveis.

Aos funcionários do Depto de Zootecnia, Jucelino (Juça), Émerson, Danilo, Zé Barba, Elis, Tânia (Véia), Creide, Rafael (CT), Benedito, Agenor, Joaquim, Tim e Neco, pela amizade e constante apoio.

A família Alves, na pessoa do seu Laureano, pela presteza e solicitude, pois sem seu auxílio minha jornada seria muito mais laboriosa.

Aos estagiários do CPZ, pela amizade e por toda ajuda prestada.

A Bruna da Conceição de Matos, por estar sempre ao meu lado e me incentivando.

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

SUMÁRIO

RESUMO 11
ABSTRACT 12
1 INTRODUÇÃO 14
Referências 16
2 Revisão Bibliográfica 18
2.1 Forragens tropicais e seu manejo 18
2.2 Valor nutritivo das forragens tropicais 20
2.3 Avaliação de alimentos para ruminantes 27
2.4 Sistemas nutricionais para ruminantes 38
2.5 NRC 44
2.5.1 Energia 44
2.5.2 Proteína 46
2.6 CNCPS 48
2.6.1 Energia 48
2.6.2 Carboidratos 49
2.6.3 Proteínas 52
2.6.4 Atualizações do sistema CNCPS 56
2.7 SÍNTESE DE PROTEINA MICROBIANA (PMIC) 58
2.8 Degradabilidade ruminal de forragens 62
2.8.1 Degradabilidade *in situ* 63
2.8.2 Degradabilidade *in vitro* (método enzimático) 65
2.8.3 Modelos de degradação ruminal 66
Referências 71
3 VALOR NUTRITIVO E CINÉTICA RUMINAL DO CAPIM COLONIÃO MANEJADO INTESIVAMENTE DURANTE A PRIMAVERA, VERÃO E OUTONO 88
Resumo 88
Abstract 89
3.1 Introdução 90
3.2 Material e Métodos 91
3.2.1 Área experimental 91
3.2.2 Medições no pasto e coleta de amostras de forragem 92
3.2.2.1 Coleta e preparo das amostras para determinação da massa de forragem e de sua composição morfológica 93
3.2.2.2 Coleta e preparo das amostras para realização das análises químico-bromatológicas 93
3.2.3 Determinação da degradabilidade in situ 94
3.2.4 Fracionamento dos Compostos Nitrogenados conforme o CNCPS 97
3.2.5 Fracionamento dos Carboidratos conforme o CNCPS 98
3.2.6 Determinação da Taxa de Degradação *In Vitro* das Frações Protéicas 99
3.2.7 Delineamento Experimental e Análises Estatísticas 101
3.3 Resultados e Discussão 102
3.3.1 Intervalo de desfolha (ID) 102
3.3.2 Determinação da massa de forragem e composição morfológica 102
3.3.3 Composição químico-bromatológica 104
3.3.4 Fracionamento das frações de carboidratos de acordo com o CNCPS 107
3.3.5 Fracionamento dos compostos nitrogenados de acordo com o CNCPS 108
3.3.5.1 Taxas de degradação *in vitro* das frações protéicas de acordo com o CNCPS 110
3.3.6 Degradação ruminal *in situ* das frações do capim Colonião 111
3.4 Conclusões 117
REFERÊNCIAS 118
4 VALOR NUTRITIVO E CINÉTICA RUMINAL DO CAPIM MARANDU MANEJADO INTESIVAMENTE DURANTE A PRIMAVERA, VERÃO E OUTONO 123
Resumo 123

Abstract 124
4.1 Introdução 125
4.2 Material e Métodos 127
4.2.1 Área experimental e tratamentos impostos ao capim Marandu 127
4.2.2 Medições no pasto e coleta de amostras de forragem 127
4.2.2.1 Preparo da amostra para determinação da matéria seca e composição morfológica 128
4.2.2.2 Preparo da amostra e determinação das análises químico-bromatológicas 129
4.2.3 Determinação da degradabilidade *in situ* 129
4.2.4 Fracionamento dos compostos nitrogenados conforme o CNCPS 132
4.2.5 Fracionamento dos carboidratos conforme o CNCPS 134
4.2.6 Determinação da taxa de degradação *in vitro* das frações protéicas 135
4.2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas 136
4.3 Resultados e Discussão 137
4.3.1 Intervalo de desfolha (ID) 137
4.3.2 Determinação da massa de forragem e composição morfológica 137
4.3.3 Composição químico-bromatológica 139
4.3.4 Fracionamento das frações de carboidratos de acordo com o CNCPS 140
4.3.5 Fracionamento dos compostos nitrogenados de acordo com o CNCPS 141
4.3.6 Degradação ruminal *in situ* das frações do capim Marandu 143
4.4 Conclusões 149
REFERÊNCIAS 149
5 VALOR NUTRITIVO E CINÉTICA RUMINAL DO CAPIM MULATO MANEJADO INTESIVAMENTE DURANTE A PRIMAVERA, VERÃO E OUTONO 157
Resumo 157
Abstract 158
5.1 Introdução 158
5.2 Material e Métodos 160
5.2.1 Área experimental e tratamentos impostos ao capim Mulato 160
5.2.2 Medições no pasto e coleta de amostras de forragem 161
5.2.2.1 Preparo da amostra para determinação da matéria seca e composição morfológica 162
5.2.2.2 Preparo da amostra e determinação das análises químico-bromatológicas 162
5.2.3 Determinação da degradabilidade *in situ* 163
5.2.4 Fracionamento dos compostos nitrogenados conforme o CNCPS 166
5.2.5 Fracionamento dos carboidratos conforme o CNCPS 167
5.2.6 Determinação da taxa de degradação *in vitro* das frações protéicas 168
5.2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas 170
5.3 Resultados e Discussão 170
5.3.1 Intervalo de desfolha (ID) 170
5.3.2 Determinação da massa de forragem e composição morfológica 171
5.3.3 Composição químico-bromatológica 172
5.3.4 Fracionamento das frações de carboidratos de acordo com o CNCPS 175
5.3.5 Fracionamento dos compostos nitrogenados de acordo com o CNCPS 176
5.3.6 Degradação ruminal *in situ* das frações do capim Mulato 179
5.4 Conclusões 184
REFERÊNCIAS 185

RESUMO

Valor nutritivo e cinética ruminal de gramíneas tropicais manejadas intensivamente

Estudos foram conduzidos com o objetivo de caracterizar a composição morfológica e química, as frações de carboidratos e proteínas e as taxas de degradação em amostras de estrato pastejável de capim Colonião, Marandu e Mulato manejados com altas taxas de lotação e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) durante a primavera, verão e outono. Foi realizada avaliação comparativa dos capins quanto a sua composição morfológica, produção de massa de forragem (kg $MS.ha^{-1}$), composição química, frações protéicas e de carboidratos, assim como o fracionamento *in situ* e as taxas de degradação da PB, FDN e MS e ainda as taxas de degradação *in vitro* das frações protéicas entre as estações da primavera, verão e outono. No primeiro experimento, a massa de forragem e componentes morfológicos variaram com a estação do ano (P<0,05). A composição química do capim variou (P<0,05) entre as estações do ano, para teores de MS, FDN, EE, PB, NIDN, NIDA e MM. As frações de carboidratos (CHOT, frações A, B1 e B2) e as frações protéicas (A, B1, B2 e B3) foram afetadas pelas estações do ano (P<0,1). Os valores das taxas de degradação da proteína (B1, B2, B3 e B1+B2) e os valores estimados pelo método *in situ* para MS, FDN e PB não variaram (P<0,1) entre as estações do ano. No entanto, os valores de degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN foram significativos. No segundo experimento a estação do ano causou variação (P<0,05) para a massa de forragem, para os teores de MS, FDN, FDA, EE, MM e para as frações A+B1 e CHOT. Apenas a fração B1 das frações protéicas foi afetada (P<0,1) entre as estações do ano. Os valores das taxas de degradação da proteína (B1, B2 e B3) não variaram (P<0,1) entre as estações do ano. As variáveis estimadas pelo método *in situ* para MS, PB e FDN não variaram (P<0,1) entre as estações do ano. No terceiro experimento houve efeito (P<0,05) para massa de forragem, entre as estações do ano. Quanto a composição morfológica houve variação (P<0,05) na proporção de colmos, sendo maior no outono. A composição química apresentou efeito significativo (P<0,05) para os teores de MS, FDN, FDA, PB e MM. As frações A+B1 e B2 de carboidratos variaram (P<0,05), da mesma forma que as frações de proteína (P<0,1) também variaram conforme as estações do ano. Os valores das taxas de degradação da proteína (B1, B2 e B3) não variaram (P<0,1) entre as estações do ano. As variáveis estimadas pelo método *in situ* para MS, PB e FDN variaram (P<0,1) para Lambda, taxa de degradação (kdNRC) e degradabilidade efetiva (DE), entre as estações do ano. As forrageiras estudadas apresentaram-se pobre em frações de carboidratos de alta fermentabilidade ruminal (A+B1), enquanto que o teor de proteína prontamente degradada no rúmen foi elevado (A, B1 e B2). Isto pode limitar a eficiência de uso da proteína degradável no rúmen das forragens, especialmente quando adubadas intensamente com N para a obtenção de altas taxas de lotação animal.

Palavras-chave: Frações protéicas e de carboidratos; Cinética ruminal; Valor nutritivo de Forragens tropicais

ABSTRACT

Nutritional value and ruminal kinetics of tropical grasses intensively managed

Studies were conducted in order to characterize the morphological and chemical composition, carbohydrate and protein fractions and the degradation rate of potentially degradable CP in samples of grazed stratum of Colonião, Marandu and Mulato grasses intensively grazed at high stocking rates and variable defoliation intervals (95% LI) during spring, summer and autumn. Comparative analyses for grasses chemical and morphological composition forage mass production (kg $MS.ha^{-1}$), protein and carbohydrates fractions, *in situ* fractionation and CP, NDF and MS degradation rates, and protein fractions *in vitro* degradation rates during seasons. On first trial, statistical effects among seasons were found for forage mass and morphological components ($P<0.05$), DM, NDF, fat, CP, NDIN, NIDA and ash chemical contents ($P<0.05$), and for carbohydrates (TC, A, B1 and B2) and protein (A, B1, B2 and B3) ($P<0.1$) fractions. Protein degradation rates (B1, B2, B3 and B1+B2) and the values estimated by *in situ* degradation method for DM, NDF and CP did not differ ($P<0.1$) among seasons. However, statistical effects were found for effective degradability (ED) of DM and NDF ($P<0.1$). On second trial statistical effects were found among season for forage mass yield, DM, NDF, ADF, fat and ash, A+B1 and TC fractions ($P<0.05$). Only B1 protein fraction was affected ($P<0.1$) by seasons. Values of protein fractions degradation rates (B1, B2 and B3) did not differ ($P<0.1$) among seasons. Estimation of *in situ* degradability of DM, CP and NDF did not differ ($P<0.1$) among seasons. On third trial, statistical effects were not observed for forage mass yield among seasons. In relation to morphological composition, stems proportion presented the higher values in autumn ($P<0.05$). Statistical effects were found among seasons for DM, NDF, ADF, fat and ash, A+B1 and B2 carbohydrate fractions ($P<0.05$) and for A, B1 and B2 protein fractions ($P<0.1$). The values of protein fraction degradation rates (B1, B2, B3 and B1 + B2) did not differ ($P <0.1$) among seasons. The estimation of *in situ* degradability of DM, CP and NDF showed statistical effects ($P <0.1$) for Lambda, degradation rate (kdNRC) and effective degradability (ED) among seasons. The grasses evaluated have low proportion of high ruminal degradability carbohidrates (A+B1), while the values for rapidly degraded protein fractions (A, B1 e B2) was high. As consequence, a limitation on efficiency of use of degradable protein on rumen may occur, especially when pastures were intensively fertilized with N to elevate stocking rate.

Keywords: Protein and carbohydrates fractions; Ruminal kinetics; Nutritional value of tropical forages

1 INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das atividades mais importantes do agronegócio nacional. No cenário mundial, o Brasil se destaca como detentor do maior rebanho comercial de bovinos (205,9 milhões de cabeças), como o segundo maior produtor de carne dessa natureza (9,0 mil toneladas de equivalente carcaça) e maior exportador mundial (2,1 mil toneladas de equivalente carcaça) (IBGE, 2007). Segundo Dias (2007) 95% dos animais abatidos são criados exclusivamente em pastagens. Quanto a pecuária de leite, em 2005 o setor surpreendeu-se com a exportação de 78,36 milhões de litros, equivalente a um aumento de 1.682% no volume vendido ao exterior em relação a 1999 e de 76,3% em relação às exportações de 2003 (IBGE, 2007).

Nos últimos 30 anos a área ocupada por pastagens no Brasil passou de 154,1 para 177,7 milhões de hectares, resultado de um aumento expressivo nas áreas de pastagens cultivadas, as quais cresceram aproximadamente 300% (Da SILVA e NASCIMENTO JR., 2006). Entretanto, o manejo inadequado dessas pastagens tem se constituído na principal limitação para que a pecuária seja uma atividade competitiva frente às demais atividades agrícolas. Quando a forragem é o único alimento disponível para o animal mantido em pastagem, ela deve fornecer energia, proteína, vitaminas e minerais, para o atendimento das exigências dos animais. O desempenho animal em pastagens é determinado principalmente pela ingestão desses nutrientes. Esta, por sua vez, é determinada pela composição bromatológica e principalmente pelo consumo de forragem pelo animal. O manejo do pasto com base em princípios que levam em consideração o ritmo de crescimento e desenvolvimento das plantas, respeitando suas necessidades fisiológicas, como a estratégia de controle do pastejo por meio da meta de 95% de interceptação de luz pelo dossel forrageiro, resulta em pastos com maior proporção de folhas e menor proporção de colmos e material morto, relativamente ao uso de um manejo baseado em intervalos fixos de pastejos, definidos em número de dias, que não consideram aspecto algum das respostas das plantas a fatores de crescimento e manejo (PEDREIRA, 2006).

A obtenção da forragem com base no conceito de interceptação luminosa é uma prática de manejo que vê sendo adotada, com qual se busca uma forragem de melhor

valor nutritivo que aliada ao seu valor alimentício (consumo de energia digestível) poderá causar impacto sobre o desempenho animal. Dentro desse contexto os dados de composição químico-bromatológica e das frações que compõe o alimento, assim como suas degradabilidades tem sido objeto de vários estudos e são usados pelos programas nutricionais para formulação de rações e predição de desempenho. O abastecimento desses programas com dados de composição químico-bromatológica e degradabilidade das frações dos alimentos devem ser feito com precisão (menor variação) e acurácia (menor erro), pois implicam na previsão do desempenho animal. Para aos dados de composição de forragens isso se torna mais crítico, devido as várias formas como essas são coletadas, isto é, normalmente as bibliotecas desses programas apresentam valores de plantas cortadas ao nível do solo e sem adubação, sendo essas bem diferentes das práticas atuais de manejo adotado, onde as plantas são coletadas de acordo com seu ponto fisiológico ideal, que é quando essa atinge 95% de interceptação luminosa.

Segundo Balsalobre (2003a), esses programas nutricionais (NRC, 1996 nível 1; AFRC, 1993; INRA, 1989; entre outros) eram estáticos, não levando em consideração os vários componentes do alimento com suas diferentes taxas de degradação ruminal e suas interações. O surgimento do programa nutricional da Universidade de Cornell, o CNCPS (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*) (FOX et al., 1992; RUSSEL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; O'CONNOR, 1993), trouxe uma nova forma para se prever o desempenho de bovinos. O CNCPS é um modelo matemático estático, mecanicista e determinista para avaliação de dietas, estimativas de exigências nutricionais e estimativa de desempenho animal (FOX et al., 2004). Nesse programa é usado um modelo ruminal, que permite integrar a ingestão, taxas de degradação e passagem das diferentes frações de carboidratos e proteína para estimar os valores de energia metabolizável e de proteína metabolizável dos alimentos para cada situação específica (BOIN, et al., 2004). A versão mais recente do NRC para gado leiteiro (NRC, 2001), passou a adotar valores de extensão de degradação ruminal da proteína variáveis em função da taxa de degradação da mesma e da taxa de passagem ruminal, afetada pelo consumo de matéria seca.

Dados tanto de taxas de degradação como fracionamento de carboidratos e proteínas em pastagens tropicais manejadas com altas taxas de lotação são escassos na literatura. Diante disso, justifica-se a condução de ensaio para avaliar detalhadamente as frações de carboidratos e de proteínas de diferentes pastagens tropicais, amostradas sob a forma de estrato pastejável, de forma a aumentar a precisão da predição do desempenho animal mantidos nessas pastagens.

O objetivo do presente estudo é a caracterização morfológica e químico-bromatológica, assim como as frações de carboidrato e proteína e as taxas de degradação das frações protéicas potencialmente degradáveis, em amostras de estrato pastejável de pastagem de Colonião, Marandu e Mulato, manejada com altas taxas de lotação durante a primavera, verão e outono.

Referências

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. Cambridge :CAB International, Cambridge University Press, 1993. 159p.

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.

BOIN, C.; TEDESCHI, L.O.; MANELLA, M.Q. Conceitos atuais de nutrição protéica para bovinos de corte em confinamento. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5., 2004. Piracicaba. **Anais…** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.299-354.

Da SILVA, S.C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. **Sistema intensivo de produção de pastagens**. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2.,2006. São Paulo. **Anais...** São Paulo: CBNA, abr, 2006. p.1-31.

DIAS, F. Confinamento brasileiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL FEICORTE 2007. Disponível em : http://www.assocon.com.br/pdf/confinamento_bras_feicorte.pdf. Acesso em: 12abr.2009.

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,** Savoy, v.70, p.3578-3596, 1992.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P.; RUSSELL, J.B.; VAN AMBURGH, M.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, n.112, p.29–78, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.: Diretoria de pesquisas, coordenação de agropecuária, pesquisa da pecuária municipal. Brasil, 2007. Dispoinível em: www.sidra.ibge.gov.br, Acesso em: 07 abril 2009.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA. **Ruminant Nutrition Recommended allowances and feed tables.** Montrouge: John Libbey Eurotext, 1989. 389p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.,

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.

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**, Savoy, v.71, n.5, p.1298-1311, 1993.

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.

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**, Savoy, v.70, p.3551-3561, 1992.

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

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Forragens tropicais e seu manejo

As forragens de regiões tropicais têm alto potencial de produção de matéria seca (MS). Taxas de acúmulo de forragem superiores a 100 kg de MS $ha^{-1}dia^{-1}$ têm sido relatadas para diversas espécies de forrageiras tropicais, manejadas intensivamente durante o período das águas (CORSI, 1990).

A alta produção de forragem impõe grandes desafios no manejo da pastagem, sendo um deles a otimização da colheita, pois falhas no manejo podem resultar em perdas da ordem de 20 a 80% da forragem produzida (CORSI, 1994). Os fatores adubação nitrogenada e variação na freqüência de pastejo, influenciam a produção e a qualidade da pastagem assim como a eficiência de colheita pelos animais.

Em sistemas intensivos de produção de animal em pasto, a adoção de períodos fixos de intervalo de pastejos, tem sido criticada por da Silva e Pedreira (1997). Os referidos autores têm conduzido uma série de trabalhos de pesquisa, propondo que a entrada dos animais no pasto seja determinada pelo momento em que o dossel intercepta 95% da luz incidente (95% IL), ponto esse que corresponde ao índice de área foliar crítico ($IAF_{crítico}$) (BROUGHAM, 1956 apud. SOUZA JUNIOR, 2007). Esse parâmetro pode ser utilizado como referência para manejo de pastagens, pois apesar da máxima taxa de crescimento da cultura (TCC) ocorrer quando se tem o índice de área foliar ótimo ($IAF_{ótimo}$) (ponto onde ocorre 100% de IL pela folhas verdes), esta normalmente está associada a altas taxas de senescência o que resulta em menor acúmulo líquido de forragem nas pastagens (balanço entre crescimento e senescência) (HUMPHREYS, 1991). Quando isso ocorre, há um declínio na proporção de folhas e o maior acúmulo passa a ser proveniente de colmos. A planta passa do estágio vegetativo para a maturidade e, ao mesmo tempo, os teores dos componentes da parede celular aumentam (BLASER, 1988).

Nos trabalhos clássicos com plantas forrageiras de clima temperado (KORTE et al., 1982) e mais recentemente com plantas de clima tropical (BUENO, 2003; CARNEVALLI, 2003; Da SILVA e CORSI, 2003; BARBOSA, 2004; DIFANTE, 2005;

PEDREIRA, 2006; VOLTOLINI, 2006; ZEFERINO, 2006; SARMENTO, 2007; SOUZA JÚNIOR, 2007; TRINDADE, 2007), foi demonstrado que a partir de 95% de IL pelo dossel, começa a ocorrer redução na taxa média de acúmulo de forragem. Também ocorre comprometimento na estrutura do dossel e valor nutritivo (VN) da forragem produzida, por meio de aumento na proporção de colmo e de material senescido. Carnevalli et al. (2006) e Barbosa et al. (2007) observaram que a máxima taxa de acúmulo líquido estava relacionada com o ponto em que o dossel forrageiro interceptava 95% da radiação incidente nos capins Mombaça e Tanzânia, respectivamente. A partir desse ponto ocorreram modificações na dinâmica do acúmulo de forragem caracterizadas pela elevação da taxa de senescência e de alongamento de colmos.

Tem sido observado nos trabalhos de pesquisa acima mencionados, boa correlação entre as medidas de altura do dossel com os valores de IL. Deste modo, recomendações com base na altura do dossel poderão ser compreendidas e aplicadas pelos produtores (Da SILVA, 2005). De acordo com Hodgson (1990) as características de altura e índice de área foliar do dossel foram as mais consistentes no que se refere a produção de forragem.

Em capim Mombaça (*Panicum maximum*. Jacq.), o resíduo de 0,30 m, associado a freqüência de pastejo determinada por 95% de IL, resultou em maior produção de forragem, com a menor proporção de material morto e maior produção de folhas, quando comparado ao resíduo de 0,50 m e 100% de IL. A altura de entrada nos pastos referente a 95% de IL variou entre 0,83 m no verão, 0,92 m na primavera e 0,84 m no outono/inverno, para o resíduo de 0,30 m (BUENO, 2003).

Em *Brachiaria brizantha*, para o cultivar Marandu, 95% de IL foi obtido com alturas ao redor de 25 cm (ZEFERINO, 2006; SARMENTO, 2007; SOUZA JÚNIOR, 2007 e TRINDADE, 2007), enquanto que para o cultivar Xaraés, 95% de IL foi obtido com alturas ao redor de 30 cm (PEDREIRA, 2006).

A composição morfológica de plantas forrageiras manejadas com intervalos de desfolhação (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, essas diferenças podem ser visualizadas na tabela 2.1.

Portanto, a realização de algumas técnicas de manejo como a adubação nitrogenada, altura de entrada e saída do pasto e estrutura da planta, são parâmetros essenciais a serem observados no manejo de pastagens, com o objetivo de otimizar a colheita de grande quantidade de forragem de boa qualidade, que resulte em elevada produção animal por área.

Tabela 2.1 - Composição morfológica de forragens tropicais de acordo com ID

Fonte	Forragem	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	33,9	63,5	2,5
Voltolini (2006)	Elefante	27 dias fixos	48,0	46,0	6,0
Voltolini (2006)	Elefante	95% IL (1m)	53,0	42,0	5,0
Carareto (2007)	Elefante	35 dias fixos	47,9	45,7	6,4
Carareto (2007)	Elefante	95% IL (1m)	54,3	40,9	4,8
Correia (2006)	Marandu	35 dias fixos	40,0	36,0	24,0
Correia (2006)	Marandu	35 dias fixos	34,0	32,7	33,3
Costa (2007)	Marandu	95% IL (25 cm)	56,0	32,0	12,0

[1]Valores em porcentagem da MS.

2.2 Valor nutritivo das forragens tropicais

Pode-se definir VN de uma planta forrageira, por meio de sua composição química, digestibilidade e natureza dos produtos da digestão (VAN SOEST, 1994; MOORE e BUXTON, 2000), enquanto que o valor alimentício (VA) é definido pelo consumo de energia digestível (ED), sendo melhor avaliado pelo desempenho animal (MOORE, 1994).

Conforme Van Soest (1994), as plantas tropicais absorvem o CO_2 do meio via ciclo fotossintético C_4. Essas plantas são caracterizadas por apresentarem elevadas taxas de crescimento, praticamente o dobro da eficiência fotossintética daquela observada nas gramíneas de clima temperado (plantas que absorvem CO_2 do meio via ciclo fotossintético C_3) (COOPER, 1970). 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 absorção do CO_2 pela via denominada de C_3. Essa elevada eficiência se deve a combinação da enzima Rubisco

com a estrutura anatômica foliar, conhecida como anatomia de Kranz, na qual as folhas de plantas que utilizam o ciclo fotossintético C_4 possuem uma camada adicional de células (bainha vascular) que envolve o feixe vascular e menor quantidade de células do mesófilo quando comparadas a plantas que utilizam o ciclo fotossintético C_3 (REIS et al., 2004). O CO_2 é captado nestas células do mesofilo pela enzima Fosfoenol Piruvato carboxilase (PEPc), presente nas células do mesófilo, a qual forma um composto de 4 carbonos que poderá ser descarboxilado a 3PGA (ácido 3-fosfoglicérico) e usado por um complexo enzimático altamente sofisticado chamado de Ribulose 1,5 bisfosfato carboxilase oxigenase (Rubisco), presente nas células da bainha vascular. Nas células da bainha vascular, ácidos (malato, por exemplo) são descarboxilados, formando CO_2 novamente (Fig. 2.1). Este mecanismo causa aumento na concentração de CO_2 na célula da bainha em relação à do mesófilo (plantas que utilizam a via fotossintética C_3). Enquanto a pressão parcial de CO_2 no mesófilo é da ordem de 150 µbar, na bainha vascular chega ser dez vezes maior. Assim, a Rubisco é submetida a uma concentração de substrato muito elevada, evitando a competição do oxigênio que leva à fotorrespiração. Como um dos problemas das plantas é a perda de água pelos estômatos quando estes estão abertos para permitir a entrada do CO_2, o mecanismo C_4, ao aumentar em dez vezes a concentração de CO_2 nas células da bainha vascular, acaba evitando a perda de água, pois o aproveitamento do CO_2 é melhor que em plantas C_3.

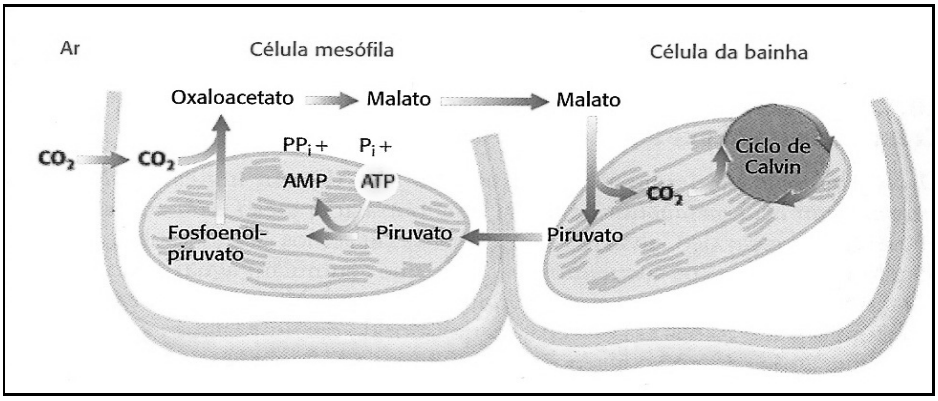

Figura. 2.1 – Princípio do metabolismo em plantas C_4
Fonte: Adaptado de Berg et al., 2004

A existência da via C_4 é um exemplo interessante da relação estrutura-função em plantas. A bainha vascular e seus mecanismos bioquímicos acoplados à via C_4 criaram, durante a evolução, uma espécie de “bomba” que torna o sistema fotossintético mais eficiente em certas situações, praticamente eliminando a fotorrespiração.

Com o envelhecimento das plantas ocorre espessamento e lignificação das paredes celulares, principalmente na região dos feixes vasculares. Este fenômeno foi relacionado com a redução das áreas de digestão dos tecidos (HANNA et al., 1973). A epiderme constitui-se em barreira para a aderência e penetração dos microrganismos ruminais no processo de digestão dos tecidos vegetais, daí a importância da mastigação e da ruminação no processo de fragilização da epiderme. Segundo Paciullo (2000) a digestibilidade apresenta acentuada redução com o aumento da idade da planta, evidenciando que o estádio de desenvolvimento é o mais importante fator a influenciar o VN das plantas forrageiras.

A anatomia da folha influencia não só a produção de forragem, mas também seu VN e o desempenho animal. O potencial de digestão dos tecidos vegetais é diferenciado, decorrente da proporção de tecidos e o VN de forrageiras (BRITO et al., 1999). Em termos gerais, as células do mesofilo e as do floema de parede celular delgada são rapidamente digeridas (AKIN et al., 1973). As células da epiderme e da bainha parenquimática dos feixes são reconhecidas como de digestão lenta e parcial. Tecidos como esclerênquima e o xilema, que apresentam parede celular espessa e lignificada, são muito pouco digeridos (AKIN, 1989) (Tabela 2.2). Além disso, a elevada proporção destes tecidos em lâminas foliares de gramíneas atua negativamente na apreensão da forragem, reduzindo o tamanho do bocado e o consumo (WILMAN et al., 1996).

Forrageiras tropicais apresentam menor VN que forrageiras de clima temperado, porém possibilita ganho por área igual ou superior as de clima temperado, devido sua maior capacidade de suporte (REIS et al., 2004).

Tabela 2.2 - Digestão relativa dos tecidos vegetais em plantas de clima temperado e tropical

DIGESTÃO RELATIVA DOS TECIDOS[1]			
FRAÇÃO/ORIGEM	RÁPIDA	LENTA e PARCIAL	NÃO DIGERIDO
Folha/ Tropicais	MES e FLO	EPI e BPF	XIL e ESC
Folha/ Temperadas	MES, FLO, EPI e BPF (depende da espécie)	BPF (depende da espécie) e ESC	XIL e BIF
Colmo/gramíneas	FLO e PAR (imaturo)	PAR (meia idade)	EPI e ESC (anel)

[1]MES- mesofilo; FLO- floema; EPI- epiderme; BPF- bainha parenquimática dos feixes; ESC - esclerênquima; XIL- xilema; BIF- bainha interna dos feixes; PAR- parênquima.
Fonte: Adaptado de Akin et al., 1989.

Segundo (MINSON, 1990; MOORE e BUXTON, 2000) bovinos alimentados com gramíneas de clima tropical, apresentam consumo de ED limitado pela ingestão de forragens com alto teor e baixa digestibilidade da fração fibrosa.

A ingestão e a digestibilidade da MS de forragem são atributos-chave que determinam a produção animal em pastejo (MINSON, 1990). Ambos os fatores são influenciados pela proporção de parede celular, pela resistência da forragem e pelas estruturas fibrosas que se rompem em pequenas partículas durante a mastigação e a digestão. Do total da parede celular, a parede secundária é a que contribui mais com volume e massa, representando 82% do volume total da parede. Assim, a habilidade do ruminante em digerir os componentes da parede secundária torna-se importante na utilização de alimentos fibrosos, especialmente gramíneas tropicais que, geralmente, possuem maior quantidade de tecidos estruturais menos digestíveis que as gramíneas de clima temperado (WILSON e MERTENS, 1995).

Em relação às propriedades físicas da planta, a concentração de ED da mesma está diretamente relacionada à sua composição inicial, podendo ser alterada pelo processamento (VAN SOEST, 1994). A densidade é uma característica física do alimento e foi proposta por Montgomery e Baumgardt (1965), sendo a massa do substrato em equivalente volume de água em mL. Toda característica física está ligada a uma característica química e a densidade está negativamente correlacionada com o conteúdo de parede celular dos alimentos (Fig. 2.2). Em geral volumosos tem alta concentração de parede celular e baixos valores de densidade enquanto que em cereais e leguminosas ocorre o oposto. A importância de ter uma acurácia na

estimativa da densidade dos alimentos para ruminantes está relacionada com o trânsito de alimentos no rúmen e a ingestão de matéria seca. A hidratação ou a capacidade de retenção de água (CRA) envolve a habilidade das partículas do alimento para absorver e reter água, íons e outras substâncias solúveis. As frações da ração que têm contribuição importante para hidratação formam géis ou são insolúveis e têm taxa de digestão lenta. Os componentes da parede celular são os principais contribuidores para a hidratação (Fig. 2.3) por causa da taxa de digestão lenta (NUSSIO, 2006). Relacionada a essa propriedade tem-se a capacidade de troca de cátions (CTC), a qual representa a capacidade da fibra em ligar-se e reter íons metálicos na sua superfície. Ambas as propriedades estão associadas à redução do tempo de colonização e maior taxa de fermentação da parede celular.

Segundo Tingxian (1996), a qualidade de alimentos fibrosos pode ser caracterizada pela determinação de propriedades, como CTC, poder tampão e hidratação, pois essas características estão associadas com menor duração do tempo de colonização e maior taxa de degradação.

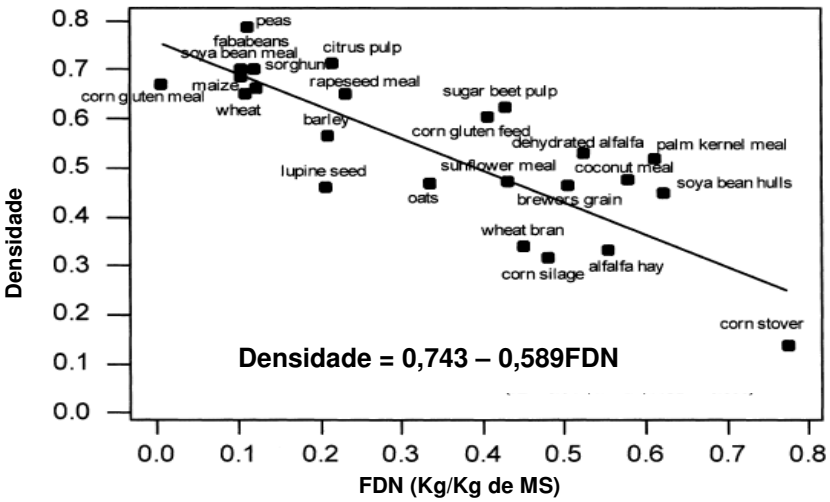

Figura 2.2 – Relação entre a densidade e o teor de FDN
Fonte: Giger-Reverdin (2000)

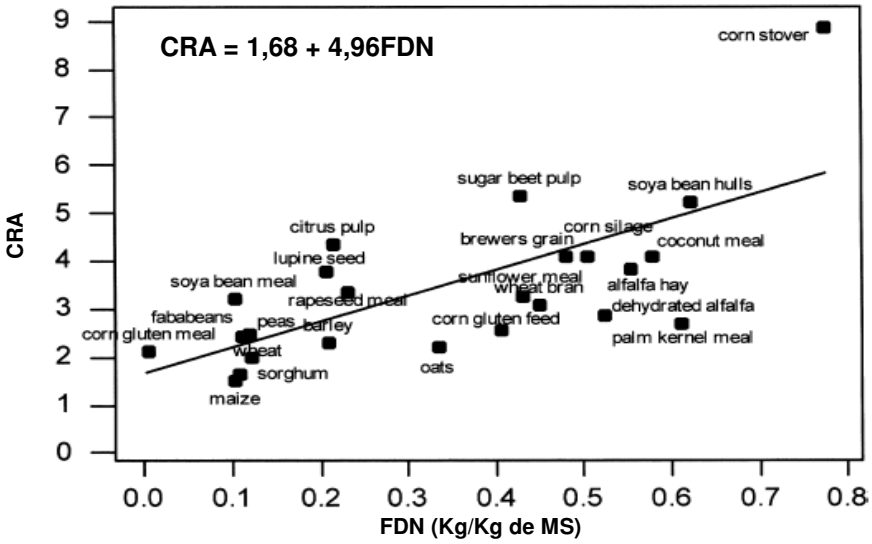

Figura 2.3 – Relação entre a capacidade de retenção de água e o teor de FDN
Fonte: Giger-Reverdin (2000)

Os dados apresentados na tabela 2.3, referente ao VN de forrageiras tropicais, evidenciam que plantas colhidas no estágio vegetativo apresentam altos teores de PB, baixos teores de componentes da parede celular, resultando em alta digestibilidade e consumo de matéria seca (CMS).

Tabela 2.3 - Composições químico-bromatológicas (%MS) de amostras de pastejo simulado de forragens tropicais relatadas em trabalhos de pesquisa

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

Fonte: Adaptado de Santos et al., 2007b

Por outro lado, plantas colhidas em estágio de maturação apresentam-se de baixo VN (tabela 2.4), com redução na concentração de nutrientes potencialmente digestíveis (carboidratos e proteínas) e aumento na fração fibrosa, não atendendo muitas vezes o requerimento de mantença dos animais em pastejo (MINSON, 1990; VAN SOEST, 1994).

Os teores mais elevados de PB em amostras de pastejo simulado das forragens nos trabalhos de Fontanelli (2005), Ramalho (2006) e de Carareto (2007), apresentados na Tabela 3, se devem à combinação entre forma de amostragem (pastejo simulado), adubação nitrogenada para alta produção e idade jovem da planta.

Nos dados compilados na Tabela 2.3, os teores de FDN das plantas forrageiras também foram bastante variáveis, entre 57 a 66 (%MS), pelos mesmos motivos discutidos para PB.

Tabela 2.4 - Composições químico-bromatológicas (%MS) de amostras da planta inteira de forragens tropicais relatadas em trabalhos de pesquisa e por sistemas nutricionais

Forragem	PB %	FDN %	LIG %	Referência
B. brizantha cv. Marandu[1]	7,1	76,0	10,8	CNCPS v.5
B. brizantha cv. Marandu	8,9	66,1	8,4	JUAREZ LAGUNES et al., 1999
P. maximum cv. Colonião[2]	7,1	73,7	10,4	JUAREZ LAGUNES et al., 1999
P. purpureum cv. Napier[4]	8,7	70,0	20,0	NRC (1996)
P. purpureum cv. Napier	6,6	74,0	12,9	CNCPS v.5
Tifton – 85	7,1	79,8	10,5	CNCPS v.5
Tifton – 85	10,2	79,8	8,4	MALAFAIA et al., 1998
P. purpureum cv. Cameroon[3]	5,9	76,7	9,4	MALAFAIA et al., 1998
B. brizantha cv. Marandu[1]	7,5	80,5	8,3	MALAFAIA et al., 1998

[1]*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, [2]*Panicum maximum* cv. Colonião, [3]*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon, [4]*Pennisetum purpureum* cv Napier

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples

Plantas forrageiras que apresentam em sua composição teores semelhantes aos compilados na tabela 2.3, possuem teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) ao redor de 3 a 15%. Entretanto as forragens tropicais apresentam elevada degradação ruminal da PB, a qual pode ter sua utilização, pelos microrganismos ruminais limitada, devido ao baixo teor de carboidratos rapidamente fermentescíveis.

As entidades químicas 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 químico-bromatológica, é importante o conhecimento da eficiência de utilização desses nutrientes pelo animal, o que pode ser obtido com estudos de digestão e cinética ruminal (COSTA et al., 2005).

2.3 Avaliação de alimentos para ruminantes

A disponibilidade de nutrientes em um alimento é essencialmente determinada pela sua constituição química: em primeiro lugar, com relação à concentração de componentes disponíveis e indisponíveis, e, em segundo lugar, tendo em conta as estruturas orgânicas que podem limitar a disponibilidade dos componentes com as quais estão associados (VAN SOEST, 1994).

A qualificação e quantificação da fibra continuam sendo o principal entrave quanto à análise de alimentos para ruminantes (RODRIGUES e VIEIRA, 2006). Existem relatos do uso de tratamentos alcalinos sobre materiais fibrosos desde a década 1740, e 1820. No entanto, desde a década de 1830, buscava-se isolar a fração celulósica do alimento, utilizando o tratamento ácido-alcalino. É importante lembrar que nessa época o conhecimento sobre as etapas da digestão eram escassos, se restringido, a digestão ácida, no estômago e a digestão alcalina, no intestino. Dessa forma tentava-se simular uma digestão nos animais (MERTENS, 2003). Mas, somente em 1860, com Hennenberg e Stohmann, definiu-se a padronização e generalização de um sistema químico de análises para quantificar o valor nutricional dos alimentos (VAN SOEST, 1994; MERTENS, 2003). Esse sistema ficou conhecido como *Weender Futtermitteanalyse* ou Sistema Weende de Análise de Alimentos, que ficou conhecido também por *Proximate Analysis System* ou Sistema de Análises por Aproximação. Esses mesmos estudiosos estabeleceram as bases para realização de ensaios de digestibilidade dos componentes do sistema Weende. Nesse caso, o tratamento ácido-alcalino foi utilizado para quantificar a fibra alimentar, denominado fibra bruta (FB). Supostamente, o método deveria avaliar uma entidade quimicamente uniforme (glucana) que representaria outros grupos de carboidratos indisponíveis (DANIEL et al,

2008). Esse sistema é utilizado até hoje, principalmente em países de clima temperado e, erroneamente, em países de clima tropical, onde o problema da componente fibra se acentua (RODRIGUES e VIEIRA, 2006). Contudo, este método é falho por ignorar a LIG e a hemicelulose (HEM), solubilizadas pelo tratamento ácido-alcalino imposto à amostra, além de não satisfazer a exigência de recuperação de componentes indigestíveis da fibra dietética (DANIEL et al, 2008). A celulose (CEL), principal carboidrato determinado pela metodologia de Weende, não é um componente uniforme sob o ponto de vista nutricional ou bioquímico (VAN SOEST, 1994)

O sistema Weende empregado na análise bromatológica dos alimentos e o NDT têm sido usados há mais de 100 anos como base para predição da energia e proteína disponíveis nos alimentos (VAN SOEST, 1994). Estimado a partir da digestibilidade dos nutrientes, ou seja, da proteína bruta, da fibra bruta e do extrato etéreo e extrativo não-nitrogenado digeríveis, o NDT tem sido a base de cálculo para a predição da ED dos alimentos, e quando se aplicam modelos empíricos, pode-se obter o conteúdo em energia metabolizável (EM) dos alimentos, a partir da composição bromatológica (VAN SOEST, 1994; NOLLER e MOE, 1995). Pouca foi a evolução das metodologias analíticas, mas a ampliação do uso do conceito de energia líquida (EL) possibilitou predições mais exatas quanto ao desempenho animal. E com base nesse conceito, Van Soest e Wine (1967) idealizaram o sistema de extração por detergentes. Após o advento desse sistema, tornaram-se factível a determinação de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), frações mais representativas dos componentes da parede celular de um alimento, disponíveis para a fermentação ruminal (DANIEL et al, 2008). A fração de FDN compreende HEM, CEL e LIG; e a fração FDA é composta por CEL e LIG.

