

GILBERTO VILMAR KOZLOSKI

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRICIONAL DO FENO DE CAPIM ELEFANTE ANÃO (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) ATRAVÉS DA CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, DA DIGESTÃO E DO FLUXO PORTAL LÍQUIDO DE OXIGÊNIO EM BOVINOS**

**TESE DE DOUTORADO**

Porto Alegre, RS - Brasil

2001

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRICIONAL DO FENO DE CAPIM  
ELEFANTE ANÃO (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) ATRAVÉS DA  
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, DA DIGESTÃO E DO FLUXO PORTAL  
LÍQUIDO DE OXIGÊNIO EM BOVINOS**

GILBERTO VILMAR KOZLOSKI  
Médico Veterinário

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em  
Zootecnia  
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre, RS, Brasil  
Fevereiro /2001

## **FOLHA DE HOMOLOGAÇÃO**

## **AGRADECIMENTOS**

Muitas pessoas colaboraram de forma decisiva, e de diferentes maneiras, para que esse trabalho fosse realizado. No entanto, gostaria de fazer um agradecimento especial à minha orientadora, Maria de Lourdes, pela confiança, pela oportunidade dada e pelo apoio oferecido ao longo do curso, e às minhas companheiras, a Rosane e a Cássia, pela sua paciência e compreensão durante a minha ausência. Agradeço também ao Edison, da EPAGRI-SC, pelo interesse e pela qualidade do feno oferecido, e aos colegas e professores de Santa Maria, em especial ao Juliano Perotoni, ao João Batista, ao Alceu, ao Boncarrere e ao Clóvis, cujas contribuições foram fundamentais para a viabilização do experimento.

Por fim, agradeço à classe trabalhadora desse país, pelos recursos e pela estrutura das Universidades colocadas a disposição dos estudantes e pesquisadores.

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRICIONAL DO FENO DE CAPIM ELEFANTE ANÃO (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) ATRAVÉS DA CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, DA DIGESTÃO E DO FLUXO PORTAL LÍQUIDO DE OXIGÊNIO EM BOVINOS<sup>1</sup>

Autor: Gilberto Vilmar Kozloski

Orientadora: Maria de Lourdes Santorio Ciocca

## RESUMO

Este estudo foi conduzido para avaliar a mudança na composição química do feno de capim elefante anão cortado com 30, 40, 50 e 60 dias de crescimento, e seu efeito sobre a digestibilidade aparente, a cinética de passagem da fase sólida pelo trato gastrintestinal (Experimento 1) e a utilização de oxigênio pelo sistema portal de bovinos (Experimento 2). Foram utilizados quatro novilhos da raça Holandês (pesos vivos médios de  $129 \pm 17$  kg e  $139 \pm 3$  kg nos Experimentos 1 e 2, respectivamente) em um delineamento em Quadrado Latino  $4 \times 4$ . Os animais do Experimento 2 foram permanentemente cateterizados nas veias porta e mesentérica. As dietas experimentais foram constituídas de feno picado (partículas de 10-15 cm) fornecido duas vezes ao dia em quantidades restritas a aproximadamente 2% do peso vivo dos animais. Os teores de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina em detergente ácido e de ligações ésteres saponificáveis e, entre os compostos nitrogenados, os de nitrogênio insolúvel em detergente ácido aumentaram, mas os teores de nitrogênio total, nitrogênio não proteico e nitrogênio solúvel diminuíram com o aumento da idade de corte da forrageira. A digestibilidade aparente dos diferentes componentes do feno não foi influenciada ( $P > 0,05$ ), mas os tempos de retenção retículo-ruminal ( $P < 0,01$ ) e ceco-cólica ( $P < 0,05$ ) diminuíram linearmente e, as taxas de passagem da fase sólida pelo retículo-rúmen ( $P < 0,01$ ) e pelo ceco-cólon ( $P < 0,05$ ), aumentaram linearmente com a idade de corte da planta. Adicionalmente, a utilização portal de oxigênio e a produção estimada de calor pelo sistema portal, como proporção do consumo de energia digestível, aumentaram linearmente com a idade de corte do capim elefante anão ( $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ , respectivamente). Não houve relação significativa entre os componentes do feno e a sua digestibilidade ( $P > 0,05$ ). No entanto, dos componentes analisados, o teor de lignina em detergente ácido foi o que melhor relacionou-se com as variáveis da cinética de passagem e da eficiência energética digestiva ( $P < 0,05$ ). Em conclusão, considerando que o valor nutricional da forrageira diminui com a idade de crescimento, os resultados do presente trabalho sugerem que isto deve-se, pelo menos em parte, a diminuição da eficiência do uso da energia metabolizável para fins produtivos, devido ao aumento do gasto de energia pelo trato digestivo.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Zootecnia - Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (80 p.) Fevereiro, 2001.

**POTENTIAL NUTRITIONAL ASSESSMENT OF DWARF ELEPHANT GRASS  
(*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) BY CHEMICAL  
CHARACTERIZATION, DIGESTION AND NET PORTAL FLUX OF OXYGEN  
IN CATTLE <sup>1</sup>**

Author: Gilberto Vilmar Kozloski

Adviser: Maria de Lourdes Santorio Ciocca

**ABSTRACT**

This study was conducted to evaluate the change of chemical composition of hay of dwarf elephant grass cut with 30, 40, 50 and 60 days of age, and its effect on apparent digestibility, passage kinetics of solid phase through gastrointestinal tract (Experiment 1) and oxygen utilization by the portal system of cattle (Experiment 2). It was utilized four Holstein steers (mean live weight of  $129 \pm 17$ kg and  $139 \pm 3$ kg in the Experiments 1 and 2, respectively) in a  $4 \times 4$  Latin Square experimental design. The animals of Experiment 2 were chronically catheterized in portal and mesenteric veins. The experimental diets were chopped hay ( 10-15 cm particles length ) fed two times a day in quantities restricted at 2% of live weight of animals. The content of neutral detergent fiber, acid detergent fiber, acid detergent lignin, titratable cross-ester links and, among nitrogenous compounds, the contents of acid detergent insoluble nitrogen increased, but the content of total nitrogen, non-protein nitrogen and soluble nitrogen decreased with the increase of cut age of forage. The apparent digestibility of different compounds of hay was not affected ( $P > 0,05$ ), but retention times in the reticulo-rumen ( $P < 0,01$ ) and in the caecum-colon ( $P < 0,05$ ) decreased linearly and, the passage rate of solid phase through reticulo-rumen ( $P < 0,01$ ) and through caecum-colon ( $P < 0,05$ ) increased linearly with the increase of age cut of plant. In addition, oxygen utilization and estimated heat production by the portal system, as a proportion on digestible energy intake, increased linearly with the increase of cut age of dwarf elephant grass ( $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ , respectively). There was not significant relationship between hay components and its digestibility ( $P > 0,05$ ). However, of the analyzed components, the acid detergent lignin content was the most significantly related with the variables of passage kinetics and with digestive energetic efficiency ( $P < 0,01$  and  $P < 0,05$ , respectively). In conclusion, if forage nutritional value decrease with the increase of plant growth age, the results of present study suggest that this is so due, for a less in part, the increase of metabolizable energy use by digestive tract in detrimental of use for productive purposes.

---

<sup>1</sup> Doctoral thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (80 p.) February, 2001.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Capim-elefante anão.....	4
2.2 Avaliação da qualidade nutricional das forrageiras.....	7
2.3 Fluxo portal líquido de metabólitos.....	16
2.3.1 Considerações sobre a metodologia.....	16
2.3.2 Fluxo portal de oxigênio.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Local e época.....	21
3.2 Material experimental.....	21
3.3 Dietas experimentais.....	22
3.4 Experimento 1.....	22
3.4.1 Animais e instalações.....	22
3.4.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	23
3.4.3 Condução do experimento.....	23
3.4.4 Medidas e observações.....	24
3.4.4.1 Medida da digestibilidade aparente.....	24
3.4.4.2 Passagem da fase sólida no trato gastrointestinal....	24
3.4.5 Análises laboratoriais.....	25
3.4.6 Análise estatística.....	26
3.5 Experimento 2.....	27
3.5.1 Animais e instalações.....	27
3.5.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	27
3.5.3 Preparação dos catéteres e procedimentos cirúrgicos.....	27
3.5.4 Condução do experimento.....	28
3.5.5 Análises laboratoriais.....	30
3.5.6 Medida do fluxo de sangue e de oxigênio.....	30
3.5.7 Análise estatística.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Composição química.....	33
4.2 Experimento 1.....	35
4.2.1 Consumo, produção fecal e digestibilidade aparente.....	35
4.2.2 Passagem da fase sólida pelo trato gastrointestinal.....	39
4.2.3 Relação entre passagem e digestibilidade.....	44
4.3 Experimento 2.....	45
4.3.1 Composição sanguínea portal e arterial.....	46
4.3.2 Consumo de feno e fluxo portal de oxigênio.....	46
4.4 Relação entre os componentes do feno e valor nutritivo.....	52
5. CONCLUSÕES.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

## RELAÇÃO DAS TABELAS

	Página
1. Composição química do feno de capim elefante anão em função da idade de corte - compostos não nitrogenados.....	33
2. Composição do feno de capim elefante anão em função da idade de corte - compostos nitrogenados.....	34
3. Consumo médio (g/dia) dos componentes do feno de capim elefante anão em função da idade de corte (Experimento 1).....	36
4. Produção fecal (g/dia) dos componentes do feno de capim elefante anão em função da idade de corte (Experimento 1).....	36
5. Coeficientes de digestibilidade aparente (% do consumo) dos componentes do feno de capim elefante anão em função da idade de corte Experimento 1).....	37
6. Valores da probabilidade do erro Tipo I das análises de regressão que expressam o efeito dos componentes do feno de capim elefante anão sobre variáveis da digestibilidade.....	38
7. Tempo de trânsito (TT), tempo médio de retenção no retículo-rúmen (TRrr) e no ceco-cólon proximal (TRcc) e taxa de passagem da fase sólida da digesta do retículo-rúmen (TPrr) e do ceco-cólon (TPcc) do feno de capim elefante anão em função da idade de corte (Experimento 1).....	40
8. Valores da probabilidade do erro Tipo I e dos coeficientes de determinação (valores entre parênteses) das análises de regressão que expressam o efeito dos componentes do feno de capim elefante anão sobre as variáveis da cinética de passagem.....	42
9. Hematócrito (Ht), teor de hemoglobina (Hb) e concentração de oxigênio no sangue de bovinos recebendo feno de capim elefante anão de diferentes idades de corte (Experimento 2).....	47
10. Consumo de matéria seca (MS) e de energia digestível (ED), fluxo sanguíneo portal (FSP), utilização de oxigênio (FPOx) e produção de calor pelo sistema portal (PCP) em bovinos recebendo feno de capim elefante anão de diferentes idades de corte (Experimento 2)...	48