Segundo Van Soest (1994) a FDN representa a fração de digestão lenta e, portanto está relacionado com o enchimento ruminal e CMS. Enquanto a fração FDA está melhor relacionada com a digestibilidade do alimento, visto que, esta fração contém a fração indigestível da fibra, a LIG, que representa maior proporção da entidade FDA.

O sistema de fracionamento da fibra por detergentes vem sofrendo algumas modificações, devido a variações nos resultados de análises laboratoriais (MERTENS,

1998). As mais recentes foram a inclusão de sulfito de sódio (para reduzir a contaminação com proteína insolúvel) e a inclusão de amilase termo-estável (para remoção do amido), sendo o resíduo deste último denominado FDN tratado com amilase (aFDN) (UNDERSANDER et al., 1993) (Tabela 2.5). Essas modificações tiveram implicações sobre o valor energético dos alimentos e formulação de rações (MERTENS, 1998).

Todavia esse sistema também apresenta algumas limitações. Van Soest e Wine (1967) reconheceram que o alimento, quando submetido ao tratamento térmico, pode conter quantidades significativas de proteínas que são danificadas pelo calor, e, com base na sua baixa solubilidade em soluções detergente, pode ser um importante contaminante na fração isolada da FDA. No entanto, este problema tornou-se uma vantagem, na qual o método de detergente foi utilizado para a determinação do conteúdo de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) nos alimentos. Isto fornece uma estimativa da disponibilidade de proteína não degradada no rúmen (PNDR) que atingirá os intestinos, sendo essa um componente importante da fração proteína metabolizável (PM).

Tabela 2.5 - Teores de FDN (%MS) de ingredientes submetidos a diferentes procedimentos relacionados com alterações de sistema de detergente neutro

Alimentos	FDN[a]	aFDN[b]	aFDN/FDN
	% MS		%
Feno de Alfafa	45,5	44,3	97,4
Silagem de Alfafa	43,6	42,2	96,8
Silagem de Milho	36,1	34,7	96,1
Resíduo de Cervejaria	52,3	40,9	78,2
Resíduo de destilaria	38,6	27,9	72,3
Farelo de Soja	18,5	12,4	67,0
Milho grão	11,4	10,1	88,6
Polpa Cítrica	21,3	20,2	94,6

[a]Fibra Detergente Neutro – Método original com sulfito, sem amilase (Van Soest e Wine, 1967)
[b]Fibra Detergente Neutro tratada com amilase – com sulfito e amilase (Undersander et al., 1993)
Fonte: Adaptado de Mertens (1998)

A relação entre o teor de LIG/FDN é um importante fator a ser analisado e diz respeito ao valor nutricional da forragem. Plantas que apresentam baixos teores de LIG no FDN disponibilizam maior conteúdo de HEM para ser degradado no rúmen. Como o

teor de LIG aumenta em proporção maior que o teor de FDN com o avanço da idade da planta, a degradação da MS tem correlação maior com a degradabilidade da FDN que com o teor dessa fração (Deschamps, 1999). Assim, o aumento no teor de LIG afeta diretamente a fração degradável da FDN (Fig. 2.4) (CABALLERO et al., 2001).

A HEM é a fração mais afetada pela lignificação. Apesar de apresentar maior potencial de degradação que outros componentes da parede celular, essa não é maximizada, pois a HEM se concentra principalmente na parede primária. Como a degradação da célula inicia-se pelo seu interior seguindo para a parede secundária, quando o microrganismo atinge a parede primária, que é a porção externa da célula, a partícula de alimento já está deixando o rúmen.

Após uma análise dos dados de Mertens (1973), Van Soest (1994) indicou que o limite imposto pela lignina sobre a extensão da digestão da FDN, assim como, a mensuração da lignina em detergente ácido (LDA), foi semelhante, independentemente do tipo de LIG ou espécies vegetais. A LIG é indigestível e atua reduzindo a proporção de fibra potencialmente digestível em forragens. A FDN indigestível (FDNI) não contribui com energia para o animal e, portanto, não deve ser incluída na estimativa do conteúdo energético da forragem.

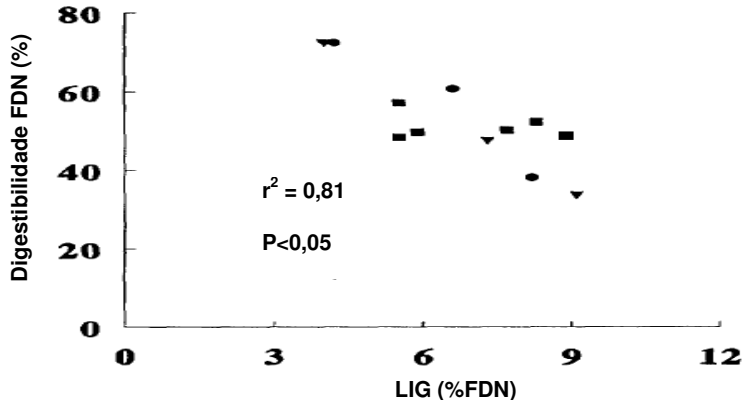

Figura 2.4 – Relação entre a concentração de lignina e a digestibilidade da FDN da planta toda após 48 horas de incubação *in vitro* - (●) bromegrass, (▼) switchgrass e (■) wheatgrass
Fonte: Adaptado de Jung e Allen (1995)

Barnes (1973) sugeriu que os problemas associados ao uso da concentração de LIG e digestibilidade podem ser resumidos como: (1) estrutura complexa e desconhecida da LIG, (2) a falta de um procedimento padronizado de análise de LIG, e (3) a variação inerente ao teor de LIG entre forrageiras.

Em revisão aprofundada da atual metodologia de análise de lignina, Giger (1985) concluiu que a determinação de uma fração de LIG pura, sem qualquer perda ou contaminação por proteínas, carboidratos, cutinas ou taninos, não é possível com os atuais métodos. VAN SOEST (1994) sugeriu que a LIG fosse avaliada com os seguintes critérios: (1) recuperação da LIG no balanço da digestão, (2) grau de correlação entre a LIG e digestibilidade; (3) baixo conteúdo de N na preparação da LIG; e (4) recuperação de materiais fenólicos. A relação da LIG com a digestibilidade parece ser razoavelmente uniforme entre leguminosas e gramíneas.

Em animais ruminantes, os carboidratos compreendem entre 70 e 80 % da ração e são fundamentais para o atendimento das exigências de energia, síntese de proteína microbiana (Pmic), de componentes do leite e manutenção da saúde do animal.

Conforme pode ser observado na Tabela 2.6, a maior parte da energia normalmente consumida pelos ruminantes é derivada de polissacarídeos presentes na parede das células vegetais (carboidratos estruturais) ou de polissacarídeos de reserva (carboidratos não-estruturais, principalmente amido presente nos grãos de cereais).

Tabela 2.6 - Concentração (% MS) dos principais carboidratos presentes em gramíneas

Tipo de Carboidrato	Gramíneas Temperadas	Gramíneas Tropicais
Carboidratos Não Estruturais		
Açúcares Solúveis	3 – 6	1 – 5
Amido	0 – 2	1 – 5
Frutanas	3 – 10	-
Carboidratos Estruturais		
Celulose	15 – 45	22 – 40
Hemicelulose	12 – 27	25 – 40
Pectina	1 – 2	1 – 2

Fonte: Adaptado de Kozloski (2002)

A fibra representa a fração de carboidratos dos alimentos de digestão lenta ou indigestível e, dependendo de sua concentração e digestibilidade, impõe limitações do

consumo de MS e energia. Por outro lado, quantidades mínimas de fibra são requeridas para manutenção da saúde animal, tais como a mastigação e motilidade do rúmen (VAN SOEST, 1994). A digestibilidade da fibra, por sua vez, é dependente de características químicas, (composição e relação entre carboidratos estruturais e concentração de LIG) e físicas (densidade, CTC, poder tampão e hidratação de partículas), além disso, o acesso da biota ruminal à parede celular secundária também é determinante no aproveitamento da fibra (NUSSIO et al., 2006).

Segundo Mertens (1996), os carboidratos são classificados de duas formas, quanto à funcionalidade na planta, em carboidratos estruturais (CE), encontrados na parede celular vegetal (CEL e HEM) ou carboidratos não estruturais (CNE), localizados no conteúdo celular, sendo encontrados em maior concentração nas sementes e folhas, representando reservas energéticas para reprodução, crescimento e sobrevivência durante períodos de estresse. Outra forma de classificação baseia-se nas características nutricionais, e divide os carboidratos em carboidratos não fibrosos (CNF), que são os de degradação mais rápida (pectina, amido e açúcares) e carboidratos fibrosos (CF), frações que ocupam espaço no trato digestório e exigem mastigação para redução do tamanho de partículas e passagem pelo mesmo (CEL e HEM) (Fig. 2.5).

Como pode ser observado acima, apesar de serem utilizados muitas vezes como sinônimos, os termos parede celular e fibra difere quanto à definição e composição. Desta forma, o emprego do termo parede celular não é um bom representativo da fração fibra, pois engloba componentes de alta digestibilidade (pectina). Por outro lado, os termos carboidratos fibrosos e fibra em detergente neutro apresentam o mesmo significado nutricional, pois representam a mesma fração de carboidrato no alimento.

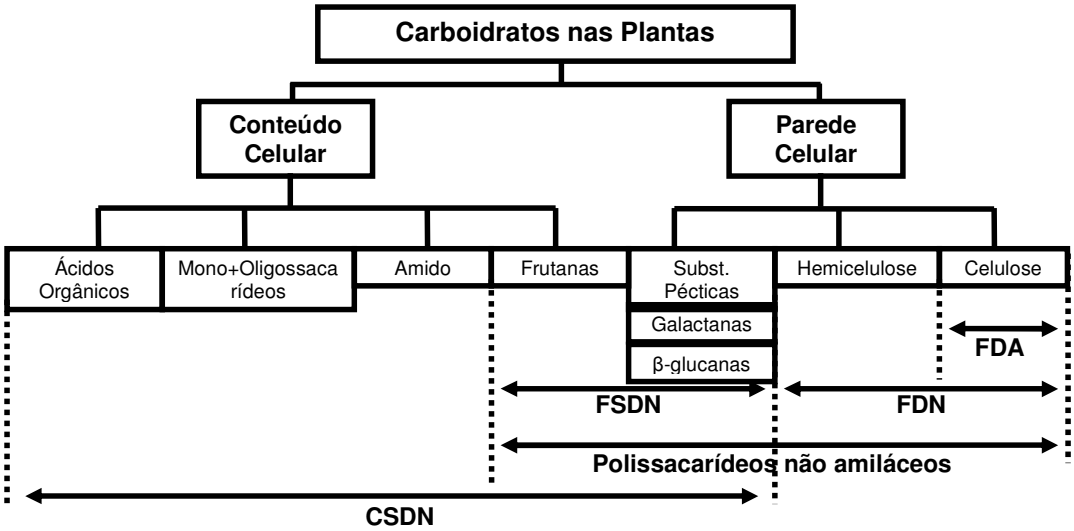

Figura 2.5 – Frações de carboidratos na planta
FDA = fibra em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro; FSDN = fibra solúvel em detergente neutro, CSDN = carboidrato solúvel em detergente neutro
Fonte: Adaptado de Hall (2000)

Além disso, em relação à avaliação da fração de carboidratos das forrageiras, é reconhecido que algumas plantas podem conter apreciáveis níveis de carboidratos solúveis. Essa fração é extensa e rapidamente digerida no rúmen e, conseqüentemente, a maioria das análises é restrita a determinação do conteúdo total de carboidratos solúveis (BEEVER e MOULD, 2000).

Os carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN) incluem os monossacarídeos, oligossacarídeos, frutanas, substâncias pécticas, β-glucanas e amido (HALL, 2000) (Fig. 2.6). O balanceamento correto de CNF é um dos principais desafios na formulação de rações para ruminantes. Os alimentos variam bastante em quantidade e composição de CNF, e as frações de carboidratos da fração CNF diferem em taxa e extensão de fermentação, produtos da fermentação e contribuição para produção de Pmic (NOCEK e TAMMINGA, 1991), afetando conseqüentemente o desempenho animal.

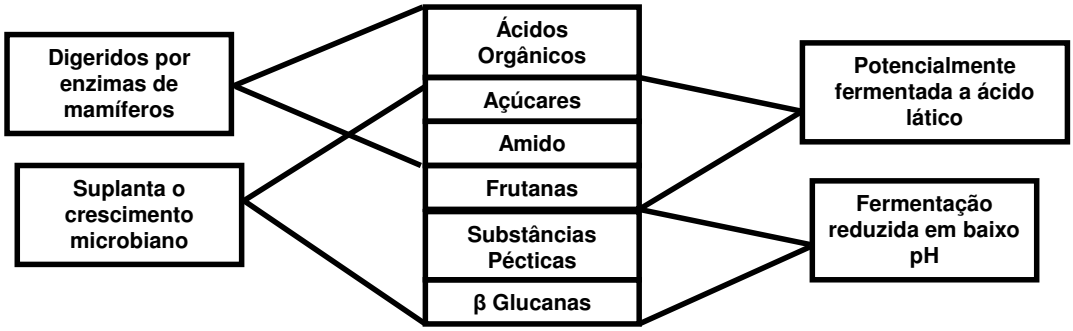

Figura 2.6 – Frações de carboidratos solúveis em detergente neutro
Fonte: Adaptado de Hall (2000)

Independente do tipo, carboidratos são digeridos por ação de microrganismos em hexose, pentoses e ácidos urônicos. A fermentação dos açúcares é a principal via para a formação de ATP, utilizado para a mantença e crescimento dos microrganismos ruminais, além de gerar outros compostos como, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), metano (CH_4), CO_2, calor (Fig. 2.7).

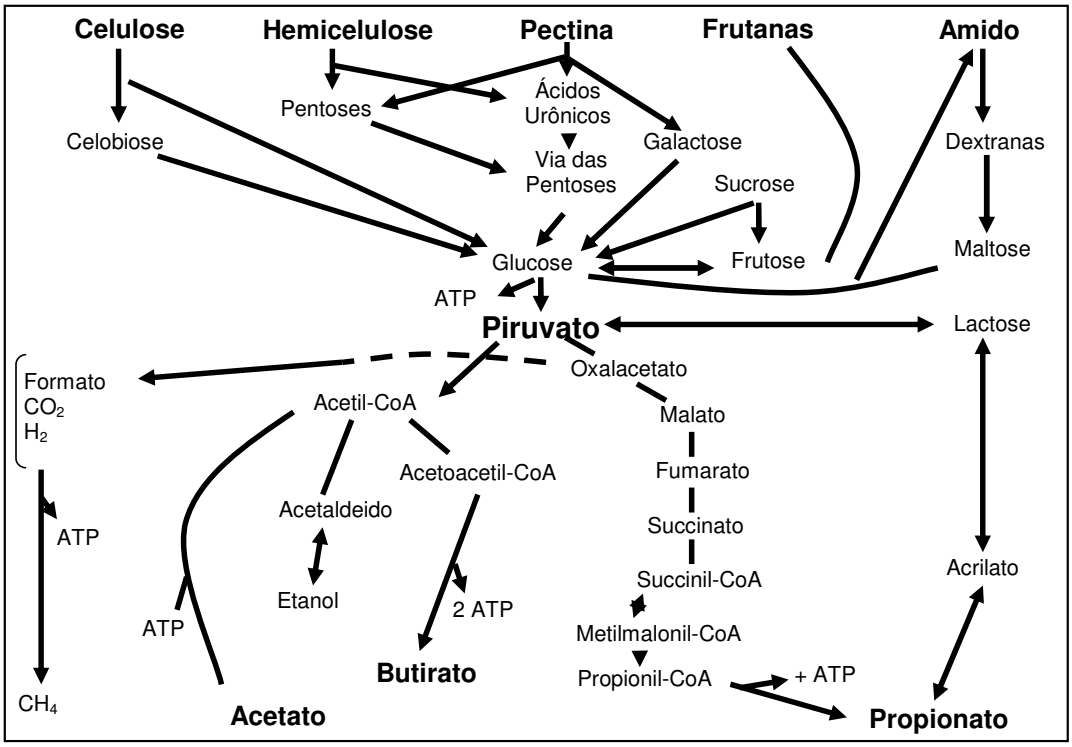

Figura. 2.7 – Degradação ruminal de carboidratos
Fonte: Adaptado de Van Soest (1994)

Os AGCC são de suma importância no metabolismo de ruminantes visto que representam mais de 70% da energia disponível a tais animais. Os ácidos acético e propiônico são absorvidos sem sofrerem modificações, e são metabolizados no fígado. O ácido acético (Fig. 2.8) sofrerá oxidação nos diversos tecidos, gerando ATP, ou funcionando como principal fonte de acetil-CoA para a síntese de lipídeos. O ácido propiônico (Fig. 2.9) serve, principalmente, como substrato gluconeogênico, sendo o único dos AGCC que o hepatócito tem a capacidade de transformar em glucose, via gluconeogênese. As moléculas de glucose sintetizadas nesse processo serão exportadas aos tecidos extrahepáticos, os quais se encarregarão de utilizá-la como fonte primária de energia altamente disponível para fins de manutenção e reprodução. O ácido butírico (Fig. 2.10), por sua vez, é transformado em β hidroxibutirato, antes de ser metabolizado, também, no fígado ou oxidado nos tecidos para produção de energia.

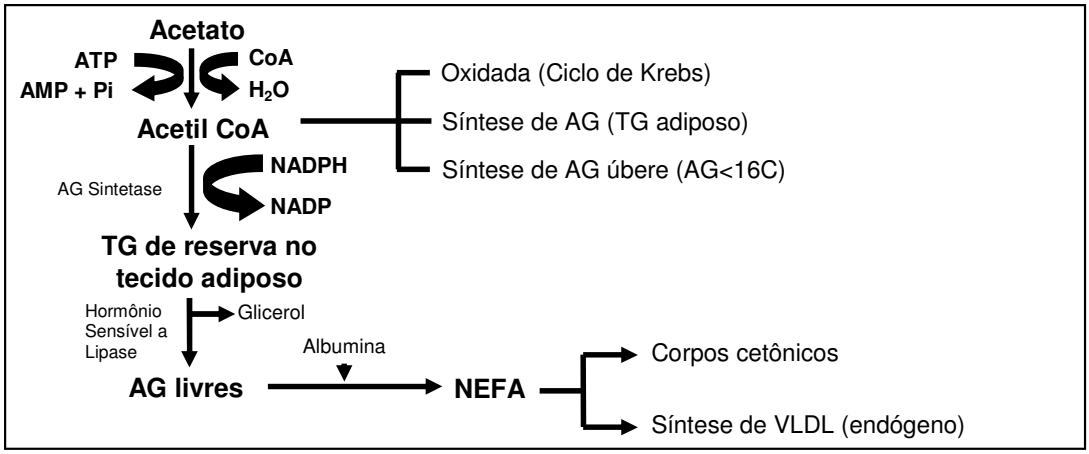

Figura 2.8 – Metabolismo do acetato
Fonte: Adaptado de Preston e Leng (1987), Bergman (1990), Valadares Filho e Pina (2006)

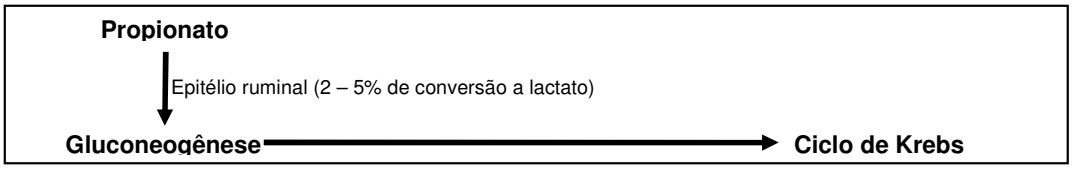

Figura 2.9 – Metabolismo do propionato.
Fonte: Adaptado de Preston e Leng (1987), Bergman (1990), Valadares Filho e Pina (2006)

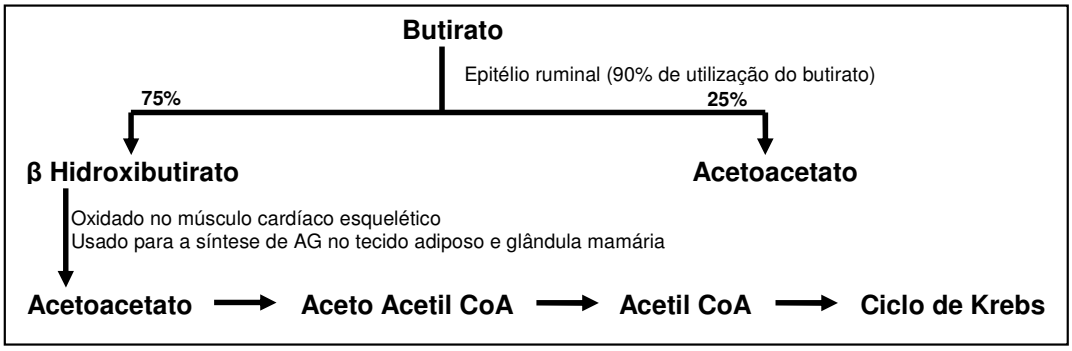

Figura 2.10 – Metabolismo do butirato
Fonte: Adaptado de Preston e Leng (1987), Bergman (1990), Valadares Filho e Pina (2006)

A proteína bruta (PB) contida nos alimentos consumidos por ruminantes, calculada como N x 6,25 (assume teor de N na proteína de 16%), contêm N na forma protéica (AA unidos através de ligações peptídicas que formam uma molécula de

proteína) e N na forma não protéica (NNP), representado por AA livres, peptídeos, ácidos nucléicos, amidas, aminas e amônia. A proteína bruta das gramíneas e leguminosas forrageiras contêm uma porcentagem considerável de NNP. Este valor aumenta substancialmente quando essas forrageiras são conservadas na forma de feno ou silagem devido à proteólise durante a secagem e ensilagem. Os teores de NNP em geral variam de 10 a 15% no material fresco, de 15 a 25% em fenos e de 30 a 65% nas silagens. Nas forragens frescas o NNP é representado principalmente por peptídeos, AA livres e nitratos. Nas forragens ensiladas há uma predominância de AA livres, amônia e aminas e menores concentrações de peptídeos e nitratos. Nos alimentos concentrados, os teores de NNP na PB são normalmente inferiores a 12%.

O teor de PB de um alimento é determinado pelo conteúdo total de N, o qual geralmente é determinado pelo método macro ou micro Kjeldahl ou ainda pela técnica de combustão de Dumas, metodologia proposta por Dumas em 1826 (BUCKEE, 1994), que se utiliza de um auto-analisador de nitrogênio Leco® (Leco Corporation, St. Joseph, MI, EUA). O conteúdo total de N pode ser apenas 60-80% de proteína verdadeira (PV) em forragens frescas ou ensiladas, com o restante sob forma de N não protéico (NNP) e N indisponível (VAN SOEST, 1994). A simples determinação da concentração de PB é insuficiente para descrever a qualidade protéica, especialmente em forragens frescas ou ensiladas com elevados teores protéicos. Seria ideal, que qualquer método de avaliação da qualidade protéica fosse capaz de descrever o grau de contribuição da PB de origem microbiana e da PNDR (BRODERICK, 1994).

O valor protéico dos alimentos pode ser conhecido por meio da determinação da quantidade de aminoácidos absorvidos no intestino delgado; tais compostos são oriundos da proteína dietética que escapa à degradação ruminal e do total do N disponível que é transformado em Pmic em nível de rúmen (Fig. 2.11). A medição direta da digestão ruminal do N, utilizando animais fistulados, não é simples. Por isto, métodos alternativos para a sua estimativa têm sido desenvolvidos, nos quais são empregados sistemas microbiológicos, químicos e, ou, enzimáticos (NOCEK, 1988). Nos sistemas de avaliação de alimentos, recorre-se a tais métodos para predição da disponibilidade protéica e energética dos alimentos (SNIFFEN et al., 1992; AFRC, 1993; NRC, 1996). Os procedimentos para determinação da solubilidade da proteína

têm sido recomendados como rotina laboratorial prévia aos estudos de degradabilidade ruminal da PB (MADSEN e HVELPLUND, 1994); no entanto, a extração do N por meio de tampões não permite discriminar que porção é constituída de NNP e qual é a de natureza verdadeiramente protéica (VAN SOEST, 1994). Além disto, relatos na literatura abordam a existência de uma associação positiva entre a degradabilidade da PB e sua solubilidade, contudo tal observação empírica necessita de um entendimento mais detalhado das características cinéticas relativas às diferentes fontes protéicas dos alimentos (BRODERICK, 1995; VAN SOEST, 1994).

A quantificação da degradabilidade ruminal do N possibilita verificar se este nutriente excede ou não, a capacidade de síntese de compostos nitrogenados a partir da disponibilidade diária de energia (carboidratos) no rúmen. A partir da determinação das exigências em EL e PM (FOX et al., 1992), pode-se verificar o déficit em nutrientes de um determinado alimento ou dieta e promover o balanceamento desta para a maximização do crescimento microbiano, que representa a forma mais econômica de atendimento às exigências em PM (FOX e BARRY, 1995).

2.4 Sistemas nutricionais para ruminantes

Os sistemas de avaliação de alimentos e determinação das exigências nutricionais tomam por base conceitos empíricos e mecanicistas. Por mais de 100 anos o método analítico de Weende e o sistema de nutrientes digestíveis totais (NDT) têm sido a base para a determinação do VN dos alimentos e a predição das exigências nutricionais dos animais. A grande desvantagem desse método consiste na análise de FB, que subestima os valores de fibra e superestima os valores do extrativo não-nitrogenado (ENN) para os alimentos volumosos, o que resulta na superestimação de seu valor energético. Já o sistema NDT (estimado a partir da digestibilidade dos nutrientes, PB, FB, extrato etéreo (EE) e ENN) apresenta a desvantagem de expressar, com imprecisão, o conteúdo energético dos alimentos que serão destinados aos processos produtivos (energia líquida – EL). As justificativas para a adoção do sistema de EL foram a eficiência de utilização da EM contida em alimentos volumosos e concentrados. O sistema que se baseia na EM para estimativa das exigências

nutricionais diferia dos sistemas anteriores (equivalente amido, equivalente cevada e NDT) porque aplicava unidades energéticas aos alimentos. Entretanto, foram realizados estudos para determinar o conteúdo energético do NDT, o que resultou na estimativa média de 4,4 kcal de ED contidos em 1 g de NDT; o valor médio de EM contido no NDT é da ordem de 3,6 kcal g^{-1} (BLAXTER, 1966).

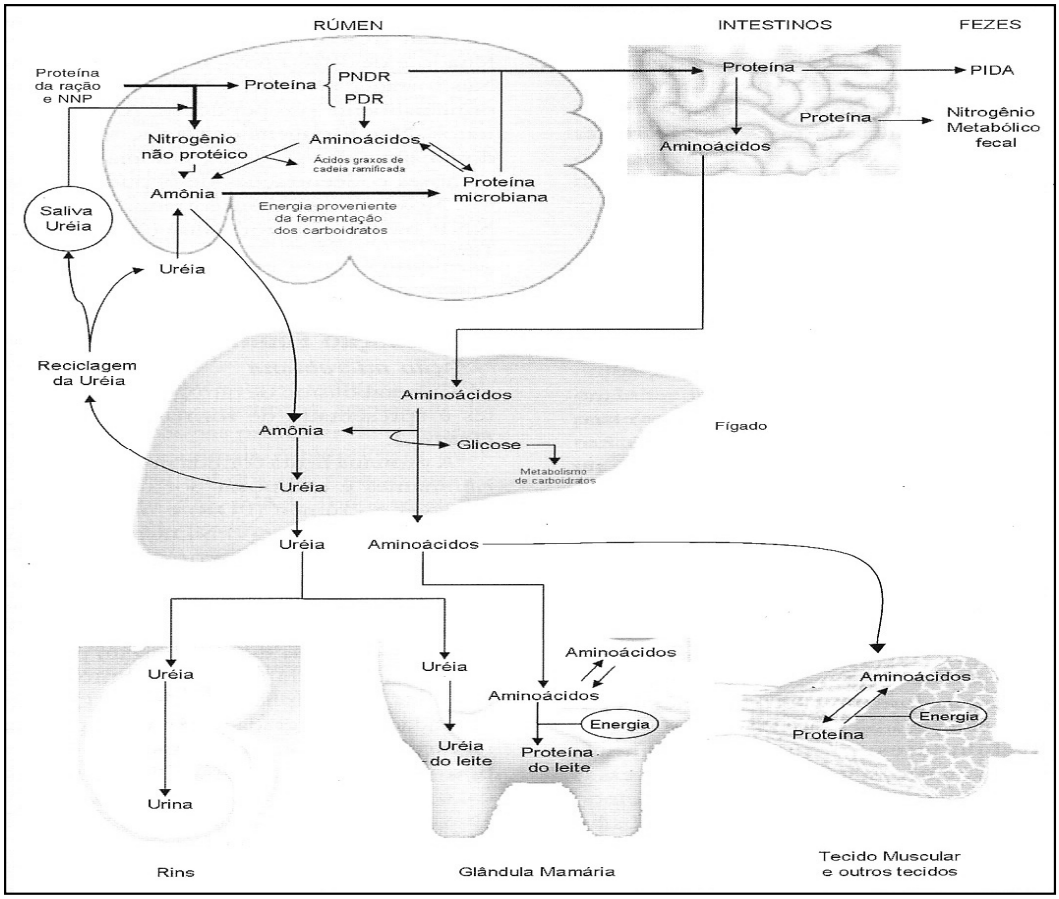

Figura 2.11 – Metabolismo do N em animais ruminantes
Fonte: Adaptado de Santos (2006)

O conteúdo em EM de um alimento é utilizado no sistema AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC (1993), para estimar o crescimento microbiano e, conseqüentemente, a contribuição da Pmic em aminoácidos (AA) para o hospedeiro,

sendo ignoradas as diferentes eficiências de utilização da EM entre forrageiras e alimentos concentrados; são aplicadas correções por meio de equações de regressão, que relacionam a eficiência de utilização da EM para mantença, lactação e ganho de peso, em função da metabolizabilidade (q_m) da dieta, dada pelo quociente entre os teores de EM e de energia bruta (EB). A relação entre a EM e a ED pode ser estimada por meio do sistema francês (INRA), a partir de uma relação funcional empírica, que envolve os teores de FB e PB (expressos em $g.kg^{-1}$ de matéria orgânica, MO). São também empregadas equações empíricas para a determinação de tais valores (ED e EM) a partir da composição química (GONZÁLEZ, 1995). O teor de NDT é utilizado para calcular a eficiência de crescimento microbiano no sistema NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC (1989). Entretanto, neste sistema, não são consideradas as inter-relações dinâmicas do ecossistema ruminal (RUSSELL et al., 1992; NRC, 1996).

O cálculo das exigências diárias em energia nos diferentes sistemas (AFRC, CSIRO, INRA, NRC), tem por base a determinação do conteúdo em EL do produto derivado de determinada função produtiva (lactação, crescimento, reprodução, etc.), sendo adicionada a esta as exigências de EL para os processos de manutenção e, em seguida, aplicado os coeficientes específicos a cada sistema, para a estimativa das exigências em EM.

A EM dos alimentos volumosos não é apenas utilizada menos eficientemente que aquela contida nos alimentos concentrados, mas, dentro de uma mesma classe de alimentos volumosos, os de melhor qualidade são utilizados mais eficientemente que os de pior qualidade. Esta associação está relacionada ao conteúdo de fibra, cujo aumento na dieta resulta em maior incremento calorífico (BLAXTER, 1966; VAN SOEST, 1994).

Segundo Van Soest (1994) a predição desses valores por meio de equações empíricas, pode resultar na superestimação dos valores energéticos, principalmente para forrageiras tropicais, cujo conteúdo em FB subestima os teores de fibra, particularmente os de FDN.

Os conceitos atuais e avançados sobre nutrição protéica de ruminantes evoluíram de forma considerável nas últimas três décadas. Até o final da década de 70,

as estimativas das exigências protéicas eram obtidas a partir de ensaios de desempenho e digestibilidade. O desenvolvimento e aprimoramento dos ensaios de metabolismo a partir da década de 80 possibilitaram o desenvolvimento do método fatorial de exigências, utilizado até o momento pelos principais sistemas protéicos disponíveis. O método fatorial consiste em dividir a exigência protéica do animal em exigências de manutenção e de produção. As exigências de manutenção consistem do nitrogênio (N) endógeno urinário, N de descamação (pele e pêlos) e N metabólico fecal. As exigências de produção consistem do N necessário para o feto, crescimento e lactação.

A proteína bruta contida nos alimentos dos ruminantes é composta por uma fração degradável no rúmen (PDR) e uma fração não degradável no rúmen (PNDR). A fração degradável dá origem a peptídeos, AA e amônia, e é utilizada pelos microrganismos ruminais para a síntese de proteína microbiana. A proteína microbiana é normalmente a principal fonte de proteína metabolizável para ruminantes. A proteína não degradável no rúmen é a segunda fonte seguida da proteína endógena. A precisão dos atuais sistemas protéicos, baseados nas exigências em proteína metabolizável, é altamente dependente de informações precisas quanto às frações degradáveis e não degradáveis dos alimentos. O suprimento de quantidades adequadas de PDR e PNDR é fundamental para otimizar a produção de proteína microbiana e complementá-la adequadamente com PNDR e assim suprir as exigências em proteína metabolizável dos animais.

Os sistemas evoluíram das determinações de exigências em proteína bruta para os atuais modelos de proteína metabolizável, que permitem adequar as exigências da população microbiana ruminal em compostos nitrogenados assim como as exigências do ruminante em proteína metabolizável. Os sistemas de proteína metabolizável têm estimulado e permitido avanços no conhecimento das exigências em aminoácidos dos ruminantes e o balanceamento do perfil de aminoácidos essenciais da proteína metabolizável. Estes avanços têm possibilitado ganhos de produtividade animal através da otimização da síntese de proteína microbiana no rúmen, adequação das doses de proteína não degradável no rúmen, adequação da quantidade e qualidade da proteína metabolizável suprida para o animal, redução nas perdas de compostos

nitrogenados e redução do impacto negativo da liberação destes compostos para o ambiente.

O conceito de proteína metabolizável (PM) (AFRC, 1993; NRC, 1996, 2001) é análogo ao de proteína digerível no intestino (PDI) (INRA, 1989). Segundo as revisões realizadas por (ARMSTRONG, 1995; GONZÁLEZ, 1995), ambos são baseados na pressuposição de aditamento das frações protéicas verdadeiras de origem dietética, que escapam à degradação ruminal e, da proteína microbiana, digeríveis no intestino; as estimativas dos parâmetros relativos à cinética de degradação ruminal da proteína bruta (sistema *abc*) nos dois sistemas, são obtidas por métodos padronizados de incubação *in situ* dos alimentos.

De acordo com a revisão apresentada por GONZÁLEZ (1995), é determinado um valor protéico (PDI) para cada alimento, que varia em função da disponibilidade de N (PDIN) ou da quantidade de energia fermentescível (PDIE) no rúmen. Cada um desses valores pode ser decomposto em duas partes: (1) PDIA, comum aos dois valores e dependente exclusivamente da proteína alimentar que escapa à degradação ruminal, à qual é aplicado um coeficiente de digestibilidade intestinal específico; e (2) PDIMN e PDIME, que correspondem, respectivamente, aos componentes de crescimento microbiano em dietas deficientes em N degradável ou em energia fermentescível no rúmen. A eficiência de crescimento microbiano é considerada constante, no valor de 23,2g $N.kg^{-1}$ de matéria orgânica fermentescível no rúmen (GONZÁLEZ, 1995).

A predição das exigências e a utilização dos alimentos pelos ruminantes requerem o uso de modelos que integrem o conhecimento relativo ao alimento, ao consumo de MS e aos efeitos das taxas de degradação e de passagem sobre o valor energético dos alimentos, sobre o escape de proteína dietética e sobre a eficiência de crescimento dos microrganismos ruminais (FOX e BARRY, 1995).

O sistema **Cornell** ou **CNCPS** — "The Cornell Net Carbohydrate and Protein System" — foi desenvolvido basicamente a partir de conceitos mecanicistas, principalmente no que se refere à dinâmica dos nutrientes no trato gastrintestinal (TGI) dos ruminantes. Nesse modelo, é empregado um método fatorial para a determinação do valor nutricional dos alimentos (NDT e PM). O NDT é calculado a partir do

crescimento bacteriano predito sobre frações de carboidratos (estruturais e não-estruturais) e compostos nitrogenados disponíveis no rúmen, bem como do escape dessas frações e da biomassa bacteriana para o intestino, às quais são aplicados coeficientes de digestibilidade empíricos. A conversão de NDT para ED, EM e EL é baseada em equações empíricas, à semelhança do realizado nos sistemas descritos anteriormente.

Diferentemente dos sistemas descritos anteriormente, o CNCPS divide os microrganismos (bactérias) quanto ao substrato energético e à forma do nitrogênio utilizada; além disso, o crescimento microbiano não é considerado constante e varia em função das exigências de mantença dos microrganismos e da taxa de crescimento específico sobre o substrato (carboidratos estruturais e não-estruturais). De maneira análoga ao AFRC e ao INRA, o valor protéico dos alimentos e as exigências nutricionais dos animais são expressos com base na PM. A grande vantagem deste sistema em relação aos demais consiste na determinação do valor nutricional dos alimentos, empregando-se um método fatorial que leva em consideração a interação do alimento com o animal, com base em modelos mecanicistas que integram informações a respeito da dinâmica de degradação e de passagem dos nutrientes, que compõem os alimentos, no trato gastrintestinal. O submodelo relativo ao trato gastrintestinal (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992), é composto de equações que consideram a utilização de cinco frações de compostos nitrogenados (A, B1, B2, B3 e C) e quatro de carboidratos (A, B1, B2 e C) pelos microrganismos e pelo hospedeiro.

O conhecimento atual dos padrões cinéticos desses nutrientes no rúmen, de acordo com Mertens (1993), se deu em função do desdobramento conceitual da celulose, proposto por Waldo, no início da década de 70. A quantidade de alimento que desaparece do rúmen é o resultado direto da competição entre as taxas de degradação e de passagem (WALDO et al., 1972; MERTENS, 1977; VAN SOEST, 1994). A manipulação dessas taxas pode culminar em maior ou menor escape de um determinado nutriente e na maximização do crescimento microbiano, o que resulta em diferentes formas de utilização da energia e do nitrogênio contidos na dieta (RUSSELL et al., 1992; VAN SOEST, 1994).

Nos últimos anos, três modelos têm recebido considerável atenção quanto ao balanceamento e avaliação de dietas em fazendas comerciais, são eles o NRC (1996, 2000 e 2001) e o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS, 1992). Estes modelos são consideravelmente mais complexos, quando comparados as versões anteriores (NRC, 1984 – Beef Cattle e NRC, 1989 – Dairy Cattle) e trouxeram consigo informações valiosas quanto ao valor nutritivo de alimentos para ruminantes. Nutricionistas consideram que o fator mais importante desses modelos mecanicistas (NRC, 2001 e CNCPS, 1992) é a acurácia e precisão que proporcionam na formulação de dietas (VANDEHAAR, 2007). A seguir será feita uma revisão sobre esses dois principais modelos (NRC e CNCPS).

2.5 NRC

2.5.1 Energia

Desde a primeira edição do NRC e muitos outros livros afirmam que os valores de EL são mais precisos que os de NDT, porém continua-se utilizando o valor de NDT devido a dificuldade na obtenção do valor de EL.

Lofgreen e Garrett introduziram o sistema de EL para crescimento e engorda de gado de corte (Lofgreen e Garrett, 1968), que separa as exigências de energia líquida em mantença e ganho de peso (crescimento e engorda). A soma das necessidades de mantença e ganho representa as exigências líquidas de energia dos animais. Conhecendo-se as exigências líquidas e levando-se em consideração os fatores de eficiência de utilização da energia dietética para mantença e ganho, obtêm-se as exigências de energia metabolizável. O valor de 77 kcal/kg $PC^{0,75}$/dia, obtido por Lofgreen e Garrett (1968), foi adotado pelo NRC (1984 e 1996) como a exigência de ELm de bovinos de corte, tanto para fêmeas, quanto para machos. Segundo o NRC (1996), a energia líquida para ganho (ELg) é o conteúdo de energia depositada nos tecidos, que é uma função da proporção de gordura e de proteína no ganho de peso do corpo vazio (GPCVZ). Segundo o NRC (1989), o sistema de energia líquida (EL) fornece valores de disponibilidade de energia muito mais precisos que os nutrientes

digestíveis totais (NDT), mas este sistema ainda permanece porque os valores de EL são de difícil obtenção e também porque há grande quantidade de informações disponíveis sobre NDT.

A partir de mais de 500 estudos de balanço energético, foram desenvolvidas equações para conversão de NDT ou ED em EL. Em 1971, o NRC apresentaram valores de EL (designadas $EL_{lactação}$) para as exigências nutricionais e alimentos. Embora a terminologia tenha sido alterada, as exigências de EL_L para manutenção, gestação e produção de leite não se alteraram nos últimos 25 anos (NRC, 1989). Entretanto, os valores de EL dos alimentos mudaram. Em 1971 com a publicação do NRC, os valores de EL_L foram calculados a partir de valores de ED. A partir de 1979, o NRC tem calculado a EL_L a partir do NDT, utilizando uma equação que incorpora um decréscimo de 8% na digestibilidade quando as vacas são alimentadas com altos níveis de CMS (3x mantença).

O sistema energético publicado pelo NRC (1989) evidenciou que as exigências de EL de um animal é uma função do seu peso corporal metabólico, da sua produção de leite corrigida gordura, do seu ganho de peso corporal por dia, da sua parição, se está ou não prenhe, e se ela está ou não em pastejo. O suprimento EL_L a partir de alimentos é um valor fixo baseado no valor do NDT do alimento para animais e considera que todos os animais, comem 3X manutenção. A digestibilidade de todos os alimentos, portanto, é descontada em 8%. O sistema energético publicado em 2001(NRC 2001) aponta as seguintes alterações. Valores energéticos dos alimentos estão diretamente vinculados a sua composição, portanto, em vez de apontar diretamente o valor energético, o valor da ED de um alimento para manutenção é uma função do montante e da sua digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN), proteína, gordura e carboidratos não fibrosos (CNF). Os valores de ED de carboidratos, PB, e os ácidos graxos digestíveis são 4,2, 5,6 e 9,4 Mcal/kg, respectivamente. É subtraído um valor de energia metabólica fecal. O valor de ED um alimento é usada para calcular a energia metabolizável (EM) e os valores EL_L usado nas equações semelhante a aquelas discutidas no âmbito do NRC (1989).

Tal como acontece com o NRC 1989, um único desconto de digestibilidade é aplicado a cada alimento dentro de um regime alimentar, mas o desconto não é fixado

em 8%. O desconto da digestibilidade no NRC (2001) é dependente da ingestão de alimentos e sua digestibilidade. O desconto é calculado sobre a dieta total, de modo que se aplica igualmente a todos os alimentos da dieta. Com o aumento do consumo, o valor energético dos alimentos diminui.

Quando consideramos o desconto na digestibilidade daquelas vacas que comem maiores quantidades de alimento, temos alguns problemas, como a falta de dados sobre vacas que consomem 4x mantença ou mais, outro problema é o efeito associativo dos alimentos, ou seja, quando se aumenta a quantidade de grãos na dieta, tem-se uma diminuição na digestibilidade de forragens, o contrário também é verdadeiro. Outro problema é que alguns alimentos, como os co-produtos apresentam elevados teores de FDN com tamanho reduzido de partícula, tornando-se susceptíveis a depressão da digestibilidade quando apresentam maiores CMS.

O sistema de energia (NRC, 2001) a lignina é utilizada no cálculo da digestibilidade do FDN, independente do tipo de alimento avaliado. A idéia de utilizar uma equação universal para calcular a digestibilidade FDN e, portanto, a energia disponível a partir da FDN é atraente, mas não foi bem aceito pela comunidade científica. Certamente, a lignina é um componente importante de fibra, que limita a sua digestibilidade, mas é apenas um indicador bruto da digestibilidade da FDN e isso só é útil para forragens (Allen e Oba, 1996).

2.5.2 Proteína

A edição do NRC (1984) expressa as exigências de proteína em PB. Em 1985, o NRC passou a expressar as exigências em proteína absorvida (PA), sendo essa denominação adotada pelo NRC (1989). A proteína absorvida como sendo a proteína verdadeiramente digestível (por exemplo, total de AA digeridos) na qual se leva em conta a proteína de origem microbiana e a proteína que escapa da degradação ruminal. O modelo de proteína absorvida trouxe consigo o conceito de “degradable intake protein” (DIP) e “undegradable intake protein” (UIP). Esta abordagem fatorial para estimar as exigências em proteína reconhecera três destinos para a proteína dietética (digestão fermentativa no retículo-rúmen, digestão enzimática e hidrolítica no intestino e

passagem da proteína indigestível nas fezes) e então foi separada a exigência dos microrganismos ruminais das do hospedeiro. No entanto, foi utilizado um valor fixo de 80% para a digestibilidade intestinal da UIP, não sendo considerada a contribuição da PB endógena para a PM e a composição em AA da UIP e da PA. Há duas razões básicas para o uso do sistema de PM ao invés do sistema de PB. A primeira é que existem informações mais úteis sobre os componentes do sistema de PM, que são a síntese de Pmic e UIP, o que permitiu maior acurácia na predição da Pmic e da UIP, que não era possível com o NRC (1984). Para ser coerente com a edição atual do NRC (1996) e para evitar implicações de que proteínas são absorvidas, o termo PM substituiu o termo PA. E para ser coerente com o Journal of Dairy Science, os termos DIP e UIP foram substituídos por "ruminal degradable protein" (RDP) e "ruminal undegradable protein" (RUP), denominados PDR e PNDR, respectivamente. A estimativa das exigências diárias de PB foram obtidas a partir da degradabilidade da proteína contida nos alimentos. Os coeficientes de digestibilidade para a proteína de origem microbiana (Pmic) é de 64% (a qual é composta por 80% de proteína verdadeira (PV) e esta possui 80% de digestibilidade) e para a PNDR é de 80% (a qual é composta por 100% de PV e esta possui 80% de digestibilidade). A principal diferença entre o sistema protéico do NRC (2001) e o anterior diz respeito a forma de previsão de fornecimento de nutrientes. O fluxo de Pmic é predito a partir da ingestão da matéria orgânica digestível no trato total ao invés da ingestão de energia líquida. A equação de regressão considera a variação na eficiência de síntese de Pmic está associada a adequação de PDR. A partir de dados de ensaios *in situ* foi desenvolvido um sistema mecanicista, o qual permite calcular o conteúdo de PNDR dos alimentos. Visto que permite equações de regressão, o sistema leva em conta alguns fatores, como, o CMS, o teor de concentrado em MS da dieta e o teor de FDN em MS da dieta, estes afetam a taxa de passagem dos alimentos indigestíveis e, portanto, o valor de PNDR dos alimentos. Para aumentar a precisão da estimativa da contribuição da fração PNDR de alimentos para a PM, tem-se designado uma digestibilidade intestinal da fração PNDR para cada alimento (variando de 50 a 100%). NNP e proteína endógena são considerados contribuidores para a passagem de PB para o intestino delgado. E, finalmente, estão incluídas equações que predizem diretamente o conteúdo de cada

AA essencial e o total de AA essenciais que chegam ao duodeno e que contribuem também para a PM.

O modelo *in situ* é o mais usado para descrever a degradação ruminal da proteína, dividindo a PB em três frações (A, B e C). A fração A é a porcentagem da PB total, que é NNP (assume-se que é degradado instantaneamente) e uma pequena quantidade de proteína verdadeira que escapa dos sacos de nylon porque possuem alta solubilidade ou são partículas muito pequenas. A fração C é a porcentagem da PB total que é completamente não degradável, esta fração geralmente é determinada como sendo a PB remanescente nos sacos de nylon até o ponto final da degradação. A fração B é o restante da PB e inclui as proteínas que são potencialmente degradáveis. Somente a fração B é considerada como sendo relativamente afetada pela taxa de passagem; toda a fração A é considerada degradável e toda a fração C é considerada que passa para o intestino. O valor da fração B degradável no rúmen é determinado pela taxa de degradação das frações, que é determinada por um estudo da fração B e estimada uma taxa de passagem para esta fração. Os valores de PDR e PNDR para alimentos (% PB) usando este modelo são calculados utilizando as seguintes equações: RDP = A + B [kd / (kd + kp)] e RUP = B [kp / (kd + kp)] + C. Este modelo simples tem sido o mais utilizado para a descrição da degradação e do escape ruminal de proteínas do alimento (AFRC, 1984; NRC, 1985, 1996, 2001; ØRSKOV e McDONALD, 1979)

2.6 CNCPS

2.6.1 Energia

O modelo de Cornell ou CNCPS (1992) quebrou os sistemas tradicionais de EL no qual se utiliza a ingestão de EM como o ponto inicial. Esse sistema incluiria um modelo de fermentação ruminal que previam taxas de degradação dos alimentos no rúmen, a passagem de alimentos não degradados no intestino, e o montante de NDT e proteína disponível para o animal. Para alcançar estes resultados, CE e CNE foram estimados a partir de análises dos alimentos pelo método de detergentes (VAN SOEST e WINE, 1967), e foram previstas as taxas de degradação de cada fração de CE e

CNE. A PB foi dividida em 5 frações e foram estimadas as taxas de degradação de cada fração. As taxas de passagem foram calculadas em função do consumo, dimensão das partículas, densidade e tipo de alimentação. O total de carboidrato e proteína digeridos no rúmen foi calculado através da relação das taxas de degradação e de passagem. Foram calculadas as perdas fecais e, a partir desses valores, foi determinado o NDT. A EM da dieta foi calculada a partir do NDT. Posteriormente, a ELm e a ELg foi calculada a partir da EM utilizando as equações do NRC (1984). Esse sistema definiu as exigências de EL para mantença (ELm) (Mcal/d) utilizando a seguinte formula:

$$ELm = 0{,}077*PC^{0{,}75} \text{ (Garrett, 1980)},$$

com ajustes empíricos para aclimatação, raça, lactação, atividades de pastejo e condições ambientais daquele momento (afetado pela condição corporal, pelagem, temperatura, vento, lama, umidade), o que poderia resultar em estresse pelo frio ou calor.

2.6.2 Carboidratos

Os carboidratos são a principal fonte de energia na dieta dos animais e incluem uma grande variedade de compostos orgânicos, que possuem perfis de fermentação e digestão diferentes, atuando de maneira distinta no organismo animal. Estes compostos constituem cerca de 60 a 80% da matéria seca (MS) de forrageiras, sendo a principal fonte de energia para os seres vivos compreendidos nos primeiros níveis tróficos. Para os ruminantes, eles tornam-se disponíveis indiretamente na forma de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), pela ação microbiana nos compartimentos fermentativos e, diretamente, pela absorção de seus monômeros constituintes, nos intestinos desses animais (VAN SOEST, 1994).

Segundo esse sistema, os alimentos são constituídos de proteínas, carboidratos, gorduras, cinzas e água, sendo que as proteínas e carboidratos são subdivididos de acordo com suas características químicas, físicas e de degradação ruminal e

digestibilidade pós-ruminal (SNIFFEN et al., 1992). A caracterização dos carboidratos pode ser mais um instrumento na avaliação adequada das forrageiras no mundo tropical. Busca-se, dessa forma, melhor avaliar os efeitos resultantes das variações de incidência luminosa, índices pluviométricos**,** idade e níveis de adubação, entre outros, nas alterações da composição da parede celular e, conseqüentemente, da composição químico-bromatológica das forragens ao longo do ano.

Neste sistema, os carboidratos são classificados em não-estruturais (CNE), que compreendem as frações A (açúcares) e B1 (amido e compostos fibrosos solúveis), e estruturais (CE), constituídos pelas frações B2 e C, que correspondem às frações potencialmente degradáveis e indegradáveis da fibra em detergente neutro do alimento, corrigida para o seu conteúdo em proteína e cinzas (VAN SOEST et al., 1991; SNIFFEN et al., 1992; VAN SOEST, 1994).

Malafaia et al. (1998) encontraram no cultivar Napier cortada aos 60 dias na estação das chuvas, 9,9% de fração A+B1 dos carboidratos, sendo essa, maior que a verificada no estudo de Costa et al. (2007) em que os autores encontraram 4,43% dessa fração, durante a mesma estação do ano. Cabral et al. (2000) observaram na cv. Cameroon cortada aos 63 dias (primavera), 5,54% de fração de carboidrato não fibroso, o qual esteve um pouco acima do valor encontrado por Costa et al. (2007) que foi de 5,50%, com o mesmo cultivar na mesma estação. Malafaia et al. (1998) encontraram para o capim-elefante cortado aos 60 dias na estação das chuvas, 69,31% de seus carboidratos como fração B2, enquanto, Costa et al. (2007), na mesma estação, verificaram 79,00% na fração B2.

Os carboidratos foram classificados de acordo com a taxa de degradação (h^{-1}), assim como a proteína (fração A é de rápida degradação e é açúcar, fração B1 apresenta taxa de degradação intermediária e é amido, fração B2 é de lenta degradação e está disponível na parede celular e a fração C que é indisponível na parede celular, portanto é não degradável). Estas frações são calculadas para alimentos contendo CNE, CE e fibra indigestível (C). Cabral et al. (1999a) para o capim Tifton-85 colhido ao atingir 30 e 50 cm de altura, obteve taxas de digestão das frações A+B1 e B2 de 0,195 e 0,275 e 0,0384 e 0,0473/h^{-1}, para as plantas colhidas com 30 e 50 cm de altura, respectivamente. A fração C do carboidrato é lignina x 2,4 (SMITH et

al., 1972; MERTENS, 1973), é o resíduo do material após 72h de digestão in vitro (MERTENS, 1973). O teor de lignina em forrageiras varia entre 5 a 25% da parede celular; leguminosas têm um teor mais elevado do que gramíneas (VAN SOEST, 1982). A composição do FDN inclui celulose hemicelulose e lignina (GOERING e VAN SOEST, 1970). Carboidrato estrutural disponível (fração B2) pode ser determinada por subtração da fração C livre de cinzas e o FDN corrigido para proteína que está associada. A fração B2 é fermentada lentamente no rúmen por bactérias que necessitam de amônia como única fonte de N (RUSSELL et al., 1992).

Carboidratos não-estruturais contêm açúcares (fração A) e amido e pectina (fração B1). A fração de carboidratos não-estruturais é representada pelos carboidratos que são solubilizados em detergente neutro e pode ser estimado como sendo a proteína, FDN corrigido para proteína, gorduras e cinzas subtraído de 100. Os carboidratos não-estruturais (CNE) podem ser medidos diretamente (MacGREGOR et al., 1983). Os CNE são usualmente calculados com medidas diretas, mas alimentos contendo elevados valores de pectina no CNE apresentarão um menor valor real de CNE. Dada a proporção de amido e de pectina no CNE, a fração A (açúcares e ácidos orgânicos) pode ser determinado pela diferença.

O teor de açúcar de uma dieta para ruminantes é normalmente pequeno, exceto quando são alimentados com co-produtos e gramíneas frescas (VAN SOEST, 1982; SNIFFEN et al., 1983). Amido é o maior componente dos grãos de cereais e das forrageiras. Açúcares são fermentados rapidamente por microrganismos ruminais. O amido por meio de ensilagem ou processamento de grãos são rapidamente digeridos no rúmen, mas grãos secos podem conter quantidade significativa de amido insolúvel, que é digerido lentamente. Pectinas são pouco importantes em gramíneas e cereais, mas leguminosas forrageiras, sementes de produtos, polpa de citros e polpa de beterraba, contêm quantidades significativas de pectina (VAN SOEST, 1994). As pectinas são rapidamente fermentáveis no rúmen (VAN SOEST, 1994). Todas as frações de CNE são fermentadas pelas bactérias ruminais e pode utilizar amônia ou peptídeo como fonte de nitrogênio (RUSSELL et al., 1992).

Usando as análises químicas descritas acima, as equações usadas para calcular a composição de carboidratos (SNIFFEN et al., 1992) dos alimentos estão listadas abaixo:

CHOT (%MS) = 100 – PB(%MS) – EE(%MS) – MM(%MS)

A+B1 (%CHOT) = CNF (%CHOT)= 100 - B2(%CHOT) – C(%CHOT)

B2 (%CHOT) = 100*(FDN(%MS) – PIDN(%PB)*0,01*PB (%MS) -
(FDN(%MS)*0,01*LIGNINA (%FDN)*2,4)/CHOT (%MS)

C (%CHOT) = 100*(FDN(%MS)*0,01*LIGNINA (%FDN)*2,4)/CHOT (%MS)

A figura 2.12 apresenta de forma simplificada a composição de cada fração de carboidrato.

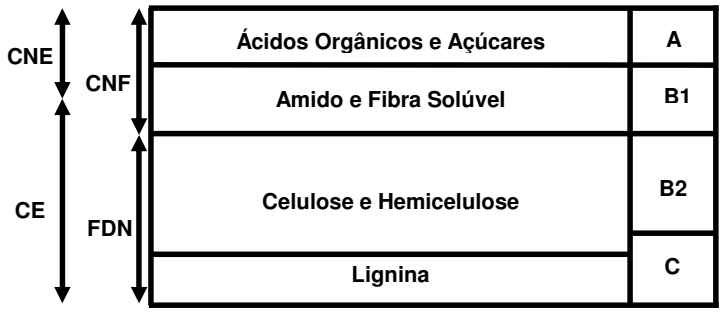

Figura 2.12 – Composição das frações de carboidratos
Fonte: Adaptado de Sniffen et al., 1992

2.6.3 Proteínas

O modelo de Cornell (CNCPS) é um sistema dinâmico que adota um procedimento mais complexo para determinar a PDR e PNDR dos alimentos. Este modelo utiliza reagentes químicos (com base na solubilidade) para determinar as frações protéicas, que neste caso são 5: A, B1, B2, B3 e C. A fração A é NNP e é analisada usando a proteína precipitada na solução tampão, a fração B é proteína verdadeira e a fração C é a proteína não degradável. A fração B ainda é subdividida em

três frações com diferentes taxas de digestão (B1, B2 e B3). A fração B1 é a proteína verdadeira solúvel em borato-fosfato, e assume-se que possui uma taxa de digestão muito rápida (1-4/h). A fração B3 é insolúvel em detergente neutro, mas é solúvel em detergente ácido, e assume-se uma taxa de digestão muito lenta (0,0006-0,0055/h). A fração C é insolúvel em solução detergente ácido. A fração B2 é calculada pela diferença e assume-se que tenha uma taxa de passagem próxima de (0,03-0,16/h) (Lanzas, 2007).

Segundo Balsalobre (1996), o capim-elefante, pastejado a cada 45 dias de intervalo, apresentou 8,90% de proteína na matéria orgânica (MO) para amostras de pastejo simulado. Nessas amostras, as frações de NNP, NSOL, NFDN e NFDA foram respectivamente: 26,02; 39,11; 47,35 e 9,13% da proteína total. Lagunes, citado por Balsalobre (2002), observou valores de 13,48; 20,22; 23,59 e 3,37%, respectivamente para as frações NNP, NSOL, NFDN e NFDA em amostras de capim elefante, com crescimento de 42 dias. 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. 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. Vieira et al. (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; 21,31 e 55,04% da PB, respectivamente, para o período das águas e seca.

A proteína do alimento é dividida em três frações: nitrogênio não-protéico (NNP), proteína verdadeira e proteína não degradável (VAN SOEST et al., 1981). Estas foram descritas como sendo fração A (NNP), B (proteína verdadeira) e C (proteína não degradável), respectivamente (PICHARD e VAN SOEST, 1977). A proteína verdadeira é ainda fracionada em três subfrações (B1, B2 e B3), com base na taxa de degradação ruminal inerente a cada uma delas (VAN SOEST et al., 1981 e KRISHNAMOORTHY et al., 1983). Roe et al. (1990) apresentou um sumário recomendando procedimentos

analíticos para determinar as frações protéicas. Fração A e B1 são solúveis em solução tampão (ROE et al., 1990) e B1 é determinada como sendo a fração que precipita em ácido tricloroacético (TCA) (VAN SOEST et al., 1981 e KRISHNAMOORTHY et al., 1983). Nitrogênio não-protéico (amônia, peptídeos e aminoácidos) é rapidamente convertido em amônia dentro do rúmen. Essencialmente toda a proteína solúvel presente em silagens e forragens conservadas são na forma de NNP (PICHARD, 1977; PICHARD e VAN SOEST, 1977). A fração B é subdividida para se estimar as taxas de degradação ruminal. A fração B1 é rapidamente degradada no rúmen (VAN SOEST et al., 1981). Em forragens a fração B1 representa uma pequena fração da proteína solúvel total (aproximadamente 5%) em os concentrados podem conter duas vezes mais fração B1 do que as forrageiras (PICHARD, 1977; KRISHNAMOORTHY et al., 1982). A maior parte da proteína solúvel em pastos frescos é fração B1 (VAN SOEST, 1994).

Proteína não degradável ou associada a outros compostos, fração C, é a fração da proteína insolúvel em detergente ácido (Proteína Insolúvel em Detergente Ácido – PIDA) (PICHARD and VAN SOEST, 1977). A fração C contém proteína associada com lignina, taninos complexados e produtos da reação de Maillard, os quais são altamente resistentes ao ataque de microrganismos e enzimas (KRISHNAMOORTHY et al., 1982, 1983). A fração C não pode ser degradada no rúmen pelos microrganismos e, portanto não fornece aminoácidos no pós-rúmen. (KRISHNAMOORTHY et al., 1982). O teor da fração C nos alimentos foi medido por vários autores (GOERING e ADAMS, 1973; PICHARD e VAN SOEST, 1977; WALDO e GOERING, 1979; KRISHNAMOORTHY et al., 1982; MUSCATO et al., 1983; VAN SOEST e SNIFFEN, 1984). Pelo menos cinco alimentos comuns podem conter importantes quantidades de proteínas na forma vinculada ou indigestível: 1) culturas para feno e silagem, 2) alfafa desidratada, 3) polpa cítrica, 4) grãos de destilaria, e 5) grãos secos de cervejaria (WALDO e GOERING, 1979). A fração B3 é insolúvel em detergente neutro, mas solúvel em detergente ácido (Proteína Insolúvel em Detergente Neutro - PIDN) (GOERING e VAN SOEST, 1970; KRISHNAMOORTHY et al., 1982). A fração B3 é lentamente degradada no rúmen porque está associada com a parede celular. (PICHARD, 1977; VAN SOEST et al., 1981; KRISHNAMOORTHY et al., 1983). O teor de PIDN e PIDA foi mensurado em

alimentos comumente usados (KRISHNAMOORTHY et al., 1982; MUSCATO et al., 1983). Suplementos protéicos contêm uma pequena quantidade de fração B3, mas as forragens, grãos fermentados e subprodutos contêm quantidade significativa da fração B3 (KRISHNAMOORTHY et al., 1982). No CNCPS, uma alta porcentagem da fração B3 escapa da degradação no rúmen. Algumas frações B2 são fermentadas no rúmen e outras escapam para o trato inferior. O destino da fração B2 dependerá da relação entre a taxa de digestão e a taxa de passagem. A fração B2 é tipificada pela proteína glutelina encontrada em pequenos grãos. (VAN SOEST et al., 1981). As taxas de degradação das frações protéicas (B1, B2 e B3) são obtidas através de incubação *in vitro* utilizando-se proteases. Em plantas de Tifton-85, capim-elefante, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*, (MALAFAIA, 1997) encontraram para a fração B1 taxas de degradações de 191,28; 69,73; 132,19 e 78,29%/h, respectivamente. Para essas mesmas plantas as frações B2 e B3 foram de 1,29 e 0,15; 1,67 e 0,06; 1,13 e 0,25; 1,16 e 0,95 %/h, respectivamente para Tifton-85, capim-elefante, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens.* Vieira et al. (2000) trabalharam com fracionamento de amostras da extrusa de animais em pastagens naturais da Zona da Mata, MG e obteve taxas de degradação das frações B2 e B3 variaram entre 16,4 a 32,2 e 3,2 a 8,0%/h, respectivamente.

As equações seguintes podem ser usadas para calcular as cinco frações protéicas (SNIFFEN et al., 1992) contidas nos alimentos:

A (% PB) = NNP (% P.SOL)* 0,01*P.SOL (% PB)

B1 (%PB) = P.SOL (% PB) – A (% PB)

B2 (%PB) = PB (% MS) – A (% PB) - B1 (% PB) - B3 (% PB) – C (% PB)

B3 (%PB) = PIDN (% PB) – PIDA (% PB)

C (%PB) = PIDA (% PB)

A figura 2.13 apresenta simplificadamente a composição de cada fração protéica.

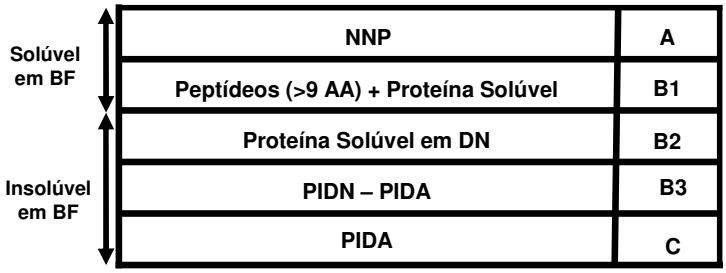

Figura 2.13 – Composição das frações protéicas
Fonte: Adaptado de Sniffen et al., 1992

Os valores de PDR e PNDR (%PB) para um alimento usando este modelo são calculados usando as seguintes equações:

$$PDR = A + B1\,[kdB1 / (kdB1 + kp)] + B2\,[kdB2 / (kdB2 + kp)] + B3\,[kdB3 / (kdB3 + kp)]$$

$$PNDR = B1\,[kp / (kdB1 + kp)] + B2\,[kp / (kdB2 + kp)] + B3\,[kp / (kdB3 + kp)] + C.$$

2.6.4 Atualizações do sistema CNCPS

O sistema CNCPS sofre atualizações periódicas com o intuito de aperfeiçoar cada vez mais suas predições. Desta forma, a última atualização do Sistema Cornell foi publicada por Lanzas et al., (2006).

Segundo esses autores, com base em características de degradação ruminal e disponibilidade de métodos analíticos foi criado um novo programa, o que mais diferiu dos programas originais do CNCPS e do CPM (Cornell-Penn-Miner). O fracionamento dos carboidratos foi ampliado, dividindo-se a fração A em quatro frações: ácidos graxos de cadeia curta (A1), ácido lático (A2), outros ácidos orgânicos (A3) e açúcares (A4). Embora os ácidos orgânicos (frações A1, A2 e A3) não serem considerados carboidratos, eles são incluídos nestas frações de carboidratos por mais se

aproximarem destes do que de gorduras e proteínas. Fração A1 (g/kg MS) = ác. acético + ác. propiônico + ác. butírico + ác. isobutírico. Segundo McDonald et al., (1991), os ácidos graxos de cadeia curta podem representar cerca de 60 g/kg de matéria seca em silagens. Os ácidos graxos de cadeia curta que são produtos finais da fermentação não são fontes de energia para os microorganismos ruminais. Desta forma, suas taxas de degradação e o máximo de crescimento microbiano são zero. Fração A2 (g/kg MS) = ác. lático. Em alimentos fermentados, como silagens, o ácido lático é o ácido orgânico predominante que pode estar presente de 50-150 g/kg de MS. Fração A3 (g/kg MS) = outros ácidos orgânicos. Outros ácidos orgânicos além do ácido lático e dos ácidos graxos de cadeia curta quase não são detectados em silagens. Porém em forragens frescas, os ácidos cítrico, málico e aconítico podem compreender mais que 100 g/kg da forragem com base na matéria seca. Fração A4 (g/kg MS) = açúcares. A fração A4 dos carboidratos inclui os monossacarídeos, dissacarídeos e oligossacarídeos. Os açúcares predominantes nos alimentos são a glicose, frutose e a sacarose. Os açúcares produzem iguais proporções de propionato e maior de butirato quando comparado com o amido, e em baixo pH produz mais lactato do que o amido. Fração B1(g/kg MS) = amido. A degradabilidade do amido varia dependendo do tamanho da partícula, tipo de grão, efeito do processamento e do método de preservação. As fibras solúveis são calculadas pela diferença: Fração B2 (g/kg MS) = CNF – A1 – A2 – A3 – A4 – B1. A fração B2 inclui as β-glucanas e substâncias pécticas e são definidas como fibra porque não são digeridas por enzimas dos mamíferos. As substâncias pécticas ocorrem em elevada concentração em co-produtos como polpa cítrica, polpa de beterraba e casca de sementes, bem como, em parede celular de leguminosas forrageiras. As β-glucanas estão presentes em grãos de cevada e aveia de 40-120 g/kg de MS e possuem taxas de degradação semelhantes as do amido. Fração B3 = [(FDN – PIDN)/ 100] – C. Esta fração é constituída pela celulose e hemicelulose.

Lanzas et al. (2006) concluíram que esta ampliação do modelo CNCPS original promove mais precisão nas características de fermentação ruminal e que a determinação dos componentes destas frações já é prática de rotina em laboratórios comerciais. Deficiências na atual metodologia de mensuração de algumas frações (por exemplo, açúcares) e suas correspondentes taxas de degradação complicam toda a

caracterização dos carboidratos dos alimentos. No entanto, a proposta do fracionamento promove uma estrutura para aplicação destas informações, e principalmente estimular a pesquisa para o desenvolvimento de metodologias apropriadas de laboratório para sua mensuração.

2.7 SÍNTESE DE PROTEINA MICROBIANA (PMIC)

A proteína metabolizável (PM) no intestino de ruminantes é representada pelo total de AA provenientes da digestão intestinal da: a) proteína microbiana produzida no rúmen, b) da PNDR de origem alimentar e c) da proteína endógena. A Pmic é normalmente a principal fonte de PM para ruminantes, na maioria das situações produtivas. Ela pode representar ao redor de 45 a 55% da PM no intestino de vacas leiteiras de alta produção, 55 a 65% em bovinos de corte confinados com dietas ricas em energia e mais de 65% em bovinos mantidos exclusivamente em pastagens. Portanto, todo e qualquer programa nutricional só terá sucesso se a produção de Pmic for otimizada. Manipulações da dieta que resultem em redução na síntese microbiana, normalmente comprometem o desempenho do animal.

O modelo de Cornell (CNCPS) assume que apenas bactérias compõem a massa microbiana que passa para o intestino e que estas contêm 62,5% de PB, 21% de carboidratos, 12% de lipídeos e 4,4% de cinzas. O modelo também assume que a Pmic é composta por 60% de proteína verdadeira disponível, 25% de proteína da parede celular não disponível e 15% de ácidos nucléicos. O NRC (1996 e 2001) assumem que a Pmic contêm 80% de proteína verdadeira e 20% de ácidos nucléicos (NRC, 2001).

Modelos empíricos de crescimento microbiano, muitas vezes assumem que crescimento microbiano é uma função constante da IMS ou da digestão da MO (NOCEK e RUSSELL, 1988), e o NRC (1985, 1989) utilizam uma eficiência estática de 26,12 g de N microbiano por quilograma de NDT. A utilização de NDT para determinar a produção de Pmic ignora o fato de que a maioria das bactérias ruminais não são capazes de utilizar proteína, gordura, lipídeo ou cinzas como fonte de energia, e que o carboidrato é a principal fonte de energia para o crescimento (NOCEK e RUSSELL, 1988).

O modelo CNCPS classifica os microorganismos ruminais em bactérias fermentadoras de CF e fermentadoras de CNF (NRC, 2000; Russell et al., 1992). Geralmente, as bactérias que degradam celulose e hemicelulose (CF), crescem mais lentamente, e utilizam amônia como sua principal fonte de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana. As bactérias que utilizam amido, pectina, açúcares e geralmente crescem mais rapidamente, quando comparadas às bactérias fermentadoras de CF, podem utilizar amônia ou aminoácidos como fontes de nitrogênio. A taxa de crescimento (μ) das bactérias que fermentam tanto CF como CNF é ditada pela quantidade de carboidrato que é digerido no rúmen e da taxa de digestão dos carboidratos (Kd), desde que fontes de nitrogênio e outros nutrientes essenciais estejam disponíveis. O CNCPS assume que a taxa de crescimento bacteriano (μ) é proporcional à Kd, e esta premissa é, por sua vez, baseado na idéia de que o rúmen funciona como um substrato limite, excesso de enzima (massa microbiana).

O CNCPS assume que ambos os grupos de bactérias têm um crescimento máximo teórico de (Yg) 50 g de células por 100 g de carboidrato fermentado, um valor que é idêntico ao relatado por Isaacson et al. (1975) para um misto de culturas bacterianas ruminais. O CNCPS usa dois modos (PIRT, 1965) para corrigir a produção de Pmic (Y, g bactérias/g de carboidrato fermentado), para energia de manutenção (km, g de carboidrato/ g bactérias/h): $1/Y = km/kd + 1/Yg$. O CNCPS atribui diferentes coeficientes para manutenção de bactérias que fermentam CF e CNF (0,05 e 0,15 g de carboidrato/g de bactérias/h, respectivamente). O rendimento máximo (Yg, g bactérias/g de carboidrato) é assumido como sendo 0,4 para ambos os grupos de bactérias. As bactérias que fermentam CF tem uma maior produtividade, ao mesmo kd devido à menor exigência manutenção. No entanto, em condições práticas, normalmente, o kd das bactérias que fermentam CNF é menor do que o kd das que fermentam CF, resultando em um maior crescimento das fermentadoras de CNF, quando comparadas as que CF.

Sabe-se que as bactérias devem despender energia (ATP) não só para as funções de crescimento, mas também para as de manutenção das células (RUSSELL e WALLACE, 1997). Devido ao uso de energia para manter a integridade celular, as bactérias que apresentam lenta taxa de crescimento tendem a ser mais prejudicada.

Nos últimos anos, tornou-se evidente que a maioria das bactérias tem outra rota de dissipação de energia que não será utilizada para o crescimento, esta é distinta daquela usada para a manutenção, esta forma de dissipação tem sido chamada de "energy spilling" (RUSSELL e COOK, 1995). O CNCPS não tem uma função para “energy spilling”, mas tem um algoritmo que aumenta o crescimento bacteriano em 18% se peptídeos e aminoácidos estiverem disponíveis (RUSSELL e SNIFFEN, 1984).

O sub modelo ruminal foi construído antes do isolamento e caracterização de bactérias que fermentam aminoácido (PASTER et al., 1993). Estas bactérias fermentam aminoácidos, mas não carboidratos, e podem contribuir de forma significativa para a produção de amônia dos bovinos alimentados com forragem (RYCHLIK e RUSSELL, 2000; YANG e RUSSELL, 1993). Essas bactérias violam o pressuposto de que todas as bactérias ruminais precisam de carboidratos (ou, eventualmente, ácidos orgânicos), para crescerem, mas estas têm baixíssima crescimento e contribuem pouco para a Pmic.

A degradabilidade ruminal das fontes protéicas pode afetar a disponibilidade ruminal de amônia, aminoácidos e peptídeos para a síntese microbiana. Os antigos sistemas protéicos baseados em PB não consideravam as exigências microbianas em compostos nitrogenados. Com a publicação do sistema de Proteína Absorvida (NRC, 1985), posteriormente denominado Sistema de Proteína Metabolizável (NRC, 1996; 2001), tornou-se possível balancear as dietas tanto em PDR, para suprir as exigências dos microrganismos ruminais, como em PNDR para complementar a Pmic e suprir a exigência de PM do animal. Entretanto, estes sistemas consideram a fração PDR como uma fração única e não permitem ajustes dos 3 compostos nitrogenados (peptídeos, AA e amônia), exigidos para otimizar a síntese microbiana. De acordo com o modelo proposto pela Universidade de Cornell (CNCPS), a produção de proteína microbiana se dá em função da taxa de degradação de CHO (kd CHO), disponibilidade de NH3, AA e peptídeos, coeficiente de manutenção energética e fator de efetividade da FDN.

Alguns autores têm sugerido que valores entre 10 a 13% de PDR na matéria seca da dieta são requeridos para maximizar a síntese microbiana, dependendo do teor de CHO fermentável no rúmen. A fórmula utilizada pelo NRC (1996; 2001) para calcular a quantidade de proteína microbiana produzida no rúmen é:

kg de Pmic = kg de NDT x 0,13

Apesar de calcularem a produção microbiana com a mesma fórmula, os cálculos das exigências de PDR diferem nos dois sistemas. O NRC (1996) considera que para cada kg de Pmic produzida no rúmen, é necessário 1 kg de PDR. Já o NRC (2001), requer 1,18 kg de PDR para cada kg de Pmic produzida no rúmen. Caso esta quantidade de PDR não seja suprida, o NRC (2001) adota a seguinte fórmula para o cálculo de Pmic:

kg Pmic = kg PDR x 0,85

Outros fatores além da disponibilidade de nutrientes interferem com o crescimento microbiano. Dentre eles, a taxa de passagem e o pH ruminal.

A taxa de passagem (%/h) tanto de líquidos como de sólidos tem grande impacto na eficiência microbiana. As bactérias passam para o duodeno tanto com a fase líquida do conteúdo ruminal como aderidas às partículas sólidas. Com base neste fato, tem sido proposto que a taxa de passagem de microrganismos para o duodeno poderia ser expressa como:

$$K_m = P_S K_S + P_L K_L,$$

onde:

K_m = taxa de passagem de microrganismos

P_S, P_L = proporção de microrganismos associados à fase sólida e líquida

K_S, K_L = taxa de passagem da fase solida e líquida

A eficiência microbiana aumenta à medida que a taxa de passagem microbiana aumenta. Isto se deve à redução na exigência de manutenção dos microrganismos. Com exceção do modelo de Cornell (CNCPS), os demais modelos assumem uma eficiência microbiana constante, independente da taxa de passagem ruminal.

A taxa de passagem do conteúdo ruminal é afetada por diversos fatores, como consumo de matéria seca, proporção forragem:concentrado, processamento dos alimentos, dentre outros.

O pH ruminal interfere com a eficiência microbiana, principalmente das bactérias fermentadoras de CF, que são muito sensíveis a valores de pH inferiores a 6,0. Tanto o NRC (1996) gado de corte quanto o modelo de Cornell (CNCPS) adotam um procedimento mecanístico de ajuste do efeito do pH ruminal sobre a eficiência microbiana. Este ajuste está baseado no teor de FDN efetiva na dieta. Para cada 1 unidade percentual de redução no teor de FDN efetiva na dieta abaixo de 20% (NRC, 1996) ou 23% (CNCPS), a eficiência microbiana é automaticamente reduzida em 2,25%.

2.8 Degradabilidade ruminal de forragens

Métodos *in vitro* e *in situ* são utilizados para medir a taxa de digestão e das frações dos alimentos e pode fornecer informações relevantes sobre as diferenças entre alimentos. No entanto, os valores absolutos, não relativos, são exigidos por modelos de previsão da digestibilidade ruminal. Os principais fatores que limitam as determinações precisas da taxa de digestão *in vitro* ou *in situ* são: 1) a inabilidade para simular o aumento da área de superfície e desagregação dos diferentes tamanho de partículas pela ruminação e 2) variação na atividade enzimática e na relação enzima:substrato (ALLEN e LINTON, 2007). Os alimentos geralmente são processados antes de se proceder à análise e isso irá resultar em uma maior taxa de digestão, em comparação com in vivo. Por outro lado, o não processamento dos alimentos irá causar subestimativa da taxa de digestão quando comparadas com modelos in vivo, porque os alimentos são triturados pela mastigação ao longo do tempo, antes de passarem para o rúmen. Infelizmente, a simulação dos efeitos da mastigação durante todo o tempo de incubação *in vitro* ou *in situ* é inviável.

A variação da atividade enzimática no líquido ruminal, e da relação enzima:substrato tem profundos efeitos sobre a taxa de digestão das frações dos alimentos, especialmente amido (FICKETT e ALLEN, 2002; OBA e ALLEN, 2003).

Portanto, pelo menos, para o amido, a digestão é um processo de segunda ordem, dependem de ambos, substrato e atividade enzimática. Este é um problema para a utilização dos dados atuais com a maioria dos modelos existentes em que a digestão é modelada como um processo de primeira ordem. Resultando em grande variação entre os estudos relatados na literatura (quer seja *in vitro* ou *in situ*), cujos resultados foram fortemente influenciados pelas dietas fornecidas para os animais, dos quais foram coletados fluido ruminal.

2.8.1 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, a proteína bruta que resiste a 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 porosidade do tecido, tamanho das partículas, quantidade de amostra incubada, origem do alimento, material incubado, procedimentos de lavagem e análises das amostras (MEHREZ e ØRSKOV, 1977; SANTOS, 2006).

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 a porosidade do tecido de náilon (6, 20, 40, 59, 80 e 102 µm), não foram observadas diferenças até 59 µm

(porosidade) no desaparecimento da MS e nitrogênio, porém, o desaparecimento tendeu a aumentar quando a porosidade 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/cm^2. 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 et al. (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. O sistema do NRC (2001) preconiza a incubação in situ para o fracionamento da PB (A, B e C). Sendo que para concentrados o tempo de incubação deve ir até 48 horas e para forragens até 72 horas. Entretanto, em alguns casos será interessante a inclusão de maiores tempos de incubação como 96 e 120 horas, a fim de se obter a completa estabilização da curva de degradação.

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 (ØRSKOV, 1982).

O conceito de degradabilidade efetiva é utilizado quando se inclui a taxa de passagem do alimento no cálculo da degradabilidade. Segundo Ørskov (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, 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: 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, e, portanto indegradável.

2.8.2 Degradabilidade *in vitro* (método enzimático)

Métodos *in vitro* têm sido amplamente utilizados para simular a digestão ruminal e para estimar taxas de digestão tanto de carboidratos como de proteínas dos alimentos. A determinação da digestão protéica *in vitro* apresenta dois desafios metodológicos. A mensuração do desaparecimento de proteínas dos alimentos é dificultada pela contaminação microbiana, enquanto que a liberação de amônia é subestimada devido à absorção simultânea de amônia para o crescimento microbiano.

A degradabilidade de proteínas geralmente estimada por sistemas *in vitro*, oferece precisão analítica. Embora várias proteases estejam sendo usadas, a protease de *Streptomyces griseus* tem sido utilizada com maior freqüência (LICITRA et al., 1998). Ela foi escolhida por (PICHARD, 1977) por seu amplo espectro de atividade. A protease de *S. griseus* é quase inteiramente extracelular e é uma mistura de endo e exopeptidases. Foi caracterizado como uma enzima que tem afinidade por tripsina, mas também mostra pouca atividade de quimotripsina, peptidase e esterase (MICHALET-DOREAU e OULD BAH, 1992).

A utilização de proteases oriundas do *S. griseus* tem sido bastante criticada por não serem enzimas de origem ruminal e ainda possuir atividade máxima em pH 8, normalmente não verificado no rúmen (KOHN e ALLEN, 1995)

Krishnamoorthy et al. (1983) utiliza uma quantidade fixa de amostra de alimentos (0,5-0,1g) ignorando qualquer exigência de constância da enzima em relação ao substrato e uma concentração de 0,33 UE/ml de protease *de S. griseus*, sobre um substrato de caseína, exibiram o máximo de atividade em pH 8; portanto,

Krishnamoorthy et al. (1983) propôs que pH 8 vs 6,7 devem ser usados. Assoumani et al. (1992) compararam o uso de uma protease neutra versus a enzima *S. griseus*, ambos com 1 h de digestão prévia com amilase para uma digestão com 4 h da protease em solução tampão com pH 6,5. Uma muito boa correlação foi encontrada entre degradabilidades *in vitro* e *in situ*.