11. Consumo de energia digestível (ED), fluxo sanguíneo portal (FSP), utilização de oxigênio (FPOx) e produção de calor pelo sistema portal (PCP), por unidade de tamanho metabólico, e relação entre a PCP e o consumo de ED (PCP/CED) em bovinos recebendo feno de capim elefante anão de diferentes idades de corte (Experimento 2).....	48
12. Valores da probabilidade do erro Tipo I e dos coeficientes de determinação (valores entre parênteses) das análises de regressão que expressam o efeito da idade de corte do capim elefante anão e de variáveis da cinética de passagem sobre variáveis do metabolismo portal.....	51
13. Valores da probabilidade do erro Tipo I e dos coeficientes de determinação (valores entre parênteses) das análises de regressão que expressam o efeito dos componentes do feno de capim elefante anão sobre variáveis do metabolismo portal.....	53

## RELAÇÃO DAS FIGURAS

	Página
1. Relação entre o teor de lignina (LDA) do capim elefante anão e variáveis da cinética de passagem da fase sólida pelo trato digestivo de bovinos. TRrr = tempo de retenção retículo-ruminal e TPr = taxa de passagem retículo-ruminal.....	54
2. Relação entre o teor de lignina (LDA) do capim elefante anão e a utilização de oxigênio pelo sistema portal de bovinos. FPOx = fluxo portal de oxigênio e PCP/CED = produção de calor pelo sistema portal como proporção do consumo de energia digestível.....	55

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes com base em forragens tem papel fundamental em sistemas sustentáveis de produção agrícola. Permite o uso mais racional e conservacionista da superfície do solo agrícola (Oltjen & Beckett, 1996) e, nestas condições, os animais são capazes de transferir energia e nitrogênio (N) de matérias primas não aproveitáveis, para produtos de alto valor nutricional para o homem (Van Soest, 1994). No entanto, a eficiência da produção de ruminantes, utilizando forrageiras como a principal fonte de proteína e energia para o animal, depende, além do potencial genético do animal, da qualidade da forrageira consumida.

A qualidade nutricional de uma forragem tem sido definida como o produto do seu consumo voluntário, da digestibilidade e da eficiência de utilização dos nutrientes digeridos e absorvidos (Reid, 1994). Estes parâmetros, por sua vez, estão associados à características anatomo-histológicas e à composição química das forrageiras, os quais variam com a espécie, cultivar, clima, solo, condições de colheita e armazenagem e com o estágio de crescimento da planta (Nelson & Moser, 1994; Buxton & Fales, 1994; Rotz & Muck, 1994; Van Soest, 1996).

Nas regiões de clima tropical e durante o verão em clima subtropical, a produtividade de bovinos alimentados a base de forragem tem sido limitada,

entre outros, pela baixa qualidade das espécies forrageiras presentes naquelas condições. No entanto, algumas gramíneas C<sub>4</sub>, como o capim elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott), tem se destacado de outras espécies deste grupo, por produzir altas quantidades de matéria seca (MS) digestível por hectare e por permitir altas taxas de ganho de peso de bovinos, tanto por animal como por área (Sollenberger & Jones, 1989; Woodard & Prine, 1991; Flores et al., 1993; Cuomo et al., 1996; Almeida et al., 2000). Esta espécie forrageira foi introduzida no Brasil no início da década de 80 e, desde então, tem sido avaliada em instituições de ensino e pesquisa, inclusive do sul do país, em relação a aspectos agrônômicos e também quanto ao desempenho animal que promove. No entanto, o conhecimento dos fatores intrínsecos à planta forrageira e de como exatamente eles afetam a digestão, o metabolismo e a eficiência com que o alimento será utilizado para fins produtivos pelo animal, necessitam ainda serem estabelecidos.

A composição química, especialmente em termos de constituintes da parede celular e de suas interações, podem limitar a extração de substratos ou de energia da forrageira pelos microorganismos ruminais e, deste modo, representam fatores condicionantes da disponibilidade de nutrientes para o animal (Hatfield, 1993; Jung & Deetz, 1993; Van Soest, 1993). De outra forma, a regulação da disponibilidade de nutrientes que contribuem para a manutenção, crescimento, lactação, reprodução e atividades físicas dos animais é afetada também pela atividade e metabolismo do trato gastrointestinal. Estes tecidos representam uma interface entre a dieta e o animal, tendo influência direta no fluxo de nutrientes do lúmen para a corrente sanguínea e

na disponibilidade desses para os tecidos periféricos. Revisando estudos de medida do fluxo portal e hepático de nutrientes, Kozloski et al. (2001) observaram que grande parte da variação da eficiência de utilização da energia metabolizável entre os alimentos está associada ao metabolismo do trato gastrintestinal.

Deste modo, o presente trabalho foi delineado para avaliar o potencial nutricional do capim elefante anão para ruminantes através da sua caracterização química, da digestão, da medida do fluxo portal líquido de oxigênio e em que grau estes fatores são influenciados pela idade de corte da forrageira. É objetivo ainda, identificar os constituintes da planta que limitam a utilização pelos animais e, deste modo, contribuir para o uso eficiente da forrageira nos sistemas de produção de ruminantes. Adicionalmente, busca-se também, identificar fatores a serem considerados em programas de seleção e melhoramento de gramíneas tropicais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Capim-elefante anão (CEA)

O CEA (cv. Mott) foi selecionado em 1977 a partir de uma progênie de capim elefante cv. Merkeron, na Estação Experimental Georgia Coastal Plain (Tifton, Georgia, EUA) e foi introduzido em diversas unidades de ensino e pesquisa do Brasil a partir do início da década de 1980 (Almeida et al., 1997). A quantidade de trabalhos publicados em que esta espécie foi avaliada é ainda restrita. Resultados de avaliações agronômicas com a cv. Mott foram publicadas inicialmente por Veiga et al. (1985) e Rodrigues et al. (1986) que estudaram o efeito de diferentes ciclos e pressões de pastejo sobre as taxas de crescimento e características anatômicas da planta, como altura, relação folha/colmo, entre outros. Em estudos posteriores foi comparada a outras cultivares de capim elefante e foi observado que a cv. Mott produziu menor quantidade de MS por ha, mas de melhor qualidade nutricional, contendo maior percentagem de proteína bruta (PB), menor de fibra em detergente neutro (FDN) e maior digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) (Woodard & Prine, 1991). Esta espécie também foi superior à pensacola. Num estudo (Sollenberger & Jones, 1989), apresentou maior produção de MS/ha, maior percentagem de PB, maior DIVMO, maior ganho médio diário de peso e maior

ganho de peso vivo/ha/ano com novilhos. Em outro (Flores et al., 1993), apresentou maior percentagem de PB, menor de FDN, maior digestibilidade da matéria orgânica (MO) e da FDN e maior consumo de MO e de FDN digestíveis por ovinos. Neste último estudo foi demonstrado ainda que, embora o conteúdo de lignina tenha sido semelhante nas duas espécies, o capim elefante cv. Mott apresentou uma menor área de esclerênquima e a digestão da epiderme de suas folhas foi maior que a pensacola. Comparada também ao milheto, esta espécie teve uma maior produção de MS por ha, maior percentagem de PB e maior persistência no outono (Cuomo et al., 1996).

No Brasil, resultados de avaliações agronômicas e de desempenho de vacas de leite e bovinos de corte com esta cultivar, submetida a diferentes pressões de pastejo, foram publicadas por Silva et al. (1994a e b) e recentemente, Ribeiro Filho et al. (1997a e b), Almeida et al. (2000) e Setelich & Almeida (2000). Os resultados obtidos por Almeida et al. (2000) demonstraram que, sob uma oferta diária de MS de lâmina foliar de  $\pm 10\%$  do peso vivo, a partir de uma altura de planta de 40-60cm, sob pastejo contínuo, o ganho de peso vivo de novilhos alcança 1Kg/dia e, o ganho por área, 5,6 Kg/ha/dia. Isso equivale a ganho de peso vivo em torno de 1200 Kg/ha/ano. Em termos de produção de leite, Setelich & Almeida (2000), baseados em dados obtidos com vacas pastejando exclusivamente CEA, projetaram produção em torno de 7000 kg de leite/ha em aproximadamente 200 dias de utilização da pastagem (outubro a abril).

Os dados registrados a respeito da produção de MS e da composição química da cv. Mott apresentam ampla variação. Cortado à 20 cm

do solo, a produção de MS/ha/ano observada foi de 8,2 t com 35 dias de crescimento (Sollenberger & Jones, 1989); de 9,8 a 13,9 t com 1 a 3 cortes por ano (Woodard & Prine, 1991) e até em torno de 17 t como média de 3, 4 ou 5 cortes por ano (Cuomo et al., 1996). O conteúdo de PB na MS foi de 8% em material cortado três vezes por ano (Woodard & Prine, 1991), variou de 13,2 a 16,2 % com 35 dias de crescimento (Sollenberger & Jones, 1989; Flores et al., 1993) e alcançou aproximadamente 13,6% com 3 a 5 cortes/ano (Cuomo et al., 1996). Almeida et al. (2000) encontraram teores de 17,8 a 20,5% de PB, 59 a 65% de FDN e 65 a 69% de DIVMO em amostras desta forragem coletadas manualmente simulando pastejo (“hand plucked”).

Como ocorre normalmente com outras espécies, a produção de MS tende a diminuir, mas a qualidade da forragem tende a aumentar com o aumento da frequência de corte desta forrageira. Chaparro et al. (1995 e 1996) e Chaparro & Sollenberger (1997) estudaram o efeito de diferentes frequências (3, 6, 9 e 12 semanas) e alturas de corte (10, 22, 34 e 46 cm) de CEA sobre a produção de forragem e algumas características associadas à sua persistência e qualidade. A produção de MS total alcançou em torno de 16 t/ha/ano, cortado com 12 semanas de crescimento a altura de 10 cm, diminuindo com o aumento da frequência e da altura de corte. A produção de MS de folhas somente variou de 4 a 8 t/ha/ano e foi máxima quando o material foi cortado com aproximadamente 9-10 semanas de crescimento e a altura de 15-20 cm. A DIVMO do material cortado aumentou com o aumento da frequência de corte, sendo que os resultados variaram de 65 a 79% para o material total, e de 68 a 80% para folhas somente. Bainhas e colmos constituíram uma fração menor



do material cortado (0-18% e 0-6% da matéria seca total, respectivamente), mas a sua qualidade diminuiu mais intensamente que a das folhas com a diminuição da frequência de corte. O teor de PB diminuiu com a diminuição da frequência, variando de 10 a 14% nas folhas e tendo valores relativamente mais baixos na bainha e no colmo. Com base nos resultados obtidos, os autores recomendaram para as condições de clima da Flórida / EUA, que o CEA seja cortado com um intervalo de 9 semanas e a altura de 10 cm, o que não comprometeria a persistência da pastagem e permitiria a colheita de material de alta qualidade nutricional. Salientaram porém, que em regiões de clima quente, o intervalo de corte poderia ser menor.