Pichard (1977) constatou que PIDN foi altamente correlacionado com a fração lentamente solubilizada obtidas com a técnica enzimática. Posteriormente, a taxa para a fração lentamente solubilidade foi designada à fração PIDN (corrigido para PIDA). No entanto, o total das frações obtidas pela técnica "curve-peeling" utilizando dados enzimáticos nem sempre corresponde ao tamanho da das frações químicas, e, portanto, as taxas das frações químicas e enzimáticas não são equivalentes.

2.8.3 Modelos de degradação ruminal

A taxa de remoção da digesta do rúmen afeta a extensão da degradação protéica ruminal (ØRSKOV e McDONALD, 1979), digestão da parede celular (ALLEN e MERTENS, 1988) e a eficiência de síntese de proteína microbiana (HARRISON e McALLAN, 1980).

Ørskov 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*. Para o cálculo da degradabilidade *in situ*, utiliza-se modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979), seguindo recomendações propostas por Nocek e Kohn (1988):

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

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, utiliza-se a equação:

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

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).

Entretanto, quando o alimento é incubado no rúmen, particularmente no caso de forragens, a degradação não se inicia instantaneamente, sendo denominado tempo de colonização o período no qual não ocorre digestão ou acontece de forma muito reduzida. Dhanoa (1988) descreve o modelo de Ørskov e McDonald (1979) considerando o período de tempo de colonização:

$$D(t) = a + b \times (1 - \exp(- c \times (t - q)))$$

onde,
q = Correção do modelo para o período do tempo de colonização.

Através das estimativas dos parâmetros de taxas de digestão e passagem e da integração de ambas no retículo-rúmen (RR), pode-se chegar ao valor nutritivo do

alimento (WALDO et al., 1972). Estes autores também desenvolveram o primeiro modelo incluindo fração digestível e indigestível da fibra, conceito este apoiado sobre a presença de resíduo de FDN, após 42 dias de incubação, na polpa de beterraba, grãos secos de cervejarias, azevém, farinha de babaçu (ROBINSON et al., 1986). Além das taxas de digestão e passagem. Este modelo é limitado pela hipótese de que provavelmente o escape de partículas do rúmen é independente do tempo e tamanho. O fluxo de partículas que passa pelo rúmen é, no entanto, um processo seletivo. Tanto o tamanho (DIXON e MILLIGAN, 1985) como a densidade das partículas (desBORDES e WELCH, 1984) afetam a taxa de passagem. Taxa de passagem lenta de fibra digestível ou indigestível (TAMMINGA et al., 1989; HUHTANEN e KHALILI, 199 1; JAAKKOLA et al., 1991) também é uma indicação de retenção seletiva de partículas de alimentos no rúmen. Vários métodos têm sido utilizados para determinar as limitações da digestão da fibra. A taxa de digestão (kd) é geralmente determinada pela incubação *in vitro* (Smith et al., 1971) e/ou *in situ*, mas ela também pode ser calculado a partir da evacuação do rúmen (AITCHISON et al., 1986; ROBINSON et al., 1987). A taxa de passagem (kp) é estimada a partir do declínio exponencial no rúmen ou das concentrações fecais do marcador após este ser fornecido via “bolus” ruminal. Esta abordagem não leva em conta os dois compartimentos e a retenção seletiva da fibra no rúmen. Usando esses valores de kp em modelos simples podem, portanto, subestimar a digestibilidade ruminal da fibra (HUHTANEN et al., 1995).

Vários modelos (ELLIS et al., 1994, FRANCE et al., 1998; MERTENS, 2005) têm sido desenvolvidos ou funções matemáticas tradicionais foram reajustadas para ser utilizado na interpretação de estudos cinéticos *in situ* e *in vitro* com o objetivo principal de estimar parâmetros relacionados com a digestão microbiana do alimento retido no RR (VIEIRA et al., 2008a).

A cinética de digestão pode ser estimada por modelos bi-compartimentais dependentes do tempo, usando procedimentos não-lineares, como descrito por Pond et al. (1988). Estes modelos sugerem que a probabilidade de uma partícula escapar do rúmen aumenta de acordo com seu tempo de permanência (MATIS, 1972). A taxa de passagem de alimentos também pode ser calculada a partir da relação entre a estimativa do fluxo duodenal e o tamanho médio do “pool” ruminal. A taxa e a extensão

da digestão, assim como a taxa de passagem, são determinantes da digestibilidade ruminal de fibras; a qual é determinada pela relação (ingestão-fluxo duodenal)/ingestão, podendo também ser calculada por meio de modelos matemáticos (ALLEN e MERTENS, 1988).

As estimativas dos parâmetros de digestão e passagem obtidos a partir de estudos *in vivo* são utilizadas por muitos modelos nutricionais (AFRC, 1993; NRC, 2000, 2001) e estes apóiam que as inferências a partir desses valores são válidas. Tal como, perfis de degradação obtidos a partir de estudos *in vitro* e *in situ* apresentam normalmente uma forma sigmóide padrão (DHANOA et al., 1995; MERTENS, 1977; VANMILGEN et al., 1991).

Esta forma padrão é caracterizada por um atraso inicial seguido de um crescimento exponencial que desacelera e atinge uma fase assintótica. Mertens (1973, 1977) argumentou que este atraso inicial suave (fenômeno lag) observado em parcelas ao longo do tempo a partir de estudos de cinética é susceptível de ocorrer *in vivo*.

Ruminantes que consomem uma dieta com base em forragem normalmente têm duas fases distintas dentro do compartimento RR: o “mat” ruminal, recém-formado pela ingestão de alimentos e um pool de pequenas partículas dispersas na fase fluida ventralmente ao “mat” ruminal (HUNGATE, 1966; SUTHERLAND, 1989).

O mais aceito paradigma relativo a dinâmica de retenção e degradação da fibra aborda a massa de fibra digerida como um único “pool”. Entretanto, existe um número crescente de estudos sugerindo a existência de comportamentos que se afastam das predições com base em um modelo de único “pool” (ELLIS et al., 1979, 2002, 2005; HUHTANEN e KUKKONEN, 1995, VIEIRA et al., 2000; POPPI et al., 2001; LUND et al., 2007). O “pool” de fibra é sempre heterogêneo em ruminantes que comem o suficiente para promover uma estratificação natural da fibra da digesta. Acredita-se que este fenômeno ocorre comumente em espécies ruminantes, como bovinos (VAN SOEST, 1996, VIEIRA et al., 2007a). Por isso, foi desenvolvido um modelo alternativo para acomodar a estratificação da digesta que poderiam ser resolvidos tanto em condições estáveis como dinâmicas; os quais abordam a massa de fibra presente no rúmen-retículo como uma seqüência de dois “pools” de partículas fibrosas.

Um modelo compartimental generalizado de digestão (Generalized Compartimental Model of Digestion – GCMD) com base na dependência do tempo e do fenômeno lag (GNG1), foi aplicado para estimar parâmetros cinéticos da digestão de forragem em ruminantes. As estimativas dos parâmetros foram afetadas pela qualidade forragem, particularmente a fração indigestível e a taxa de degradação fracional (VIEIRA et al., 2007c).

Lund et al. (2006) comparando modelos uni (Gn) e bi-compartimentais (GnG1), baseados na excreção duodenal e fecal do Yb, observaram que modelos do tipo GnG1 forneceram melhores ajustes dos dados. Estes autores relataram que este tipo de modelo compartimentalizado é preferido por sua maior validade biológica. O modelo pode identificar os diferentes processos biológicos envolvendo passagem, onde o escape dependente do tempo no primeiro compartimento é relacionado com a hidratação, trituração e fermentação de partículas grandes de alimentos e o escape dependente do tempo é relacionado à retenção secundária de partículas menores e menos flutuantes já fermentadas.

De acordo com Vieira et al. (2007c) este modelo de digestão (GCMD) pode ser usado para estimar parâmetros relacionados ao tempo de degradação dos perfis (figura 2.14).

$$R(t) = \tilde{A}_{NDF}\left\{\delta_a^{N_a}\exp(-k_d t) + v\exp(-\lambda_a t) \times \sum_{i=0}^{N_a-1}\left[\left(1-\delta_a^{N_a-i}\right)(\lambda_a t)^i / i!\right]\right\} + U_{NDF}$$

Figura - 2.14. Representação do modelo de degradação ruminal (GCMD)
Fonte: Vieira et al. 2008a

onde,

R(t) = FDN residual equivalente ao montante de fibra incubada;

$\tilde{A}_{FDN}$ = 1- U_{FDN} (forma indisponível da fração potencialmente digestível da FDN);

$\delta^{Na}_a = \lambda_a/(\lambda_a - kd)$;

λ_a = tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido (h^{-1});

kd = taxa de degradação das frações (h^{-1});

t = tempo (h);

v = variável a qual é atribuído o valor 0 ou 1 sob condições especificas;

N_a = interação positiva do modelo tempo-dependente com o tempo de preparo do $Ã_{FDN}$ para a digestão;

i = índice que denota a ordem de dependência do tempo que varia conforme o N_a ou N_b;

U_{FDN} = fração indigestível da FDN.

O modelo apresentou de modo geral uma boa qualidade e coerência ao tempo de degradação dos perfis. Mais estudos são necessários para a estimativa das frações heterogêneas potencialmente degradáveis e estimativas precisas da fibra indigestível. Estas estimativas poderiam ser aplicadas para simular o comportamento dinâmico da fibra no TGI de ruminantes, mas avaliações das previsões com base em tais estimativas ainda são necessários.

Referências

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. CAB International, Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 159p.

AITCHISON, E.; GILL, M.; FRANCE, J.; DHANOA, MS. Comparison of methods to describe the kinetics of digestion and passage of fibre in sheep. **Journal of Science Food Agricultural**, London, v.37, p.1065-1072, 1986.

AKIN, D.E.; AMOS, H. E.; BARTON, F. E.; BURDICK, D. Rumen microbial degradation of grass tissue revealed by scanning electron microscopy. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, p.825-828, 1973.

AKIN, D.E.Histological and physical affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, Madison, v.21, p.17-25, 1989.

ALLEN, M.S.; MERTENS, D.R. Evaluating constraints of fiber digestion by rumen microbes. **Journal of Nutrition**, Oxford, v.118, p.261-270, 1988.

ALLEN, M.; OBA, M. Fiber digestibility of forages. In: MINNESOTA NUTRITION CONFERENCE, 57., 1996. Minnesota. **Proceedings…** San Paul: University of Minnesota, 1996. p.151-171.

ALLEN, M.S.; LINTON, J.A.V. In Vivo Methods to Measure Digestibility and Digestion kinetics of Feed Fractions in the Rumen. In: RENNÓ, F.P.; SILVA, L.F.P. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES.2007. Pirasununga. **Anais…** Pirasununga, 2007. p. 194-222.

ANDERSON, B.E. Use of warm-season grasses by grazing livestock. In: MOORE, K.J.; ANDERSON, B.E. (Ed.). **Native warm-season grasses:** Research trends and issues. Madison: Crop Science Society of America, 2000. p.147-157. (Special Publication, 30.).

ARMSTRONG, D.G. Determination of the energy and protein requirements for milk and beef production – The AFRC system. In: PEREIRA, J.C. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p. 7-27.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **–** AOAC**. Official methods of analysis.** 15th ed. Arlington; 1990. v.1, 1117p.

ASSOUMANI, B.; VEDEAU, F.; JACQUOT, L.; SNIFFEN, C.J. Refinement of an enzymatic method for estimating the theoretical degradability of proteins in feedstuffs for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdan, v. 39, p. 357-368, 1992.

BALSALOBRE, A.A.M. **Desempenho de vacas em lactação sob pastejo rotacionado em capim-elefante**. 1996. 127p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

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.

BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a freqüências e intensidades de pastejo**. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

BARNES, R.F. Laboratory methods of evaluating feeding value of herbage. In:. BUTLER, G.W. ;BAILEY, R.W. (Ed.) **Chemistry and Biochemistry of Herbage** London :Academic Press, 1973. p. 179–214.,

BEEVER, D.E.; MOULD, F.L. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E.; OMED, H.M. (ED.) **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p.15-42.

BERG, J.M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, L. **Bioquímica**. 5. ed. São Paulo: Guanabara-Koogan, 2004. 1059p.

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in the various species. **Physiological Review**, Bethesda, v.70, p. 567, 1990.

BLASER, R.E. Pasture animal management to evaluate plants and to develop forage systems. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9., 1988. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p.1-39.

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. **Nutrição de ruminantes.** Jaboticabal: Funep, 2006. p.397-421.

BLAXTER, K.L. **The energy metabolism of ruminants**. Springfield, Illinois: Published by C.C. Thomas, 1966. 332p.

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

BRITO, C.J.F.A.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C.; ALQUINI, Y. Anatomia quantitativa e degradação in vitro de tecidos em cultivares de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, suppl. 2, p.223-229, 1999.

BRODERICK, G.A. Quantifying forage protein quality. In: FAHEY, G.C., COLLINS, M., MERTENS, D.R. AND MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilisation**.. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 200–228.

BRODERICK, G.A. Performance of lactating dairy cows fed either alfalfa silage or alfalfa hay as the sole forage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.78, p.320–329, 1995.

BUCKEE, G.K. Determination of total nitrogen in barley, malt and beer by Kjeldahl procedures and the Dumas Combustion Method. **Journal of the Institute of Brewing,** London, v.100, p.57-64, 1994.

BUENO, A.A.O. **Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de forragem em pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação 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.; RODRIGUEZ, 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., VALADARES FILHO, S.C., MALAFAIA, P.A.M. LANA, R.P.; SILVA, J.F.C.; VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, E.S. Frações de carboidratos de volumosos tropicais e suas taxas de degradação estimadas através da técnica de produção de gases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36.,1999. Porto Alegre, 1999. **Anais...** Porto Alegre; SBZ, 1999a. p.289.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M.; LANA, R.P.; SILVA, J.F.C.; 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.26, 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. 136 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

COOPER, J.P. Potential production and energy conversion in temperate and tropical grasses. **Herbage Abstracts**, Wallingford, v.40, p.1-15, 1970.

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. Produção e qualidade de forragens tropicais. In: SBZ (ed.) **Novas Tecnologias de Produção Animal**. Piracicaba: FEALQ, 1990. p.177-193.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A.M. **Pastagens:** Fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 121-153.

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.

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, Q. P. B.; LIMA, E.S.; SILVA, J. F.C.; VASQUEZ, H. M.; COSTA, D. P. B.; DEMINICIS, B. B. Fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados de genótipos de capim-elefante, aos 56 dias de rebrota. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. p.1-3.

DANIEL, J.L.P.; GOULART, R.S.; DOS SANTOS, V.P.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA: REQUISITOS DE QUALIDADE NA BOVINOCULTURA LEITEIRA, 6., 2008, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2008. p. 245-276.

Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais…** Jaboticabal: FCAV, FUNEP, 1997. p 1-62.

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

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. Comunicação Pessoal. 2008.

desBORDES, C.K.; WELCH, J.G. Influence of specific gravity on rumination and passage of indigestible particles. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.59, p.470-475, 1984.

DESCHAMPS, F.C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.6, p.1178-1189, 1999.

DHANOA, M.S. On the analysis of dacron bag data for low degradability feeds. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.43, p.441-444, 1988.

DHANOA, M.S.; FRANCE, J.; SIDDONS, R.C.; LOPEZ, S.; BUCHANAN-SMITH, J.G. A nonlinear compartmental model to describe forage degradation kinetics during incubation in polyester bags in the rumen. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.73, p.3–15, 1995.

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.

DIXON, R.M.; MILLIGAN, L.P. Removal of digesta components from the rumen of steers determined by sieving techniques and fluid, particulate and microbial markers. **British Journal of Nutrition,** Cambridge, v.53, p.347-362, 1985.

ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; LASCANO, C. Quantitating ruminal turnover. **Federation Proceedings...** Oakland, v.38, p.2702-2706, 1979.
ELLIS, W.C. ; WYLIE, M.J. ; MATIS, J.H. Validity of specifically applied rare earth elements and compartmental models for estimating flux of undigested plant tissue residues through the gastrointestinal tract of ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.80, n.10, p.2753-2758, 2002.

ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.H.; MURPHY, M.R. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR, G.C. **Forage Quality, Evaluation and Utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 682–756,

ELLIS, W.C., MAHLOOJI, M., MATIS, J.H. Models for estimating parameters of neutral detergent fiber digestion by ruminal microorganisms. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.83, p.1591-1601, 2005.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p. (Produção de Informação).

FICKETT, F.M.; ALLEN, M.S. Ruminal fluid effects on *in vitro* digestion kinetics of starch. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.85 (Suppl.1), p.181-189, 2002.

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,** Savoy, v.70, p.3578-3596, 1992.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P;, RUSSELL, J.B.; VAN AMBURGH, M.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.

FOX, D.G.; BARRY, M.C. Predicting nutrient requirements and supply for cattle with the cornell net carbohydrate and protein system. In: PEREIRA, J.C. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES. Viçosa,:Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.77-101.

FRANCE, J.; DIJKSTRA, J.; DHANOA, M.S.; BALDWIN, R.L. Biomathematical applications in ruminant nutrition. **Journal of the Franklin Institute**, Philadelphia, v. 335, p.241–258, 1998.

GARRET, W.N. Factor influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.

GIGER, S. Revue sur les méthodes de dosage de la lignine utilisées en alimentation animale. **Annales Zootechnie**, Amsterdam, v.34, p.85–122, 1985.

GIGER-REVERDIN, S. Characterization of feedstuffs of ruminants using some physical parameters. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, p.53-69. 2000.

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

GOERING, H. K.; ADAMS, R.S. Frequency of heat damaged protein in hay, hay crop silage and corn silage. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.37, p.295-304, 1973.

GONZÁLEZ, J.C. The INRA systems of nutritional requirements of cattle. In: PEREIRA, J.C. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995. Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO, 1995. p.29-52.

HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. University of Florida, 2000. A25-A34 (Bulletin, 339).

HANNA, W.W.; MONSON, W.G.; BURTON, G.W. Histological examination of fresh leaves after in vitro digestion. **Crop Science**, Madison, v. 13, p.98-102, 1973.

HARRISON, D.G.; McALLAN, A.B. Factors affecting microbial growth yields in the reticulorumen. In: RUCHEBUSCH, Y.; THIVEND, P. Digestive, physiology and metabolism in ruminants. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT

PHYSIOLOGY, 5., 1980, Lancaster. **Proceedings…** Lancaster: MTP Press, 1980. p. 205-226.

HODGSON, J. **Grazing management:** science into practice. New York: John Wiley; Longman Scientific and Technical, 1990. 203 p.

HUMPHREYS, L.R. **Tropical pasture utilization**. Australia: Cambridge University Press, 1991. 206p.

HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press, 1966. 533p.

HUHTANEN, P.; KHALILI, H. Sucrose supplements in cattle given grass silage based diet. 3. Rumen pool size and digestion kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.33, p.275-287, 1991.

HUHTANEN, P.; KUKKONEN, U. Comparison of methods, markers, sampling sites and models for estimating digesta passage kinetics in cattle fed at two levels of intake. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.52, p.141-158, 1995.

HUHTANEN, P.; JAAKKOLA, S.; KUKKONEN, U. Ruminal plant cell wall digestibility estimated from digestion and passage kinetics utilizing mathematical models. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.52, p.159-173, 1995.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA. **Ruminant Nutrition Recommended allowances and feed tables.** Montrouge: John Libbey Eurotext, 1989. 389p

ISAACSON, H. R.; HINDS, F. C.; BRYANT, M. P.; OWENS, F. N. Efficiency of energy utilization by mixed rumen bacteria in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.58, p.1645- 1655, 1975.

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.

JAAKKOLA, S.; HUHTANEN, P.; HISSA, K. The effect of cell wall degrading enzymes or formic acid on fermentation quality and digestion of grass silage by cattle. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.46, p.75-87, 1991.

JUNG, H.G., ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.2774-2790, 1995.

KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of a ryegrass-dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 25, p. 309-319, 1982.

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

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,** Cambridge, v.50, p.555-568, 1983.

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.

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.

LICITRA, G.; LAURIA, F.; CARPINO, S.; SCHADT, I.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. Improvement of the *Streptomyces griseus* method for degradable protein in ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.72, p.1-10, 1998.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requeriments and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.27, n.3, p.793-806, 1968.

LUND, P.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. Passage kinetics of fibre in dairy cows obtained from duodenal and faecal ytterbium excretion. Effect of forage type. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.128, p.229-252, 2006.

LUND, P.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. Digestible NDF is selectively retained in the rumen of dairy cows compared to indigestible NDF. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.134, p.1-17, 2007.

MADSEN, J., HVELPLUND, T. Prediction of *in situ* degradability in the rumen. Results of a European ring test. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.39, p.201-214, 1994.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, RA.M.; SILVA, J.F.C.; 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.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; PEREIRA J.C. 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.

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.

MATIS, J.H. Gamma time-dependency in Blaxter's compartment model. **Biometrics**, Arlington, v.28, p.597-602, 1972.

MATSUBARA, H.; FEDER, J.In: _____**The Enzymes**. New York: Academic Press, 1971. v.3 p. 721-795.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage.** Chichester: John Wiley, 1981. 218p.

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,** Cambridge, v. 88, p. 645-650, 1977.

MERTENS, D. R. **Application of theoretical mathematical models to cell wall digestion and forage intake in ruminants**.1973. p187. Ph.D. Thesis. Cornell University, Ithaca, NY, 1973.

_____. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. **Federation Proceedings...** Oakland, v.36, p.187-192, 1977.

_____. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. **In: Informational Conference with Dairy and Forages Industries. Proceedings…** US Dairy Forage Resource Center, Madison, p. 81-91, 1996.

_____. NDF: fiber composition and value of forages with different NDF concentrations. In: SOUTHWEST NUTRITIONAL ECOLOGYMANAGEMENT CONFERENCE, **Proceedings...** Arizona State University, 1998. p.85-99.

_____. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, p.3233-3249, 2003.

_____. Rate and extent of digestion. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M., FRANCE, J. **Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism**. CAB International, Wallingford, 2005. p. 13–47.

MICHALET-DOREAU, B.; OULD-BAH, M.Y. In vitro and in sacco methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.40, p.57-86, 1992.

MINSON, D.J. **Forage in Ruminant Nutrition**. New York: Academic Press, 1990. 483p.

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**, Belo Horizonte, v. 54, p. 169-179, 2002.

MONTGOMERY, M.J.; BAUMGARDT, B.R. Regulation of food intake in ruminants. Rations varying in energy concentration and physical form. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.48, p-1623-1628, 1965.

MOORE, J.E. Forage quality indices: development and application. In: FAHEY JR, G.C. Forage Quality, Evaluation, and Utilization. **American Society of Agronomy**. Madison, p. 977-998, 1994.

MOORE, J.E.; BUXTON, D.R. Fiber composition and digestion of warm-season grasses. In: MOORE, K.J.; ANDERSON, B.E. (Ed.). **Native warm-season grasses:** Research trends and issues. Madison: Crop Science Society of America. 2000. p.23-33, (Special Publication, 30)

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**, Belo Horizonte, v. 55, p. 315-323, 2003.

MUSCATO, T.V.; Sniffen, C.J.; Krishnamoorthy, U.C.; VAN SOEST, P.J. Amino acid content of noncell and cell wall fractions in feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.66, p.2108-2114, 1983.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 3th ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1971. p 123.

_____. **Nutrient requirements of beef cattle.** 6th Rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1984. 90p.

_____. **Ruminant Nitrogen Usage.** Washington, D.C.: National Academy Press, 1985. 138p.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 6th Rev.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989. 158p.

_____. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7th Rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.

_____. **Nutrient requirements of beef cattle.** Update 7th Rev.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 242p.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th Rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.

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

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

NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.71, p.2070-2107, 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.

NOLLER, C.H.; MOE, P.W. Determination of NRC energy and protein requirements for ruminants. PEREIRA, J.C.(Ed.). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES. 1995, Viçosa**. Anais...** Viçosa: DZO, 1995, p.53-76.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L. Metabolismo de Carboidratos estruturais. In: BERCHIELE, T. T.; PIRES A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes.** Jaboticabal: FUNEP. 2006. p.583.

OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.86, p.184-194, 2003a.

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**, Savoy, v.71, n.5, p.1298-1311, 1993.

ØRSKOV, 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.

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

PACIULLO, D.S.C. **Características anatômicas e nutricionais de lâminas coliares e Colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento**. 2000. 104p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

PASTER, B.; RUSSELL, J.B.; YANG, C.M.J.; CHOW, J.M.; WOESE, C.R.; TANNER, R. Phylogeny of ammonia-producing ruminal bacteria, *Peptostreptococcus anaerobius*, *Clostridium sticklandii* and *Clostridium aminophilum* sp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Palo Alto, v.43, n.1, p.107–110, 1993.

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.

PICHARD, D. G. **Forage nutritive value. Continuous and batch in vitro fermentations and nitrogen solubility**. 1977. 213p. Ph.D. (Dissertation) – Cornell University, Ithaca, 1977.

PICHARD, G.R.; VAN SOEST, P.J. Protein solubility of ruminant feeds In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURES, 1977. Ithaca **Proceedings...** Ithaca, NY, 1977. p.91

PIRT, S.J. The maintenance energy of bacteria in growing cultures. In: ROYAL SOCIETY OF LONDON. Series B, Biological Science, 1965. **Proceedings…** v.163, n. 991, p.224-231, 1965.

POND, K.R.; ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; FERREIRO, H.M.; SUTTON, J.D. Compartmental models for estimating attributes of digesta flow in cattle. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.60, p.571-595, 1988.

POPPI, D.P. ; ELLIS, W.C. ; MATIS, J.H.; LASCANO, C.E. Marker concentration patterns of labeled leaf and stem particles in the rumen of grazing bermuda grass (*Cynodon dactylon*) analysed by reference to a raft model. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.85, p.553-563, 2001.

PRESTON, T.R.; LENG, R.A. **Ruminant production systems**. Queensland, 1987. 245p.

REIS, R.A.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; FREITAS, D.; MELO, G.M.P.; BALSALOBRE, M.A.A. Suplementação protéico-energética e mineral em sistemas de produção de gado de corte nas águas e nas secas. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE

CORTE: PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 171-226.

ROBINSON, P. H.; FADEL, J. G.; TAMMINGA, S. Evaluation of mathematical models to describe neutral detergent residue in terms of its susceptibility to degradation in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.15, p.249-258, 1986.

ROBINSON, P.H.; TAMMINGA, S.; van VUUREN, A.M. Influence of declining level of feed intake and varying proportions of starch in the concentrate on rumen ingesta quantity, composition and kinetics ingesta turnover in dairy cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.17, p.37-62, 1987.

RODRIGUES, M.T.; VIEIRA, R.A.M.. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: BERCHIELE, T. T.; PIRES A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes.** Jaboticabal:Funep, 2006. 583p.

ROE, M.B.; SNIFFEN, C.J.; CHASE, L.E. Techniques for measuring protein fractions in feedstuffs. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURES, 1990. Ithaca. **Proceedings...** Ithaca, NY, 1990. p.81.

RUSSELL, J.B.; SNIFFEN, C.J. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on growth of mixed rumen bacteria *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.67, p.987-994, 1984.

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**, Savoy, v.70, p.3551-3561, 1992.

RUSSELL, J.B.; COOK, G.M. Energetics of bacterial growth: balance of anabolic and catabolic reactions. **Microbiological Reviews**, Washington, v.59, n.1, p.48–62, 1995.

RUSSELL, J.B.; WALLACE, R.J. Energy yielding and consuming reactions. In: STEWART, P.N.H.A.C.S. **The rumen microbial ecosystem**. London: Blackie Academic & Professional, 1997. p.246-282.

RYCHLIK, J.L.; RUSSELL, J.B. Mathematical estimations of hyper-ammonia producing ruminal bacteria and evidence for bacterial antagonism that decreases ruminal ammonia production. **FEMS Microbiology Ecology**, Aberdeen, v.32, p.121–128, 2000.

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.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELE, T. T.; PIRES A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal:FUNEP., 2006. p.583

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.; SANTOS, M.V. **O Brasil e a nova era do mercado de leite:** compreender para competir. Uberlândia: Impressão Gráfica Rio Pedrense, 2007b. p. 249-300.

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.

SMITH, L.W.; GOERING, H.K.; WALDO, D.R.; GORDON, C.H. In vitro digestion rate of forage cell wall components. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.54, p.71-76, 1971.

SMITH, L. W.; GOERING, H.K.; GORDON, C.H. Relationships of forage compositions with rates of cell wall components. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.55, p. 1140-1148, 1972.

SNIFFEN, C. J.; RUSSELL, J. B.; VAN SOEST, P. J. The influence of carbon sources, nitrogen sources and growth factors on rumen microbial growth. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE. 1983. Syracuse. **Proceedings…** Syracuse, 1983. p.26-33.

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

SOUZA JÚNIOR, S. J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e 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.

SUTHERLAND, T.M. Particle separation in the forestomach of sheep. In: DOBSON, A.; DOBSON, M. H. **Aspects of digestive physiology in ruminants**. Ithaca:Cornell University Press, 1989, p.43-73.

TAMMINGA, S.; ROBISON, P.H.; VOGT, M.; BOER, H. Rumen ingesta kinetics of cell wall components in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.25, p.89-98, 1989.

TINGXIAN, X. Fiber exchange capacity. **Feedmix**, Aberdeen, v.4, p.8, 1996.

TRINDADE, J.K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento digestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado**. 2007. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TROP, M.; BIRK, Y. The Specificity of Proteinases from Streptomyces griseus (Pronase). **Biochemical Journal**, Auckland, v.116, p.19-25, 1970.

UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THEIX, N. Forage Analyses Procedures. **National Forage Testing Association**. Omaha, 1993. p 154.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D. S. Fermentação Ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006,. p. 151-182.

VANDEHAAR, M.J. Estimating the nutritive value of feedstuffs for ruminants. In: RENNÓ, F.P.; SILVA, L.F.P**.** SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES. 2007. Pirassununga, **Anais…** Pirassununga, 2007. p. 194-222.

VAN MILGEN, J.; MURPHY, M.R.; BERGER, L.L. A compartmental model to analyse ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, p.2515-2529, 1991.

VAN SOEST P J; WINE R H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.50, p.50-55, 1967.

VAN SOEST, P.J. Limiting factors in plant residues of low biodegradability. **Agricultural and Environmental**, Amsterdam, v.6, p.135-143, 1981.

VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C.J. Nitrogen fractions in NDF and ADF. In: District Feed Conference. **Proceedings…** v.39, p.73, 1984.

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.

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

VAN SOEST, P.J. Allometry and ecology of feeding behavior and digestive capacity in herbivores: a review. **Zoo Biology**, New York, v.15, p.455-479, 1996.

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, 2000a.

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; QUEIROZ, A.C.; JORDÃO, C.P.; GONÇALVES, A.L. Simulation of the nutrient dynamics in the gastrointestinal tract: application and validation of a mathematical model for grazing cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.3, p.898-909, 2000.

VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized model for describing fiber dynamics in the ruminant gastrointestinal tract. 1. The heterogeneity of the pool of fiber particles in the ruminoreticulum. **Beef Cattle Research in Texas**, College Station, v.2n1,p. 97-103. 2007a.

VIEIRA, R.A.M., TEDESCHI, L.O., CANNAS, A. A generalized model for describing fiber dynamics in the ruminant gastrointestinal tract. 3. Estimating digestion-related kinetic parameters. **Beef Cattle Research in Texas**, College Station, v.2n1,p. 111-121. 2007c.

VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, Tokyo, doi:10.1016/j.jtbi.2008.08.014., 2008a.

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**. 2006.198 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica do 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.

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.55, n.1, p.125-129, 1972.

WALDO, D. R.; GOERING, H.K. Insolubility of proteins in ruminant feeds by four methods. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.49, p.1560-1569, 1979.

WILMAN, D., MTENGETI, E.J., MOSELEY, G. Physical structure of twelve forage species in relation to rate of intake by sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.126 p.277-285, 1996.

WILSON, J.R.; MERTENS, D.R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science**, Madison, v.35, p.251, 1995.

YANG, C.M.J.; RUSSELL, J.B. The effect of monensin supplementation on ruminal ammonia accumulation in vivo and the number of amino acid-fermenting bacteria. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.71, p.3470-3476, 1993.

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.

3 VALOR NUTRITIVO E CINÉTICA RUMINAL DO CAPIM COLONIÃO MANEJADO INTESIVAMENTE DURANTE A PRIMAVERA, VERÃO E OUTONO

Resumo

O presente estudo teve por objetivo caracterizar a composição morfológica e químico-bromatológica, assim como as frações de carboidratos e de proteínas e as taxas de degradação das frações potencialmente degradáveis para PB (*in situ* e *in vitro*) e para FDN e MS (*in situ*), em amostras de estrato pastejável de pastagem de Colonião manejada com altas taxas de lotação e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) durante a primavera, verão e outono. Foram utilizados 5 piquetes de capim Colonião, os quais foram adubados com 300 kg de N/ha entre os meses de avaliação. O critério para a entrada dos animais nos piquetes foi quando estes atingiram 90 cm de altura (interceptação luminosa não relatada na literatura) e o resíduo pós-pastejo foi de 40 cm. As amostras de forragem para a determinação da massa de forragem e composição morfológica representou a média de 2 pontos do piquete (1m^2 cada), cortado a 5 cm do solo. As amostras de estrato pastejável para determinar a composição químico-bromatológica, as frações de carboidrato e proteína, assim com as taxas de degradação da MS, FDN e PB (*in situ* e *in vitro*), representou a média de 20 pontos por piquete. Foi coletado todo o estrato do dossel acima da altura de resíduo pós-pastejo (40 cm). As análises para os dados do fracionamento de nutrientes, análises químico-bromatológicas, degradabilidade *in situ* e as mensurações realizadas no pasto, foram realizadas utilizando-se o PROC MIXED do sistema estatístico SAS. A massa de forragem e componentes morfológicos variaram com a estação do ano ($P<0,05$). A composição química do capim variou ($P<0,05$) entre as estações do ano, para teores de MS, FDN, EE, PB, NIDN, NIDA e MM. As frações de carboidratos (CHOT, frações A, B1 e B2) e as frações protéicas (A, B1, B2 e B3) foram afetadas pelas estações do ano ($P<0,1$). Os valores das taxas de degradação da proteína (B1, B2, B3 e B1+B2) e os valores estimados pelo método *in situ* para MS, FDN e PB não variaram ($P<0,1$) entre as estações do ano. No entanto, os valores de degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN foram significativos. Alterações morfológicas negativas da massa de forragem ao longo das estações do ano não são acompanhadas por alterações negativas na composição química-bromatológica das amostras de estrato pastejável. O capim Colonião adubado com altas doses de N e elevados teores de PB,

apresenta 70% da sua proteína, sob forma de proteína verdadeira. As taxas de degradação da fração B são baixas e a DE da PB em torno de 62%. Esses pastos são deficientes em carboidratos não fibrosos para a otimização da PB.

Palavras chave: Frações Protéicas e de carboidratos; Cinética ruminal; Valor nutritivo de forragens tropicais

Abstract

This study aimed to characterize the morphological and chemical composition, as well as the fractions of carbohydrates and proteins and the rates of degradation of potentially degradable fractions of CP (*in situ* and *in vitro*) and NDF and DM (*in situ*) in samples of grazed stratum Colonião managed grazing with high stocking rates and grazing variable intervals (95% LI) during spring, summer and fall. We used 5 paddocks of grasses, which were fertilized with 300 kg N/ha between the months of evaluation. The criterion for entry of animals in the paddocks was when they reached 90 cm in height (light interception not reported in the literature) and the stubble was 40 cm. Forage samples for the determination of herbage mass and morphological composition represents the average of 2 points of pasture (1m^2 each), cut to 5 cm of soil. Samples of grazed stratum to determine the chemical composition, the fractions of carbohydrate and protein, as did the rate of degradation of DM, NDF and CP (*in situ* and *in vitro*), represented the average of 20 points per paddock. We collected the entire canopy above the height of stubble (40 cm). The data analysis for the fractionation of nutrients, chemical analysis, qualitative, and *in situ* measurements carried out in the pasture, were performed using the PROC MIXED of SAS statistical system. Statistical effects among seasons were found for forage mass and morphological components ($P<0.05$), DM, NDF, fat, CP, NDIN, NIDA and ash chemical contents ($P<0.05$), and for carbohydrates (TC, A, B1 and B2) and protein (A, B1, B2 and B3) ($P<0.1$) fractions. Protein degradation rates (B1, B2, B3 and B1+B2) and the values estimated by *in situ* degradation method for DM, NDF and CP did not differ ($P<0.1$) among seasons. However, statistical effects were found for effective degradability (ED) of DM and NDF ($P<0.1$). Morphological changes negative herbage mass over the seasons are not accompanied by negative changes in the chemical composition of samples of grazed stratum. Colonião grass fertilized with high nitrogen and high levels of CP, has 70% of its protein in the form of true protein. The rates of degradation of fraction B are low and of CP around 62%. These pastures are deficient in non-fiber carbohydrates for the optimization of CP.

Keywords: Protein and carbohydrates fractions; Ruminal kinetics; Nutritional value of tropical forage

3.1 Introdução

Em sistemas de produção em pasto, o desempenho animal é determinado pela ingestão de forragem, a qual é influenciada por vários fatores como, composição química, estrutura do pasto e oferta de forragem, dentre outros (REIS et al., 2004). O manejo correto da planta forrageira pode afetar diretamente esses fatores. A estratégia de controle do pastejo por meio da meta de 95% de interceptação de luz (IL) pelo dossel forrageiro resulta em pastos com maior proporção de folhas e menor proporção de colmos e material morto, quando comparados a pastos manejados com intervalos fixos de desfolha (PEDREIRA, 2006). Esta alteração na estrutura do pasto pode favorecer o consumo de forragem, a qualidade da forragem consumida e a eficiência de colheita de forragem. O aumento no consumo de forragem de melhor qualidade resulta em maior ganho de peso ou produção de leite dos animais, ao passo que a melhor eficiência de colheita de forragem pode resultar em aumento da capacidade de suporte dos pastos. A combinação de maior ganho de peso ou produção de leite, com maior lotação dos pastos resulta em maior produção de carne ou de leite por área (REIS et al., 2004).

Os atuais sistemas ou modelos nutricionais como o NRC (1996; 2001) e o CNCPS ((FOX et al., 1992; RUSSEL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; O'CONNOR, 1993)) exigem informações cada vez mais detalhadas e precisas da composição bromatológica dos alimentos para predições corretas de desempenho animal. O valor energético do alimento é afetado principalmente pelos teores de FDN, de lignina e de cinzas do alimento. A determinação das frações de carboidratos dos alimentos e de suas taxas de degradação ruminal e de digestão intestinal é importante para a estimativa precisa da quantidade de energia fermentável no rúmen e quantidade de carboidrato digerido no intestino. Por sua vez, a estimativa correta do fluxo de proteína metabolizável para o intestino do animal depende do cálculo preciso da produção de proteína microbiana e da passagem de proteína dietética para o intestino. Para estimativa correta desses valores é necessário fornecer informações precisas da degradabilidade das frações protéicas do alimento.

A quase totalidade dos dados de forragens tropicais presentes nas bibliotecas de alimentos referem-se a plantas forrageiras colhidas por corte mecânico ao nível do solo, muitas vezes de plantas não adubadas e com intervalos entre cortes muito longos, traduzindo-se normalmente em forragem de baixa qualidade. Na última década tem havido considerável avanço no conhecimento de práticas mais adequadas de manejo intensivo de pastagens tropicais (SBRISSIA et al., 2007). A adubação das pastagens com doses elevadas de nitrogênio visando altas taxas de lotação e a substituição do critério de manejo com base em intervalos fixos de desfolha pelo critério de intervalos variáveis determinados pela interceptação de 95% da luz solar, têm permitido a colheita de forragem com alto valor nutricional pelo animal. Amostras do estrato pastejável de plantas tropicais manejadas como citado acima têm apresentado teores de proteína bruta de até 22% da MS (SANTOS et al., 2007b).

Dados das frações de carboidratos e de proteínas de amostras do estrato pastejável de pastagens tropicais manejadas com doses altas de nitrogênio e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) são escassos na literatura. Diante disso, justifica-se a condução do presente ensaio que tem por objetivo caracterizar a composição morfológica e químico-bromatológica, assim como as frações de carboidratos e de proteínas e as taxas de degradação das frações protéicas potencialmente degradáveis, em amostras de estrato pastejável de pastagem de Colonião (*Panicum maximum* cv. Colonião) manejada com altas taxas de lotação e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) durante a primavera, verão e outono.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Área experimental

O estudo foi conduzido em área experimental do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (USP-ESALQ), em Piracicaba, São Paulo. As coordenadas geográficas do município são 22°43’ de latitude Sul, 47°25’ de longitude Oeste e 580 metros de altitude. O clima da região de Piracicaba é classificado como mesotérmico úmido, subtropical de inverno seco, classificado como Cwa, com temperaturas médias inferiores a 18°C nos meses

mais frios e superiores a 22°C durante a estação mais quente do ano (BRASIL, 1960). O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho eutroférrico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 1999). A tabela 3.1 apresenta os dados climáticos da área experimental, que foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da USP/ESALQ.

Tabela 3.1 - Dados climáticos da área experimental

Mês-Ano	RG[1] (cal/cm.d)	I[2] (h/d)	P[3] (mm)	UR[4] (%)	T máxima[5] (grau ºC)	T mínima[6] (grau ºC)	T média[7] (grau ºC)
Ago-06	348	7.4	17.4	76	29.4	11.9	20.7
Set-06	370	6.3	54.7	67	28.3	13.5	20.9
Out-06	452	6.6	80.3	80	29.6	17.0	23.3
Nov-06	478	6.5	200.2	78	30.4	17.8	24.1
Dez-06	489	6.0	251.7	89	30.1	19.8	25.0
Jan-07	374	3.8	267.0	87	29.3	20.1	24.7
Fev-07	505	7.3	241.9	84	31.6	19.3	25.5
Mar-07	471	7.7	80.5	92	32.5	19.0	25.8
Abr-07	388	7.0	36.8	85	30.1	17.7	23.9
Mai-07	333	6.8	58.4	90	25.9	12.8	19.4

1- Radiação Global; 2- Insolação; 3- Precipitação pluviométrica; 4- Umidade relativa; 5- Temperatura máxima; 6- Temperatura mínima; 7- Temperatura média
Fonte: Estação Agrometereológica Convencional - USP/ESALQ

3.2.2 Medições no pasto e coleta de amostras de forragem

Foi realizada avaliação comparativa do capim Colonião (*Panicum maximum* cv. Colonião), quanto a sua composição morfológica, produção de massa (kg.ha^{-1}) e composição químico-bromatológica, entre as estações da primavera (outubro e novembro de 2006), verão (fevereiro e março de 2007) e outono (abril de 2007). Os 22 ha de pastagem (5 piquetes de 2,5 ha cada) foram manejados de forma intensiva com lotação animal de 5 a 8 UA/ha e adubados com 50 kg de N/ha por ciclo de pastejo, perfazendo total de 300 kg de N/ha entre os meses de avaliação.