## **2.2 Avaliação da qualidade nutricional das forrageiras**

A qualidade nutricional de uma forragem tem sido definida como o produto do seu consumo voluntário, da sua digestibilidade e da eficiência de utilização dos nutrientes digeridos e absorvidos (Reid, 1994). Têm sido identificados ou sugeridos, embora muitas vezes de forma não conclusiva, vários fatores da planta forrageira que podem influenciar o consumo voluntário, a digestibilidade e, até mesmo, a eficiência metabólica dos animais. Estes fatores estão associados, principalmente, a características anatomo-histológicas e à composição química das forrageiras, os quais podem variar com as condições de clima, solo, espécie, cultivar, condições de colheita e armazenagem e com o estágio de crescimento da planta (Nelson & Moser, 1994; Buxton & Fales, 1994; Rotz & Muck, 1994; Van Soest, 1996).

A digestibilidade é um dos aspectos fundamentais que definem a qualidade da forragem. Neste sentido, sob o ponto de vista analítico, e com correspondente significado nutricional, a planta forrageira pode ser decomposta em conteúdo e parede celular.

O conteúdo celular é considerado ser prontamente e totalmente fermentado no interior do rúmen (Van Soest, 1994). Embora seja importante, à medida que sua proporção possa influenciar o valor da digestibilidade total da forragem, não tem sido associado com limitações no desempenho ou no aproveitamento da forragem pelo animal. No entanto, em algumas fibras não totalmente fragmentadas pela mastigação e/ou ruminação, a lamela intermediária e a parede celular de algumas células podem ser espessas e intensamente lignificadas a ponto de não se romperem e não liberarem o conteúdo celular no interior do rúmen, o qual pode sair do rúmen para o abomaso sem ter sido utilizado pela microflora ruminal (Wilson, 1997).

A parede celular, por sua vez, é degradada somente parcialmente no rúmen, constituindo o componente limitante da utilização da forragem pelo animal (Van Soest, 1994). Nutricionalmente, é estimada pela fração FDN (Van Soest et al., 1991), cuja proporção pode variar entre forragens, entre partes da planta e entre os diferentes tecidos de cada parte da planta (Wilson, 1994; Jung & Allen, 1995). A extensão da degradação da FDN é dependente de sua fração indigestível, da taxa de digestão da sua fração digestível e do tempo de permanência das partículas de forragem no interior do rúmen (Mertens, 1993, Tamminga, 1993). Em geral, a FDN da lâmina foliar é mais degradável que da bainha e do colmo, embora em gramíneas a diferença seja menos evidente que

em leguminosas (Merchen & Bourquin, 1994; Nelson & Moser, 1994; Wilson, 1994). Entre os tecidos, a parede celular do floema e do mesófilo na lâmina foliar e do parênquima no colmo é considerada ser rapidamente e mais extensamente degradada, a da epiderme e da bainha de Kranz lentamente e menos extensamente degradada e, finalmente, a do esclerênquima e do xilema, não seria degradável (Akin, 1989; Nelson & Moser, 1994; Wilson, 1994; Jung & Allen; 1995, Wilson, 1997).

A digestibilidade da parede celular parece ser limitada por fatores definidos como externos e internos (Merchen & Bourquin, 1994).

Os fatores externos previnem e/ou limitam o acesso das bactérias ao interior dos tecidos da planta e são representados pelos mesmos fatores que determinam maior resistência à fragmentação da fibra, somados à presença de uma camada cuticular na superfície foliar (Van Soest, 1994). A resistência da fibra à fragmentação está associada a sua composição química e a suas características anatomo-histológicas (Minson & Wilson, 1994; Wilson, 1994; Jung & Allen, 1995; Wilson, 1997; Alves de Brito et al., 1999). Nas lâminas foliares de gramíneas tropicais várias características da planta estão associadas com a resistência à fragmentação em pequenas partículas. Destacam-se a forma sinuosa de aderência entre as células da epiderme; a forte ligação da epiderme com o sistema vascular através do esclerênquima e das células que cobrem o feixe vascular (bainha de Kranz); a forma bem "empacotada" de interação das células do mesófilo e da bainha de Kranz e a presença de paredes celulares espessas e lignificadas nas células do esclerênquima, da bainha de Kranz e do feixe vascular. A resistência do colmo,

por sua vez, é devido a presença de células da epiderme com paredes celulares espessas e a presença de um anel de células de esclerênquima e vasculares com paredes espessas e lignificadas. Em geral, partículas não digeridas presentes no interior do rúmen compreendem longas fibras constituídas de células do feixe vascular mais esclerênquima, as quais são altamente lignificadas e requerem extensa ruminação para fragmentá-las. Além disso, nas gramíneas C<sub>4</sub> do tipo NADP-ME (formadoras de malato na fotossíntese), que é o caso do capim elefante (Passos, 1994), as células da bainha de Kranz possuem a parede celular coberta por uma camada suberizada, a qual representa uma barreira adicional à ação microbiana neste tecido (Wilson, 1994).

Entre os fatores internos, a lignina é o componente que mais frequentemente tem sido associado com digestibilidade e/ou indigestibilidade da parede celular em forrageiras. No entanto, existe presente na literatura uma discussão em torno do conceito, da influência e da utilidade deste componente como preditor de digestibilidade de forragens. Jung & Deetz (1993), por exemplo, discutem os efeitos da lignina separando-a em duas frações: a *core*, representada por polímeros fenilpropanóides e cinamílicos condensados e a *não core*, representada por ácidos fenólicos (cumárico e ferúlico) ou seus dímeros éter ou éster ligados a polissacarídeos e/ou a *core* lignina. Van Soest (1993) por sua vez, entende que o conceito de lignina *core* e *não core* e a utilização combinada destas duas frações é nutricionalmente heterogênea, já que as suas disponibilidades e efeitos nutricionais são diferentes, e de pouca utilidade em sistemas de avaliação da qualidade da forragem. A determinação

de lignina pelos métodos de Klason e de Goering & Van Soest (1970) - lignina em detergente ácido (LDA) - são considerados estimar a *core* lignina, sendo que o último é o método mais frequentemente utilizado pelos nutricionistas (Jung et al, 1997). Embora exista uma unanimidade na literatura de que a lignina interfere na digestibilidade da forragem, a forma e a extensão desta interferência não está conclusivamente estabelecida. Van Soest (1994) salienta que a lignina limita somente a digestão da parede celular, mas não do conteúdo celular, e demonstra que esta limitação é semelhante entre gramíneas e leguminosas e é curvilínea, ou seja, que uma unidade de lignina em uma planta jovem de baixo conteúdo de lignina protege mais carboidratos da fermentação do que em plantas mais maduras e mais lignificadas. Esta relação também foi observada por Traxler et al. (1998), a partir de dados de digestibilidade *in vitro* de várias espécies de leguminosas e gramíneas forrageiras. A relação curvilínea suporta também a visão de que esta limitação é um fator de superfície, como o é a produção de calor pelo organismo animal (Van Soest, 1993). De outra forma, outros autores consideram que a relação entre lignina e digestibilidade da parede celular é mais complexa e é diferente entre espécies forrageiras (Jung & Deetz, 1993; Buxton & Fales, 1994; Moore e Hatfield, 1994; Merchen & Bourquin, 1994; Wilson, 1994; Wilson, 1997). Jung & Deetz (1993) salientam que correlações entre teor de lignina e digestibilidade da parede celular são significativas somente quando se consideram amostras de planta total, a vários estágios de maturidades e de várias espécies, mas não quando as amostras são de forrageiras individuais, a um único estágio de maturidade e quando as avaliações são separadas para colmos e folhas.

Recentemente, Jung et al (1997) correlacionaram os valores de digestibilidade da MS e da FDN, obtidos *in vitro* e *in vivo* com ovinos, com teores de lignina determinados como Klason e como LDA, em várias espécies de leguminosas, gramíneas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> e a diferentes maturidades. Os resultados foram bastante variáveis. Quando todas as forrageiras foram consideradas, existiu uma alta correlação entre os teores de lignina (Klason e LDA) e a digestibilidade *in vivo* da FDN, mas não entre lignina e a digestibilidade *in vivo* da MS. Ao contrário, quando considerado somente as gramíneas C<sub>4</sub>, a correlação entre os teores de lignina e a digestibilidade da FDN não foi significativa mas, curiosamente, houve uma alta correlação entre o teor de LDA e a digestibilidade *in vitro* e *in vivo* da MS.

A variação de resultados, relativo ao efeito da lignina sobre a digestibilidade da parede celular, tem sido atribuído em parte à utilização de diferentes métodos de determinação da lignina (Jung & Allen, 1995) e, principalmente, às diferenças da forma e extensão da lignificação existente entre espécies forrageiras, entre o colmo e as folhas numa mesma forrageira, entre os diferentes tecidos que compõem o colmo e as folhas e, finalmente, entre as diferentes camadas da parede celular numa célula (Wilson, 1994). Wilson (1997) salienta que a lignina estaria mais correlacionada à fração indigestível da parede celular, mas não à digestível. Esta estaria mais correlacionada com a espessura da parede celular. Problemas de arquitetura e de ultraestrutura da parede celular das partículas de fibra no rúmen seriam mais importantes que a sua composição química em limitar a digestão e o consumo de forragem pelo ruminante.

Entre os tecidos da planta, a parede celular do mesófilo e do floema nas folhas e do parênquima no colmo, é mais fina e não é lignificada (Akin, 1989; Wilson, 1994). A lignificação da parede celular dos demais tecidos inicia quando termina a fase de alongação celular, juntamente com o início da formação da parede celular secundária. A sua deposição inicia na lamela intermediária e progride com a maturidade em direção à parede celular primária e posteriormente à secundária (Wilson, 1994; Jung & Allen, 1995). Em geral, a lamela intermediária e a parede celular primária têm maior concentração de lignina e numa forma mais condensada do que a parede celular secundária. Wilson (1994 e 1997) observa que a parede secundária lignificada é digerida quando acessível às bactérias, mas a lamela intermediária e a parede primária lignificada não o são. Deste modo, as longas fibras vasculares e de esclerênquima são pobremente digeridas porque a lamela intermediária e a parede primária formam um obstáculo para as bactérias acessarem a parede secundária externamente. Elas teriam acesso a esta somente internamente, via lúmen de somente algumas células destes tecidos, limitando sua digestão. Entre as partes da planta, o processo de lignificação é bem mais acentuado no colmo que nas folhas, sendo esta diferença mais evidente nas leguminosas que nas gramíneas (Nelson & Moser, 1994; Minson & Wilson, 1994; Merchen & Bourquin, 1994; Wilson, 1994).

Em gramíneas, paralelamente à deposição de lignina, há também a formação de grande número de ligações éster, entre moléculas de ferulato e arabinoxilanas, e ligações éter cruzadas de diferulato com a lignina polimerizada, durante a formação e lignificação da parede celular primária

(Jung, 1989). Lau & Van Soest (1981) avaliaram a eficiência de tratamentos alcalinos, aplicados para melhorar a digestibilidade de palhas de algumas gramíneas, através da medida dos grupos saponificáveis presentes nestas palhas. Desde então, tem sido sugerido que o uso desta medida talvez seja mais importante que a concentração de lignina ou de ácidos fenólicos em si como um índice para quantificar a indigestibilidade das gramíneas forrageiras (Van Soest, 1993; Jung & Allen, 1995). As pontes de diferulato entre polissacarídeos e a lignina limitariam a taxa e a extensão da digestão (Jung & Allen, 1995). Algumas bactérias e fungos presentes no rúmen teriam esterasas que romperiam ao longo do tempo as ligações éster com o polissacarídeo. No entanto, a ligação éter com a lignina não seria rompida, principalmente devido à ausência de oxigênio no interior do rúmen. Desta forma, a ligação éster limitaria a taxa, mas não a extensão e, a ligação éter limitaria a extensão, mas não a taxa de digestão da fibra (Jung & Allen, 1995).

A maturidade tem sido considerado como o fator primário para o declínio na qualidade nutricional da forrageira (Nelson & Moser, 1994). Com a maturidade há aumento do teor de lignina, diminuição da digestibilidade, diminuição da concentração de carboidratos solúveis e espessamento e aumento da parede celular nos tecidos da planta (Merchen & Bourquin, 1994; Wilson, 1994). Em adição à deposição de lignina, aparentemente há também incorporação de ésteres ferulato-arabinoxilanas em ligações éter cruzadas com lignina na parede celular primária de gramíneas (Jung & Allen, 1995). Com o aumento da maturidade da forrageira, ocorre também diminuição do teor de proteína bruta e de proteína solúvel, aumento da proporção de N não



degradável no rúmen, diminuição da síntese de proteína microbiana ruminal (possivelmente devido à diminuição do consumo de matéria orgânica) e diminuição do fluxo e da digestibilidade intestinal do N (Merchen & Bourquin, 1994; Wilson, 1994). No entanto, estes efeitos são mais pronunciados no colmo mas parecem ser bem menos evidentes entre folhas de diferentes idades de um mesmo perfilho de gramínea (Wilson, 1994). Inclusive, em função disto, tem sido sugerido que a diminuição da qualidade nutricional da planta forrageira com a maturidade deve-se primariamente à uma diminuição da relação folha/colmo (Nelson & Moser, 1994). Adicionalmente, Deschamps (1999) estudou as implicações do período de crescimento (4 a 18 semanas) sobre a relação folha/colmo, a composição química e a degradabilidade *in situ* de três cultivares de capim elefante de porte alto. Ao longo do período avaliado, a relação folha/colmo e o teor de PB diminuíram. Porém, o de lignina e FDN aumentaram curvilinearmente. Por sua vez, as degradabilidades da MS e da FDN declinaram curvilinearmente e de forma mais intensa para os colmos do que para as folhas.

Mais recentemente, a qualidade das forrageiras também tem sido avaliada através da medida do fluxo portal e hepático (sistema visceral) de metabólitos. Considerações sobre esta metodologia e sobre alguns aspectos do metabolismo visceral influenciados pela qualidade da forragem são apresentados a seguir.

## **2.3 Fluxo portal líquido de metabólitos**

### **2.3.1 Considerações sobre a metodologia**

A contribuição líquida de um metabólito por um órgão ou sistema, para o organismo, pode ser estimado pela medida da diferença de sua concentração veno-arterial multiplicado pelo grau de fluxo sanguíneo no sistema de interesse. Deste modo, medidas quantitativas de absorção gastrointestinal podem ser razoavelmente feitas a nível de sistema venoso portal (Roe et al., 1966). O sistema portal é representado pelo estômago (rumen, retículo, omaso e abomaso), intestinos, pâncreas, baço e tecido adiposo mesentérico (Reynolds et al., 1991).

O fluxo de sangue através de um vaso pode ser estimado pela instalação neste de provas eletromagnéticas ou de ultrassom (Huntington, 1990), por termodiluição (Webster et al., 1975), hemodiluição de corantes, como azul de Evans (Schambye, 1955) ou paraminohipurato (PAH) (Roe et al., 1966), hemodiluição de isótopos (Bergman et al., 1970; Baird et al., 1975) ou de eritrócitos marcados (Schambye, 1955), entre outros. Preparações cirúrgicas para implantação de catéteres intravasculares em ovinos foram inicialmente desenvolvidas e descritas por Schambye (1955) e posteriormente por Katz & Bergman (1969a). Em bovinos, técnicas para multicateterização visceral foram publicadas inicialmente por Fries & Conner (1961), McGilliard & Thorp (1971), Symonds & Baird (1973) e mais recentemente, por Huntington et al. (1989). Independente de diferenças anatômicas entre ovinos e bovinos

(Seal & Reynolds, 1993), a multicateterização tem sido empregada já há vários anos para estudar o metabolismo visceral nestas espécies.

Embora com algumas e variáveis adaptações, a maior parte dos estudos publicados sobre o metabolismo portal de ruminantes, com animais multicateterizados, utilizaram o PAH como indicador de fluxo sanguíneo e usaram como referência os trabalhos de Katz & Bergman (1969b) e Huntington et al. (1989).

No entanto, a metodologia que utiliza animais multicateterizados apresenta algumas limitações, como comentado por Seal & Reynolds (1993), Lindsay (1993) e Reynolds (1995): perda de patência de um catéter no decorrer de um experimento; posicionamento incorreto da ponta dos catéteres ao longo do vaso sanguíneo; mistura incompleta do sangue no local de amostragem; imprecisão de alguns métodos de análise de metabólitos no sangue, associado a pequenas diferenças de concentração artério-venosa destes metabólitos (CO<sub>2</sub> e aminoácidos, por exemplo); grande heterogeneidade dos tecidos viscerais, entre e num mesmo órgão; grandes variações do metabolismo em curtos espaços de tempo, principalmente após a ingestão do alimento; participação do sistema biliar e linfático no fluxo de metabólitos, entre outros.

De qualquer modo, a medida da absorção líquida de metabólitos pelo sistema portal fornece, teoricamente, uma medida mais apropriada dos nutrientes tornados disponíveis ao metabolismo animal por uma determinada dieta (Sutton, 1985).

### 2.3.2 Fluxo portal de oxigênio

O oxigênio, entre outras funções, é a molécula que dirige o catabolismo celular aeróbico. Desse modo, a medida do oxigênio utilizado por uma célula, tecido ou pelo organismo total, permite estimar a taxa e/ou a amplitude do catabolismo e, conseqüentemente, da produção de calor pelo sistema em estudo (Blaxter, 1989).

O trato gastrintestinal possui alta atividade metabólica. Representa somente cerca de 6-10% da massa total, mas utiliza 13-30% do oxigênio total utilizado pelo organismo do ruminante (Huntington & Reynolds, 1987; Huntington, 1990; Seal & Reynolds, 1993; Lindsay, 1993). A atividade da  $\text{Na}^+, \text{K}^+$ -ATPase e a síntese protéica são os principais componentes do consumo de energia no trato gastrintestinal (McBride & Kelly, 1990).

Analisando dados obtidos de experimentos com bovinos e ovinos recebendo alimento em quantidades próximas a duas vezes suas exigências de manutenção, Huntington (1999) demonstrou que a utilização de oxigênio pelo sistema portal e hepático está direta e linearmente relacionada a utilização de oxigênio pelo organismo total (aproximadamente 40%). No entanto, Goetsch (1998) analisou dados de experimentos com ovinos recebendo dietas a base de forragem *ad libitum* e observou que, com o aumento no consumo de forragem, a utilização visceral de oxigênio diminuía em relação ao utilizado pelo organismo total. Adicionalmente, a utilização portal (Seal & Reynolds, 1993) e hepática (Reynolds, 1995) de oxigênio foram linear e positivamente relacionados com o consumo de energia metabolizável (EM). Considerando que a produção de calor, e conseqüentemente a utilização de oxigênio, pelo

organismo total aumenta a taxas mais altas que a taxa de aumento do consumo de EM (Ketelaars & Tolkamp, 1996), estes estudos também indicam que a eficiência do metabolismo energético portal e hepático aumentam com o consumo de EM.

O aumento da utilização de oxigênio, e conseqüentemente do gasto de energia, pelo trato digestivo com o aumento no consumo de alimento pode estar associado, em parte, ao aumento da atividade metabólica destes tecidos (Reynolds, 1995), mas principalmente, ao aumento da massa destes órgãos relativo à massa total do organismo (Burrin et al, 1990; McLeod & Baldwin, 2000).

A utilização visceral de oxigênio também é influenciada pelo tipo de forragem. Quando relacionada ao consumo de energia digestível (ED), ela foi mais alta em ovinos recebendo feno de bermuda (*Cynodon dactylon*) do que naqueles recebendo feno de uma mistura de azevém (*Lolium multiflorum*) e trigo (*Triticum aestivum*) (Goetsch & Ferrell, 1995; Patil et al., 1995; Goetsch et al., 1997). O tempo de ingestão e a massa de digesta em ovinos recebendo feno de bermuda (forragem mais fibrosa) é mais alto comparado ao feno de azevém-trigo (Sun et al., 1994). Maior massa de digesta pode determinar maior gasto de energia, devido a maior atividade metabólica das células epiteliais e maior atividade contrátil das células musculares do trato digestivo. Adicionalmente, o fluxo de íons sódio na saliva é mais alto em dietas ricas em fibra. Embora o mecanismo ainda seja desconhecido, isto tem sido associado ao aumento no gasto de energia pelo trato digestivo (Ketelaars & Tolkamp, 1996).