O critério para a entrada dos animais nos piquetes foi quando estes atingiram 90 cm de altura (interceptação luminosa não relatada na literatura) e o resíduo pós-pastejo foi de 40 cm. Por falta de dado na literatura quanto à altura que resulta em 95% de IL, adotou-se o valor obtido com capim Mombaça (BUENO, 2003).

Para a medida de altura do dossel e coleta das amostras de forragem foram utilizados 5 piquetes e foi traçado um caminhamento dentro dos mesmos, sendo esse a maior diagonal do piquete. Minutos antes da entrada dos animais no piquete, eram realizadas as coletas de amostras de estrato pastejável, ou seja, o estrato entre 40 e 90 cm de altura.

3.2.2.1 Coleta e preparo das amostras para determinação da massa de forragem e de sua composição morfológica

As amostras de forragem para a determinação da massa de forragem e composição morfológica foram coletadas em três épocas do ano (primavera, verão e outono). Cada amostra representou a média de 2 pontos do piquete (as coletas foram realizadas utilizando-se dois quadrados de $1m^2$ por piquete, contabilizando $2m^2$, cortado a 5 cm do solo. Nos 2 pontos do piquete onde as amostras foram coletadas, a altura do dossel era representativa da altura média do piquete, que era de 90 cm. A amostra de forragem de cada período foi pesada fresca, e então foram retiradas duas subamostras de aproximadamente 500g (base úmida) para cada avaliação. A primeira foi seca em estufa a 55ºC por 72 horas, para determinação da matéria seca do material. A segunda subamostra foi separada em folha, haste e material morto. As 3 frações foram pesadas e posteriormente secas em estufa a 55ºC por 72 horas para a determinação da matéria seca do material e posterior cálculo da porcentagem dos componentes morfológicos da planta.

3.2.2.2 Coleta e preparo das amostras para realização das análises químico-bromatológicas

As amostras de estrato pastejável para determinar a composição químico-bromatológica, as frações de carboidrato e proteína, assim com as taxas de degradação da MS, FDN e PB (*in situ* e *in vitro*), também foram coletadas em três épocas do ano (primavera, verão e outono). Cada amostra representou a média de 20 pontos por piquete. Foi coletado todo o estrato do dossel acima da altura de resíduo pós-pastejo (40 cm). As amostras de estrato pastejável foram secas em estufa a 55ºC por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey com peneira de malha de 1 mm, e

analisadas para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) segundo a AOAC (1990), para fibra em detergente neutro (FDN) (sem adição de sulfito) e lignina segundo Van Soest et al. (1991) e para fibra em detergente ácido (FDA) (VAN SOEST et al., 1967). As análises para determinação de NIDN, NIDA e N-solúvel e NNP foram feitas segundo Krishnamoorthy (1982). 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.*

3.2.3 Determinação da degradabilidade in situ

Para determinação das frações A, B e C e da taxa de degradação da fração potencialmente degradável da PB, MS e FDN foi realizado ensaio de degradabilidade *in situ* utilizando-se 3 vacas secas (com aproximadamente 480 kg de PV) e fistuladas no rúmen. Cerca de 6,0 g de matéria seca da forragem (estrato pastejável) foram moídos a 5 mm e acondicionados em sacos de náilon (medindo aproximadamente 10 x 15 cm) respeitando a relação 20 mg/cm^2 (NOCEK, 1988) e porosidade de 50 µm (BOWMAN et al., 1991). Os sacos foram incubados em quadruplicatas (que posteriormente formaram uma única amostra de cada tempo) no rúmen por 0, 3, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 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 0,6 mm. Amostras dos tratamentos (estações do ano) foram incubadas após 10 dias de adaptação dos animais com dieta composta exclusivamente de feno de Tifton-85 (tabela 3.2).

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 em uma máquina de lavar ("tanquinho") com água corrente, de maneira a reduzir a variação que ocorre na lavagem manual dos sacos, devido à manipulação por diferentes indivíduos (CAMPOS et al., 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 55ºC, onde permaneceram por 48 horas, sendo então, transferidos para dessecador. Após esses 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 1 mm de diâmetro para posteriores determinações químico-bromatológicas.

Tabela 3.2 - Composição químico-bromatológica do feno de Tifton-85, utilizado na alimentação dos animais durante o período de ensaio de degradabilidade *in situ*

Composição Bromatológica (% MS)	**Feno de Tifton-85**
MS	84,2
FDN	64,7
FDA	31,6
LIG	4,8
PB	9,8
MM	7,1
EE	1,3

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 et al. (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 químico-bromatológicas das frações de MS, PB e FDN foram obtidos através do

modelo denominado Generalized Compartmental Model of Digestion (GCMD), cuja equação de regressão utilizada foi (VIEIRA et al., 2008a):

$$R(t) = \tilde{A}_{NDF}\left\{\delta_a^{N_a}\ \exp(-k_d t) + v\ \exp(-\lambda_a t) \times \sum_{i=0}^{N_a-1}\left[\left(1-\delta_a^{N_a-i}\right)(\lambda_a t)^i \Big/ i!\right]\right\} + U_{NDF}$$

onde,

R(t) = FDN residual equivalente ao montante de fibra incubada;

$\tilde{A}_{FDN}$ = 1- U_{FDN} (forma indisponível da fração potencialmente digestível da FDN);

$\delta^{Na}{}_a$ = $\lambda_a/(\lambda_a - kd)$;

λ_a = tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido (h^{-1});

kd = taxa de degradação das frações (h^{-1});

t = tempo (h);

v = variável a qual é atribuído o valor 0 ou 1 sob condições especificas;

N_a = interação positiva do modelo tempo-dependente com o tempo de preparo do $\tilde{A}_{FDN}$ para a digestão;

i = índice que denota a ordem de dependência do tempo que varia conforme o N_a ou N_b;

U_{FDN} = fração indigestível da FDN.

Para as componentes MS e PB temos as seguintes frações (A, B e C) e para a componente FDN temos as seguintes frações (B e C ou Bp e Cp, onde Bp é quanto a fração B representa do total e Cp é quanto a fração C representa do total). Essa equação de regressão também foi utilizada, para o que foi denominado de regressão robusta. Na análise de regressão robusta incluiu-se no modelo o valor de sigma, o qual foi adotado como desvio padrão residual para otimização do método dos quadrados mínimos não-lineares. A regressão robusta utiliza critérios estatísticos para atribuir "pesos" menores para valores muito discrepantes ou fatores não controlados. O risco

de se utilizar essa forma de regressão é quando a variável não é um fator controlável e sim um erro sistemático (análises laboratoriais).

Para estimar os valores de degradabilidade efetiva, utilizou-se para a taxa de passagem (kp) o valor de 3%/h, com base nos dados de Martinez (2008) com capim Elefante.

3.2.4 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 foi obtida pelo tratamento da amostra (0,5g) com 50 ml de água destilada por 30 minutos e pela adição subseqüente de 10 ml de ácido tricloroacético (TCA) a 10% por mais 30 minutos (KRISHNAMOORTHY et al., 1982). Em seguida o resíduo foi filtrado em papel de filtro (Whatman 54) e determinou-se o nitrogênio residual, adicionando-se aproximadamente 8 g de mistura digestora (50 g de sulfato de cobre e 500 g de sulfato de potássio ou sódio) e 25 mL de H_2SO_4. Em seguida realizou-se a digestão do material em equipamento macro-Kjeldahl, sendo que ao final desta etapa a solução deveria apresentar coloração esverdeada clara. Após a solução estar em temperatura ambiente, adicionou-se 200 mL de H_2O destilada e novamente deixou-se a amostra esfriar. Colocou-se 30 mL se ácido bórico (84 g dissolvidos em 2L de H_2O destilada) mais indicadores (0,25 g de verde de bromocresol, 0,25 g de vermelho de metila dissolvidos por álcool etílico em balão volumétrico de 250 mL) na saída do condensador. Adicionou-se 2 ou 3 grânulos de zinco metálico e 70 mL de NaOH (15N) para se fazer a destilação. Esta foi concluída quando ocorreu a viragem da solução de borato de amônio (fixação da amônia com a solução de ácido bórico + indicadores), passando de coloração rósea para verde e sofrendo duplicação do volume inicial. Ao término da destilação, procedeu-se a titulação com ácido clorídrico (0,1N). Pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio residual foi obtida a fração A, a qual pode ser expressa pela seguinte equação (3.1):

$$A(\%PB) = NNP(\%NSol.) - N\ Sol.(\%PB) \qquad (3.1)$$

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 $NaH_2PO_4.H_2O$ + 8,91g de $Na_2B_4O_7.10H_2O$). As amostras foram levadas ao banho-maria, permanecendo por 1 hora à 39ºC., e então, foram filtradas em papel-filtro, sendo realizada a análise de nitrogênio residual insolúvel em tampão borato-fosfato (TBF), da mesma forma como descrito anteriormente. 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 (3.2):

$$B1(\%PB) = NSolúvel(\%PB) - A(\%PB) \qquad (3.2)$$

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 (3.3):

$$B3(\%PB) = NIDN(\%PB) - NIDA(\%PB) \qquad (3.3)$$

A fração C foi determinada como sendo igual ao NIDA, equação (3.4).

$$C(\%PB) = NIDA(\%PB) \qquad (3.4)$$

A fração B2 foi determinada por diferença conforme a equação (3.5):

$$B2(\%PB) = 100 - (A(\%PB)+B1(\%PB)+B3(\%PB)+C(\%PB)) \qquad (3.5)$$

3.2.5 Fracionamento dos Carboidratos conforme o CNCPS

Os carboidratos totais (CHOT) foram obtidos de acordo com a equação (3.6), na qual a somatória dos teores de PB, EE e MM são subtraídos da MS.

$$CHOT(\%MS) = 100 - (PB(\%MS) + EE(\%MS) + MM(\%MS)) \qquad (3.6)$$

Os carboidratos dos capins em estudo foram divididos em 3 frações (A+B1, B2 e C), seguindo a metodologia descrita por Sniffen et al. (1992). A fração C, representada pela fibra indisponível, foi obtida através da seguinte equação (3.7):

$$C(\%CHOT) = FDN(\%MS)*(lignina\ (\%FDN)*2,4)/CHOT(\%MS) \qquad (3.7)$$

onde o valor de 2,4 multiplicado pela lignina corresponde ao material remanescente após 72 horas de digestão *in vitro* (MERTENS, 1973 apud SNIFFEN et al., 1992). Para o cálculo da fração B2, de lenta degradação ruminal, utilizou-se a equação (3.8):

$$B2(\%CHOT) = 100*(FDN(\%MS) - PIDN(\%PB)*0,01*PB(\%MS)) - C(\%CHOT)/CHOT(\%MS) \qquad (3.8)$$

As frações A e B1, nada mais são que carboidratos não fibrosos (CNF), onde A representa carboidratos rapidamente fermentescíveis e B1 representa amido e fibra solúvel. Para calcular a fração A+B1, pode-se utilizar a equação (3.9):

$$A+B1(\%CHOT) = 100 - (B2(\%CHOT) + C(\%CHOT)) \qquad (3.9)$$

3.2.6 Determinação da Taxa de Degradação *In Vitro* das Frações Protéicas

As taxas de degradação das frações protéicas potencialmente degradáveis (B1, B2 e B3) foram obtidas *in vitro*, usando-se protease bacteriana originária do *Streptomyces griseus* (número catalográfico P-5147, Tipo XIV, Sigma Chemical Co., Saint Louis, Missouri, EUA). As amostras de capins (aproximadamente 0,5 *g*) foram incubadas por 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36 e 48 horas, em tubos de vidro (75 mL), mantidos em incubadora com mesa de agitação, à temperatura constante de 39 ºC. Antes de iniciar a incubação propriamente dita, eram adicionados 40 mL de solução-tampão à base de tetraborato de sódio ($Na_2B_4O_7$. $10H_2O$; 13,17 g L^{-1}) e fosfato de sódio monobásico ($NaH_2PO_4.H_2O$; 7,6 g L^{-1}), ajustado para pH 8, e mantidos dentro da

incubadora a 39 ºC por uma hora, para hidratação e estabilização da temperatura. Enquanto isto se preparava a solução enzimática, cujo solvente usado era o mesmo tampão descrito anteriormente. Esta solução era preparada para conter uma atividade enzimática de 33 unidades mL^{-1}; desta solução-tampão eram tomados 10 mL para cada frasco que continha amostra. Assim, a atividade enzimática final passava para 6,6 unidades mL^{-1} (KRISHNAMOORTHY et al., 1983). Um frasco que continha apenas a solução-tampão e a solução enzimática era usado como branco. Ao final de cada tempo de incubação, removia-se o frasco correspondente e transferia-se quantitativamente, o seu conteúdo para um funil com papel-filtro (nº 541) quantitativo de filtragem rápida, utilizando aproximadamente 200 mL de H_20 destilada como veículo. Em seguida, o papel-filtro que continha o resíduo era transferido para um tubo do tipo macro-Kjeldahl para se determinar o teor de nitrogênio, segundo os mesmos passos descritos anteriormente para determinação do teor de nitrogênio. Uma vez obtidos os perfis de degradação da proteína bruta (PB) das amostras das diferentes gramíneas em cada período dentro de cada estação, procedia-se à interpretação matemática, por meio da técnica de "curve peeling", para obtenção das estimativas das taxas de degradação, com base no modelo:

$$R(t) = \sum_{i=1}^{3} Bi \times \exp^{(-ci \times t)} + C$$

em que R(t) corresponde ao resíduo de incubação no tempo *t* (*h*); *Bi* (% PB), para *i* = 1, 2 e 3, corresponde às frações de proteína verdadeira potencialmente degradáveis; ci (h-1), para *i* = 1, 2 e 3, equivale às taxas de degradação das frações Bi; e C (% PB) corresponde à fração protéica indegradável, representada pela assíntota estabelecida no modelo, quando $t \rightarrow \infty$ (VIEIRA, 1998).

Sniffen et al. (1992) ao propor o fracionamento protéico, dividiu a fração B (potencialmente degradável) em fração B1, B2 e B3, na qual a fração B1 apresenta alta degradabilidade, a fração B2 média degradabilidade e a B3 lenta degradabilidade. Essas taxas de degradação foram determinadas por meio de ensaio de degradabilidade *in vitro*, utilizando-se a protease *Streptomyces griseus*, a qual devido

ao seu reduzido tempo de atuação (estabilidade de ação por 24h) torna-se difícil a diferenciação entre fração B2 e B3. Portanto Broderick et al. (1995) sugeriu quatro, em vez das cinco frações descritas por SNIFFEN et al. (1992), e relatou que estas deveriam ser estimadas para quantificar o NNP (A), as frações solúvel (B1+B2) e insolúvel potencialmente degradáveis (B3) e a fração não degradável (C).

3.2.7 Delineamento Experimental e Análises Estatísticas

Para os dados do fracionamento de nutrientes, análises químico-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 consideradas as estações do ano como tratamento. 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.

Para os dados do ensaio de degradabilidade "*in situ*" para determinação das frações protéicas A, B e C segundo o NRC (2001), foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados. Cada animal foi um bloco, em que foram incubadas amostras de capim das três estações do ano estudadas. 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 10% como significativo para a probabilidade do teste F. As médias ajustadas foram obtidas utilizando-se o método dos quadrados mínimos.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Intervalo de desfolha (ID)

Os valores de intervalo de desfolha, alturas pré e pós-pastejo e dias de ocupação são apresentados na tabela 3.3. Esses valores não foram analisados estatisticamente, pois não compunham fonte de variação nos experimentos.

Tabela 3.3 - Intervalo de desfolha, altura pré e pós-pastejo e período de ocupação

Variáveis	Estações		
	Primavera	Verão	Outono
ID (dias)[1]	33	27	30
Altura do dossel em pré-pastejo (cm)	92	88	91
Altura do dossel em pós-pastejo (cm)	43	41	44
PO (dias)[2]	5	4	5

[1] Intervalo de desfolha
[2] Período de ocupação

3.3.2 Determinação da massa de forragem e composição morfológica

Os valores de massa de forragem e composição morfológica do capim nas 3 estações estudadas encontram-se na tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Massa de forragem e composição morfológica da massa de forragem do capim Colonião nas estações de primavera, verão e outono

Composição Morfológica	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Massa de Forragem (kg MS/ha)	5832,15[b]	8156,77[a]	6128,66[b]	530,87	0,0333
% Folha (MS)	49,4[a]	43,5[b]	33,9[c]	1,6833	0,0001
% Colmo (MS)	28,7[b]	36,2[a]	36,1[a]	1,4548	0,0160
% Material Morto (MS)	21,9[b]	20,3[b]	30,0[a]	1,0957	0,0005

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05)
[1] Erro Padrão da Média

Para a característica de massa de forragem, houve efeito (P<0,05) da estação do ano em relação ao capim estudado. A maior massa de forragem pode ser notada

durante a estação de verão e confirma a acentuada estacionalidade de produção típica das plantas forrageiras tropicais nas estações de maior disponibilidade de fatores de crescimento (Tabela 3.1). A menor massa de forragem no outono e na primavera foi conseqüência dos baixos índices pluviométricos nesse período, o que reduziu o surgimento de novas folhas com possível inibição no aparecimento de novos perfilhos, e levou a uma subseqüente redução da produção do pasto (Cooper, 1983).

Em relação aos componentes morfológicos da planta (folha, colmo, material morto) houve efeito (P<0,05) de estação do ano. Houve redução na proporção de folhas e aumento na proporção de colmos e material morto com o avanço das estações do ano, ou seja, da primavera para o outono. As proporções de material morto observadas para o capim Colonião podem ser consideradas elevadas para gramíneas tropicais cespitosas manejadas com base em 95% de IL. Voltolini (2006) e Carareto (2007) reportaram valores de 5,08% e 4,7% respectivamente para capim Elefante manejado com base na IL de 95%. Bueno (2003) e Carnevalli (2003) reportaram valores médios de 6,5% 13,6% respectivamente para capim Mombaça manejado com base na IL de 95%. Barbosa (2004) reportou valores de 11,56% para o capim Tanzânia manejada com o critério de 95% de IL. Este fato sugere que a adoção da mesma altura pré-pastejo do capim Mombaça (90 cm) é excessiva para o capim Colonião. Talvez a altura ideal para ser pastejado seja intermediária entre os 90 cm do capim Mombaça e os 70 cm recomendados para o capim Tanzânia (DIFANTE, 2005; BARBOSA et al., 2007). De acordo com Humphreys (1991) a expansão foliar é um dos processos mais sensíveis ao déficit hídrico e a planta cessa o alongamento de folhas e raízes antes dos processos de fotossíntese e divisão celular serem afetados, e ressaltou ainda que a temperatura seja um fator limitante à expansão foliar. A redução ou a ausência de luz na folha induz à diminuição na sua atividade fotossintética e essa passa de condição de fonte de fotoassimilados para a condição de dreno. A partir desse ponto, as taxas de fotossíntese e respiração no dossel tornam-se muito próximas. Esse é considerado o índice de área foliar ótimo (máxima taxa de acúmulo). Aumentos subseqüentes no índice de área foliar reduzem a taxa de acúmulo de forragem em função de aumentos na taxa de respiração, resultantes de um aumento na quantidade de tecidos sem função fotossintética (senescentes) (PARSONS et al., 1988). Quando isso ocorre, há

um declínio na proporção de folhas e o maior acúmulo passa a ser proveniente de colmos. Por esse motivo, já no verão, notou-se redução na proporção de folhas com incremento na proporção de material morto e colmo, devido ao manejo aparentemente inadequado da forragem.

Segundo Bueno (2003) que avaliou o capim Mombaça sob diferentes condições de manejo (100% IL ou 95% de IL e 30 ou 50 cm de resíduo) pastejos iniciados com 100% de IL apresentam maiores proporções de material morto quando comparados àqueles iniciados com 95% de IL, provavelmente pela maior altura do pasto e menor incidência de luz no interior do dossel forrageiro. De acordo com Moreno (2004) que trabalhou com vários cultivares de *Panicum maximum*, quando a interceptação de luz é quase total, acima de 95%, os acúmulos de haste e material morto aumentaram exponencialmente.

3.3.3 Composição químico-bromatológica

Os valores de composição químico-bromatológica do estrato pastejável do capim Colonião nas estações estudadas encontram-se na tabela 3.5.

A composição químico-bromatológica do capim variou ($P<0,05$) entre as estações do ano, para teor de MS, FDN, EE, PB e MM. Teores crescentes e elevados de MS, culminando com aproximadamente 30% de MS no outono são explicados pela maior proporção de material morto nesse período, resultado de um ID mais longo que o ideal. Ao contrário do esperado, os teores de FDN foram menores durante o outono, entretanto, os valores sempre acima de 70% ao longo do ano, corroboram a hipótese de que a altura de 90 cm na entrada dos animais no pasto foi excessiva para esse capim. A altura de entrada e saída (90 e 40 cm, respectivamente) promoveram um ID longo que conseqüentemente afetou a qualidade do pasto, fazendo com que houvesse maior acumulo de parede celular na forragem. Segundo Nelson e Moser (1994) o conteúdo da parede celular das folhas aumenta cerca de 10% com a maturidade, e por isso, o declínio na qualidade da forragem ao longo dos dias pode ser atribuído a decréscimo na relação folha:colmo.

Tabela 3.5 - Composição químico-bromatológica das amostras de estrato pastejável nas estações de primavera, verão e outono

Composição Bromatológica	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
MS	23,3860[c]	26,6980[b]	29,4400[a]	0,7804	0,0006
FDN (%MS)	75,0360[a]	71, 3744[b]	70,2340[b]	0,4364	<0,0001
FDA (%MS)	38,6660	37,7340	37,8680	0,2228	0,0523
LIG (%MS)	3,8400	3,6960	4,0400	0,2384	0,6640
EE (%MS)	1,5740[b]	2,6240[a]	1,2760[b]	0,2292	0,0043
PB (%MS)	14,6180[b]	16,5300[a]	14,6820[b]	0,1439	<0,0001
MM (%MS)	12,1140[b]	13,0660[a]	11,4920[c]	0,1212	<0,0001
NIDN (%NT)	35.0780[a]	29.7120[b]	34.0520[a]	0.6120	0.0005
NIDA (%NT)	11.4440[a]	10.2660[b]	11.3520[a]	0.3074	0.0474

[a, b, c] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05)
[1] Erro Padrão da Média

Juarez Lagunes et al. (1999) e Tedeschi et al. (2002) relataram valores variando de 70 a 73% de FDN para o capim Colonião, porém esses autores analisaram amostras da planta inteira, diferentemente do que foi feito nesse experimento, onde se coletou somente o estrato pastejável. Parte do valor elevado de FDN observado no presente estudo deve-se ao elevado teor protéico da forragem adubada. A fração NIDN em relação ao N total não é alterada de forma significativa pela adubação, mas a contaminação da fração FDN por N é aumentada em mais de 2 vezes quando se compara a gramínea com apenas 7% de PB e a mesma gramínea com 16% de PB. Entretanto, em trabalho conduzido na mesma área do presente estudo, Ramalho (2006) observou teores mais baixos de FDN, entre 65 a 66% com teores protéicos médios de 17,4% de PB entre os meses de janeiro a abril.

Para a variável EE, os valores obtidos estão de acordo com os relatados por Ramalho (2006) e Juarez Lagunes et al. (1999), sendo estes baixos, já que é característica intrínseca das forrageiras apresentarem baixos teores de EE.

Embora não se tenha encontrado diferença estatística para a fração FDA, seus valores mostraram-se elevados, ao redor de 38% da MS. Valores de FDA próximos de 40% normalmente são sinônimos de forragem com baixa digestibilidade (NUSSIO et al., 1998).

Com relação a PB os valores obtidos estão de acordo com os dados revisados por Santos et al. (2007b) para gramíneas tropicais manejadas intensivamente e

adubadas com N. Ramalho (2006) trabalhou na mesma área com nível de adubação próximo do adotado no presente estudo e reportou teores de PB do estrato pastejável da ordem de 17,4% de PB. Fukushima e Dehority (2000) relataram teores de 15,77% de PB para o mesmo capim, manejado sem adubação e amostrado no início do seu estágio de maturidade. Bueno (2003) avaliou o capim Mombaça sob diferentes condições de manejo (100% IL ou 95% de IL e 30 ou 50 cm de resíduo e adubados com 195 kg de $N.ha^{-1}$) e obteve valores variando de 8,2 a 11,5% de PB; Tedeschi et al. (2002) e Juarez Lagunes et al. (1999), ambos analisaram amostras da planta inteira obtiveram valores de apenas 8,6 e 7,1% de PB respectivamente. O teor de PB na forragem é função basicamente de dois fatores, idade fisiológica da planta e principalmente teor de matéria orgânica do solo e dose de fertilizante nitrogenado. O valor mais elevado do teor de proteína foi alcançado no verão (16,5%), provavelmente conseqüência da maior dose de N aplicada nesse período, onde os ID são mais curtos, e também como parte do efeito acumulativo das adubações que se iniciaram em outubro. A redução no teor de PB no outono pode ser resultado da maior proporção de material morto e também pelo menor aproveitamento do N aplicado nessa época devido á baixa pluviosidade.

Apesar da dose alta de N aplicada e conseqüentes teores altos de PB na planta, os teores de NIDN (29,7 a 35,0%) são pouco menores que os valores obtidos por Juarez Lagunes et al. (1999) e Tedeschi et al. (2002) com plantas com apenas 8,6 e 7,1% de PB respectivamente. Ramalho (2006) trabalhou na mesma área e coletou a planta da mesma forma e relatou no outono, valor muito semelhante (35,44%) aos obtidos na primavera e outono neste experimento, enquanto que os valores no verão (40,9 a 45,4%) foram superiores ao desse experimento. O mesmo autor encontrou valores inferiores para a porção NIDA (6,7 a 8,0%) nas estações de verão e outono, quando comparado aos obtidos neste experimento. Em comparação com os dados de Juarez Lagunes et al. (1999) e Tedeschi et al. (2002), o acúmulo de PB na planta com a adubação nitrogenada não aumenta a proporção desta proteína aderida à fração FDN.

3.3.4 Fracionamento das frações de carboidratos de acordo com o CNCPS

Os valores das frações de carboidratos, durante as 3 estações do ano estudadas encontram-se na tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Frações de carboidratos em amostras de estrato pastejável durante as estações de primavera, verão e outono

Frações	Estações			EPM[2]	Pr > |t|
Carboidratos[1]	Primavera	Verão	Outono		
CHOT	71.6919[a]	67.7812[b]	72.5487[a]	0,6106	0,0003
A+B1	1,91[b]	2,49[b]	10,07[a]	0,6052	<0,0001
B2	84,49[a]	85,14[a]	76,56[b]	0,9977	0,0002
C	12,37	13,59	13,37	0,8405	0,6767

[a, b, c] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05)
[1] Frações de carboidratos, segundo Sniffen et al. (1992)
[2] Erro Padrão da Média

As frações de carboidratos variaram conforme as estações do ano (P<0,05), exceto a fração C, a qual é a porção indigestível da fibra. Na estação de primavera e verão foram obtidos os valores mais elevados da fração B2, 84,5 e 85,1%, respectivamente, e conseqüentemente os menores da fração A+B1, 1,9 e 2,5%, respectivamente. Isso pode ser explicado pelos elevados teores de FDN, 75 e 71,3%, obtidos nestas estações. A parede celular cresce de fora para dentro, ou seja, a parede celular primária após cessar seu crescimento e com a maturidade da célula passa a depositar a parede secundária internamente a primária, fazendo com que o lúmen da célula se reduza e assim o conteúdo celular também. O valor dos CHOT totais foi menor no verão, devido ao maior teor de PB, MM e EE do capim nessa estação. Embora não tenha sido detectada diferença nos teores da fração C, esta mostrou-se elevada (12 a 13%). Balsalobre (2002) trabalhando ao longo do ano com capim Tanzânia sob irrigação obteve valores de CHOT superiores aos encontrados neste estudo (73,9 a 78,1%), entretanto no mesmo trabalho encontrou valores menores para a fração B2 (53,6 a 70,4%) e maiores para a fração C (15,3 a 23,1%) e A+B1 (14,1 a 23,2%).

De acordo com os dados da Tabela 3.5, fica claro que pastagens tropicais adubadas com doses altas de N apresentam-se altamente deficientes em carboidratos

de alta fermentabilidade ruminal (A+B1) para otimizar a utilização de seu alto teor protéico.

3.3.5 Fracionamento dos compostos nitrogenados de acordo com o CNCPS

Os valores de fracionamento de compostos nitrogenados nas 3 estações estudadas encontram-se na tabela 3.7.

As frações protéicas (A, B1, B2 e B3) foram afetadas (P<0,1) pelas estações do ano.

Tabela 3.7 - Frações protéicas das amostras de estrato pastejável colhidas nas estações de primavera, verão e outono

Frações Protéicas[1]	Estações			EPM[2]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
A	32.2480[a]	28.5280[c]	30.3100[b]	0.4636	0.0029
B1	18.2222[c]	25.0564[a]	21.4882[b]	0.9856	0.0026
B2	14.4521[b]	16.7039[a]	14.1503[b]	0.6550	0.0309
B3	23.6334[a]	19.4464[c]	22.6977[b]	0.5327	0.0016
C	11.4440[a]	10.2660[b]	11.3520[a]	0.3074	0.0474

[a, b, c] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1] Frações Protéicas, segundo Sniffen et al. (1992)
[2] Erro Padrão da Média

A fração A, composta por nitrogênio não protéico foi maior na primavera (32,5%), intermediária no outono (30,31%) e menor no verão (28,52%). As frações de proteína verdadeira (B1 e B2) foram consistentemente maiores no verão que na primavera e outono. Mesmo com maior massa de forragem, o teor de PB do capim Colonião no verão (16,53%) foi maior que na primavera e outono (14,65%). O maior teor de PB nas amostras de verão pode ser resultado da adubação nitrogenada que foi concentrada mais nesse período, devido aos menores intervalos de desfolha. Poderia se esperar maior proporção de fração A durante o verão, devido às doses altas de fertilização nitrogenada nesse período, mas ao contrário, esta foi a época do ano com menor concentração de fração A.

Aparentemente a produção significativamente mais alta de forragem e principalmente de folhas verdes no verão, exigiu síntese elevada de proteína verdadeira na planta. Apesar disso a proporção de proteína solúvel, representada pelas frações

A+B1 foi significativamente mais alta no verão que no outono e primavera. No geral, no período de verão, a proteína do capim colonião apresentou o menor teor de NNP (fração A), o maior teor de proteína verdadeira e o menor teor de fração C. Também no geral, nas 3 estações do ano, a proteína solúvel (A+B1) esteve sempre acima de 50% da PB do capim. Balsalobre et al (2003b) trabalhando com capim Tanzânia irrigado e manejado sob diferentes intensidades de desfolha obteve durante a estação da primavera teor semelhante (14,9%) para a fração B2, enquanto que para o verão (14,9%) os valores foram inferiores e no outono (20,8%) foram superiores aos obtidos nesse estudo. Nesse mesmo trabalho o autor ainda obteve para a fração C valores de 6,48%, 10,7% e 8,94%, para primavera verão e outono, respectivamente; sendo esses valores inferiores aos obtidos no presente estudo. A fração B1+B2 destaca-se pela elevada proporção (32 a 41%). A fração B1+B2, por apresentar rápida taxa de degradação ruminal relativa à fração B3, tende a ser extensivamente degradada no rúmen, contribuindo para o atendimento dos requisitos em N dos microrganismos deste compartimento. A rápida proteólise no rúmen da fração B1+B2 pode levar ao acúmulo de peptídeos e permitir o seu escape para os intestinos, com a fase líquida, uma vez que a utilização de peptídeos é considerada limitante à degradação de proteínas (Winter et al., 1964).

A fração B3 foi relativamente baixa (19 a 23%), sendo menor no verão. Esta fração é representada pelas extensinas, que são proteínas de ligação da parede celular e apresentam lenta taxa de degradação, portanto, são digeridas principalmente nos intestinos.

Juarez Lagunes et al. (1999) obtiveram valor de 27,5% para a fração B3 para o capim Colonião, valor este maior que o observado nesse estudo. O mesmo foi relatado por Tedeschi et al. (2002), que para a mesma fração obteve valores variando de 27 a 35% para o mesmo capim estudado. Porém esses autores analisaram amostras da planta inteira, diferentemente do que foi feito nesse experimento, onde se coletou somente o estrato pastejável. Ramalho (2006) trabalhando com o mesmo capim e na mesma área onde foi realizado esse estudo, obteve valores semelhantes (21,28%) aos deste estudo para a fração B3, durante o outono, o mesmo não ocorreu para as outras

estações, onde os valores obtidos por esse autor foi maior. Em relação a fração C, os valores variaram de 5,7 a 8,0%, e foram menores que os encontrados nesse estudo.

A utilização de doses altas de N em pastagens tropicais acentua o problema de falta de sincronização entre a disponibilidade de proteína degradável e de carboidratos de alta fermentabilidade ruminal. A maior parte da proteína do capim colonião foi composta por proteína de alta degradabilidade ruminal (A+B1), que provavelmente é utilizada com baixa eficiência por bovinos mantidos exclusivamente em pastagens como as descritas no presente estudo, em virtude da baixa disponibilidade de CNF no capim. A suplementação com fontes energéticas certamente é uma alternativa para otimizar o uso desse excesso de proteína em pastagens tropicais adubadas. De acordo com o NRC (1996) um bovino macho inteiro com 400 kg de PV mantido na pastagem de verão do presente estudo, estaria ingerindo em excesso 481 g de PB na forma de PDR mais 214 g de PB na forma de proteína metabolizável, assumindo 65% de NDT e 81% de degradabilidade ruminal da PB do pasto.

3.3.5.1 Taxas de degradação *in vitro* das frações protéicas de acordo com o CNCPS

Os valores das taxas de degradação *in vitro* das frações protéicas potencialmente degradáveis, são apresentados na tabela 3.8.

Os valores das taxas de degradação da fração protéica B1 variaram (P<0,1) entre as estações do ano. A degradabilidade foi maior na primavera que no verão e outono. Não houve diferença entre as estações do ano para as frações B2 e B3 e B1+B2 (P>0,1).

Quanto mais elevados os valores das frações protéicas A e B1 e quanto mais elevadas as suas taxas de degradação, maior a necessidade de suprimento de carboidratos de rápida degradação ruminal, para adequado sincronismo de fermentação de carboidratos e proteínas no rúmen. De acordo com a Tabela 3.7 mais da metade da PB do capim Colonião é composta pelas frações A e B1. O uso eficiente destas frações que apresentam taxas altas de degradação ruminal provavelmente é limitado pela baixa concentração de carboidratos prontamente fermentáveis.

Tabela 3.8 - Taxas de degradação das frações de proteína potencialmente degradáveis no rúmen (B1, B2, B3 e B1+B2) do capim Colonião, de acordo com fracionamento protéico proposto por Sniffen et al. (1992)

Frações	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
B1 (%/h)	19,1[a]	11,8[b]	10,5[b]	2,2250	0,0891
B2 (%/h)	3,5	2,8	3,5	0,8073	0,7920
B3 (%/h)	2,4	2,3	2,6	0,4995	0,9539
B1+B2[2] (%/h)	7,7	6,0	6,2	1,3860	0,7028

[a, b,] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Broderick et al. (1995)

Os valores das taxas de degradação para as frações B1, B2 e B3 observados no presente estudo foram muito menores que os valores relatados na biblioteca tropical do CNCPS v.5 para o capim Guiné (Panicum maximum). Esta diferença pode se dever ao manejo do pasto e principalmente ao método de amostragem adotado. No presente estudo, foram colhidas amostras do estrato pastejável (acima de 40 cm de altura) enquanto que na biblioteca do CNCPS as amostras foram colhidas com cortes ao nível do solo. O material colhido no presente estudo era representado quase que exclusivamente por folhas verdes, com praticamente zero de material senescido e muito pouco colmo. Amostras colhidas ao nível do solo, normalmente apresentam elevada proporção de colmos e proporções variáveis de material senescido, que podem alterar as características da PB da planta. Tedeschi et al. (2002) trabalharam com amostras de planta inteira de *Panicum maximum* e reportaram para as frações B2 e B3 valores de taxas de degradação de 14,0%/h e 6,8%/h respectivamente. Juarez Lagunes et al. (1999) reportaram para o capim Colonião colhido na forma de planta inteira, taxa de degradação de 5,1%/h para a fração B3. Vieira et al. (2000a), ao estudarem pastagens nativas, encontraram valores de taxa de degradação de 3,2%/h e 0,08%/h para as frações B2 e B3, respectivamente.

3.3.6 Degradação ruminal *in situ* das frações do capim Colonião

Os dados da degradabilidade *in situ* da MS do capim Colonião estudados na primavera, verão e outono são apresentados na tabela 3.9.

Não houve variação nas frações de MS e nas taxas de degradação entre as estações do ano (P>0,1). Entretanto, a degradação efetiva da MS foi maior no verão que no outono (P<0,1).

Os valores de DE observados foram baixos, provavelmente em decorrência do elevado teor de FDN da forragem. Este é mais um indício de que a altura de 90 cm para o capim Colonião é excessiva.

Tabela 3.9 - Composição das frações de MS (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Colonião, estudados nas 3 estações do ano, utilizando modelo de regressão simples

Variáveis	**Estações**			**EPM[1]**	**Pr > |t|**
	Primavera	**Verão**	**Outono**		
Fração A[2] (%)	19,8	19,8	18,9	0,8798	0,6228
Fração B[3] (%)	52,8	54,4	56,5	2,7630	0,6666
Fração C[4] (%)	27,4	25,8	24,6	2,2470	0,7428
Kd[5] (%/h)	4,3	4,6	3,6	0,4194	0,3618
Lambda[6] (%/h)	3,4	3,6	2,9	0,2071	0,1494
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	2,8	3,0	2,3	0,2152	0,1765
DE[8] (%)	45,4[ab]	47,3[a]	43,3[b]	0,6508	0,0068

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da MS, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Romero (2008) trabalhou com capim Elefante manejado com intervalos variáveis de desfolha (com base em 95% de IL) e obteve valores médios de DE da MS para as estações de primavera, verão e outono de 53,67%, 53,88% e 55,90%, respectivamente, tendo adotado o valor de 5%/h para a taxa de passagem (kp). Prado et al. (2004) trabalhou com amostras de planta inteira de capim Mombaça coletado a cada 28 dias na estação de verão e obteve valor médio de DE de 30,0%(Kp = 5%/h). Balsalobre et al. (2003a) trabalhou com capim Tanzânia irrigado e coletado em diferentes alturas de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), durante as estações de verão, outono e primavera e obteve para estas estações os valores médios de DE de 53,98%, 51,47% e 51,11% (Kp = 3,5%/h).

Os dados da degradabilidade *in situ* da PB do capim Colonião estudados na primavera, verão e outono são apresentados na tabela 3.10.

Os valores das variáveis estimadas pelo modelo de regressão não variaram (P<0,05) entre as estações do ano. Diferentemente do observado com o fracionamento protéico para uso no CNCPS proposto por Sniffen et al. (1992), as frações protéicas determinadas pela metodologia *in situ* para o capim Colonião não foram afetadas pelas estações do ano.

Tabela 3.10 - Composição das frações de PB (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Colonião, estudados nas 3 estações do ano, utilizando modelo de regressão simples

Variáveis	**Estações**			**EPM[1]**	**Pr > |t|**
	Primavera	**Verão**	**Outono**		
Fração A[2] (%)	30,7[b]	43,2[ab]	48,4[a]	3,5960	0,0545
Fração B[3] (%)	48,3	43,6	38,7	3,8160	0,3152
Fração C[4] (%)	21,0	13,2	12,9	2,1150	0,1206
Kd[5] (%/h)	3,8	4,4	3,1	0,5625	0,1871
Lambda[6] (%/h)	3,2	3,7	2,5	0,3262	0,1031
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	2,6	3,0	2,1	0,2847	0,1082
DE[8] (%)	62,5	65,4	58,0	2,7470	0,3528

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da PB, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Os valores da fração A (fração solúvel) variaram de 30,7 a 48,4%, sendo maior no outono e menor na primavera (P<0,1). Não houve variação para as demais frações entre as estações do ano (P>0,1). O aumento na proporção da fração A na PB do capim Colonião da primavera para o outono pode ter sido causado por alterações na composição morfológica da planta. A proporção de folhas diminuiu enquanto a proporção de colmos e de material morto aumentou da primavera para o outono. Quando a folha entra em senescência, aumenta a ocorrência de proteólise, devendo aumentar a participação da fração de proteína solúvel, ou seja, a fração A em detrimento da fração B.

Os valores de taxa de degradação da fração protéica B observados para o capim Colonião, foram baixos, resultando em valores também baixos de DE para essa forrageira. Esses valores de taxa de degradação e de DE não estão de acordo com o conceito bastante difundido de que a proteína bruta de pastos tropicais tem alta degradabilidade ruminal. Os valores aqui reportados de taxa de degradação e de DE da PB do capim Colonião são muito inferiores aos valores reportados no NRC (2001) para gramíneas de clima temperado e de clima tropical.