Como apresentado anteriormente, a qualidade de uma forragem depende, entre outros, da eficiência com que os nutrientes digeridos e absorvidos são utilizados pelo organismo. A utilização de oxigênio pelo sistema portal representa uma estimativa da ineficiência metabólica, ou seja, do incremento calórico, associado a digestão. Em outros termos, permite estimar quanto da energia metabolizável (EM), representada pelos nutrientes absorvidos, é utilizada no processo de digestão e absorção do alimento consumido. A princípio, desconsiderando diferenças que possam existir no metabolismo dos tecidos periféricos, dois alimentos com o mesmo conteúdo de EM podem ter diferentes gastos de oxigênio associados a sua digestão. Neste caso, o teor de energia líquida daquele alimento cuja digestão necessitou mais oxigênio será menor do que o outro. Desse modo, a medida do fluxo portal de oxigênio constitui um parâmetro importante de medida do valor nutricional de uma forragem.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local e época**

O material para fenação foi obtido de uma área de CEA (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott), estabelecida em meados da década de 80 na Estação Experimental da EPAGRI, em Ituporanga, SC. O feno foi produzido no período entre fevereiro e abril de 1998. Os experimentos com os animais foram desenvolvidos entre setembro de 1999 a outubro de 2000, no setor de produção de leite do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS. A preparação cirúrgica dos animais foi feita no Hospital Veterinário da UFSM. As análises laboratoriais foram feitas nos Laboratórios de Nutrição Animal e de Bioquímica da UFSM e no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

#### **3.2 Material experimental**

O material para fenação foi obtido de uma área de CEA que recebeu um corte inicial de uniformização a aproximadamente 20 cm de altura e, a partir de então, cortado manualmente nesta mesma altura após 30, 40, 50 e 60 dias de crescimento. A umidade do material cortado foi reduzida em estufa (galpão com piso ripado e com sistema de fluxo de ar aquecido a lenha) a uma

temperatura de no máximo 50°C. Após a secagem, o feno foi enfardado manualmente e armazenado em local apropriado até ser fornecido aos animais.

### **3.3 Dietas experimentais**

As dietas experimentais foram constituídas de feno de CEA cortado com 30, 40, 50 e 60 dias de crescimento, picado grosseiramente (com o uso de um picador de forragens que fragmentou o feno em partículas de 10 a 20 cm). Foi adicionado, misturado ao feno, em torno de 1% do peso do feno de um premix mineral comercial com a seguinte composição (por 1000 g): Ca: 60g, P: 45g, S: 4,12g, Na: 152g, Co: 39mg, Cu: 1050mg, Fe: 1300mg, I: 50mg, Mn: 1000mg, Se: 9mg, Zn: 2520mg e F: 450mg.

### **3.4 Experimento 1**

#### **3.4.1 Animais e instalações**

Foram utilizados quatro novilhos da raça Holandês, castrados e com peso vivo médio de  $129 \pm 17$  kg, mantidos em baias individuais com piso ripado, cocho para feno e bebedouro, no interior de um galpão coberto e com água permanentemente disponível.



### **3.4.2 Tratamentos e delineamento experimental**

Os tratamentos foram constituídos pelo feno de CEA (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) cortado com 30, 40, 50 e 60 dias de crescimento, empregando-se um Quadrado Latino 4 x 4.

### **3.4.3 Condução do experimento**

Antes do início do experimento, os animais receberam duas doses de um vermífugo e parasiticida de amplo espectro, de uso comercial, e uma dose injetável de um complexo vitamínico contendo as vitaminas A, D e E. Durante um período pré-experimental de aproximadamente 30 dias os animais já ocupavam as instalações e, nesse período, receberam como alimento uma mistura dos fenos de 40 e 50 dias. A seguir, o experimento foi conduzido em quatro períodos de 15 dias, sendo os primeiros 10 dias para adaptação ao feno e os últimos 5 dias para coleta de amostras. O feno foi fornecido duas vezes por dia, em torno das 08:00h e 17:00h, em quantidades restritas a aproximadamente 2% do peso vivo dos animais (1,7 vezes as exigências energéticas de manutenção, estimadas pelo NRC (1989)) para evitar sobras. Os animais foram pesados no início e no final do experimento, após jejum absoluto de 12 horas.

### **3.4.4 Medidas e observações**

#### **3.4.4.1 Medida da digestibilidade aparente**

Para medida da digestibilidade aparente , foi feito a coleta total das fezes dos animais diariamente nos últimos cinco dias de cada período experimental, as quais foram pesadas, homogeneizadas e amostradas. Estas amostras foram pesadas (aproximadamente 10% do peso das fezes coletadas) e colocadas em estufa de ar forçado a 55°C para secagem durante aproximadamente sete dias. Após a secagem, o resíduo foi novamente pesado, moído (peneira de 1 mm) e armazenado para posterior análise.

As frações do feno aparentemente digeridas corresponderam àquelas consumidas menos as excretadas com as fezes.

#### **3.4.4.2 Passagem da fase sólida no trato gastrintestinal**

A estimativa dos parâmetros da cinética de passagem da fase sólida da digesta ao longo do trato gastrintestinal, foi feita utilizando-se fibra cromomordente (FCM), preparada de cada feno conforme Udén et al. (1980) (Apêndice 1). Aproximadamente 70 g de FCM, do feno correspondente ao que o animal estava recebendo em cada período, contendo 5,3 - 7,9% de cromo na MS, foi oferecida aos animais antes do alimento da manhã do décimo primeiro dia de cada período experimental. A FCM foi colocada no cocho misturada com um pouco de feno. Normalmente os animais consumiam voluntariamente a maior parte da fibra. Eventualmente, alguma sobra era introduzida na boca dos animais e forçada a deglutição. Imediatamente após, o restante do feno era

colocado no cocho e uma amostra de fezes coletada do reto, correspondendo à coleta no tempo 0 (zero). A seguir foram coletadas amostras de fezes, também diretamente do reto, nos tempos de 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 96 e 120 horas após a ingestão da fibra mordente. Logo após a coleta, as amostras de fezes foram colocadas em estufa de ar forçado para secagem a 55°C durante aproximadamente sete dias, sendo então moídas (peneira de 1 mm) e armazenadas para posterior análise.

As variáveis da cinética de passagem foram estimadas através da análise das curvas individuais de excreção fecal de cromo, conforme o modelo matemático de Grovum & Williams (1973). Quando existiam mais que três pontos na parte descendente da curva de concentração fecal de cromo, a cada ponto adicional uma nova curva era estimada. Nesses casos, as curvas estimadas foram comparadas com os valores observados através de testes Qui-quadrado ( $X^2$ ), adotando-se as estimativas que apresentaram o menor valor de  $X^2$ .

#### **3.4.5 Análises laboratoriais**

Nas amostras de feno e de fezes, referentes a avaliação da digestibilidade, foi determinado o teor de MS, matéria orgânica (MO), fibra em detergente ácido (FDA), FDN, LDA (Goering & Van Soest, 1970) e N total (método Kjeldahl) (AOAC, 1975). Nas amostras de feno foi determinado ainda o teor de N solúvel, N não protéico (NNP) e N insolúvel em detergente ácido (NIDA) conforme Licitra et al. (1996) e o número de ligações ésteres saponificáveis (LES) de acordo com o método descrito por Lau & Van Soest

(1981). Nas amostras de fezes obtidas para a medida da passagem pelo trato gastrointestinal, foi determinado o teor de MS (AOAC, 1995) e de cromo, utilizando método colorimétrico adaptado de Czarnocki et al. (1961) (Apêndice 2). Os resultados das concentrações fecais de cromo são apresentadas no Apêndice 3.

#### **3.4.6 Análise estatística**

Os resultados de digestibilidade (Apêndice 4) e de passagem (Apêndice 5) foram submetidos à análise de regressão que incluiu os efeitos dos animais, períodos e tratamentos. Os graus de liberdade dos tratamentos foram separados nos componentes linear e quadrático. O componente quadrático foi retirado do modelo quando não era significativo ( $P > 0,05$ ). Resumos destas análises são apresentados nos Apêndices 6 e 7. Adicionalmente, foi verificado o efeito de diferentes componentes do feno sobre os parâmetros de digestão e passagem, através da análise de regressão, incluindo o efeito dos animais e períodos. Estas análises foram feitas utilizando o procedimento GLM do programa estatístico SAS (1990). A mudança na composição química do feno com a maturidade foi analisada por regressão. Foram testadas diferentes linhas de tendência para cada componente do feno, sendo escolhida a curva de maior ajustamento, expressa pelo valor de  $r^2$  mais alto.

## **3.5 Experimento 2**

### **3.5.1 Animais e instalações**

Foram utilizados quatro novilhos da raça Holandês, castrados, com peso vivo médio de  $139 \pm 3$  kg, implantados com catéteres permanentes nas veias porta e mesentérica.

### **3.5.2 Tratamentos e delineamento experimental**

Os tratamentos foram constituídos pelo feno de CEA (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) cortado com 30, 40, 50 e 60 dias de crescimento, empregando-se um Quadrado Latino 4 x 4.

### **3.5.3 Preparação dos catéteres e procedimentos cirúrgicos**

Os procedimentos cirúrgicos para a cateterização dos animais foram adaptados de Huntington et al. (1989), como descrito por Raiser et al. (1996). Os catéteres portais e um dos catéteres mesentéricos utilizados, foram feitos de túbulos de teflon de 1,2 m de comprimento (1,5 mm d. i.  $\times$  2,3 mm d. e.). A ponta a ser inserida nas veias foi cortada transversalmente e tornada romba com uma lixa fina (número 1500). A parte do catéter que ficou fora das veias foi coberta por um tubo de borracha de silicone de diâmetro interno levemente superior ao diâmetro externo do catéter. A cobertura com este tubo de silicone permitiu uma melhor amarração e fixação na veia e diminuiu os problemas de obstrução de fluxo por dobramento do catéter. Na ponta externa dos catéteres foi inserido um catéter de vialon (Insyte 16 gauge, 5,1 cm  $\times$  1,7 mm) para

vedá-lo no intervalo das amostragens, assim como para permitir a acoplamento de seringa ou equipo durante a infusão e amostragens. Uma segunda veia mesentérica foi cateterizada como segurança, no caso de alguma perder a patência. Neste caso foi utilizada uma sonda gástrica siliconizada de 1,2 m de comprimento e 1 mm de diâmetro interno (sonda gástrica levine, n. 4, Mark Med Ind. e Com. Ltda., SP, Brasil). A ponta a ser inserida na veia foi cortada e tornada romba, como descrito para o catéter de teflon. Após a preparação, todos os catéteres foram mantidos em um recipiente fechado contendo formalina durante no mínimo 24 horas antes da cirurgia. Para coleta de sangue arterial, uma das carótidas foi elevada cirurgicamente de forma a posicionar-se adjacente à pele. Todos os animais recuperaram-se rapidamente e o consumo de alimento já era normal no dia seguinte à cirurgia. Nos dias de amostragem, um catéter temporário era introduzido na carótida (Insyte 20 gauge, 3 cm x 1,1 mm) e fixado na pele com cola a base de acrilato. Uma extensão feita de túbulo de PVC ( $\pm$  20 cm de comprimento) era acoplado ao catéter e a uma torneira de três vias, a qual também era fixada na pele com cola a base de acrilato. Nos intervalos entre os períodos experimentais, os catéteres portal e mesentérico eram lavados (flushing) a cada dois dias com pelo menos 3 ml de uma solução fisiológica contendo em torno de 100 UI/ml de heparina e 20 mg/ml de ampicilina sódica.