Ítavo et al. (2002) trabalharam com feno de capim Coast-cross e de capim Tifton-85, ambos incubados *in situ*, e obtiveram os seguintes valores de DE (kp 2%/h) e kd para o feno de Coast-cross 70,75% e 3,3.h^{-1}, respectivamente, e, para o feno de Tifton-85 os seguintes valores de DE (kp 2%/h) e kd, 67,11% e 3,5.h^{-1}, respectivamente. O mesmo autor ao simular a DE com uma taxa de passagem maior (5%/h) obteve valores de 60,19% e 55,09%, para os fenos de Coast-cross e Tifton-85, respectivamente. Martinez (2008) trabalhou com capim Elefante sob intervalo de desfolha fixo (23 dias) e reportou valores médios de DE e kd de 70,7% e 5,8%/h, respectivamente. Prado et al. (2004) trabalhou com capim Mombaça coletado a cada 28 dias na estação de verão e adotando o valor de 5%/h para a taxa de passagem (kp), obteve valores médios de DE de 53,1% com Kd de 1,8%/h, respectivamente. Romero (2008) trabalhou com capim Elefante manejado com intervalos variáveis de desfolha (com base em 95% de IL) e obteve valores médios de DE (kp=2%/h) e kd, para as estações de primavera, verão e outono de 78,5% e 5,58%/h, 74,8% e 5,04%/h, e 74,5% e 5,82%/h, respectivamente.

Os dados da degradabilidade *in situ* da FDN do capim Colonião estudados na primavera, verão e outono são apresentados na tabela 3.11.

As frações e as taxas de degradação da FDN estimadas pelo modelo de regressão não variaram (P>0,1) entre as estações do ano. Entretanto, a DE e o valor de lambda foi maior no verão e menor no outono (P<0,1). As diferenças na DE da FDN não podem ser explicadas pelas concentrações de lignina na forragem, que não variaram entre as estações do ano.

Tabela 3.11 - Composição das frações de FDN (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Colonião, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão simples

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração B[2] (%)	64,1	66,23	67,61	1,7140	0,4666
Fração C[3] (%)	28,2	27,23	25,71	2,5020	0,8080
Fração Bp (%)	69,5	70,8	72,6	2,4470	0,7086
Fração Cp (%)	30,5	29,2	27,4	2,4470	0,7086
Kd[5] (%/h)	4,4	4,7	3,7	0,4305	0,2336
Lambda[6] (%/h)	3,6[ab]	4,0[a]	3,1[b]	0,2569	0,0831
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	3,0	3,3	2,5	0,2387	0,1048
DE[7] (%)	34,5[ab]	37,0[a]	32,3[b]	0,9271	0,0154

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração potencialmente degradável
[3]Fração indigestível
[4] Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[5] Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[6] Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[7] Degradabilidade Efetiva da FDN, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Balsalobre et al. (2003) trabalharam com capim Tanzânia irrigado e coletado em diferentes alturas de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), durante as estações de verão, outono e primavera e obtiveram para estas estações os valores médios de DE de 51,77%, 47,38% e 43,61%, respectivamente (Kp = 3,5%/h). Prado et al. (2004) trabalharam com capim Mombaça coletado a cada 28 dias na estação de verão e obtiveram valor médio de DE de 29,0% (Kp = 2%/h). Martinez (2008) trabalhou com capim Elefante sob intervalo de desfolha fixo (23 dias) e reportou valores médios de DE de 44,94%. Malafaia et al. (1998) trabalharam com amostras de planta inteira dos capins Marandu, Elefante e Tifton-85 aos 60 dias de rebrota e reportaram valores para a DE (kp de 3%/h) de 23,0%, 24,9% e 29,4%, respectivamente. Esses mesmos autores reportaram valores para kd de 2,5%/h, 3,2%/h e 3,6%/h, para os capins Marandu, Elefante e Tifton-85, respectivamente.

Na seqüência são apresentadas três tabelas com as frações de MS (tabela 3.12), PB (tabela 3.13) e FDN (tabela 3.14), com os dados apresentados obtidos a partir de regressão robusta. Nesse método são realizados ajustes, onde o modelo utiliza critérios estatísticos para atribuir pesos menores aos valores discrepantes, sendo esses fatores controláveis ou não. Os valores obtidos foram muito próximos (variam

aproximadamente 3 pontos percentuais) daqueles já discutidos quando se utilizou o modelo de regressão simples.

Tabela 3.12 - Composição das frações de MS (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Colonião, estudados nas 3 estações do ano

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[2] (%)	19,82	19,85	18,92	0,8798	0,6228
Fração B[3] (%)	56,64	56,14	58,37	1,6340	0,6625
Fração C[4] (%)	23,54	24,01	22,71	1,2390	0,8274
Kd[5] (%/h)	3,3	3,6	3,2	0,1810	0,3935
Lambda[6] (%/h)	5,3	4,1	3,2	0,9284	0,4566
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	2,8	2,8	2,4	0,1727	0,3677
DE[8] (%)	47,2	47,0	44,8	1,1830	0,4176

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da MS, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Tabela 3.13 - Composição das frações de PB (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Colonião, estudados nas 3 estações do ano

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[3] (%)	30,73[b]	43,22[ab]	48,37[a]	3,5960	0,0545
Fração B[2] (%)	46,28	43,38	38,07	3,9120	0,4791
Fração C[4] (%)	22,99	13,40	13,56	2,6980	0,1525
Kd[5] (%/h)	5,1	4,3	4,7	0,6213	0,7325
Lambda[6] (%/h)	4,5	6,6	2,4	2,6250	0,6207
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	3,8	3,3	3,0	0,4895	0,6326
DE[8] (%)	63,2	65,7	62,2	2,6290	0,7349

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da PB, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Tabela 3.14 - Composição das frações de FDN (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Colonião, estudados nas 3 estações do ano.

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração B[2] (%)	66,34	65,54	66,46	1,8670	0,9486
Fração C[3] (%)	25,96	27,92	26,85	2,4580	0,8968
Fração Bp (%)	71,89	70,10	71,34	2,4240	0,9065
Fração Cp (%)	28,11	29,90	28,66	2,4240	0,9065
Kd[4] (%/h)	4,5	4,6	4,5	0,6504	0,9986
Lambda[5] (%/h)	39,6	65,9	42,1	8,4130	0,2414
kd comparável ao NRC[6] (%/h)	3,6	3,7	3,4	0,3793	0,8499
DE[7] (%)	39,2	38,9	36,9	1,4930	0,5944

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração potencialmente degradável
[3]Fração indigestível
[4]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[5]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[6]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[7]Degradabilidade Efetiva da FDN, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

3.4 Conclusões

À medida que a estação avança da primavera para o outono, a massa de forragem (material coletado a 5 cm do solo) do capim Colonião apresentou redução na proporção de folhas e aumento na proporção de colmos e material morto. Essas alterações morfológicas negativas da massa de forragem ao longo das estações do ano não são acompanhadas por alterações negativas na composição química-bromatológica das amostras de estrato pastejável.

As frações protéicas (determinadas quimicamente - CNCPS) das amostras de estrato pastejável do capim Colonião variaram entre as estações do ano, porém as taxas de degradação dessas frações são muito pouco afetadas.

De acordo com a determinação *in situ* ocorre variação numérica grande entre as frações ao longo do ano, porém o elevado erro padrão observado limita a detecção de diferenças estatísticas, o que não ocorre para o fracionamento químico.

O capim Colonião adubado com altas doses de N e elevados teores de PB, apresenta 70% da sua proteína, sob forma de proteína verdadeira. As taxas de

degradação da fração B são baixas e a DE da PB em torno de 62%. Esses pastos são deficientes em carboidratos não fibrosos para a otimização da PB.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – **AOAC**. Official methods of analysis. 15 ed. Arlington; 1990. v.1, 1117p.

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. et al. 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.

BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a freqüências e intensidades de pastejo**. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; SILVA, S.C. da; ZIMMER, A.H.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e freqüência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.329-340, 2007.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica. Comissão de solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 634 p, 1960.

BRODERICK, G.A. Methodology for the determining ruminal degradability of feed proteins In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, 1995. ***Anais...*** Viçosa: DZO, 1995. p.139-176.

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

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas pela incubação com proteases ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.2316-2324, 2000b.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.8, p.777-781, 2005.

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. 136 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

COOPER, J. P. Physiological and morphological advances for forage improvement. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14, 1981, Lexington. **Proceedings...** Boulder: Westview, 1983. p. 69-76.

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.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p. (Produção de Informação).

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,** Savoy, v.70, p.3578-3596, 1992.

FUKUSHIMA, R.S., DEHORITY, B.A. Feasibility of using lignin isolated from forages by solubilization in acetyl bromide as a standard for lignin analyses. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, p.3135-3143, 2000.

HUMPHREYS, L.R. **Tropical pasture utilisation**. 1.ed. Australia: Cambridge University Press, 206p, 1991.

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.

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.

JUAREZ LAGUNES, F.I.; FOX, D.G.; BLAKE, R.W.; PELL, A.N. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, p.2136-2145, 1999.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; PEREIRA J.C. 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.

MARTINEZ, J.C. **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. 351 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas**. 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 242p., 1996.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 381p., 2001.

NELSON, C.J., MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: **Forage Quality, Evaluation, and Utilisation**. Ed.: Fahey, G.C., Collins, M., Mertens, D.R. and Moser, L.E. American Society of Agronomy, Madison, p.115-154, 1994.

NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.71, p.2070-2107, 1988.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 15, 1998, Piracicaba. **Manejo de pastagens de Tifton, Coastcross e Estrela. Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p . 203-242.

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**, Savoy, v.71, n.5, p.1298-1311, 1993.

ØRSKOV, 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.

PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and average rate of growth in a rotational grazed sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.43, p.15-27, 1988.

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.

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.

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.

REIS, R.A.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; FREITAS, D.; MELO, G.M.P.; BALSALOBRE, M.A.A. Suplementação protéico-energética e mineral em sistemas de produção de

gado de corte nas águas e nas secas. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE: PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5, 2004, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 171-226.

ROMERO, J.V. **Compostos nitrogenados e de carboidratos em pastos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Cameroon manejados com intervalos de desfolhação fixos e variáveis.** 2008. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

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**, Savoy, v.70, p.3551-3561, 1992.

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.; SANTOS, M.V. **O Brasil e a nova era do mercado de leite:** compreender para competir. Uberlândia: Impressão Gráfica Rio Pedrense, 2007b. p. 249-300.

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

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Ecofisiologia de plantas forrageiras e o manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p. 153-176.

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

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.

VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p. 267-337.

VAN SOEST P J; WINE R H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.50, p.50-55, 1967.

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, 2000a.

VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, Tokyo, doi:10.1016/j.jtbi.2008.08.014., 2008a.

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.** 2006.198 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

WINTER, K.A.; JOHNSON, R.R.; DEHORITY, B.A. Metabolism of urea nitrogen by mixed cultures of rumen bacteria grown on cellulose. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.47, p.793-797, 1964.

4 VALOR NUTRITIVO E CINÉTICA RUMINAL DO CAPIM MARANDU MANEJADO INTESIVAMENTE DURANTE A PRIMAVERA, VERÃO E OUTONO

Resumo

O presente estudo teve por objetivo caracterizar a composição morfológica e químico-bromatológica, assim como as frações de carboidratos e de proteínas e as taxas de degradação das frações potencialmente degradáveis para PB (*in situ* e *in vitro*) e para FDN e MS (*in situ*), em amostras de estrato pastejável de pastagem de Marandu manejada com altas taxas de lotação e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) durante a primavera, verão e outono. Foram utilizados 3 piquetes de 0,26 ha cada, os quais foram adubados com 260 kg de N/ha entre os meses de avaliação. O critério para a entrada dos animais nos piquetes foi quando estes atingiram 25 cm de altura (interceptação luminosa não relatada na literatura) e o resíduo pós-pastejo foi de 15 cm. As amostras de forragem para a determinação da massa de forragem e composição morfológica representou a média de 2 pontos do piquete (0,5m^2), cortado a 5 cm do solo. As amostras de estrato pastejável para determinar a composição químico-bromatológica, as frações de carboidrato e proteína, assim com as taxas de degradação da MS, FDN e PB (*in situ* e *in vitro*), representou a média de 20 pontos por piquete. Foi coletado todo o estrato do dossel acima da altura de resíduo pós-pastejo (15 cm). As análises para os dados do fracionamento de nutrientes, análises químico-

bromatológicas, degradabilidade *in situ* e as mensurações realizadas no pasto foram realizadas utilizando-se o PROC MIXED do sistema estatístico SAS. A estação do ano causou variação (P<0,05) para a massa de forragem, para os teores de MS, FDN, FDA, EE, MM e para as frações A+B1 e CHOT. Apenas a fração B1 das frações protéicas foi afetada (P<0,1) entre as estações do ano. Os valores das taxas de degradação da proteína (B1, B2 e B3) não variaram (P<0,1) entre as estações do ano. As variáveis estimadas pelo método *in situ* para MS, PB e FDN não variaram (P<0,1) entre as estações do ano. Pastagens de capim Marandu, quando manejadas com doses altas de N para a obtenção de taxas elevadas de lotação e com ID determinados pela altura de 25 cm na entrada dos pastos (95% de IL) apresentam alto potencial de produção de forragem de boa qualidade. Maior produção é observada durante o verão, com pouca variação qualitativa entre as estações do ano. O capim Marandu apresenta 70% ou mais da sua proteína, como proteína verdadeira. As taxas de degradação da fração B são baixas e a DE em torno de 69%. Entretanto, os teores elevados de proteína bruta, com alta degradabilidade ruminal são acompanhados por teores baixos de carboidratos de alta fermentabilidade ruminal, o que deve limitar e eficiência de uso dessa proteína.

Palavras chave: Frações protéicas e de carboidratos; Cinética ruminal; Valor nutritivo de forragens tropicais

Abstract

This study aimed to characterize the morphological and chemical composition, as well as the fractions of carbohydrates and proteins and the rates of degradation of potentially degradable fractions of CP (*in situ* and *in vitro*) and NDF and DM (*in situ*) in samples of grazed stratum Marandu managed grazing with high stocking rates and grazing variable intervals (95% LI) during spring, summer and fall. We used 3 paddocks of 0.26 ha each, which were fertilized with 260 kg N/ha between the months of evaluation. The criterion for entry of animals in the paddocks was when they reached 25 cm in height (light interception not reported in the literature) and the stubble was 15 cm. Forage samples for the determination of herbage mass and morphological composition represents the average of 2 points of pasture (0.5 m^2), cut to 5 cm of soil. Samples of grazed stratum to determine the chemical composition, the fractions of carbohydrate and protein, as did the rate of degradation of DM, NDF and CP (*in situ* and *in vitro*), represented the average of 20 points per paddock. We collected the entire canopy above the height of stubble (15 cm). The data analysis for the fractionation of nutrients, chemical analysis, qualitative, and in situ measurements carried out in the pasture were performed using the PROC MIXED of SAS statistical system. statistical effects were found among season for forage mass yield, DM, NDF, ADF, fat and ash, A+B1 and TC fractions (P<0.05). Only B1 protein fraction was affected (P<0.1) by seasons. Values of protein fractions degradation rates (B1, B2 and B3) did not differ (P<0.1) among seasons. Estimation of *in situ* degradability of DM, CP and NDF did not differ (P<0.1) among seasons. Pastures of Marandu, when managed with high doses of N to achieve high rates of stocking and ID determined by the height of 25 cm at the entrance of the

pasture (95% LI) have a high potential to produce good quality forage. Increased production is observed during the summer, with little variation in quality between the seasons. The Marandu grass has 70% or more of its protein, as true protein. The rates of degradation of fraction B are low and DE around 69%. However, high levels of crude protein, high degradability are accompanied by low levels of carbohydrates, high ruminal fermentability, which should limit the use and efficiency of this protein.

Keywords: Protein and carbohydrates fractions; Ruminal kinetics; Nutritional value of tropical forage

4.1 Introdução

Em sistemas de produção em pasto, o desempenho animal é determinado pela ingestão de forragem, a qual é influenciada por vários fatores como, composição química, estrutura do pasto e oferta de forragem, dentre outros (REIS et al., 2004). O manejo correto da planta forrageira pode afetar diretamente esses fatores. A estratégia de controle do pastejo por meio da meta de 95% de interceptação de luz (IL) pelo dossel forrageiro resulta em pastos com maior proporção de folhas e menor proporção de colmos e material morto, quando comparados a pastos manejados com intervalos fixos de desfolha (PEDREIRA, 2006). Esta alteração na estrutura do pasto pode favorecer o consumo de forragem, a qualidade da forragem consumida e a eficiência de colheita de forragem. O aumento no consumo de forragem de melhor qualidade resulta em maior ganho de peso ou produção de leite dos animais, ao passo que a melhor eficiência de colheita de forragem pode resultar em aumento da capacidade de suporte dos pastos. A combinação de maior ganho de peso ou produção de leite, com maior lotação dos pastos resulta em maior produção de carne ou de leite por área (REIS et al., 2004).

Os atuais sistemas ou modelos nutricionais como o NRC (1996; 2001) e o CNCPS ((FOX et al., 1992; RUSSEL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; O'CONNOR, 1993),) exigem informações cada vez mais detalhadas e precisas da composição bromatológica dos alimentos para predições corretas de desempenho animal. O valor energético do alimento é afetado principalmente pelos teores de FDN, de lignina e de cinzas do alimento. A determinação das frações de carboidratos dos alimentos e de suas taxas de degradação ruminal e de digestão intestinal é importante para a

estimativa precisa da quantidade de energia fermentável no rúmen e quantidade de carboidrato digerido no intestino. Por sua vez, a estimativa correta do fluxo de proteína metabolizável para o intestino do animal depende do cálculo preciso da produção de proteína microbiana e da passagem de proteína dietética para o intestino. Para estimativa correta desses valores é necessário fornecer informações precisas da degradabilidade das frações protéicas do alimento.

A quase totalidade dos dados de forragens tropicais presentes nas bibliotecas de alimentos referem-se a plantas forrageiras colhidas por corte mecânico ao nível do solo, muitas vezes de plantas não adubadas e com intervalos entre cortes muito longos, traduzindo-se normalmente em forragem de baixa qualidade. Na última década tem havido considerável avanço no conhecimento de práticas mais adequadas de manejo intensivo de pastagens tropicais (SBRISSIA et al., 2007). A adubação das pastagens com doses elevadas de nitrogênio visando altas taxas de lotação e a substituição do critério de manejo com base em intervalos fixos de desfolha pelo critério de intervalos variáveis determinados pela interceptação de 95% da luz solar, têm permitido a colheita de forragem com alto valor nutricional pelo animal. Amostras do estrato pastejável de plantas tropicais manejadas como citado acima têm apresentado teores de proteína bruta de até 22% da MS (SANTOS et al., 2007b).

Dados das frações de carboidratos e de proteínas de amostras do estrato pastejável de pastagens tropicais manejadas com doses altas de nitrogênio e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) são escassos na literatura. Diante disso, justifica-se a condução do presente ensaio que tem por objetivo caracterizar a composição morfológica e químico-bromatológica, assim como as frações de carboidratos e de proteínas e as taxas de degradação das frações protéicas potencialmente degradáveis, em amostras de estrato pastejável de pastagem de Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) manejada com altas taxas de lotação e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) durante a primavera, verão e outono.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Área experimental e tratamentos impostos ao capim Marandu

O estudo foi conduzido em área experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (USP-ESALQ), em Piracicaba, São Paulo. As coordenadas geográficas do município são 22°43' de latitude Sul, 47°25' de longitude Oeste e 580 metros de altitude. O clima da região de Piracicaba é classificado como mesotérmico úmido, subtropical de inverno seco, classificado como Cwa, com temperaturas médias inferiores a 18°C nos meses mais frios e superiores a 22°C durante a estação mais quente do ano (BRASIL, 1960). O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho eutroférrico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 1999). A tabela 4.1 apresenta os dados climáticos da área experimental, que foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da USP/ESALQ.

Tabela 4.1 - Dados climáticos da área experimental

Mês-Ano	RG[1] (cal/cm.d)	I[2] (h/d)	P[3] (mm)	UR[4] (%)	T máxima[5] (grau ºC)	T mínima[6] (grau ºC)	T média[7] (grau ºC)
Ago-06	348	7.4	17.4	76	29.4	11.9	20.7
Set-06	370	6.3	54.7	67	28.3	13.5	20.9
Out-06	452	6.6	80.3	80	29.6	17.0	23.3
Nov-06	478	6.5	200.2	78	30.4	17.8	24.1
Dez-06	489	6.0	251.7	89	30.1	19.8	25.0
Jan-07	374	3.8	267.0	87	29.3	20.1	24.7
Fev-07	505	7.3	241.9	84	31.6	19.3	25.5
Mar-07	471	7.7	80.5	92	32.5	19.0	25.8
Abr-07	388	7.0	36.8	85	30.1	17.7	23.9
Mai-07	333	6.8	58.4	90	25.9	12.8	19.4

1- Radiação Global; 2- Insolação; 3- Precipitação pluviométrica; 4- Umidade relativa; 5- Temperatura máxima; 6- Temperatura mínima; 7- Temperatura média
Fonte: Estação Agrometereológica Convencional - USP/ESALQ

4.2.2 Medições no pasto e coleta de amostras de forragem

Foi realizada avaliação comparativa do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) quanto a sua composição morfológica, produção de massa (kg.ha^{-1}) e composição químico-bromatológica, entre as estações da primavera (outubro e

novembro de 2006), verão (fevereiro e março de 2007) e outono (abril de 2007). Os 8,5ha de pastagem (3 piquetes de 0,26ha cada) foram manejados de forma intensiva com lotação animal entre 4 a 9 UA/ha durante o período acima referido e adubado com 37 kg de N/ha por ciclo de pastejo, perfazendo total de 260 kg de N/ha entre os meses de avaliação.

O critério para a entrada dos animais nos piquetes, cujo tamanho era de 0,26ha foi quando estes atingiram 25 cm de altura (95% de interceptação luminosa para o capim Marandu) (Souza Junior, 2007) e o resíduo pós-pastejo foi de 15 cm. Este valor foi utilizado para a coleta de amostras de estrato pastejável (amostra de forragem colhida manualmente de maneira mais semelhante possível àquela colhida pelos animais).

Para a medida de altura do dossel e coleta das amostras de forragem foram utilizados 3 piquetes e foi traçado um caminhamento dentro dos mesmos, sendo esse a maior diagonal do piquete. Minutos antes da entrada dos animais no piquete, eram realizadas as coletas de amostras de estrato pastejável, ou seja, o estrato entre 15 e 25 cm de altura.

4.2.2.1 Preparo da amostra para determinação da matéria seca e composição morfológica

As amostras de forragem para a determinação da massa de forragem e composição morfológica foram coletadas em três épocas do ano (primavera, verão e outono). Cada amostra representou a média de 2 pontos do piquete (as coletas foram realizadas utilizando-se dois quadrados de 0,5m^2 por piquete, contabilizando 1m^2, cortado a 5 cm do solo. Nos 2 pontos do piquete onde as amostras foram coletadas, a altura do dossel era representativa da altura média do piquete, que era de 25 cm. A amostra de forragem de cada período foi pesada fresca, e então foram retiradas duas subamostras de aproximadamente 500g (base úmida) para cada avaliação. A primeira foi seca em estufa a 55ºC por 72 horas, para determinação da matéria seca do material. A segunda subamostra foi separada em folha, haste e material morto. As 3 frações foram pesadas e posteriormente secas em estufa a 55ºC por 72 horas para a

determinação da matéria seca do material e posterior cálculo da porcentagem dos componentes morfológicos da planta.

4.2.2.2 Preparo da amostra e determinação das análises químico-bromatológicas

As amostras de estrato pastejável também foram coletadas em três épocas do ano (primavera, verão e outono). Cada amostra representou a média de 20 pontos por piquete. Foi coletado todo o estrato do dossel acima da altura de resíduo pós-pastejo (15 cm). As amostras de estrato pastejável foram secas em estufa a 55ºC por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey com peneira de malha de 1 mm, e analisadas para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) segundo a AOAC (1990), para fibra em detergente neutro (FDN) (sem adição de sulfito) e lignina segundo Van Soest et al. (1991) e para fibra em detergente ácido (FDA) (VAN SOEST et al., 1967). As análises para determinação de NIDN, NIDA e N-solúvel e NNP foram feitas segundo Krishnamoorthy (1982). 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.*

4.2.3 Determinação da degradabilidade *in situ*

Para determinação das frações protéicas A, B e C (NRC, 2001), foi realizado ensaio de degradabilidade *in situ* utilizando-se 3 vacas secas (com aproximadamente 480 kg de PV) e fistuladas no rúmen. Cerca de 6,0 g de matéria seca da forragem (estrato pastejável) foram moídos a 5 mm e acondicionados em sacos de náilon (medindo aproximadamente 10 x 15 cm) respeitando a relação 20 mg/cm^2 (NOCEK, 1988) e porosidade de 50 µm (BOWMAN et al., 1991). Os sacos foram incubados em quadruplicatas (que posteriormente formaram uma única amostra de cada tempo) no rúmen por 0, 3, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 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 0,6 mm. Amostras dos tratamentos (estações do ano) foram

incubadas após 10 dias de adaptação dos animais com dieta composta exclusivamente de feno de Tifton-85 (tabela 4.2).

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 em uma máquina de lavar ("tanquinho") com água corrente, de maneira a reduzir a variação que ocorre na lavagem manual dos sacos, devido à manipulação por diferentes indivíduos (Campos et al., 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 55ºC, onde permaneceram por 48 horas, sendo então, transferidos para dessecador. Após esses 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 1 mm de diâmetro para posteriores determinações químico-bromatológicas.

Tabela 4.2 - Composição químico-bromatológica do feno de Tifton-85, utilizado na alimentação dos animais durante o período de ensaio de degradabilidade *in situ*

Composição Bromatológica (% MS)	**Feno de Tifton-85**
MS	84,2
FDN	64,7
FDA	31,6
LIG	4,8
PB	9,8
MM	7,1
EE	1,3

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 et al. (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 químico-bromatológicas das frações de MS, PB e FDN foram obtidos através do modelo denominado Generalized Compartmental Model of Digestion (GCMD), cuja equação de regressão utilizada foi (VIEIRA et al., 2008a):

$$R(t) = \tilde{A}_{NDF}\left\{ \delta_a^{N_a} \exp(-k_d t) + v \exp(-\lambda_a t) \times \sum_{i=0}^{N_a-1} \left[\left(1 - \delta_a^{N_a-i}\right)(\lambda_a t)^i \Big/ i! \right] \right\} + U_{NDF}$$

onde,

R(t) = FDN residual equivalente ao montante de fibra incubada;

$\tilde{A}_{FDN}$ = 1- U_{FDN} (forma indisponível da fração potencialmente digestível da FDN);

δ^{Na}_a = $\lambda_a/(\lambda_a - kd)$;

λ_a = tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido (h^{-1});

kd = taxa de degradação das frações (h^{-1});

t = tempo (h);

v = variável a qual é atribuído o valor 0 ou 1 sob condições especificas;

N_a = interação positiva do modelo tempo-dependente com o tempo de preparo do $\tilde{A}_{FDN}$ para a digestão;

i = índice que denota a ordem de dependência do tempo que varia conforme o N_a ou N_b;

U_{FDN} = fração indigestível da FDN.

Para as componentes MS e PB temos as seguintes frações (A, B e C) e para a componente FDN temos as seguintes frações (B e C ou Bp e Cp, onde Bp é quanto a fração B representa do total e Cp é quanto a fração C representa do total). Essa equação de regressão também foi utilizada, para o que foi denominado de regressão robusta. Na análise de regressão robusta incluiu-se no modelo o valor de sigma, o qual foi adotado como desvio padrão residual para otimização do método dos quadrados mínimos não-lineares. A regressão robusta utiliza critérios estatísticos para atribuir "pesos" menores para valores muito discrepantes ou fatores não controlados. O risco de se utilizar essa forma de regressão é quando a variável não é um fator controlável e sim um erro sistemático (análises laboratoriais).

Para estimar os valores de degradabilidade efetiva, utilizou-se para a taxa de passagem (kp) o valor de 3%/h, com base nos dados de Martinez (2008) com capim Elefante.

4.2.4 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 foi obtida pelo tratamento da amostra (0,5g) com 50 ml de água destilada por 30 minutos e pela adição subseqüente de 10 ml de ácido tricloroacético (TCA) a 10% por mais 30 minutos (KRISHNAMOORTHY et al., 1982). Em seguida o resíduo foi filtrado em papel de filtro (Whatman 54) e determinou-se o nitrogênio residual, adicionando-se aproximadamente 8 g de mistura digestora (50 g de sulfato de cobre e 500 g de sulfato de potássio ou sódio) e 25 mL de H_2SO_4. Em seguida realizou-se a digestão do material em equipamento macro-Kjeldahl, sendo que ao final desta etapa a solução deveria apresentar coloração esverdeada clara. Após a solução estar em temperatura ambiente, adicionou-se 200 mL de H_2O destilada e novamente deixou-se a amostra esfriar. Colocou-se 30 mL se ácido bórico (84 g dissolvidos em 2L de H_2O destilada) mais indicadores (0,25 g de verde de bromocresol, 0,25 g de vermelho de metila dissolvidos por álcool etílico em balão volumétrico de 250

mL) na saída do condensador. Adicionou-se 2 ou 3 grânulos de zinco metálico e 70 mL de NaOH (15N) para se fazer a destilação. Esta foi concluída quando ocorreu a viragem da solução de borato de amônio (fixação da amônia com a solução de ácido bórico + indicadores), passando de coloração rósea para verde e sofrendo duplicação do volume inicial. Ao término da destilação, procedeu-se a titulação com ácido clorídrico (0,1N). Pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio residual foi obtida a fração A, a qual pode ser expressa pela seguinte equação (4.1):

$$A(\%PB) = NNP(\%NSol.) - N\ Sol.(\%PB) \qquad (4.1)$$

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 $NaH_2PO_4.H_2O$ + 8,91g de $Na_2B_4O_7.10H_2O$). As amostras foram levadas ao banho-maria, permanecendo por 1 hora à 39ºC., e então, foram filtradas em papel-filtro, sendo realizada a análise de nitrogênio residual insolúvel em tampão borato-fosfato (TBF), da mesma forma como descrito anteriormente. 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 (4.2):

$$B1(\%PB) = NSolúvel(\%PB) - A(\%PB) \qquad (4.2)$$

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 (4.3):

$$B3(\%PB) = NIDN(\%PB) - NIDA(\%PB) \qquad (4.3)$$

A fração C foi determinada como sendo igual ao NIDA, equação (4.4).

$$C(\%PB) = NIDA(\%PB) \quad (4.4)$$

A fração B2 foi determinada por diferença conforme a equação (4.5):

$$B2(\%PB) = 100 - (A(\%PB)+B1(\%PB)+B3(\%PB)+C(\%PB)) \quad (4.5)$$

4.2.5 Fracionamento dos carboidratos conforme o CNCPS

Os carboidratos totais (CHOT) foram obtidos de acordo com a equação (4.6), na qual a somatória dos teores de PB, EE e MM são subtraídos da MS.

$$CHOT(\%MS) = 100 - (PB(\%MS) + EE(\%MS) + MM(\%MS)) \quad (4.6)$$

Os carboidratos dos capins em estudo foram divididos em 3 frações (A+B1, B2 e C), seguindo a metodologia descrita por Sniffen et al. (1992). A fração C, representada pela fibra indisponível, foi obtida através da seguinte equação (4.7):

$$C(\%CHOT) = FDN(\%MS)*(lignina\ (\%FDN)*2,4)/CHOT(\%MS) \quad (4.7)$$

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 (4.8):

$$B2(\%CHOT) = 100*(FDN(\%MS) - PIDN(\%PB)*0,01*PB(\%MS)) - C(\%CHOT)/CHOT(\%MS) \quad (4.8)$$

As frações A e B1, nada mais são que carboidratos não fibrosos (CNF), onde A representa carboidratos rapidamente fermentescíveis e B1 representa amido e fibra solúvel. Para calcular a fração A+B1, pode-se utilizar a equação (4.9):

$$A+B1(\%CHOT) = 100 - (B2(\%CHOT) + C(\%CHOT)) \quad (4.9)$$

4.2.6 Determinação da taxa de degradação *in vitro* das frações protéicas

As taxas de degradação das frações protéicas potencialmente degradáveis (B1, B2 e B3) foram obtidas *in vitro*, usando-se protease bacteriana originária do *Streptomyces griseus* (número catalográfico P-5147, Tipo XIV, Sigma Chemical Co., Saint Louis, Missouri, EUA). As amostras de capins (aproximadamente 0,5 *g*) foram incubadas por 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36 e 48 horas, em tubos de vidro (75 mL), mantidos em incubadora com mesa de agitação, à temperatura constante de 39 ºC. Antes de iniciar a incubação propriamente dita, eram adicionados 40 mL de solução-tampão à base de tetraborato de sódio ($Na_2B_4O_7$. $10H_2O$; 13,17 g L^{-1}) e fosfato de sódio monobásico ($NaH_2PO_4.H_2O$; 7,6 g L^{-1}), ajustado para pH 8, e mantidos dentro da incubadora a 39 ºC por uma hora, para hidratação e estabilização da temperatura. Enquanto isto se preparava a solução enzimática, cujo solvente usado era o mesmo tampão descrito anteriormente. Esta solução era preparada para conter uma atividade enzimática de 33 unidades mL^{-1}; desta solução-tampão eram tomados 10 mL para cada frasco que continha amostra. Assim, a atividade enzimática final passava para 6,6 unidades mL^{-1} (KRISHNAMOORTHY et al., 1983). Um frasco que continha apenas a solução-tampão e a solução enzimática era usado como branco. Ao final de cada tempo de incubação, removia-se o frasco correspondente e transferia-se quantitativamente, o seu conteúdo para um funil com papel-filtro (nº 541) quantitativo de filtragem rápida, utilizando aproximadamente 200 mL de H_20 destilada como veículo. Em seguida, o papel-filtro que continha o resíduo era transferido para um tubo do tipo macro-Kjeldahl para se determinar o teor de nitrogênio, segundo os mesmos passos descritos anteriormente para determinação do teor de nitrogênio. Uma vez obtidos os perfis de degradação da proteína bruta (PB) das amostras das diferentes gramíneas em cada período dentro de cada estação, procedia-se à interpretação matemática, por meio da técnica de “curve peeling”, para obtenção das estimativas das taxas de degradação, com base no modelo:

$$R(t) = \sum_{i=1}^{3} Bi \times \exp^{(-ci \times t)} + C$$

em que R(t) corresponde ao resíduo de incubação no tempo *t* (*h*); *Bi* (% PB), para *i* = 1, 2 e 3, corresponde às frações de proteína verdadeira potencialmente degradáveis; ci (h-1), para *i* = 1, 2 e 3, equivale às taxas de degradação das frações Bi; e C (% PB) corresponde à fração protéica indegradável, representada pela assíntota estabelecida no modelo, quando t → ∞ (VIEIRA, 1998).

Sniffen et al. (1992) ao propor o fracionamento protéico, dividiu a fração B (potencialmente degradável) em fração B1, B2 e B3, na qual a fração B1 apresenta alta degradabilidade, a fração B2 média degradabilidade e a B3 lenta degradabilidade. Essas taxas de degradação foram determinadas por meio de ensaio de degradabilidade *in vitro*, utilizando-se a protease *Streptomyces griseus*, a qual devido ao seu reduzido tempo de atuação (estabilidade de ação por 24h) torna-se difícil a diferenciação entre fração B2 e B3. Portanto Broderick et al. (1995) propôs que as taxas de degradação se dividisse em somente duas frações, sendo elas B1+B2 e B3.

4.2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas

Para os dados do fracionamento de nutrientes, análises químico-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 consideradas as estações do ano como tratamento. 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.

Para os dados do ensaio de degradabilidade "*in situ*" para determinação das frações protéicas A, B e C segundo o NRC (2001), foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados. Cada animal foi um bloco, em que foram incubadas amostras de capim das três estações do ano estudadas. 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. As médias ajustadas foram obtidas utilizando-se o método dos quadrados mínimos.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Intervalo de desfolha (ID)

Os valores de intervalo de desfolha, alturas pré e pós-pastejo e dias de ocupação são apresentados na tabela 4.3. Esses valores não foram analisados estatisticamente, pois não compunham fonte de variação nos experimentos.

Tabela 4.3 - Intervalo de desfolha, altura pré e pós-pastejo e período de ocupação

Variáveis	Primavera	Verão	Outono
		Marandu	
ID (dias)	22	19	24
Altura do dossel em pré-pastejo (cm)	26	25	25
Altura do dossel em pós-pastejo (cm)	16	15	15
PO (dias)	1	1	1

[1] Intervalo de desfolha
[2] Período de ocupação

4.3.2 Determinação da massa de forragem e composição morfológica

Na tabela 4.4 são apresentados os valores de massa de forragem e composição morfológica da massa de forragem do capim Marandu durante as estações estudadas.

A estação do ano causou variação (P<0,05) para a característica de massa de forragem, a qual foi maior durante a estação de verão.

Tabela 4.4 - Massa de forragem e composição morfológica da massa de forragem do capim Marandu nas estações de primavera, verão e outono

Composição Morfológica	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Massa de Forragem (kg MS/ha)	4974,47[b]	7321,80[a]	4097,67[b]	353,25	0,0099
% Folha (MS)	50	52,0	51,6	0,9149	0,3380
% Colmo (MS)	37	39,3	37,4	2,1263	0,7034
% Material Morto (MS)	13	8,7	11,0	1,4410	0,2155

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05)
[1] Erro Padrão da Média

Na mesma área Correia (2006) adotou intervalo de desfolha fixo (21 dias de janeiro a julho) e relatou valores médios de massa de forragem de 7260 kg MS.ha^{-1}. Trindade (2007) utilizou o critério de 95% de IL para manejar o capim Marandu (adubado com 190 kg de N.ha^{-1}) e relatou valores de massa de forragem de 5720 e 7180 kg de MS.ha^{-1}, para as estações de primavera e verão, respectivamente. Costa (2007) trabalhou na mesma área e também adotou o critério de 95% de IL para manejo dos pastos. O autor reportou valor médio de massa de forragem de 5111 kg MS.ha^{-1} entre os meses de dezembro a maio. Os valores de massa de forragem obtidos no presente estudo e os relatados pelos outros autores acima, são indicativos do alto potencial de produção de forragem do capim Marandu.

A participação dos componentes morfológicos da planta (folha, colmo, material morto) na massa de forragem não variou (P>0,05) com as estações do ano. A planta forrageira apresentou alta proporção de folhas e baixa proporção de material morto. Esse padrão de resposta pode ser explicado pelo controle adequado do crescimento da planta quando se adota o critério de 95% de IL para manejo de pastos tropicais, conforme relatado por Sbrissia (2004) e por Zeferino (2006). Costa (2007) relatou composição morfológica para o capim Marandu na mesma área e com mesmo critério de manejo semelhante à do presente estudo. Por outro lado, Correia (2006) relatou baixa proporção de folhas (30,53 e 37,25%) e alta proporção de material morto (36,74 e 27,41%), quando manejou o capim Marandu na mesma área com intervalos de desfolha fixos de 21 e de 30 dias entre os meses de janeiro a julho. A proporção de colmos não variou muito entre o critério de manejo por IL de 95% no presente estudo e

em Costa (2007) em comparação ao critério de intervalos fixos de desfolha no trabalho de Correia (2006).

4.3.3 Composição químico-bromatológica

Os valores de composição químico-bromatológica nas estações estudadas encontram-se na tabela 4.5.

Os teores de MS, FDN, FDA, EE e MM variaram (P<0,05) conforme as estações do ano.

Tabela 4.5 - Composição químico-bromatológica de amostras de estrato pastejável do capim Marandu nas estações de primavera, verão e outono

Composição Bromatológica	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
MS (%)	21,7133[a]	27,8800[b]	20,9400[a]	1,3708	0,0103
FDN (%MS)	63,7500[ab]	62,3467[b]	65,5433[a]	0,4060	0,0132
FDA (%MS)	30,5100[a]	30,6167[a]	31,7867[b]	0,1865	0,0056
LIG (%MS)	3,1900	3,1167	3,4333	0,1603	0,2049
EE (%MS)	1,6067[b]	1,3567[a]	1,2467[a]	0,04921	0,0008
PB (%MS)	15,3667	15,4800	15,4333	0,08658	0,4809
MM (%MS)	11,6600[a]	12,4467[b]	11,8667[a]	0,1152	0,0140
NIDN (%NT)	26.4433	28.0833	28.9033	0.4269	0.0604
NIDA (%NT)	10.2200	11.7800	9.0700	0.6645	0.1391

[a, b, c] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05)
[1] Erro Padrão da Média

Os valores observados de FDA (30,5 a 31,7%) podem ter implicações positivas sobre o desempenho dos animais em pastejo, uma vez que forragens com valores de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) ao redor de 30% ou menos apresentam consumo elevado, enquanto aquelas com teores acima de 40% apresentam menor ingestão (NUSSIO et al., 1998). Os valores satisfatórios de FDN e FDA podem estar associados ao manejo da planta, com intervalos de desfolha variáveis (IL de 95%) que respeitam o ritmo de crescimento da planta. Essa prática de manejo dos pastos propicia a renovação de folhas mais rapidamente, contribuindo dessa forma para baixos teores de FDN e FDA.

Os valores de EE estão de acordo com os valores obtidos por Correia (2006) e são inferiores aqueles obtidos por Juarez Lagunes et al. (1999) (2,3%). O valor médio de MM foi muito alto (12%) e acredita-se que a maior parte dessa matéria mineral seja composta por sílica (BALSALOBRE, 1996). Os teores de MM foram superiores aos relatados por Sarmento (2007) para capim Marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo e por Andrade (2003), também para capim Marandu, porém sob lotação contínua.

Os valores obtidos para a fração NIDN (26,4 a 28,9%) não variaram entre as estações do ano, mas foram maiores que os valores relatados por Juarez Lagunes et al. (1999) (13,6%) e Tedeschi et al. (2002) (15,9%) com o mesmo capim, mas com amostra da planta toda e sem adubação com N, o que resultou em teores baixos de PB na planta. O teor médio de PB da forragem no presente estudo foi 15,4% contra 8,9 e 7,1% no trabalho dos autores acima citados. No trabalho com capim Colonião (capítulo 3) o teor de NIDN foi semelhante aos relatados para o capim Colonião por Juarez Lagunes et al. (1999) e Tedeschi et al. (2002) apesar do maior teor de PB nos pastos adubados deste estudo.

Os teores de NIDA (9,0 a 11,7%) não variaram entre as estações do ano e foram superiores aos relatados por Juarez Lagunes et al. (1999) e Tedeschi et al. (2002).