#### **3.5.4 Condução do experimento**

Antes do início do experimento, os animais receberam duas doses de um vermífico e parasiticida de amplo espectro, de uso comercial, e uma

dose injetável de um complexo vitamínico contendo as vitaminas A, D e E. Durante um período pré-experimental de aproximadamente três semanas antes e uma semana após as cirurgias de cateterização, os animais já ocupavam as instalações e, nesse período, receberam como alimento uma mistura dos fenos de 40 e 50 dias. A seguir, o experimento foi conduzido em quatro períodos de 8 dias, sendo os primeiros sete dias para adaptação ao feno e o último dia para coleta de amostras. O feno foi fornecido duas vezes por dia, em torno das 08:00h e 17:00h, em quantidades restritas a aproximadamente 2% do peso vivo dos animais para evitar sobras.

Na manhã do último dia de cada período experimental, o feno foi oferecido e deixado a disposição dos animais somente durante uma hora. Após este tempo, eventuais sobras eram retiradas e pesadas. Imediatamente a seguir, o fluxo de sangue portal foi medido através da injeção mesentérica de 8 ml (primed) de uma solução de 7% de PAH, seguida de infusão contínua (1 ml/minuto) desta solução, também na veia mesentérica, utilizando uma bomba peristáltica. A solução de PAH foi preparada de acordo com Huntington et al. (1989), exceto que em vez de solução fisiológica utilizou-se água destilada como diluente. Iniciando 30 minutos após o final da refeição, duas amostras de sangue portal e arterial foram coletadas simultaneamente, em seringas heparinizadas, a cada hora durante oito horas. Uma das amostragens ( $\pm 20$  ml) em cada horário foi feita com uma seringa graduada até 20 ml. Cerca de 2 ml deste sangue eram colocados em um ependorf e no gelo para posterior determinação do volume celular (hematócrito) e do teor de hemoglobina. O restante era colocado em um frasco com tampa e armazenado num freezer. A

segunda amostragem ( $\pm 2$  ml) foi feita com uma seringa graduada até 5 ml, a qual imediatamente após era tampada (com a agulha e protetor da agulha) e colocada no gelo. Estas amostras foram conduzidas para a gasometria num prazo máximo de 90 minutos. No intervalo entre as amostragens os catéteres eram mantidos heparinizados com uma solução fisiológica contendo em torno de 20 UI/ml de heparina. Os animais foram pesados no início e no final do experimento, após jejum absoluto de 12 horas.

### **3.5.5 Análises laboratoriais**

Nas amostras de sangue foram determinados o volume celular (microcentrífuga), o teor de hemoglobina (Hb) (método do ferrocianeto, Kit LABTEST), a concentração de PAH (Huntington, 1982) e a gasometria. Esta última análise foi feita utilizando um sistema automático de gasometria sanguínea (AVL 990 Busy, Áustria) que incluiu, entre outros, a determinação do pH, a pressão de oxigênio ( $pO_2$ ) e o nível de saturação de oxigênio do sangue ( $O_2sat$ ).

### **3.5.6 Medida do fluxo de sangue e de oxigênio**

O fluxo de sangue portal (FSP) foi estimado pela diluição portal do PAH infundido, utilizando a seguinte equação (Huntington et al., 1989):

$FSP(l/h) = GI/(P-A)$ , onde:

GI = grau de infusão de PAH (mg/h);

P e A = concentração portal e arterial de PAH, respectivamente (mg/l).



A concentração sanguínea de oxigênio resultou da soma daquele associado à hemoglobina ( $O_{xHb}$ ) mais o oxigênio dissolvido na fase aquosa do sangue ( $O_{x_{diss}}$ ), calculados utilizando as seguintes equações (Huntington & Tyrrel, 1985):

$$O_{xHb} \text{ (ml/ml de sangue)} = (O_2\text{sat}(\%)/100) \times 1,34 \text{ (ml } O_2/\text{g Hb)} \times \text{Hb} \text{ (g/ml de sangue);}$$
$$O_{x_{diss}} \text{ (ml/ml de sangue)} = (pO_2 \text{ (mmHg)}/760) \times 0,023 \text{ (ml/ml de sangue).}$$

O fluxo portal líquido de oxigênio foi calculado multiplicando-se o FSP pela diferença da concentração portal e arterial deste metabólito. Nesta metodologia, quando o resultado der um valor negativo significa utilização e, se der positivo, significa produção do metabólito pelo sistema em estudo. Como o sistema portal é um consumidor de oxigênio, o resultado sempre é negativo para este metabólito.

A partir do gasto de oxigênio resultante, foi estimada a quantidade de calor (aeróbico) produzido pelo sistema portal. Com base em equações que descrevem a estequiometria de reações de oxidação total da glicose, do palmitato e da alanina, Blaxter (1989) estimou uma produção de calor de 4,61, 4,65 e 4,98 kcal/l de oxigênio gasto quando proteínas, lipídios ou carboidratos são oxidados, respectivamente. Considerando que a maior parte da MO do feno de capim elefante anão é constituída de carboidratos, utilizou-se um equivalente de calor mais próximo ao da sua oxidação, de 4,89 kcal/l de  $O_2$  consumido, o qual foi utilizado também por Huntington & Tyrrel (1985).

### **3.5.7 Análise estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de regressão que incluiu os efeitos dos animais, períodos, tratamentos, tempo e interação tempo × tratamento. Os graus de liberdade dos tratamentos foram separados nos componentes linear e quadrático. O componente quadrático foi retirado do modelo quando não era significativo ( $P > 0,05$ ). Da mesma forma, quando os efeitos do tempo e da interação tempo × tratamento não eram significativos ( $P > 0,05$ ), foram retirados do modelo e a análise de regressão foi efetuada utilizando a média dos valores obtidos ao longo das oito horas de amostragem (Apêndice 8). Um resumo destas análises é apresentado no Apêndice 9. Adicionalmente, foi analisado o efeito de diferentes componentes do feno e dos componentes da passagem de MS pelo trato gastrointestinal sobre os parâmetros de fluxo portal, através da análise de regressão, e incluindo o efeito dos animais e períodos. Estas análises foram feitas utilizando o procedimento GLM do programa estatístico SAS (1990).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Composição química

Os resultados da composição do feno de CEA nas diferentes idades de corte são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1 – Composição química do feno de capim elefante anão nas diferentes idades de corte - compostos não nitrogenados.

Componente	Idade de corte (dias)			
	30	40	50	60
Matéria seca <sup>1</sup>	84,6	84,3	85,1	84,5
Matéria orgânica <sup>2</sup>	87,8	88,1	88,2	88,8
Fibra em detergente neutro <sup>2</sup>	60,8	61,9	62,8	64,8
Fibra em detergente ácido <sup>2</sup>	33,0	33,1	34,8	35,3
LDA <sup>3</sup> (% na MS)	4,06	4,08	4,38	4,54
LDA (% na FDN)	6,68	6,59	6,97	7,00
LES <sup>4</sup> (mEq HCl/g de MS)	1,974	2,200	2,233	2,530
LES (mEq HCl/g de FDN)	3,247	3,554	3,560	3,900

<sup>1</sup> % no feno oferecido.

<sup>2</sup> % na MS.

<sup>3</sup> Lignina em detergente ácido.

<sup>4</sup> Ligações ésteres saponificáveis

Os teores de MS e MO foram relativamente semelhantes nas diferentes idades de corte e não se ajustaram a nenhuma das curvas testadas (baixo valor de  $r^2$ ). Com base na MS, os teores de FDN e FDA aumentaram

linearmente ( $r^2 = 0,96$  e  $0,89$ , respectivamente), o de LDA e LES, aumentaram de forma curvilínea ( $r^2 = 0,97$  e  $0,93$ , respectivamente), os teores de N total, N solúvel e NNP diminuíram curvilíneamente ( $r^2 = 0,71$ ;  $0,99$  e  $0,99$ , respectivamente) e, embora a amplitude da diferença entre os valores tenha sido relativamente pequena, o teor de NIDA teve uma relação quadrática ( $r^2 = 0,93$ ) com a idade de corte da forrageira. Como proporção da FDN, por sua vez, os teores de LDA e LES também aumentaram curvilíneamente ( $r^2 = 0,70$  e  $0,91$ , respectivamente) e, como proporção do N total, o teor de N solúvel diminuiu linearmente ( $r^2 = 0,94$ ), o de NNP teve uma relação quadrática ( $r^2 = 0,93$ ) e o teor de NIDA aumentou curvilíneamente ( $r^2 = 0,96$ ) com o aumento da idade de corte do CEA.

TABELA 2 – Composição do feno de capim elefante anão em função da idade de corte - compostos nitrogenados.

Componente	Idade de corte (dias)			
	30	40	50	60
% na MS:				
Nitrogênio total	2,76	2,25	2,24	2,24
Nitrogênio solúvel	1,06	0,82	0,63	0,57
Nitrogênio não proteico	0,91	0,78	0,63	0,53
NIDA <sup>1</sup>	0,34	0,31	0,32	0,34
% do N total:				
Nitrogênio solúvel	38,4	36,50	28,1	25,4
Nitrogênio não proteico	33,0	34,5	28,0	23,6
NiDA	12,3	13,8	14,1	15,2

<sup>1</sup> Nitrogênio insolúvel em detergente ácido

De fato, com a maturidade ocorre aumento da parede celular (FDN), do N não degradável no rúmen e do teor de lignina, bem como diminuição dos teores de N total, N solúvel e NNP das plantas forrageiras (Merchen & Bourquin, 1994; Wilson, 1994; Deschamps, 1999). Adicionalmente, há também incorporação de ésteres ferulato-arabinoxilanas, em ligações éter cruzadas com lignina, na parede celular primária de gramíneas (Jung & Allen, 1995).

Os teores de FDN, FDA e LDA foram semelhantes aos obtidos por Almeida et al. (2000) em amostras de CEA coletadas simulando pastejo, num experimento com bovinos em pastoreio contínuo. O teor de PB, por sua vez, foi semelhante ao obtido por estes autores somente no feno de capim cortado com 30 dias de crescimento. Nas demais idades de corte os valores foram relativamente inferiores ( $\pm 14$  vs.  $\pm 18\%$ ).

## **4.2 Experimento 1**

### **4.2.1 Consumo, produção fecal e digestibilidade aparente**

Com exceção do consumo de N, o consumo (Tabela 3) e a produção fecal (Tabela 4) dos diferentes componentes do feno não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pela idade de corte da planta. O consumo de N, por sua vez, diminuiu linearmente ( $P<0,05$ ) devido a diminuição da concentração de N no feno com o aumento da idade do CEA. Da mesma forma, a idade de corte não influenciou ( $P>0,05$ ) a digestibilidade aparente de nenhum dos componentes do feno analisados (Tabela 5).

TABELA 3 – Consumo médio (g/dia) dos componentes<sup>1</sup> do feno de capim elefante anão em função da idade de corte (Experimento 1).