4.3.4 Fracionamento das frações de carboidratos de acordo com o CNCPS

As frações de carboidratos das amostras de estrato pastejável do capim Marandu podem ser visualizadas na tabela 4.6.

A composição de carboidratos variou conforme as estações do ano ($P<0,05$) para as frações A+B1 e CHOT. O teor de CHOT foi menor na primavera, intermediário no verão e maior no outono, ao passo que o teor da fração A+B1 foi menor no outono, intermediário na primavera e maior no verão. Independente de ter havido variação na entres as estações para a fração A+B1, os valores observados foram baixos, entre 14,51 e 17,98% da MS, com valores altos de fração B2. Esses valores baixos de carboidratos não fibrosos e altos de PB com alta degradabilidade ruminal, resultam perdas consideráveis de proteína na forma de $N\text{-}NH_3$ pelo rúmen em animais com

consumo exclusivo dessas pastagens. Quanto maior a adubação nitrogenada maior o teor de PB da planta e maior o desequilíbrio entre carboidrato fermentável e proteína degradável no rúmen.

Tabela 4.6 - Frações de carboidratos das amostras de estrato pastejável durante as estações de primavera, verão e outono

Frações Carboidratos[1]	Estações			EPM[2]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
CHOT	72.3176[b]	73.3720[ab]	74.3613[a]	0,6206	0,0031
A+B1	16,36[ab]	17,98[a]	14,51[b]	0,6724	0,0416
B2	72,91	71,43	73,96	0,9031	0,2399
C	10,73	10,58	11,52	0,5304	0,2286

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05)
[1] Frações de carboidratos, segundo CNCPS
[2] Erro Padrão da Média

Trabalhando com o mesmo capim, porém coletado ao nível do solo, Malafaia et al. (1998) obtiveram valores maiores de CHOT (85,4%) e semelhantes para a fração A+B1 (11,9%) do presente estudo. Também foram reportados valores baixos da fração A+B1 para o feno de Tifton-85 (5,5% de MS) e para o feno de Coast-cross (0,7% da MS). Ribeiro et al. (1998) registraram para a fração A+B1 valores de apenas 4,46; 1,45; 2,03; 3,28% para o feno de Tifton 85 cortado com 28, 35, 42 e 56 dias, respectivamente. Para os teores da fração B2, Malafaia *et al.* (1998) registraram valor médio de 74,4% para o feno de Tifton 85 e 76,6% para o feno de Coast-cross. Já Ribeiro *et al.* (1998) registraram para a fração B2 valores para o feno de Tifton 85 bem acima dos encontrados no presente trabalho (87,45; 89,15; 88,54; 85,93%), para as idades ao corte de 28, 35, 42 e 56 dias.

4.3.5 Fracionamento dos compostos nitrogenados de acordo com o CNCPS

Os valores de fracionamento de compostos nitrogenados nas 3 estações estudadas encontram-se na tabela 4.7.

Para esse capim, houve pouca variação na composição das frações protéicas entre as 3 estações do ano. Apenas a fração B1 foi afetada (P<0,1), sendo maior na

primavera que nas demais estações do ano. A proteína solúvel (fração A + fração B1) representou em média 40% da PB do capim Marandu.

Tabela 4.7 - Frações protéicas contidas nas amostras de estrato pastejável durante as estações de primavera, verão e outono

Frações Protéicas[1]	Estações			EPM[2]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
A	22.4388	21.9438	22.1929	0.6159	0.8532
B1	20.5655[b]	16.2561[a]	16.6920[a]	0.5403	0.0075
B2	30.5524	33.7160	32.2094	0.9054	0.1782
B3	16.2229[b]	16.3051[b]	19.8356[a]	0.8770	0.0758
C	10.2200	11.7800	9.0700	0.6645	0.1391

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Frações Protéicas, segundo CNCPS
[2] Erro Padrão da Média

A fração protéica mais abundante neste capim foi a fração B2, representada por proteína verdadeira de média degradabilidade ruminal. Os valores da fração B2 foram superiores aos obtidos por Balsalobre (2003b), que trabalhando com capim Tanzânia irrigado e manejado sob três intensidades de desfolhação, encontrou valores de 14,96%, 24,14% e 20,87%, para primavera, verão e outono, respectivamente.

No presente estudo a fração B3 representou 16,2 a 19,8% da PB da forragem. Ribeiro (2001) trabalhou com o capim Tifton 85 em várias idades de rebrota, e encontrou valores superiores (26,5 a 36,6%) aos obtidos nesse estudo. Romero (2008) trabalhou com capim elefante com intervalo de desfolha variável (conforme 95%IL) e reportou valores de 30,0%, 31,4% e 36,7%, para as estações de primavera, verão e outono, respectivamente.

4.3.5.1 Taxas de degradação *in vitro* das frações protéicas de acordo com o CNCPS

Os valores das taxas de degradação das frações potencialmente degradáveis, são apresentados na tabela 4.8.

Os valores das taxas de degradação da proteína (B1, B2, B3 e B1+B2) não variaram (P<0,1) entre as estações do ano.

Tabela 4.8 - Taxas de degradação das frações de proteína potencialmente degradáveis no rúmen (B1, B2, B3 e B1+B2) do capim Marandu, de acordo com fracionamento protéico proposto por Sniffen et al. (1992)

Frações	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
B1 (%/h)	17,7	16,4	18,00	0,8099	0,2011
B2 (%/h)	6,6	8,5	8,0	0,9591	0,1873
B3 (%/h)	3,2	4,6	3,1	0,8532	0,5208
B1+B2[2] (%/h)	10,3	12,3	13,8	1,7358	0,4841

[1]Erro Padrão da Média
[2]Broderick et al. (1995)

Os valores das taxas de degradação para as frações B1, B2 e B3 observados no presente estudo foram muito menores que os valores relatados na biblioteca tropical do CNCPS v.5 para o capim Palisade (*Brachiaria brizantha*). Esta diferença pode se dever ao manejo do pasto e principalmente ao método de amostragem adotado. As taxas de digestão para a fração protéica B1, obtidas nesse estudo foram semelhantes as obtidas com capim Tifton-85, por MALAFAIA et al. (1997) e CABRAL et al. (1999b), as quais variaram de 6,16 a 19,13%/h. Juarez Lagunes et al. (1999) reportaram para o capim Colonião colhido na forma de planta inteira, para a fração B3 a taxa de degradação de 5,7%/h. Vieira et al. (2000a), ao estudarem pastagens nativas, encontraram valores de 3,2%/h e 0,08%/h da proteína para a fração B2 e B3, respectivamente.

4.3.6 Degradação ruminal *in situ* das frações do capim Marandu

Os dados da degradabilidade *in situ* da MS do capim Marandu estudados na primavera, verão e outono são apresentados na tabela 4.9.

As frações e as taxas de degradação estimadas pelo modelo de regressão não variaram (P<0,1) entre as estações do ano. Os valores obtidos para degradabilidade efetiva (DE) são muito bons, assim como os valores de kd. Pode-se notar que a DE foi maior para a estação de primavera, devido a maior presença de fração solúvel nesta estação. A degradabilidade efetiva (DE) da MS foi de aproximadamente, 53%, mostrando que o alimento pode permanecer mais tempo no rúmen para atingir seu máximo potencial de degradação. Romero (2008) trabalhou com capim Elefante manejado com intervalos variáveis de desfolha (com base em 95% de IL) e obteve

valores médios de DE para as estações de primavera, verão e outono de 53,67%, 53,88% e 55,90%, respectivamente (kp=5%/h). Martinez (2008) trabalhou com capim Elefante manejado em intervalos de desfolha fixo de 23 dias e obteve o valor médio para DE de 55,12%.

Tabela 4.9 - Composição das frações de MS (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Marandu, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão simples

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[2] (%)	28,5	26,3	23,1	2,8730	0,5197
Fração B[3] (%)	44,3	48,9	50,5	2,1950	0,1654
Fração C[4] (%)	27,2	24,8	26,4	3,7810	0,8773
Kd[5] (%/h)	7,1	6,6	7,7	1,3460	0,7377
Lambda[6] (%/h)	4,8	4,8	5,1	0,6698	0,8696
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	4,4	3,7	4,2	0,4783	0,4502
DE[8] (%)	54,9	52,4	52,6	2,4320	0,7262

[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da MS, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Os dados da degradabilidade *in situ* da PB do capim Marandu estudados na primavera, verão e outono são apresentados na tabela 4.10.

As frações, bem como as taxas de degradação e a degradabilidade efetiva não variaram (P<0,1) entre as estações do ano. Diferentemente do observado com o fracionamento protéico para uso no CNCPS proposto por Sniffen et al. (1992), as frações protéicas solúveis, sendo A (fracionamento pelo modelo *in situ*) ou A+B1 (fracionamento por método químico - proposto por SNIFFEN et al., 1992) foram bastante diferentes, sendo maior para o ensaio de degradabilidade *in situ*. A fração solúvel A representou em média 50% da PB da gramínea enquanto a fração solúvel A+B1 representou em média 40% da PB da gramínea. Já a fração insolúvel, mas potencialmente degradável (B) representou em média 40% da PB, enquanto que a fração correspondente (B2+B3) representou em média 50% da PB. A fração não degradável (C) representou em média 10% da PB, em ambos os protocolos de

fracionamento da PB. Essa caracterização das frações seja ela pelo método químico (SNIFFEN et al., 1992) ou pelo método *in situ* (ØRSKOV e McDONALD, 1979) mostram a elevada qualidade da gramínea quando coletada no seu ponto fisiológico ideal.

Tabela 4.10 - Composição das frações de PB (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Marandu, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão simples

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[2] (%)	54,5	44,2	50,4	4,4310	0,3143
Fração B[3] (%)	33,3	45,4	38,3	3,4830	0,1227
Fração C[4] (%)	12,2	10,4	11,3	1,4300	0,7333
Kd[5] (%/h)	6,3	7,6	8,0	1,2790	0,5189
Lambda[6] (%/h)	4,4	5,5	5,9	1,1170	0,4265
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	3,9	4,3	2,9	14,6600	0,4380
DE[8] (%)	63,1	71,3	72,5	4,2640	0,2104

[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da PB, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

A degradabilidade efetiva (DE) da PB foi elevada, devido aos elevados teores de proteína solúvel e da fração potencialmente degradável, corroborando os dados de literatura reportados por Martinez (2008) que trabalhou com capim Elefante sob manejo rotativo com 23 dias de intervalo de desfolha e obteve valor médio de 70,7%. Romero (2008) trabalhou com capim Elefante sob manejo rotativo com intervalos de desfolhas variáveis (com base na IL de 95%) durante as estações de primavera, verão e outono e obteve valores de 78,5%, 74,8% e 74,4%, assumindo kp=2%/h.

O baixo valor da fração A nessa estação está relacionado com o baixo teor de NNP (38,2%) e N Solúvel (21,9%) na planta. Ainda para a estação de verão, embora a planta tenha apresentado o maior teor de PB, ela apresentou também o maior teor de NIDA, dessa forma pode-se afirmar que a maior porção da PB está aderida a fibra, pois para o maior valor de PB se tem o maior valor para a fração NIDA. Balsalobre et al. (2003a) trabalharam com capim Tanzânia irrigado e coletado em diferentes alturas de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), durante as estações de verão, outono e

primavera e obtiveram para estas estações os valores médios da fração A de 37,7%, 36,3% e 28,6%, respectivamente, Prado et al. (2004) trabalhou com capim Mombaça coletado a cada 28 dias na estação de verão e obteve valor médio de 39,9%. Romero (2008) trabalhou com capim Elefante sob manejo rotativo com intervalos de desfolhas variáveis (com base na IL de 95%) durante as estações de primavera, verão e outono e obteve valores de 36,9%, 26,7% e 17,8%, respectivamente, Valadares Filho et al. (2000) trabalharam com amostras de planta inteira e reportaram valor 48,1%. Martinez (2008) que trabalhou com capim Elefante sob manejo rotativo com 23 dias de intervalo de desfolha e obteve valor médio de 58,4%.

Os dados da degradabilidade *in situ* da FDN do capim Marandu estudados na primavera, verão e outono são apresentados na tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Composição das frações de FDN (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Marandu, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão simples

Variáveis	**Estações**			**EPM[1]**	**Pr > |t|**
	Primavera	**Verão**	**Outono**		
Fração B[2] (%)	56,6	59,4	62,6	3,4020	0,0992
Fração C[3] (%)	34,5	33,1	32,9	3,4690	0,9086
Fração Bp (%)	62,1	64,5	65,4	3,3170	0,4858
Fração Cp (%)	37,9	35,5	34,6	3,3170	0,4858
Kd[4] (%/h)	7,1	7,7	6,8	1,0480	0,7114
Lambda[5] (%/h)	4,9	5,4	4,7	0,5500	0,5955
kd comparável ao NRC[6] (%/h)	4,4	4,1	4,0	0,4528	0,7167
DE[7] (%)	37,1	36,4	37,4	1,4020	0,6348

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração potencialmente degradável
[3]Fração indigestível
[4] Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[5] Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[6] Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[7] Degradabilidade Efetiva da FDN, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

As frações e as taxas de degradação, bem como a DE não variaram (P<0,1) entre as estações do ano. Malafaia et al. (1998) trabalharam com amostras de planta inteira dos capins Marandu, Elefante e Tifton-85 aos 60 dias de rebrota e reportaram valores para a DE (kp de 3%/h) de 23,0%, 24,9% e 29,4%, respectivamente. Os valores de DE observados foram baixos, provavelmente em decorrência do baixo valor da

fração B e baixa taxa de degradação (kd) dessa fração. A fração C (não degradável) apresentou-se elevada em função da baixa degradabilidade da fração B.

A fração B estimada pelo modelo *in situ* foi consideravelmente menor do que a mesma fração quando foi estimada pelo método químico (SNIFFEN et al., 1992), para a fração C ocorreu da mesma forma, porém em maiores proporções. Balsalobre et al. (2003a) trabalhou com capim Tanzânia irrigado e coletado em diferentes alturas de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), durante as estações de verão, outono e primavera e obteve para a fração B os valores médios de 74,4%, 66,9% e 64,2%, respectivamente, e para a fração C os valores médios de 22,4%, 24,7% e 25,8%, respectivamente; De Paula et al. (2007) trabalharam com capim Marandu colhido via simulação de pastejo e obteve para as frações B e C os valores médios de 48,9% e 29,4%, respectivamente; Valadares Filho et al. (2000) trabalharam com amostras de planta inteira e reportaram para as frações B e C os valores de 80% e 20%, respectivamente.

Na seqüência são apresentadas três tabelas com as frações de MS (tabela 3.12), PB (tabela 3.13) e FDN (tabela 3.14), com os dados apresentados obtidos a partir de regressão robusta. Nesse método são realizados ajustes, onde o modelo utiliza critérios estatísticos para atribuir pesos menores aos valores discrepantes, sendo esses fatores controláveis ou não. Os valores obtidos foram muito próximos (variam aproximadamente 3 pontos percentuais) daqueles já discutidos quando se utilizou o modelo de regressão simples.

Tabela 4.12 - Composição das frações de MS (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Marandu, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão robusta

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[2] (%)	28,48	26,28	23,08	2,8730	0,5197
Fração B[3] (%)	47,11	54,66	51,27	4,8140	0,5262
Fração C[4] (%)	24,41	19,05	25,65	5,0300	0,4570
Kd[5] (%/h)	5,8	6,6	7,6	0,6027	0,1676
Lambda[6] (%/h)	3,1	4,9	5,9	1,0820	0,1945
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	3,9[b]	4,6[ab]	5,6[a]	0,4331	0,0694
DE[8] (%)	55,3	58,8	56,2	3,0090	0,5535

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da MS, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Tabela 4.13 - Composição das frações de PB (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Marandu, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão robusta

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[2] (%)	54,53	44,18	50,38	4,4310	0,3143
Fração B[3] (%)	34,66	45,96	38,20	4,2580	0,2896
Fração C[4] (%)	10,81	9,85	11,42	1,4980	0,7988
Kd[5] (%/h)	6,6	7,0	7,9	1,1060	0,7736
Lambda[6] (%/h)	40,5	43,4	50,8	9,2890	0,7417
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	4,4	4,8	5,6	0,6719	0,4671
DE[8] (%)	66,9	73,2	70,1	2,7050	0,3662

[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da PB, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Tabela 4.14. Composição das frações de FDN (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Marandu, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão robusta.

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração B[2] (%)	58,46	65,71	62,59	3,8090	0,5657
Fração C[3] (%)	32,61	26,77	32,93	1,7110	0,1044
Fração Bp (%)	64,18	70,90	65,42	2,1630	0,2630
Fração Cp (%)	35,82	29,10	34,58	2,1630	0,2630
Kd[4] (%/h)	6,4	5,4	6,0	0,9994	0,4718
Lambda[5] (%/h)	3,5	5,5	5,7	0,8061	0,2634
kd comparável ao NRC[6] (%/h)	4,3	4,1	4,4	0,5443	0,7140
DE[7] (%)	38,0	40,9	38,7	2,4950	0,6824

[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração potencialmente degradável
[3]Fração indigestível
[4] Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[5] Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[6] Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[7] Degradabilidade Efetiva da FDN, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

4.4 Conclusões

Pastagens de capim Marandu, quando manejadas com doses altas de N para a obtenção de taxas elevadas de lotação e com ID determinados pela altura de 25 cm na entrada dos pastos (95% de IL) apresentam alto potencial de produção de forragem de boa qualidade. Maior produção é observada durante o verão, com pouca variação qualitativa entre as estações do ano.

O capim Marandu apresenta 70% ou mais da sua proteína, como proteína verdadeira. As taxas de degradação da fração B são baixas e a DE em torno de 69%. Entretanto, os teores elevados de proteína bruta, com alta degradabilidade ruminal são acompanhados por teores baixos de carboidratos de alta fermentabilidade ruminal, o que deve limitar e eficiência de uso dessa proteína.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.M.E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim-marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte**. 2003. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – **AOAC**. Official methods of analysis. 15 ed. Arlington; 1990. v.1, 1117p.

BALSALOBRE, A.A.M. **Desempenho de vacas em lactação sob pastejo rotacionado em capim-elefante**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996. 127p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1996.

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. et al. 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.

BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a freqüências e intensidades de pastejo**. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; SILVA, S.C. da; ZIMMER, A.H.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e freqüência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.329-340, 2007.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica. Comissão de solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 634 p, 1960.

BRODERICK, G.A. Methodology for the determining ruminal degradability of feed proteins In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, 1995. ***Anais...*** Viçosa: DZO, 1995. p.139-176.

BUENO, A.A.O. **Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de forragem em pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente**. 2003. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e

Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CABRAL, L.S., VALADARES FILHO, S.C., MALAFAIA, P.A.M. LANA, R.P.; SILVA, J.F.C.; VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, E.S. Frações protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas através da incubação com proteases oriundas da microbiota ruminal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999b. p.261.

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 protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas pela incubação com proteases ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.2316-2324, 2000b.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; SOUZA, E.L.; DETMANN, E. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.8, p.777-781, 2005.

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. 136 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; et al. 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, 2006.

COOPER, J. P. Physiological and morphological advances for forage improvement. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14, 1981, Lexington. **Proceedings...** Boulder: Westview, 1983. p. 69-76.

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.

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.

PAULA, N.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; CARVALHO, D.M.G.; UBIALI, D.G.; MEDEIROS, T.T. Degradabilidade da Matéria Seca e Fibra em Detergente Neutro do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em bovinos suplementados com uréia e uréia de lenta liberação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. p.261.

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.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p. (Produção de Informação).

EUCLIDES, V.P.B; ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. de. Evaluation of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria brizantha* under grazing. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993. Rockhampton. **Proceedings**... Rockhampton: Palmerston North, 1993. p. 1997-1998.

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,** Savoy, v.70, p.3578-3596, 1992.

FUKUSHIMA, R.S., DEHORITY, B.A. Feasibility of using lignin isolated from forages by solubilization in acetyl bromide as a standard for lignin analyses. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, p.3135-3143, 2000.

HUMPHREYS, L.R. **Tropical pasture utilisation**. 1.ed. Australia: Cambridge University Press, 206p, 1991.

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.

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.

JUAREZ LAGUNES, F.I.; FOX, D.G.; BLAKE, R.W.; PELL, A.N. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, p.2136-2145, 1999.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; 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.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; PEREIRA J.C. 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.

MARTINEZ, J.C. **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. 351 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas**. 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 242p., 1996.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 381p., 2001.

NELSON, C.J., MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: **Forage Quality, Evaluation, and Utilisation**. Ed.: Fahey, G.C., Collins, M., Mertens, D.R. and Moser, L.E. American Society of Agronomy, Madison, p.115-154, 1994.

NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.71, p.2070-2107, 1988.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 15, 1998, Piracicaba. **Manejo de pastagens de Tifton, Coastcross e Estrela. Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p . 203-242.

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**, Savoy, v.71, n.5, p.1298-1311, 1993.

ØRSKOV, 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.

PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and average rate of growth in a rotational grazed sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.43, p.15-27, 1988.

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.

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.

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.

REIS, R.A.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; FREITAS, D.; MELO, G.M.P.; BALSALOBRE, M.A.A. Suplementação protéico-energética e mineral em sistemas de produção de gado de corte nas águas e nas secas. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE: PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5, 2004, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 171-226.

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.

ROMERO, J.V. **Compostos nitrogenados e de carboidratos em pastos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Cameroon manejados com intervalos de**

desfolhação fixos e variáveis. 2008. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

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**, Savoy, v.70, p.3551-3561, 1992.

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.; SANTOS, M.V. **O Brasil e a nova era do mercado de leite:** compreender para competir. Uberlândia: Impressão Gráfica Rio Pedrense, 2007b. p. 249-300.

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

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.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SOUZA JÚNIOR, S. J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e 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.

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

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 digestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado**. 2007. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p. 267-337.

VAN SOEST P J; WINE R H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.50, p.50-55, 1967.

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, 2000a.

VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, Tokyo, doi:10.1016/j.jtbi.2008.08.014., 2008a.

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.** 2006.198 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica do 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.

WINTER, K.A.; JOHNSON, R.R.; DEHORITY, B.A. Metabolism of urea nitrogen by mixed cultures of rumen bacteria grown on cellulose. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.47, p.793-797, 1964.

5 VALOR NUTRITIVO E CINÉTICA RUMINAL DO CAPIM MULATO MANEJADO INTESIVAMENTE DURANTE A PRIMAVERA, VERÃO E OUTONO

Resumo

O presente estudo teve por objetivo caracterizar a composição morfológica e químico-bromatológica, assim como as frações de carboidratos e de proteínas e as taxas de degradação das frações potencialmente degradáveis para PB (*in situ* e *in vitro*) e para FDN e MS (*in situ*), em amostras de estrato pastejável de pastagem de Mulato manejada com altas taxas de lotação e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) durante a primavera, verão e outono. Foram utilizados 4 piquetes de 0,25 ha cada, os quais foram adubados com 260 kg de N/ha entre os meses de avaliação. O critério para a entrada dos animais nos piquetes foi quando estes atingiram 30 cm de altura (interceptação luminosa não relatada na literatura) e o resíduo pós-pastejo foi de 15 cm. As amostras de forragem para a determinação da massa de forragem e composição morfológica representou a média de 2 pontos do piquete (0,5m^2 cada), cortado a 5 cm do solo. As amostras de estrato pastejável para determinar a composição químico-bromatológica, as frações de carboidrato e proteína, assim com as taxas de degradação da MS, FDN e PB (*in situ* e *in vitro*), representou a média de 20 pontos por piquete. Foi coletado todo o estrato do dossel acima da altura de resíduo pós-pastejo (15 cm). Para as análises dos dados do fracionamento de nutrientes, análises químico-bromatológicas, degradabilidade *in situ* e as mensurações realizadas no pasto foi utilizado o PROC MIXED do sistema estatístico SAS. houve efeito ($P<0,05$) para massa de forragem, entre as estações do ano. Quanto a composição morfológica houve variação ($P<0,05$) na proporção de colmos, sendo maior no outono. A composição química apresentou efeito significativo ($P<0,05$) para os teores de MS, FDN, FDA, PB e MM. As frações A+B1 e B2 de carboidratos variaram ($P<0,05$), da mesma forma que as frações de proteína ($P<0,1$) também variaram conforme as estações do ano. Os valores das taxas de degradação da proteína (B1, B2 e B3) não variaram ($P<0,1$) entre as estações do ano. As variáveis estimadas pelo método *in situ* para MS, PB e FDN variaram ($P<0,1$) para Lambda, taxa de degradação (kdNRC) e degradabilidade efetiva (DE), entre as estações do ano. Alteração morfológica negativa da massa de forragem ao longo das estações do ano não é acompanhada por alterações negativas na composição química-bromatológica das amostras de estrato pastejável. O capim Mulato apresentou-se pobre em frações de carboidratos de alta fermentabilidade ruminal (A+B1), enquanto que o teor de proteína prontamente degradada no rúmen (A, B1 e B2) foi elevado. Isto pode limitar a eficiência de uso da proteína degradável no rúmen das forragens, especialmente quando adubadas intensamente com N para a obtenção de altas taxas de lotação animal.

Palavras-chave: Frações protéicas e de carboidratos; Cinética ruminal; Valor nutritivo de forrageiras tropicais

Abstract

Trial was conducted in order to characterize the morphological and chemical composition, as well as the fractions of carbohydrates and proteins and the rates of degradation of potentially degradable fractions of CP (*in situ* and *in vitro*) and NDF and DM (*in situ*) in samples of grazed stratum Mulato pasture managed with high stocking rates and grazing variable intervals (95% LI) during spring, summer and fall. We used 4 paddocks of 0.25 ha each, which were fertilized with 260 kg N/ha between the months of evaluation. The criterion for entry of animals in the paddocks was when they reached 30 cm in height (light interception not reported in the literature) and the stubble was 15 cm. Forage samples for the determination of herbage mass and morphological composition represents the average of 2 points of pasture (0.5 m^2 each), cut to 5 cm of soil. Samples of grazed stratum to determine the chemical composition, the fractions of carbohydrate and protein, as did the rate of degradation of DM, NDF and CP (*in situ* and *in vitro*), represented the average of 20 points per paddock. We collected the entire canopy above the height of stubble (15 cm). For analysis of the data of fractionation of nutrients, chemical analysis, qualitative, and in situ measurements carried out in the pasture was used PROC MIXED of SAS statistical system. statistical effects were not observed for forage mass yield among seasons. In relation to morphological composition, stems proportion presented the higher values in autumn ($P<0.05$). Statistical effects were found among seasons for DM, NDF, ADF, fat and ash, A+B1 and B2 carbohydrate fractions ($P<0.05$) and for A, B1 and B2 protein fractions ($P<0.1$). The values of protein fraction degradation rates (B1, B2, B3 and B1 + B2) did not differ ($P<0.1$) among seasons. The estimation of *in situ* degradability of DM, CP and NDF showed statistical effects ($P<0.1$) for Lambda, degradation rate (kdNRC) and effective degradability (ED) among seasons. Morphological change negative herbage mass over the seasons is not accompanied by negative changes in the chemical composition of samples of grazed stratum. The grass Mulato presented low in carbohydrate fractions of high ruminal fermentability (A+B1), while the protein readily degraded in the rumen (A, B1 and B2) was high. This may limit the efficiency of use of rumen degradable protein fodder, especially when heavily fertilized with N for achieving high rates of stocking.

Keywords: Protein and carbohydrates fractions; Ruminal kinetics; Nutritional value of tropical forage

5.1 Introdução

Em sistemas de produção em pasto, o desempenho animal é determinado pela ingestão de forragem, a qual é influenciada por vários fatores como, composição química, estrutura do pasto e oferta de forragem, dentre outros (REIS et al., 2004). O manejo correto da planta forrageira pode afetar diretamente esses fatores. A estratégia

de controle do pastejo por meio da meta de 95% de interceptação de luz (IL) pelo dossel forrageiro resulta em pastos com maior proporção de folhas e menor proporção de colmos e material morto, quando comparados a pastos manejados com intervalos fixos de desfolha (PEDREIRA, 2006). Esta alteração na estrutura do pasto pode favorecer o consumo de forragem, a qualidade da forragem consumida e a eficiência de colheita de forragem. O aumento no consumo de forragem de melhor qualidade resulta em maior ganho de peso ou produção de leite dos animais, ao passo que a melhor eficiência de colheita de forragem pode resultar em aumento da capacidade de suporte dos pastos. A combinação de maior ganho de peso ou produção de leite, com maior lotação dos pastos resulta em maior produção de carne ou de leite por área (REIS et al., 2004).

Os atuais sistemas ou modelos nutricionais como o NRC (1996; 2001) e o CNCPS ((FOX et al., 1992; RUSSEL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; O'CONNOR, 1993),) exigem informações cada vez mais detalhadas e precisas da composição bromatológica dos alimentos para predições corretas de desempenho animal. O valor energético do alimento é afetado principalmente pelos teores de FDN, de lignina e de cinzas do alimento. A determinação das frações de carboidratos dos alimentos e de suas taxas de degradação ruminal e de digestão intestinal é importante para a estimativa precisa da quantidade de energia fermentável no rúmen e quantidade de carboidrato digerido no intestino. Por sua vez, a estimativa correta do fluxo de proteína metabolizável para o intestino do animal depende do cálculo preciso da produção de proteína microbiana e da passagem de proteína dietética para o intestino. Para estimativa correta desses valores é necessário fornecer informações precisas da degradabilidade das frações protéicas do alimento.

A quase totalidade dos dados de forragens tropicais presentes nas bibliotecas de alimentos referem-se a plantas forrageiras colhidas por corte mecânico ao nível do solo, muitas vezes de plantas não adubadas e com intervalos entre cortes muito longos, traduzindo-se normalmente em forragem de baixa qualidade. Na última década tem havido considerável avanço no conhecimento de práticas mais adequadas de manejo intensivo de pastagens tropicais (SBRISSIA et al., 2007). A adubação das pastagens com doses elevadas de nitrogênio visando altas taxas de lotação e a

substituição do critério de manejo com base em intervalos fixos de desfolha pelo critério de intervalos variáveis determinados pela interceptação de 95% da luz solar tem permitido a colheita de forragem com alto valor nutricional pelo animal. Amostras do estrato pastejável de plantas tropicais manejadas como citado acima têm apresentado teores de proteína bruta de até 22% da MS (SANTOS et al., 2007b).

Dados das frações de carboidratos e de proteínas de amostras do estrato pastejável de pastagens tropicais manejadas com doses altas de nitrogênio e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) são escassos na literatura. Diante disso, justifica-se a condução do presente ensaio que tem por objetivo caracterizar a composição morfológica e químico-bromatológica, assim como as frações de carboidratos e de proteínas e as taxas de degradação das frações protéicas potencialmente degradáveis, em amostras de estrato pastejável de pastagem de Mulato (*Brachiaria hibrida* cv. Mulato) manejada com altas taxas de lotação e com intervalos de desfolhas variáveis (95% de IL) durante a primavera, verão e outono.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Área experimental e tratamentos impostos ao capim Mulato

O estudo foi conduzido em área experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (USP-ESALQ), em Piracicaba, São Paulo. As coordenadas geográficas do município são 22°43' de latitude Sul, 47°25' de longitude Oeste e 580 metros de altitude. O clima da região de Piracicaba é classificado como mesotérmico úmido, subtropical de inverno seco, classificado como Cwa, com temperaturas médias inferiores a 18°C nos meses mais frios e superiores a 22°C durante a estação mais quente do ano (BRASIL, 1960). O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho eutroférrico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 1999). A tabela 5.1 apresenta os dados climáticos da área experimental, que foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da USP/ESALQ.

Tabela 5.1 - Dados climáticos da área experimental

Mês-Ano	RG[1] (cal/cm.d)	I[2] (h/d)	P[3] (mm)	UR[4] (%)	T máxima[5] (grau ºC)	T mínima[6] (grau ºC)	T média[7] (grau ºC)
Ago-06	348	7.4	17.4	76	29.4	11.9	20.7
Set-06	370	6.3	54.7	67	28.3	13.5	20.9
Out-06	452	6.6	80.3	80	29.6	17.0	23.3
Nov-06	478	6.5	200.2	78	30.4	17.8	24.1
Dez-06	489	6.0	251.7	89	30.1	19.8	25.0
Jan-07	374	3.8	267.0	87	29.3	20.1	24.7
Fev-07	505	7.3	241.9	84	31.6	19.3	25.5
Mar-07	471	7.7	80.5	92	32.5	19.0	25.8
Abr-07	388	7.0	36.8	85	30.1	17.7	23.9
Mai-07	333	6.8	58.4	90	25.9	12.8	19.4

1- Radiação Global; 2- Insolação; 3- Precipitação pluviométrica; 4- Umidade relativa; 5- Temperatura máxima; 6- Temperatura mínima; 7- Temperatura média
Fonte: Estação Agrometereológica Convencional - USP/ESALQ

5.2.2 Medições no pasto e coleta de amostras de forragem

Foi realizada avaliação comparativa do capim Mulato (*Brachiaria hibrida* cv. Mulato) quanto a sua composição morfológica, produção de massa ($kg.ha^{-1}$) e composição químico-bromatológica, entre as estações da primavera (outubro e novembro de 2006), verão (fevereiro e março de 2007) e outono (abril de 2007). Os 4ha de pastagem (4 piquetes de 0,25ha cada) foram manejados de forma intensiva com lotação animal entre 4 a 9 UA/ha durante o período acima referido e adubado com 37 kg de N/ha por ciclo de pastejo, perfazendo total de 260 kg de N/ha entre os meses de avaliação.

O critério para a entrada dos animais nos piquetes, cujo tamanho era de 0,25ha foi quando estes atingiram 30 cm de altura (95% de interceptação luminosa para o capim Marandu) (Souza Junior, 2007) e o resíduo pós-pastejo foi de 15 cm. Este valor foi utilizado para a coleta de amostras de estrato pastejável (amostra de forragem colhida manualmente de maneira mais semelhante possível àquela colhida pelos animais).

Para a medida de altura do dossel e coleta das amostras de forragem foram utilizados 4 piquetes e foi traçado um caminhamento dentro dos mesmos, sendo esse a maior diagonal do piquete. Minutos antes da entrada dos animais no piquete, eram

realizadas as coletas de amostras de estrato pastejável, ou seja o estrato entre 15 e 30 cm de altura.

5.2.2.1 Preparo da amostra para determinação da matéria seca e composição morfológica

As amostras de forragem para a determinação da massa de forragem e composição morfológica foram coletadas em três épocas do ano (primavera, verão e outono). Cada amostra representou a média de 2 pontos do piquete (as coletas foram realizadas utilizando-se dois quadrados de 0,5m^2 por piquete, contabilizando 1m^2, cortado a 5 cm do solo. Nos 2 pontos do piquete onde as amostras foram coletadas, a altura do dossel era representativa da altura média do piquete, que era de 25 cm. A amostra de forragem de cada período foi pesada fresca, e então foram retiradas duas subamostras de aproximadamente 500g (base úmida) para cada avaliação. A primeira foi seca em estufa a 55ºC por 72 horas, para determinação da matéria seca do material. A segunda subamostra foi separada em folha, haste e material morto. As 3 frações foram pesadas e posteriormente secas em estufa a 55ºC por 72 horas para a determinação da matéria seca do material e posterior cálculo da porcentagem dos componentes morfológicos da planta.

5.2.2.2 Preparo da amostra e determinação das análises químico-bromatológicas

As amostras de estrato pastejável também foram coletadas em três épocas do ano (primavera, verão e outono). Cada amostra representou a média de 20 pontos por piquete. Foi coletado todo o estrato do dossel acima da altura de resíduo pós-pastejo (15 cm). As amostras de estrato pastejável foram secas em estufa a 55ºC por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey com peneira de malha de 1 mm, e analisadas para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) segundo a AOAC (1990), para fibra em detergente neutro (FDN) (sem adição de sulfito) e lignina segundo Van Soest et al. (1991) e para fibra em detergente ácido (FDA) (VAN SOEST et al., 1973). As análises para determinação de NIDN, NIDA e N-solúvel e NNP foram feitas segundo Krishnamoorthy (1982). 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.*

5.2.3 Determinação da degradabilidade *in situ*

Para determinação das frações protéicas A, B e C (NRC, 2001), foi realizado ensaio de degradabilidade *in situ* utilizando-se 3 vacas secas (com aproximadamente 480 kg de PV) e fistuladas no rúmen. Cerca de 6,0 g de matéria seca da forragem (estrato pastejável) foram moídos a 5 mm e acondicionados em sacos de náilon (medindo aproximadamente 10 x 15 cm) respeitando a relação 20 mg/cm^2 (NOCEK, 1988) e porosidade de 50 µm (BOWMAN et al., 1991). Os sacos foram incubados em quadruplicatas (que posteriormente formaram uma única amostra de cada tempo) no rúmen por 0, 3, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 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 0,6 mm. Amostras dos tratamentos (estações do ano) foram incubadas após 10 dias de adaptação dos animais com dieta composta exclusivamente de feno de Tifton-85 (tabela 5.2).

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 em uma máquina de lavar ("tanquinho") com água corrente, de maneira a reduzir a variação que ocorre na lavagem manual dos sacos, devido à manipulação por diferentes indivíduos (Campos et al., 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 55ºC, onde permaneceram por 48 horas, sendo então, transferidos para dessecador. Após

esses 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 1 mm de diâmetro para posteriores determinações químico-bromatológicas.

Tabela 5.2 - Composição químico-bromatológica do feno de Tifton-85, utilizado na alimentação dos animais durante o período de ensaio de degradabilidade *in situ*

Composição Bromatológica (% MS)	**Feno de Tifton-85**
MS	84,2
FDN	64,7
FDA	31,6
LIG	4,8
PB	9,8
MM	7,1
EE	1,3

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 et al. (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 químico-bromatológicas das frações de MS, PB e FDN foram obtidos através do modelo denominado Generalized Compartmental Model of Digestion (GCMD), cuja equação de regressão utilizada foi (VIEIRA et al., 2008a):

$$R(t) = \tilde{A}_{NDF}\left\{\delta_a^{N_a}\ \exp(-k_d t) + v\ \exp(-\lambda_a t) \times \sum_{i=0}^{N_a-1}\left[\left(1-\delta_a^{N_a-i}\right)(\lambda_a t)^i \Big/ i!\right]\right\} + U_{NDF}$$

onde,

R(t) = FDN residual equivalente ao montante de fibra incubada;

$\tilde{A}_{FDN}$ = 1- U_{FDN} (forma indisponível da fração potencialmente digestível da FDN);

$\delta^{Na}{}_a$ = $\lambda_a/(\lambda_a - kd)$;

λ_a = tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido (h^{-1});

kd = taxa de degradação das frações (h^{-1});

t = tempo (h);

v = variável a qual é atribuído o valor 0 ou 1 sob condições especificas;

N_a = interação positiva do modelo tempo-dependente com o tempo de preparo do $\tilde{A}_{FDN}$ para a digestão;

i = índice que denota a ordem de dependência do tempo que varia conforme o N_a ou N_b;

U_{FDN} = fração indigestível da FDN.

Para as componentes MS e PB temos as seguintes frações (A, B e C) e para a componente FDN temos as seguintes frações (B e C ou Bp e Cp, onde Bp é quanto a fração B representa do total e Cp é quanto a fração C representa do total). Essa equação de regressão também foi utilizada, para o que foi denominado de regressão robusta. Na análise de regressão robusta incluiu-se no modelo o valor de sigma, o qual foi adotado como desvio padrão residual para otimização do método dos quadrados mínimos não-lineares. A regressão robusta utiliza critérios estatísticos para atribuir “pesos” menores para valores muito discrepantes ou fatores não controlados. O risco de se utilizar essa forma de regressão é quando a variável não é um fator controlável e sim um erro sistemático (análises laboratoriais).

Para estimar os valores de degradabilidade efetiva, utilizou-se para a taxa de passagem (kp) o valor de 3%/h, com base nos dados de Martinez (2008) com capim Elefante.