Componente	Idade de corte (dias)				DP <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	30	40	50	60		
MS	2242	2271	2254	2240	282	ns
MO	1969	2000	1988	1989	248	ns
FDN	1364	1405	1414	1452	176	ns
FDA	740	751	784	792	96	ns
LDA	91	92	98	102	12	ns
N	62	51	50	50	14	*

<sup>1</sup> MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; LDA = lignina em detergente ácido e N = nitrogênio total.

<sup>2</sup> Desvio padrão das médias, onde n = 4 por tratamento.

<sup>3</sup> Probabilidade: ns = não significativo ao nível 0,05 de probabilidade do erro Tipo I;

\* = efeito linear (P<0,05).

TABELA 4 – Produção fecal (g/dia) dos componentes<sup>1</sup> do feno de capim elefante anão em função da idade de corte (Experimento 1).

Componente	Idade de corte (dias)				DP <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	30	40	50	60		
MS	705	749	682	714	118	ns
MO	583	612	559	585	96	ns
FDN	274	313	276	299	50	ns
FDA	201	217	199	214	38	ns
LDA	85	88	89	95	24	ns
N	23	21	18	19	22	ns

<sup>1</sup> MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; LDA = lignina em detergente ácido e N = nitrogênio total.

<sup>2</sup> Desvio padrão das médias, onde n = 4 por tratamento.

<sup>3</sup> Probabilidade: ns = não significativo ao nível 0,05 de probabilidade do erro Tipo I.

TABELA 5 – Coeficientes de digestibilidade aparente (% do consumo) dos componentes<sup>1</sup> do feno de capim elefante anão em função da idade de corte (Experimento 1).

Componente	Idade de corte (dias)				DP <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	30	40	50	60		
MS	68,5	67,0	70,1	68,0	3,0	ns
MO	70,3	69,4	72,2	70,5	2,8	ns
FDN	79,8	77,7	80,7	79,4	2,4	ns
FDA	72,7	71,1	74,9	73,1	3,0	ns
LDA	6,7	4,9	11,8	7,9	13,5	ns
N	63,1	59,4	64,4	61,6	4,2	ns

<sup>1</sup> MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; LDA = lignina em detergente ácido e N = nitrogênio total.

<sup>2</sup> Desvio padrão das médias, onde n = 4 por tratamento.

<sup>3</sup> Probabilidade: ns = não significativo ao nível 0,05 de probabilidade do erro Tipo I.

A maturidade tem sido considerada o fator primário para o declínio da qualidade nutricional das forrageiras (Nelson & Moser, 1994). Com a maturidade há, por um lado, diminuição dos componentes solúveis da planta, os quais considera-se serem pronta e totalmente fermentados no rúmen e, por outro, aumento da parede celular e da sua indisponibilidade, principalmente pelo concomitante aumento do teor de lignina (Merchen & Bourquin, 1994; Van Soest, 1994; Wilson, 1994; Traxler et al., 1998) e/ou de ligações ésteres ferulato-arabinoxilanas em ligações éter cruzadas com lignina na parede celular primária de gramíneas (Jung & Allen, 1995). No entanto, não houve relação significativa entre os teores de FDN, LDA e LES, considerando estes dois últimos tanto como porcentagem na MS como na FDN, e a digestibilidade da MS ou da FDN do feno de CEA ( $P > 0,05$ , Tabela 6). O teor de NIDA, por sua

vez, além de ser considerada uma fração indigestível, parece estar negativamente associado com a digestibilidade aparente do N total das forrageiras (Van Soest, 1994). No entanto, no presente trabalho, também não existiu associação entre o teor de NIDA e a digestibilidade aparente do N do CEA ( $P > 0,05$ , Tabela 6).

TABELA 6 - Valores da probabilidade do erro Tipo I das análises de regressão que expressam o efeito dos componentes<sup>1</sup> do feno de capim elefante anão sobre variáveis<sup>2</sup> da digestibilidade.

Componentes	NIDA (% do N total)	FDN (% na MS)	LDA (% na MS)	LDA (% na FDN)	LES (mEq/g de MS)	LES (mEq/g de FDN)
Digestibilidade aparente da :						
MS	0,95	0,93	0,59	0,35	0,89	0,86
FDN	0,93	0,85	0,46	0,23	0,90	0,84
N	0,74	0,94	0,62	0,32	0,70	0,65

<sup>1</sup> NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro; LDA = lignina em detergente ácido e LES = ligações ésteres saponificáveis.

<sup>2</sup> MS = matéria seca e N = nitrogênio total

De fato, a influência dos fatores acima mencionados sobre a digestibilidade parecem ser mais pronunciadas no colmo, mas bem menos evidentes entre folhas de diferentes idades de um mesmo perfilho de gramínea (Wilson, 1994). Inclusive, em função disto, tem sido sugerido que a diminuição da qualidade nutricional da planta forrageira com a maturidade deve-se primariamente à diminuição da relação folha/colmo (Nelson & Moser, 1994). Embora no presente trabalho não tenha sido feito uma avaliação detalhada das frações botânicas presentes no feno, não se observou presença significativa de colmo, somente de bainhas e lâminas foliares. Adicionalmente, a amplitude da variação da idade de corte do CEA no presente trabalho, pode não ter



alterado suficientemente a estrutura e composição química do feno a ponto de influenciar a sua digestibilidade. Embora estudando cultivares de capim elefante de porte normal, Deschamps (1999) observou que o aumento da idade de corte de 28 até 126 dias, diminuiu a relação folha/colmo, aumentou o teor de FDN e de lignina e diminuiu a degradabilidade (*in situ*) da MS e da FDN, tanto do colmo como das lâminas foliares. No entanto, o declínio da degradabilidade destas frações foi mais intensa para o colmo do que para as folhas. Da mesma forma, Vieira et al. (1996a) verificaram que a relação folha/colmo de uma cultivar de capim elefante de porte normal, com idade de rebrota variando de 61 a 145 dias, declinou de 2,4 para 0,51 e, as degradabilidades da MS, PB e FDN (*in situ* e *in vitro*), inicialmente aumentaram até aproximadamente 80 dias e, a seguir, declinaram significativamente até os 145 dias de rebrota.

#### **4.2.2 Passagem da fase sólida pelo trato gastrintestinal**

Na Tabela 7 e Apêndice 5 são apresentados os valores estimados para as variáveis da cinética de passagem da fase sólida da digesta, para todos os tratamentos, obtidos pela análise da passagem das partículas cromomordentes pelo trato gastrintestinal. O tempo de retenção no retículo-rúmen e no ceco-colon proximal diminuíram linearmente ( $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ , respectivamente), enquanto que a taxa de passagem do retículo-rúmen e do ceco-colon proximal, assim como o tempo de trânsito do indicador pelo trato digestivo, aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ,  $P < 0,01$  e  $P < 0,01$ , respectivamente) com a idade de corte do CEA. Taxas de passagem do

retículo-rúmen semelhantes, variando de 1,8 a 3,6%/h, foram observadas em novilhas recebendo, em nível de manutenção, uma dieta constituída de capim elefante de porte normal, cortado com 61 a 145 dias de crescimento, e uma ração concentrada, numa proporção de 2:1, respectivamente (Vieira et al., 1996b). No entanto, diferentemente do presente estudo, a TPrr, embora de forma variável, tendeu a diminuir com a idade de corte da forrageira.

TABELA 7 – Tempo de trânsito (TT), tempo de retenção no retículo-rúmen (TRrr) e no ceco-cólon proximal (TRcc) e taxa de passagem da fase sólida da digesta do retículo-rúmen (TPrr) e do ceco-cólon proximal (TPcc) do feno de capim elefante anão em função da idade de corte (Experimento 1).

Componente	Idade de corte (dias)				DP <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	30	40	50	60		
TT (h)	8,4	8,3	11,3	16,7	3,5	**
TRrr (h)	46,2	49,4	39,6	34,4	7,1	**
TRcc (h)	21,3	21,3	18,7	14,8	4,9	*
TPrr (%/h)	2,22	2,06	2,62	3,0	0,4	**
TPcc (%/h)	4,93	4,85	5,66	6,87	1,2	*

<sup>1</sup> Desvio padrão das médias, onde n = 4 por tratamento.

<sup>2</sup> Probabilidade do erro Tipo I; \* = efeito linear (P<0,05); \*\* = efeito linear (P<0,01).

O tempo de retenção da fase sólida no trato digestivo total, considerando-se a soma do TT, TRrr e TRcc, diminuiu de 76 para 66 horas com o aumento na idade de corte da planta. No entanto, a amplitude de variação do tempo de retenção foi aproximadamente o dobro no retículo-rúmen ( $\pm 12$  horas), sugerindo que as mudanças nos componentes do feno interferem mais na sua passagem por este segmento do trato digestivo, do que no ceco-

cólon, onde a variação no tempo de retenção foi de somente em torno de 6 horas.

Os tempos de retenção retículo-ruminal do presente experimento são relativamente mais altos que os normalmente observados em ruminantes de alta produção (tempos de retenção de até 24 h), os quais também têm um nível relativamente bem mais alto de consumo de alimento e de passagem ruminal (Satter et al., 1999). Mas foram semelhantes aos obtidos por Vieira et al. (1996b) em novilhas, também consumindo capim elefante, que variaram de 27 a 56 horas.

Na Tabela 8 são apresentadas as relações entre componentes do feno e variáveis da cinética de passagem. Pode-se observar que, assim como a idade de corte, os teores de FDN, LDA e LES, estes dois últimos tanto como porcentagem na MS como na FDN, foram significativamente relacionados ( $P < 0,05$ ) com as variáveis de cinética de passagem avaliados. O material não degradado no rúmen geralmente consiste de fibras altamente lignificadas e que exigem extensa ruminação para sua fragmentação (Wilson, 1997). Além disso, o teor de LES pode limitar a taxa da degradação ruminal da fibra (Jung & Allen, 1995). Deste modo, considerando que houve aumento nos teores de LDA e de LES, tanto na MS como na FDN, era esperado aumento em vez de diminuição do TR<sub>rr</sub> e diminuição, em vez de aumento, da TP<sub>rr</sub> com o aumento da idade de corte do CEA. Paradoxalmente, o TT da fibra marcada aumentou linearmente com a idade de corte da planta.