5.2.4 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 foi obtida pelo tratamento da amostra (0,5g) com 50 ml de água destilada por 30 minutos e pela adição subseqüente de 10 ml de ácido tricloroacético (TCA) a 10% por mais 30 minutos (KRISHNAMOORTHY et al., 1982). Em seguida o resíduo foi filtrado em papel de filtro (Whatman 54) e determinou-se o nitrogênio residual, adicionando-se aproximadamente 8 g de mistura digestora (50 g de sulfato de cobre e 500 g de sulfato de potássio ou sódio) e 25 mL de H_2SO_4. Em seguida realizou-se a digestão do material em equipamento macro-Kjeldahl, sendo que ao final desta etapa a solução deveria apresentar coloração esverdeada clara. Após a solução estar em temperatura ambiente, adicionou-se 200 mL de H_2O destilada e novamente deixou-se a amostra esfriar. Colocou-se 30 mL se ácido bórico (84 g dissolvidos em 2L de H_2O destilada) mais indicadores (0,25 g de verde de bromocresol, 0,25 g de vermelho de metila dissolvidos por álcool etílico em balão volumétrico de 250 mL) na saída do condensador. Adicionou-se 2 ou 3 grânulos de zinco metálico e 70 mL de NaOH (15N) para se fazer a destilação. Esta foi concluída quando ocorreu a viragem da solução de borato de amônio (fixação da amônia com a solução de ácido bórico + indicadores), passando de coloração rósea para verde e sofrendo duplicação do volume inicial. Ao término da destilação, procedeu-se a titulação com ácido clorídrico (0,1N). Pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio residual foi obtida a fração A, a qual pode ser expressa pela seguinte equação (5.1):

$$A(\%PB) = NNP(\%NSol.) - N\ Sol.(\%PB) \qquad (5.1)$$

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 $NaH_2PO_4.H_2O$ +

8,91g de $Na_2B_4O_7.10H_2O$). As amostras foram levadas ao banho-maria, permanecendo por 1 hora à 39ºC., e então, foram filtradas em papel-filtro, sendo realizada a análise de nitrogênio residual insolúvel em tampão borato-fosfato (TBF), da mesma forma como descrito anteriormente. 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 (5.2):

$$B1(\%PB) = NSolúvel(\%PB) - A(\%PB) \qquad (5.2)$$

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 (5.3):

$$B3(\%PB) = NIDN(\%PB) - NIDA(\%PB) \qquad (5.3)$$

A fração C foi determinada como sendo igual ao NIDA, equação (5.4).

$$C(\%PB) = NIDA(\%PB) \qquad (5.4)$$

A fração B2 foi determinada por diferença conforme a equação (5.5):

$$B2(\%PB) = 100 - (A(\%PB)+B1(\%PB)+B3(\%PB)+C(\%PB)) \qquad (5.5)$$

5.2.5 Fracionamento dos carboidratos conforme o CNCPS

Os carboidratos totais (CHOT) foram obtidos de acordo com a equação (5.6), na qual a somatória dos teores de PB, EE e MM são subtraídos da MS.

$$CHOT(\%MS) = 100 - (PB(\%MS) + EE(\%MS) + MM(\%MS)) \qquad (5.6)$$

Os carboidratos dos capins em estudo foram divididos em 3 frações (A+B1, B2 e C), seguindo a metodologia descrita por Sniffen et al. (1992). A fração C, representada pela fibra indisponível, foi obtida através da seguinte equação (5.7):

$$C(\%CHOT) = FDN(\%MS)*(lignina\ (\%FDN)*2,4)/CHOT(\%MS) \qquad (5.7)$$

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 (5.8):

$$B2(\%CHOT) = 100*(FDN(\%MS) - PIDN(\%PB)*0,01*PB(\%MS)) - C(\%CHOT)/CHOT(\%MS) \qquad (5.9)$$

As frações A e B1, nada mais são que carboidratos não fibrosos (CNF), onde A representa carboidratos rapidamente fermentescíveis e B1 representa amido e fibra solúvel. Para calcular a fração A+B1, pode-se utilizar a equação (5.10):

$$A+B1(\%CHOT) = 100 - (B2(\%CHOT) + C(\%CHOT)) \qquad (5.10)$$

5.2.6 Determinação da taxa de degradação *in vitro* das frações protéicas

As taxas de degradação das frações protéicas potencialmente degradáveis (B1, B2 e B3) foram obtidas *in vitro*, usando-se protease bacteriana originária do *Streptomyces griseus* (número catalográfico P-5147, Tipo XIV, Sigma Chemical Co., Saint Louis, Missouri, EUA). As amostras de capins (aproximadamente 0,5 *g*) foram incubadas por 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36 e 48 horas, em tubos de vidro (75 mL), mantidos em incubadora com mesa de agitação, à temperatura constante de 39 ºC. Antes de iniciar a incubação propriamente dita, eram adicionados 40 mL de solução-tampão à base de tetraborato de sódio ($Na_2B_4O_7$. $10H_2O$; 13,17 g L^{-1}) e fosfato de sódio monobásico ($NaH_2PO_4.H_2O$; 7,6 g L^{-1}), ajustado para pH 8, e mantidos dentro da incubadora a 39 ºC por uma hora, para hidratação e estabilização da temperatura.

Enquanto isto se preparava a solução enzimática, cujo solvente usado era o mesmo tampão descrito anteriormente. Esta solução era preparada para conter uma atividade enzimática de 33 unidades mL^{-1}; desta solução-tampão eram tomados 10 mL para cada frasco que continha amostra. Assim, a atividade enzimática final passava para 6,6 unidades mL^{-1} (KRISHNAMOORTHY et al., 1983). Um frasco que continha apenas a solução-tampão e a solução enzimática era usado como branco. Ao final de cada tempo de incubação, removia-se o frasco correspondente e transferia-se quantitativamente, o seu conteúdo para um funil com papel-filtro (nº 541) quantitativo de filtragem rápida, utilizando aproximadamente 200 mL de H_20 destilada como veículo. Em seguida, o papel-filtro que continha o resíduo era transferido para um tubo do tipo macro-Kjeldahl para se determinar o teor de nitrogênio, segundo os mesmos passos descritos anteriormente para determinação do teor de nitrogênio. Uma vez obtidos os perfis de degradação da proteína bruta (PB) das amostras das diferentes gramíneas em cada período dentro de cada estação, procedia-se à interpretação matemática, por meio da técnica de "curve peeling", para obtenção das estimativas das taxas de degradação, com base no modelo:

$$R(t) = \sum_{i=1}^{3} Bi \times \exp^{(-ci \times t)} + C$$

em que R(t) corresponde ao resíduo de incubação no tempo *t* (*h*); *Bi* (% PB), para *i* = 1, 2 e 3, corresponde às frações de proteína verdadeira potencialmente degradáveis; ci (h^{-1}), para *i* = 1, 2 e 3, corresponde às taxas de degradação das frações Bi; e C (% PB) corresponde à fração protéica indigerível, representada pela assíntota estabelecida no modelo, quando $t \rightarrow \infty$ (VIEIRA, 1998).

Sniffen et al. (1992) ao propor o fracionamento protéico, dividiu a fração B (potencialmente degradável) em fração B1, B2 e B3, na qual a fração B1 apresenta alta degradabilidade, a fração B2 média degradabilidade e a B3 lenta degradabilidade. Essas taxas de degradação foram determinadas por meio de ensaio de degradabilidade *in vitro*, utilizando-se a protease *Streptomyces griseus*, a qual devido ao seu reduzido tempo de atuação (estabilidade de ação por 24h) torna-se difícil a

diferenciação entre fração B2 e B3. Portanto Broderick et al. (1995) propôs que as taxas de degradação se dividisse em somente duas frações, sendo elas B1+B2 e B3.

5.2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas

Para os dados do fracionamento de nutrientes, análises químico-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 consideradas as estações do ano como tratamento. 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.

Para os dados do ensaio de degradabilidade "*in situ*" para determinação das frações protéicas A, B e C segundo o NRC (2001), foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados. Cada animal foi um bloco, em que foram incubadas amostras de capim das três estações do ano estudadas. 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. As médias ajustadas foram obtidas utilizando-se o método dos quadrados mínimos.

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Intervalo de desfolha (ID)

Os valores de intervalo de desfolha, alturas pré e pós-pastejo e dias de ocupação são apresentados na tabela 5.3. Esses valores não foram analisados estatisticamente, pois não compunham fonte de variação nos experimentos.

Tabela 5.3 - Intervalo de desfolha, altura pré e pós-pastejo e período de ocupação

Variáveis	Primavera	Verão	Outono
		Mulato	
ID (dias)	25	22	23
Altura do dossel em pré-pastejo (cm)	30	29	28
Altura do dossel em pós-pastejo (cm)	15	17	16
PO (dias)	3	2	2

[1] Intervalo de desfolha
[2] Período de ocupação

5.3.2 Determinação da massa de forragem e composição morfológica

Na tabela 5.4 são apresentados os valores de massa de forragem e composição morfológica do referido capim durante as 3 estações estudadas.

Para a característica de massa de forragem (MF), houve efeito significativo (P<0,05) da estação do ano. Pode ser notada maior massa de forragem durante a estação de verão. Os valores de massa de forragem variaram de 5912 a 8500 kg MS/ha e foram bem superiores aos relatados por pesquisadores ligados ao CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), que trabalhando com o mesmo capim obtiveram valores ao redor de 3000 a 4000 kg MS/ha (CUADRADO et al., 2005; PIZARRO, 2005). Esses dados foram obtidos com manejo diferente daquele praticado durante este experimento, por exemplo, utilizam plantas que variam de 90 a 100 cm (PIZARRO, 2005).

Tabela 5.4 - Massa de forragem e composição morfológica da massa de forragem do capim Mulato nas estações de primavera, verão e outono

Composição Morfológica	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Massa de Forragem (kg MS/ha)	6050,65[b]	8462,81[a]	5912,67[b]	437,60	0,0079
% Folha (MS)	52,8	50,5	47,6	1,6058	0,1121
% Colmo (MS)	35,7[b]	38,0[b]	41,5[a]	1,1883	0,0067
% Material Morto (MS)	11,5	11,5	10,9	0,8253	0,8700

[a, b, c] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05)
[1] Erro Padrão da Média

Para o capim Mulato, não houve alteração na proporção de material morto e folha entre as estações do ano, mas a proporção de colmos foi maior (P<0,05) no outono. As maiores produções de forragem, registradas na primavera e no verão, confirmam a acentuada estacionalidade de produção típica das plantas forrageiras tropicais nas estações de maior disponibilidade de fatores de crescimento (Tabela 2). A menor produção, no outono e na primavera, foi conseqüência de baixas temperaturas e baixos índices pluviais, o que reduziu o surgimento de novas folhas, com possível inibição no aparecimento de novos perfilhos, e levou a uma subseqüente redução da produção do pasto (Cooper, 1983). Independente da época do ano, a fração folha foi o componente com maior participação na forragem acumulada (Tabela 2). Durante o período de outono ocorreu incremento na fração colmo devido ao florescimento da gramínea. Quando o dossel atinge 95% de IL, as folhas inferiores passam a ser sombreadas. A redução ou a ausência de luz na folha induz à diminuição na sua atividade fotossintética e essa passa de condição de fonte de fotoassimilados para a condição de dreno. A partir desse ponto, as taxas de fotossíntese e respiração no dossel tornam-se muito próximas. Esse é considerado o índice de área foliar ótimo (máxima taxa de acúmulo). Aumentos subseqüentes no índice de área foliar reduzem a taxa de acúmulo de forragem em função de aumentos na taxa de respiração, resultantes de um aumento na quantidade de tecidos sem função fotossintética (senescentes). Quando isso ocorre, há um declínio na proporção de folhas e o maior acúmulo passa a ser proveniente de colmos (PARSONS et al., 1988). As características morfológicas são afetadas por fatores do meio ambiente (LEMAIRE e CHAPMAM, 1996). Com a mudança de estação, de verão para outono, ocorre redução no fotoperíodo, na temperatura e precipitação, influenciando o balanço hídrico (Tabela 5.1). Com isso, a gramínea apresenta padrão negativo para a produção de massa de forragem.

5.3.3 Composição químico-bromatológica

Os valores de composição químico-bromatológica do estrato pastejável do capim Mulato nas estações estudadas encontram-se na tabela 5.5.

A composição químico-bromatológica referente ao capim Mulato, apresentou efeito significativo (P<0,05) para os teores de MS, FDN, FDA, PB e MM. Os teores de MS variaram ao longo do ano e foram diferentes (P<0,05) para as estações de verão e outono.

Em relação aos teores de FDN, valores de 60 a 64,9% são condizentes com forragens de elevado valor nutricional, ratificando o bom controle da estrutura do dossel e demonstrando a alta correlação entre os resultados de composição morfológica e bromatológica. Estrada (2004), que trabalhou com o mesmo capim, porém colhido a 10 cm de altura do solo a cada 28 dias e adubados com 300 kg de $N.ha^{-1}$, obteve valores que variaram de 50,0 a 52,2% e Euclides et al. (1993) que amostrou o capim Marandu (planta toda) relatou valores da ordem de 74,5%. Cuadrado et al. (2005) utilizando o mesmo capim sob forma de pastejo rotativo com período de descanso de 22 dias e sem utilizar fertilizantes, obteve valores de FDN de 62,5 e 64,4, mas estações da chuva e seca, respectivamente.

Tabela 5.5 - Composição químico-bromatológica nas estações de primavera, verão e outono

Composição Bromatológica	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
MS	24,0100[ab]	25,8675[b]	20,6650[a]	0,9592	0,0165
FDN (%MS)	64,9175[a]	60,0650[c]	61,8775[b]	0,3938	<0,0001
FDA (%MS)	30,2175[c]	35,9125[a]	33,4375[b]	0,3029	<0,0001
LIG (%MS)	2,9825	3,8400	3,7800	0,2169	0,0624
EE (%MS)	1,5900	1,3575	1,5300	0,07989	0,2019
PB (%MS)	12,2025[a]	12,0525[a]	10,6000[b]	0,05916	<0,0001
MM (%MS)	13,8900[a]	12,5775[c]	12,9600[b]	0,09859	0,0005
NIDN (%NT)	31.1525[a]	31.1825[a]	21.8300[b]	1.1943	0.0035
NIDA (%NT)	10.1325[b]	12.9950[a]	12.6525[a]	0.4292	0.0033

[a, b, c] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05)
[1] Erro Padrão da Média

Os valores de FDA diferiram entre si (P>0,05), sendo observados valores entre 30,2 e 35,9%. Esse fato poderia ter implicações negativas sobre o desempenho dos animais em pastejo, visto que concomitante ao teor mais elevado de FDA tem-se o menor teor de FDN (60%) e o teor mais alto de lignina (3,8%), embora esse não difira estatisticamente dos demais. E ainda elevado teor de lignina na FDN (6,4%), que

segundo Traxler (1998) quanto maior o teor de lignina na FDN menor a digestibilidade dessa entidade. Forragens com valores de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) ao redor de 30% ou menos possibilitam consumo elevado, enquanto aquelas com teores acima de 40% normalmente limitam a ingestão pelos animais (NUSSIO et al., 1998). Cuadrado et al. (2005) utilizando o mesmo capim sob forma de pastejo rotativo com período de descanso de 22 dias e sem utilizar fertilizantes, obteve valores de FDA de 40,1 e 43,2 para as estações das chuvas e de seca, respectivamente. O manejo com base na IL de 95% evitou que houvesse queda na qualidade da forragem, mesmo quando a produção da planta foi extremamente alta como no verão.

Os teores de PB ficaram abaixo do esperado e podem estar relacionados com falhas na uniformidade de distribuição do fertilizante nitrogenado na área. De acordo com dados de literatura, forragens tropicais quando colhidas no ponto fisiológico ideal (95% de IL) podem alcançar patamares muito maiores de teor de PB, principalmente quando se trabalha com material oriundo de estrato pastejável ou simulação de pastejo (tabela 3), quando o material colhido é praticamente folhas verdes, onde se encontra maior teor de PB, quando comparada ao colmo. Estrada (2004), que trabalhando com o mesmo capim, porém colhido a 10 cm de altura do solo a cada 28 dias e adubados com 300 kg de $N.ha^{-1}$, obteve valores que variaram de 10,0 a 10,3% e Cuadrado et al. (2005) utilizando o mesmo capim sob forma de pastejo rotativo com período de descanso de 22 dias e sem utilizar fertilizantes, obteve valores que variaram de 9,8 a 7,8 nas estações de chuva e seca, respectivamente.

Os valores obtidos para a fração NIDN (21,8 a 31,1%), são mais elevados que os obtidos por Juarez Lagunes et al. (1999) e Tedeschi et al. (2002), que trabalharam com capim Marandu. O mesmo foi observado para o teor de NIDA (10,1 a 13,0%). Esses valores foram apurados a partir de amostras da planta inteira sem adubação nitrogenada, diferentemente do que foi feito nesse experimento, onde se coletou somente o estrato pastejável e realizou-se adubação nitrogenada. Ramalho (2006) trabalhando com o capim Colonião e coletando a planta da mesma forma observou valores mais elevados para esta fração (35,44%) que os obtidos neste experimento. O mesmo autor encontrou valores inferiores para a porção NIDA (6,7 a 8,0%) nas estações de verão e outono, quando comparado aos obtidos neste experimento. Os

teores de nitrogênio ligados aos compostos da parede celular tendem a aumentar com a idade fisiológica da planta, principalmente, aquela fração ligada a FDA. Lima et al. (1999) encontraram redução linear na fração da proteína de lenta degradação (fração B3, lê-se como B3 = NIDN(%PB) – NIDA(%PB)) com a maturidade de plantas de Tifton-85 (*Cynodon dactylon*), Bahia (*Paspalum notatum*) e Floralta (*Hemarthria altissima*). Essa redução foi em detrimento do aumento da fração C (lê-se como C = NIDA(%PB).

5.3.4 Fracionamento das frações de carboidratos de acordo com o CNCPS

A composição de carboidratos variou conforme as estações do ano (P<0,05), para as frações A+B1 e B2. Os valores das frações dos carboidratos durante as 3 estações do ano estudadas são apresentados na tabela 5.6.

Com relação aos CHOT, a não diferença significativa se deu pelo manejo adotado ao longo do experimento, o que possibilitou a manutenção dos teores de CHOT independentemente das estações do ano. Os valores da fração A+B1 variaram significativamente (P<0,05), apresentando menor valor na estação do verão (17,4%). O menor teor dessa fração nessa estação pode ser explicado por uma maior produção de massa, o que de certa forma contribuiu para um maior valor da fração B2 (70,2%), na estação do verão. De acordo com Reis e Rodrigues (1993) com o avançar da idade há um aumento nos teores de carboidratos estruturais e diminuição nos carboidratos de reserva, o que é, em grande parte, dependente da relação colmo-folha.

Tabela 5.6 - Frações de carboidratos em amostras de estrato pastejável nas estações de primavera, verão e outono

Frações Carboidratos[1]	**Estações**			**EPM[2]**	**Pr > |t|**
	Primavera	**Verão**	**Outono**		
CHOT (%MS)	74.1152	70.9682	71.2776	0,7650	0,0508
A+B1(%CHOT)	22,20[a]	17,36[b]	20,48[c]	0,4807	0,0004
B2 (%CHOT)	67,90[b]	70,19[a]	67,41[b]	0,5500	0,0158
C (%CHOT)	9,89	12,44	12,10	0,7091	0,0974

[a, b, c] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,05)
[1] Frações de carboidratos, segundo CNCPS
[2] Erro Padrão da Média

Em relação à fração B2, seus valores (67,4 a 70,2%) variaram estatisticamente (P<0,05), sendo o maior valor obtido na estação do verão, estação na qual se teve a maior produção de massa seca e o menor teor de carboidratos não-estruturais (17,4%). Quanto à fração C tem sido relatada na literatura uma relação entre o teor de lignina e a fração C (MERTENS, 1993) e esta relação também pode ser notada neste experimento. Lima (2006) trabalhando com capim elefante obteve valores mais elevados de CHOT (82,0%) e mais baixos para a fração A+B1 (5,5%), entretanto o valor da fração C (12,5%) foi semelhante aos valores obtidos nas estações de verão e outono. Cabral et al. (1999a) verificaram proporções da fração A+B1 de carboidrato de 14,67% para o capim Tifton-85 colhido à altura de 30 cm e 68,76% colhido a 50 cm. Ribeiro et al. (2001) analisando feno de capim Tifton-85, observaram para a fração B2 teores da ordem de 78,62; 80,59; 79,12 e 77,87% aos 28, 35, 42 e 56 dias e para a fração C obtiveram valores de 13,59; 13,87; 15,62 e 17,87% aos 28, 35, 42 e 56 dias.

5.3.5 Fracionamento dos compostos nitrogenados de acordo com o CNCPS

Os valores do fracionamento de compostos nitrogenados nas 3 estações estudadas encontram-se na tabela 5.7.

Assim como para o capim Colonião, as frações protéicas do capim Mulato variaram significativamente entre as estações do ano (P<0,1). Em relação à fração A e B2, estas foram maior no outono, devido ao menor teor de MS e menor produção do pasto por área, ocasionado dessa maneira menor crescimento da parede celular, o que permitiu maiores teores de conteúdo celular. Por esse mesmo motivo que no outono a fração B3 é a mais baixa, pois a produção de massa é menor, assim como o teor de matéria seca, promovendo menor deposição de parede celular. A maior parte da PB desta gramínea foi composta por proteína verdadeira de média a baixa degradabilidade ruminal (B2+B3). O total de proteína solúvel (A+B1) foi mais alto no verão que nas demais estações assim como o teor da fração C também foi mais alto. A fração B1 foi menor na primavera em razão do baixo teor de N Solúvel presente na planta (34,3%), enquanto que nas demais estações os valores foram de 45,7% e 42,2%, no verão e no outono, respectivamente. Pode-se dizer ainda que a maior parte da proteína da planta

não está aderida à parede celular, pois para o maior valor de PB, tem-se o menor valor de NIDA (BALSALOBRE, 2002).

A fração B3 é a porção da proteína que está aderida a parede celular e possui lenta taxa de degradação ruminal, seu decréscimo ao longo dos meses pode ser explicado pela própria equação que a define (NIDN – NIDA), uma vez que valores de NIDN diminuem à medida que os valores de NIDA aumentam. Para a fração B3, Romero (2008) trabalhando com capim elefante variando o intervalo de desfolhação, obteve, para intervalo de desfolha variável (95%IL) valores de 30,0%, 31,4% e 36,7%, para as estações de primavera, verão e outono, respectivamente.

Tabela 5.7 - Frações protéicas nas estações de primavera, verão e outono

Frações Protéicas[1]	**Estações**			**EPM[2]**	**Pr > |t|**
	Primavera	**Verão**	**Outono**		
A	30.2018[a]	30.4247[a]	32.1269[b]	0.4009	0.0322
B1	4.1391[b]	15.2899[a]	10.3970[c]	0.6218	<0.0001
B2	34.5066[a]	23.1056[b]	35.6457[a]	1.5487	0.0024
B3	21.0213[a]	18.1840[a]	9.1783[b]	1.1611	0.0007
C	10.1325[b]	12.9950[a]	12.6525[a]	0.4292	0.0033

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Frações Protéicas, segundo CNCPS
[2] Erro Padrão da Média

Vieira et al. (2000a) analisando a extrusa de animais pastejando gramíneas tropicais obteve para a fração B3 valores que variaram de 37,8 a 55,0%, para a estação das águas. Estes mesmos autores encontraram para a fração B1 valores semelhantes (3,9 a 5,6%) ao obtido neste ensaio, para a estação da primavera (4,1%). Ribeiro et al. (2001) trabalhando com capim Tifton 85 em diferentes idades de rebrota encontrou valores semelhantes (4,55%) para a fração B1, após 35 dias de rebrota. Balsalobre et al (2003b) trabalhando com capim Tanzânia irrigado e manejado sob diferentes intensidades de desfolha obteve durante a estação do verão teor semelhante (24,14%) para a fração B2, enquanto que para primavera e outono os valores (14,9% e 20,8%, respectivamente) foram inferiores aos obtidos nesse estudo.

5.3.5.1 Taxa de degradação *in vitro* das frações protéicas de acordo com o CNCPS

Os valores das taxas de degradação das frações potencialmente degradáveis são apresentados na tabela 5.8.

Os valores das taxas de degradação da proteína (B1, B2, B3 e B1+B2) não variaram (P<0,1) entre as estações do ano.

Tabela 5.8 - Taxas de degradação das frações de proteína potencialmente degradáveis no rúmen (B1, B2, B3 e B1+B2) do capim Mulato, de acordo com fracionamento protéico proposto por Sniffen et al. (1992)

Frações	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
B1 (%/h)	25,8	20,9	20,3	3,0129	0,6294
B2 (%/h)	6,0	8,3	6,7	1,1867	0,4957
B3 (%/h)	3,2	6,7	5,2	1,7343	0,8179
B1+B2[2] (%/h)	10,8	14,4	7,1	3,6569	0,6959

[1]Erro Padrão da Média
[2]Broderick et al. (1995)

As médias das taxas de degradação para as frações B2 e B3, de forma geral, foram numericamente menores que os valores relatados por SNIFFEN et al. (1992). Esta diferença se deve ao fato de o material empregado nos estudos de degradação corresponder à forragem colhida sob forma de estrato pastejável, cujo valor nutritivo predito difere da análise baseada no corte da planta na sua forma inteira. Tedeschi et al. (2002) trabalharam com amostras de planta inteira de *Brachiaria brizantha* e reportaram para as frações B2 e B3 o valor de 11,0%/h e 0,3%/h. Juarez Lagunes et al. (1999) reportaram para o capim Marandu colhido na forma de planta inteira, para a fração B3 a taxa de degradação de 5,7%/h. Valadares Filho et al. (2000) trabalharam com amostras de planta inteira de *Brachiaria decumbens* e obteve para as frações B2 e B3 valores de 1,16%/h e 0,95%/h, respectivamente. Vieira et al. (2000a), ao estudarem pastagens nativas, encontraram valores entre $3{,}2.h^{-1}$ e $0{,}08.h^{-1}$ da proteína para a fração B2 e B3, respectivamente.

5.3.6 Degradação ruminal *in situ* das frações do capim Mulato

Os dados da degradabilidade *in situ* da MS do capim Mulato estudados na primavera, verão e outono são apresentados na tabela 5.9.

As frações estimadas pelo modelo de regressão não variaram (P>0,1), porém o tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido (Lambda), taxa de degradação (kd comparável ao NRC) e degradabilidade efetiva (DE) variaram (P<0,1) entre as estações do ano.

Tabela 5.9 - Composição das frações de MS (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Mulato, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão simples

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[2] (%)	29,1	32,0	30,6	1,3120	0,2320
Fração B[3] (%)	50,8	48,4	46,0	1,9480	0,4346
Fração C[4] (%)	20,1	19,6	23,4	1,495	0,3207
Kd[5] (%/h)	6,1[a]	4,1[b]	4,6[ab]	0,3464	0,0530
Lambda[6] (%/h)	6,4[a]	2,9[b]	3,9[b]	3,2210	0,0026
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	4,4[a]	2,8[b]	3,2[b]	0,1642	0,0076
DE[8] (%)	59,4[a]	55,4[b]	54,3[b]	0,8858	0,0120

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da MS, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

A degradabilidade efetiva (DE) foi maior na primavera do que nas demais estações. Essa maior DE pode ser explicada pela maior taxa de degradabilidade (kd) e maior teor da fração potencialmente degradável (B) e menor fração solúvel (A). A degradabilidade efetiva (DE) da MS foi de aproximadamente, 56%, mostrando que o alimento pode permanecer mais tempo no rúmen para atingir seu máximo potencial de degradação. Balsalobre et al. (2003a) trabalharam com capim Tanzânia irrigado e coletado em diferentes alturas de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), durante as estações de verão, outono e primavera e obtiveram os seguintes valores de DE para

estas estações 79,3%, 74,9% e 74,7%, assumindo kp de 3,5%/h. Romero (2008) trabalhou com capim Elefante manejado com intervalos variáveis de desfolha (com base em 95% de IL) e obteve valores médios de DE (kp=5%/h) para as estações de primavera, verão e outono de 53,67%, 53,88% e 55,90%, respectivamente. Martinez (2008) trabalhou com capim Elefante manejado em intervalos de desfolha fixo de 23 dias e obteve o valor médio para DE de 55,12%.

Os valores de lambda variaram de acordo com os valores de FDN da planta, visto que quanto maior a fração FDN, maior será o seu tempo de preparo para ser efetivamente digerido. A taxa de degradação (kd) também variou da mesma forma, sendo maior para o maior valor de FDN e menor para o menor valor de FDN. Balsalobre et al. (2003a) trabalharam com capim Tanzânia irrigado e coletado em diferentes alturas de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), durante as estações de verão, outono e primavera e obtiveram os seguintes valores de kd 5,1%/h, 4,4%/h e 4,4%/h, respectivamente.

Os dados da degradabilidade *in situ* da PB do capim Mulato estudados na primavera, verão e outono são apresentados na tabela 5.10.

Os teores estimados pelo modelo de regressão variaram (P<0,1) para o tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido (Lambda) e taxa de degradação (kd comparável ao NRC), entre as estações do ano.

A degradabilidade efetiva (DE) da PB foi elevada, devido aos elevados teores de proteína solúvel e da fração potencialmente degradável, corroborando os dados de literatura reportados por Martinez (2008) que trabalhou com capim Elefante sob manejo rotativo com 23 dias de intervalo de desfolha e obteve valor médio de 70,7%. Romero (2008) trabalhou com capim Elefante sob manejo rotativo com intervalos de desfolhas variáveis (com base na IL de 95%) durante as estações de primavera, verão e outono e obteve valores de 78,5%, 74,8% e 74,4%, respectivamente, sendo o valor de kp adotado igual a 2%/h. Balsalobre et al. (2003a) trabalhou com capim Tanzânia irrigado e coletado em diferentes alturas de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), durante as estações de verão, outono e primavera e obteve para estas estações os valores médios de 70,3%, 65,6% e 61,3%, respectivamente. Esses valores de DE obtidos neste estudo corroboram a hipótese de que gramíneas tropicais quando manejadas conforme

o ponto fisiológico ideal (95% de IL) e adubadas com N, podem apresentar elevado valor nutritivo.

Tabela 5.10 - Composição das frações de PB (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Mulato, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão simples

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[2] (%)	39,0	41,4	38,1	4,9090	0,4562
Fração B[3] (%)	50,5	48,1	48,5	4,4440	0,7268
Fração C[4] (%)	10,5	10,5	13,4	1,1520	0,2255
Kd[5] (%/h)	6,7	5,1	5,7	0,4620	0,1245
Lambda[6] (%/h)	6,6[a]	3,4[b]	4,0[b]	3,7640	0,0106
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	4,8[a]	3,3[b]	3,8[b]	0,2410	0,0134
DE[8] (%)	74,5[a]	70,0[b]	69,7[b]	1,4490	0,0761

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da PB, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

A maior presença da fração B (50,8%) na estação de primavera faz com ocorra um aumento no tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido (Lambda) e um aumento na taxa de degradação (kd) dessa fração, quando comparadas a estação de verão e outono. Martinez (2008) que trabalhou com capim Elefante sob manejo rotativo com 23 dias de intervalo de desfolha, obteve para kd o valor médio de 3,9%/h, sendo o kp igual a 3,47%/h e Balsalobre et al. (2003a) que trabalhou com capim Tanzânia irrigado e coletado em diferentes alturas de resíduo pós-pastejo (baixo, médio e alto), durante as estações de verão, outono e primavera e ainda adotou o valor de 3,5%/h para kp, obteve para estas estações os seguintes valores médios para kd 5,4%/h, 4,7%/h e 5,1%/h, respectivamente.

Os dados da degradabilidade *in situ* da FDN do capim Mulato estudados na primavera, verão e outono são apresentados na tabela 5.11.

Os valores estimados pelo modelo de regressão variaram (P<0,1) para o tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido (Lambda), taxa de degradação (kd comparável ao NRC) e degradabilidade efetiva (DE), entre as estações do ano.

Tabela 5.11 - Composição das frações de FDN (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Mulato, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão simples

Variáveis	**Estações**				
	Primavera	**Verão**	**Outono**	**EPM[1]**	**Pr > |t|**
Fração B[2] (%)	62,48	56,84	57,09	2,4720	0,4127
Fração C[3] (%)	22,09	21,91	27,26	2,2040	0,2941
Fração Bp (%)	73,90	72,09	67,75	2,5390	0,3909
Fração Cp (%)	26,10	27,91	32,25	2,5390	0,3909
Kd[4] (%/h)	5,7	4,0	4,9	0,4827	0,1768
Lambda[5] (%/h)	11,1[a]	2,8[b]	4,2[b]	1,1580	0,0137
kd comparável ao NRC[6] (%/h)	4,7[a]	2,7[b]	2,8[b]	0,2074	0,0071
DE[7] (%)	45,0[a]	34,5[b]	32,8[b]	1,6020	0,0210

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração potencialmente degradável
[3]Fração indigestível
[4] Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[5] Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[6] Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[7] Degradabilidade Efetiva da FDN, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

O menor valor da DE foi registrado no outono, pois nesta estação a taxa de degradação foi muito baixa, além do que foi obtido também o menor valor da fração Bp e o maior para a fração Cp. Malafaia et al. (1998) trabalharam com amostras de planta inteira dos capins Marandu, Elefante e Tifton-85 aos 60 dias de rebrota e reportaram valores para a DE (kp de 3%/h) de 23,0%, 24,9% e 29,4%, respectivamente; Romero (2008) trabalhou com capim Elefante sob manejo rotativo com intervalos de desfolhas variáveis (com base na IL de 95%) durante as estações de primavera, verão e outono e obteve para a DE (kp de 5%/h) os valores de 66,7%, 60,5% e 58,7%, respectivamente.

Na seqüência são apresentadas três tabelas com as frações de MS (tabela 3.12), PB (tabela 3.13) e FDN (tabela 3.14), com os dados apresentados obtidos a partir de regressão robusta. Nesse método são realizados ajustes, onde o modelo utiliza critérios estatísticos para atribuir pesos menores aos valores discrepantes, sendo esses fatores controláveis ou não. Os valores obtidos foram muito próximos (variam

aproximadamente 3 pontos percentuais) daqueles já discutidos quando se utilizou o modelo de regressão simples.

Tabela 5.12. Composição das frações de MS (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Mulato, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão robusta.

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[2] (%)	29,08	32,00	30,55	1,3120	0,2320
Fração B[3] (%)	50,04	47,53	46,84	2,0140	0,6188
Fração C[4] (%)	20,87	20,49	22,61	2,1620	0,6542
Kd[5] (%/h)	5,5	5,0	6,0	0,5516	0,5111
Lambda[6] (%/h)	5,9[a]	3,1[b]	2,5[b]	0,5123	0,0091
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	4,3	3,5	3,8	0,3468	0,2960
DE[8] (%)	58,7[a]	57,8[ab]	56,3[b]	0,8617	0,0526

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da MS, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Tabela 5.13. Composição das frações de PB (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Mulato, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de degradação robusta.

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração A[2] (%)	39,00	41,42	38,46	4,9900	0,5106
Fração B[3] (%)	51,16	48,77	49,88	4,6330	0,8026
Fração C[4] (%)	9,87	9,81	11,66	1,1580	0,4846
Kd[5] (%/h)	5,8[a]	4,7[b]	4,7[b]	0,2755	0,0439
Lambda[6] (%/h)	3,7	3,0	4,6	0,7637	0,3378
kd comparável ao NRC[7] (%/h)	3,9	3,3	3,6	0,3154	0,4715
DE[8] (%)	73,5	70,6	70,9	1,7130	0,4303

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração instantaneamente degradável (solúvel)
[3]Fração potencialmente degradável
[4]Fração indigestível
[5]Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[6]Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[7]Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[8]Degradabilidade Efetiva da PB, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

Tabela 5.14. Composição das frações de FDN (degradabilidade *in situ*), das amostras de estrato pastejável do capim Mulato, estudados nas 3 estações do ano, utilizando o modelo de regressão robusta.

Variáveis	Estações			EPM[1]	Pr > |t|
	Primavera	Verão	Outono		
Fração B[2] (%)	61,61	57,52	59,57	2,5100	0,6634
Fração C[3] (%)	22,95	21,23	24,78	2,1270	0,5704
Fração Bp (%)	72,87	72,96	70,66	2,4760	0,8134
Fração Cp (%)	27,13	27,04	29,34	2,4760	0,8134
Kd[4] (%/h)	6,0	4,3	4,8	0,5547	0,2622
Lambda[5] (%/h)	6,3[a]	3,4[b]	4,6[ab]	0,8158	0,0972
kd comparável ao NRC[6] (%/h)	4,7	3,1	3,5	0,4456	0,2168
DE[7] (%)	44,3	37,2	38,2	3,2410	0,4626

[a, b] letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P<0,1)
[1]Erro Padrão da Média
[2]Fração potencialmente degradável
[3]Fração indigestível
[4] Taxa de degradação da fração potencialmente degradável
[5] Tempo de preparo do substrato para ser efetivamente digerido
[6] Taxa de degradação calculada pelo modelo de ØRSKOV e McDONALD (1979)
[7] Degradabilidade Efetiva da FDN, assumindo taxa de passagem (kp=3%/h)

5.4 Conclusões

À medida que a estação avança da primavera para o outono, a massa de forragem (material coletado a 5 cm do solo) do capim Mulato apresentou aumento na proporção de colmos. Essa alteração morfológica negativa da massa de forragem ao longo das estações do ano não é acompanhada por alterações negativas na composição química-bromatológica das amostras de estrato pastejável.

As frações protéicas (determinadas quimicamente - CNCPS) das amostras de estrato pastejável do capim Mulato variaram entre as estações do ano, porém as taxas de degradação dessas frações são pouco afetadas.

O capim Mulato adubado com altas doses de N e elevados teores de PB, apresenta ao redor de 70% da sua proteína, sob forma de proteína verdadeira. As taxas de degradação da fração B são baixas e a DE da PB em torno de 71%.

O capim Mulato apresentou-se pobre em frações de carboidratos de alta fermentabilidade ruminal (A+B1), enquanto que o teor de proteína prontamente degradada no rúmen (A, B1 e B2) foi elevado. Isto pode limitar a eficiência de uso da

proteína degradável no rúmen das forragens, especialmente quando adubadas intensamente com N para a obtenção de altas taxas de lotação animal.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.M.E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim-marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte**. 2003. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – **AOAC**. Official methods of analysis. 15 ed. Arlington; 1990. v.1, 1117p.

BALSALOBRE, A.A.M. **Desempenho de vacas em lactação sob pastejo rotacionado em capim-elefante**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996. 127p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1996.

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. et al. 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.

BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a freqüências e intensidades de pastejo**. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; SILVA, S.C. da; ZIMMER, A.H.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e freqüência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.329-340, 2007.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica. Comissão de solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 634 p, 1960.

BRODERICK, G.A. Methodology for the determining ruminal degradability of feed proteins In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, 1995. ***Anais...*** Viçosa: DZO, 1995. p.139-176.

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

CABRAL, L.S., VALADARES FILHO, S.C., MALAFAIA, P.A.M. LANA, R.P.; SILVA, J.F.C.; VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, E.S. Frações protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas através da incubação com proteases oriundas da microbiota ruminal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999b. p.261.

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 protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas pela incubação com proteases ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.2316-2324, 2000b.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; SOUZA, E.L.; DETMANN, E. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.8, p.777-781, 2005.

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. 136 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; et al. 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, 2006.

COOPER, J. P. Physiological and morphological advances for forage improvement. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14, 1981, Lexington. **Proceedings...** Boulder: Westview, 1983. p. 69-76.

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.

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.

CUADRADO, H.; TORREGROSA, L.; GARCÉS, J. Producción de carne con machos de ceba en pastoreo del pasto híbrido Mulato y *B. decumbens* en el Valle del Sinú. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Informe Mimeografiado. 9 p. 2005.

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.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p. (Produção de Informação).

ESTRADA, J. E. Efecto de la temperatura sobre la producción y el contenido de proteína cruda y fibra neutro detergente de *Panicum maximum* cv. Tobiatá, *Digitaria eriantha* cv. Transvala y *Brachiaria* híbrido cv. Mulato. Tesis de Ing. Agr. presentada en la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano (Honduras). 11 p. 2004.

EUCLIDES, V.P.B; ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. de. Evaluation of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria brizantha* under grazing. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993. Rockhampton. **Proceedings**... Rockhampton: Palmerston North, 1993. p. 1997-1998.

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,** Savoy, v.70, p.3578-3596, 1992.

FUKUSHIMA, R.S., DEHORITY, B.A. Feasibility of using lignin isolated from forages by solubilization in acetyl bromide as a standard for lignin analyses. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, p.3135-3143, 2000.

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

HUMPHREYS, L.R. **Tropical pasture utilisation**. 1.ed. Australia: Cambridge University Press, 206p, 1991.

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.

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.

JUAREZ LAGUNES, F.I.; FOX, D.G.; BLAKE, R.W.; PELL, A.N. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, p.2136-2145, 1999.

LEMAIRE, E., CHAPMAN, D. **Tissue flows in grazed plant comunities**. In: HODGSON, I., ILLIUS, A.W. (Eds.) The ecology and management of grazing systems**.** p.3-36, 1996.

LIMA, G.F.C.; SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E. et al. Concentração e fracionamento do nitrogênio em gramíneas forrageiras tropicais e subtropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre, 1999. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999.

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.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; 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.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; PEREIRA J.C. 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.

MARTINEZ, J.C. **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. 351 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MERTENS, D. R. Rate and extent of digestion. Chap. II. In: **Qualitative aspects of ruminant digestion and metabolism.** Ed: FORBES, J. M., FRANCE, J. Wallingford: Cambridge University Press, 1993. p. 13-51.

MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas**. 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 242p., 1996.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 381p., 2001.

NELSON, C.J., MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: **Forage Quality, Evaluation, and Utilisation**. Ed.: Fahey, G.C., Collins, M., Mertens, D.R. and Moser, L.E. American Society of Agronomy, Madison, p.115-154, 1994.

NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.71, p.2070-2107, 1988.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 15, 1998, Piracicaba. **Manejo de pastagens de Tifton, Coastcross e Estrela. Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p . 203-242.

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**, Savoy, v.71, n.5, p.1298-1311, 1993.

ØRSKOV, 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.

PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and average rate of growth in a rotational grazed sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.43, p.15-27, 1988.

PAULA, N.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; CARVALHO, D.M.G.; UBIALI, D.G.; MEDEIROS, T.T. Degradabilidade da Matéria Seca e Fibra em Detergente Neutro do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em bovinos suplementados com uréia e uréia de lenta liberação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. p.261.

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.

PIZARRO, E.A. ESPECIES ARBUSTIVAS, GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS PARA EL TRÓPICO AMERICANO. In: Seminário de Pastos y Foraajes, IX, 2005. Curitiba. **Anais...** San Cristóbal: FUNDAPASTO, 2005. p. 30-49.

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.

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.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho, UNESP. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 26p.

REIS, R.A.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; FREITAS, D.; MELO, G.M.P.; BALSALOBRE, M.A.A. Suplementação protéico-energética e mineral em sistemas de produção de gado de corte nas águas e nas secas. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE: PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5, 2004, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 171-226.

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

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.

ROMERO, J.V. **Compostos nitrogenados e de carboidratos em pastos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Cameroon manejados com intervalos de desfolhação fixos e variáveis.** 2008. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

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**, Savoy, v.70, p.3551-3561, 1992.

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.; SANTOS, M.V. **O Brasil e a nova era do mercado de leite:** compreender para competir. Uberlândia: Impressão Gráfica Rio Pedrense, 2007b. p. 249-300.

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

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.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SOUZA JÚNIOR, S. J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e 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.

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

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.

TRAXLER, M.J.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J.; PELL, A.N; LASCANO, D.P.; LANNA, D.P.; MOORE, J.E.; LANA, R.P.; VELEZ, M.; FLORES, A. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.1469-1480, 1998.

TRINDADE, J.K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento digestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado**. 2007. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p. 267-337.

VAN SOEST P J; WINE R H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.50, p.50-55, 1967.

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, 2000a.

VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, Tokyo, doi:10.1016/j.jtbi.2008.08.014., 2008a.

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. 2006.198 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica do 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.

WINTER, K.A.; JOHNSON, R.R.; DEHORITY, B.A. Metabolism of urea nitrogen by mixed cultures of rumen bacteria grown on cellulose. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.47, p.793-797, 1964.