Embora a explicação para estes resultados não seja muito clara, é possível que variações nas taxas de fragmentação e digestão das partículas de

feno no rúmen, assim como a sua distribuição no "pool" ruminal, estejam envolvidos. A passagem da fibra do interior do retículo-rúmen pelo orifício

TABELA 8 – Valores da probabilidade do erro Tipo I e dos coeficientes de determinação (valores entre parênteses) das análises de regressão que expressam o efeito dos componentes do feno de capim elefante anão sobre as variáveis da cinética de passagem.<sup>1</sup>

Componentes	Idade (dias)	FDN (% na MS)	LDA (% na MS)	LDA (% na FDN)	LES (mEq/g de MS)	LES (mEq/g de FDN)
TT (h)	0,004 (0,50)	0,002 (0,56)	0,002 (0,55)	0,006 (0,54)	0,004 (0,50)	0,01 (0,48)
TR <sub>rr</sub> (h)	0,01 (0,30)	0,01 (0,30)	0,003 (0,38)	0,006 (0,47)	0,03 (0,24)	0,05 (0,28)
TR <sub>cc</sub> (h)	0,03 (0,27)	0,02 (0,29)	0,02 (0,29)	0,03 (0,31)	0,03 (0,25)	0,04 (0,30)
TP <sub>rr</sub> (%/h)	0,007 (0,32)	0,007 (0,33)	0,002 (0,40)	0,003 (0,49)	0,01 (0,27)	0,04 (0,29)

<sup>1</sup> Os valores derivam de análises de regressão linear simples e consideram somente a soma dos quadrados do efeito do componente testado, separado do efeito dos animais e dos períodos.

retículo-omasal depende, entre outros, de sua redução a pequenas partículas e do aumento de sua densidade (Faichney, 1993). A desintegração da fibra em pequenas partículas ocorre pela mastigação durante a ingestão do alimento e a ruminação, e é facilitada pela atividade microbiana ruminal sobre a mesma (Murphy & Kennedy, 1993). A resistência da fibra à fragmentação, por sua vez, aumenta com o aumento no teor de lignina, sob o aspecto de sua composição química, e com o aumento da presença de esclerênquima e de feixe vascular, sob o aspecto anatomo-histológico (Murphy & Kennedy, 1993; Minson & Wilson, 1994; Wilson, 1994; Jung & Allen, 1995; Wilson, 1997). De outra forma, a fermentação da fração digestível da fibra produz gás no interior e na

superfície da partícula, tornando-a menos densa e flutuante. Portanto, quanto mais alta a taxa de fermentação dessa fração da fibra, mais rapidamente ela atingirá a densidade suficiente para ocupar a região retículo omasal, necessário para a saída do rúmen (Wilson, 1994; Jung & Allen, 1995). No entanto, este processo é característico somente das partículas relativamente grandes. Quando são consideradas somente as pequenas partículas, o aumento da taxa de digestão aumenta a flutuação das mesmas e, deste modo, aumenta a probabilidade de ficarem sequestradas entre as grandes partículas presentes no saco dorsal do rúmen (fase "raft"), diminuindo a sua taxa de passagem (Kennedy & Doyle, 1993; Mertens, 1993). Deste modo, é possível então que a taxa de produção e a taxa de digestão das pequenas partículas do feno tenha diminuído e, deste modo, que a sequestração destas partículas no saco dorsal ruminal também tenha diminuído significativamente com o aumento da idade de corte do CEA, aumentando a taxa de passagem da fase sólida como um todo. Adicionalmente, é conhecido que a fibrosidade do material presente no interior do rúmen é um dos principais fatores que estimulam a motilidade gastrointestinal (Van Soest, 1994; Leek, 1993). Desse modo, é provável que o aumento dos teores de FDN e de LDA com o aumento da idade de corte da planta, tenha estimulado a motilidade ruminal e do trato digestivo como um todo, aumentando a taxa de passagem da digesta ao longo dos mesmos.

O TT refere-se ao primeiro aparecimento do indicador nas fezes e, portanto, à passagem das primeiras porções da digesta, constituída por pequenas partículas associadas com a fase líquida, a qual flui mais

rapidamente que a sólida e independentemente dos processos fermentativos e/ou digestivos que ocorrem nos compartimentos do trato gastrintestinal. Deste modo, é provável que o aumento do TT esteja de fato associado à uma diminuição da taxa de fragmentação das fibras do feno com o aumento da idade de corte do CEA, retardando o seu aparecimento nas fezes.

#### **4.2.3 Relação entre passagem e digestibilidade**

A extensão da degradação da MO é dependente de sua fração indigestível, da taxa de digestão da sua fração digestível e do tempo de permanência das partículas da forragem no interior do rúmen (Mertens, 1993; Tamminga, 1993; Ellis et al., 1994) e, adicionalmente, no ceco-cólon. Em função dos resultados de passagem obtidos, seria esperado uma redução da digestibilidade da MS e/ou da FDN do feno com o aumento da idade de corte do CEA. É provável então, que mesmo o menor tempo de retenção das fibras no rúmen, verificada no presente trabalho para o feno da planta com 60 dias de crescimento (TRrr de aproximadamente 34 h), já tenha sido suficiente para a máxima degradação, nas condições ruminais, dos componentes potencialmente degradáveis do feno. A mais alta TPr, obtida na idade de corte de 60 dias, foi de 3 %/h e, revisando a literatura, Satter et al. (1999) não reportaram valores inferiores a 3,7 %/h para a taxa de degradação da fração FDN de forrageiras. Da mesma forma, Cabral et al. (1997a e 1997b) relataram taxas de degradação da FDN, em ensaios *in vitro* de produção de gases, que variaram de 3,36 a 7,03 %/h e 3,1 a 6,63 %/h, em amostras de capim elefante de porte normal cortado com 42 e 63 dias de crescimento, respectivamente.

Outra possibilidade, é de que, se eventualmente tenha saído material somente parcialmente digerido do rúmen devido ao aumento da TPr, estas frações tenham sido completamente digeridas no tempo que ficaram retidas no cecocolon, equalizando a digestibilidade aparente entre os tratamentos.

A energia digestível disponível para os ruminantes recebendo forragem é primariamente uma função da extensão da degradação dos polissacarídeos da parede celular no rúmen e, deste modo, ela é considerada como o fator limitante da performance de ruminantes em sistemas intensivos de produção (Satter et al., 1999). No presente trabalho a digestibilidade da FDN do CEA foi relativamente alta, próxima a 80% e, deste modo, não representaria um limite a sua utilização. No entanto, é importante salientar que o nível de consumo do feno pelos animais no presente estudo foi restrito a aproximadamente 1,7 vezes as suas exigências de manutenção (NRC, 1988) e, é amplamente conhecido que o nível de consumo altera a digestibilidade e a passagem do alimento pelo trato digestivo. Deste modo, seria necessário estudar estas variáveis e sua relação com a maturidade do CEA também em condições de consumo *ad libitum*.

### **4.3 Experimento 2**

Os resultados de uma das parcelas do tratamento 50 dias, correspondente ao último período experimental, foi descartada devido não ter havido diferenças nas concentrações de PAH entre o sangue portal e arterial. Provavelmente por estar insuficientemente fixado, houve deslocamento da ponta do catéter portal da sua localização hepática, retrocedendo para a veia

mesentérica. Por um lado, isto evidencia a necessidade, durante a implantação do catéter, de fixá-lo firmemente em múltiplos pontos no omento, até sua entrada no vaso sanguíneo. No entanto, é importante salientar também, que a amarração não deve ser tão firme a ponto de obstruir o catéter, ou mesmo, de facilitar o seu dobramento. Para tanto, independente da perda de uma parcela, o procedimento de cobrir o catéter com um túbulo de silicone, como descrito no Material e Métodos, mostrou-se prático e satisfatório para manutenção da patência dos catéteres ao longo do experimento.

Para efetuar a análise de variância dos resultados deste experimento, foi feita uma estimativa dos dados da parcela perdida, os graus de liberdade do erro foram diminuídos em uma unidade e as somas dos quadrados dos efeitos do tratamento foram corrigidos conforme recomendado por Gomez & Gomez (1984).

#### **4.3.1 Composição sanguínea portal e arterial**

Os resultados da composição sanguínea portal e arterial são apresentados na Tabela 9. O Ht (médias de 25,6 e 25,7%) , o teor de Hb (médias de 8,3 e 8,3g/dl) e a concentração de oxigênio (médias de 87,3 e 110,1ml/l) nos sangues portal e arterial, respectivamente, estão adequados ao normalmente obtido em condições fisiológicas e não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pela idade de corte do CEA.

#### **4.3.2 Consumo de feno e fluxo portal de oxigênio**



Os resultados do consumo de feno, do fluxo de sangue portal e do fluxo portal de oxigênio são apresentados nas Tabelas 10 e 11. Para análise dos dados foi utilizado a média das oito horas de amostragem, já que o efeito do tempo e da interação tempo x tratamento não foram significativos ( $P > 0,05$ ).

TABELA 9 – Hematócrito (Ht), teor de hemoglobina (Hb) e concentração de oxigênio no sangue de bovinos recebendo feno de capim elefante anão de diferentes idades de corte (Experimento 2).

Componente	Idade de corte (dias)				DP <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	30	40	50	60		
Sangue portal:						
Ht (%)	25,0	25,1	25,9	26,3	1,5	ns
Hb (g/dl)	7,8	9,0	8,3	8,0	0,8	ns
Oxigênio (ml/l)	79,3	98,3	89,5	82,1	12,6	ns
Sangue arterial:						
Ht (%)	25,0	25,3	26,0	26,5	1,5	ns
Hb (g/dl)	7,8	9,0	8,4	8,1	0,7	ns
Oxigênio (ml/l)	105,1	112,6	114,7	108,2	10,5	ns

<sup>1</sup> Desvio padrão das médias onde n = 4 por tratamento, exceto para a idade de corte de 50 dias, onde n = 3.

<sup>2</sup> Probabilidade: ns = não significativo ao nível 0,05 de probabilidade do erro Tipo I.

O consumo de MS (média de  $1128 \pm 42$  g) e de ED (média de  $3091 \pm 118$  kcal) não foram influenciados significativamente ( $P > 0,05$ ), mas o gasto de oxigênio (FPOx) e a produção de calor pelo sistema portal (PCP) aumentaram linearmente com a idade de corte do CEA, tanto em valores absolutos ( $P < 0,01$ ) como por unidade de tamanho metabólico ( $P < 0,05$ ). Embora não tenha alcançado significância ao nível de 5% de probabilidade, o FSP tendeu a aumentar linearmente ( $P < 0,15$ , Tabela 12) com o aumento da

idade do CEA. Deste modo, foi o principal responsável pelo aumento no gasto de oxigênio pelo sistema portal, uma vez que, como visto, as concentrações

TABELA 10 – Consumo de matéria seca (MS) e de energia digestível (ED), fluxo sanguíneo portal (FSP), utilização de oxigênio (FPOx) e produção de calor pelo sistema portal (PCP) em bovinos recebendo feno de capim elefante anão de diferentes idades de corte (Experimento 2).

Componente	Idade de corte (dias)				DP <sup>3</sup>	P <sup>4</sup>
	30	40	50	60		
Consumo de MS (g) <sup>1</sup>	1079	1208	1148	1078	65	ns
Consumo de ED (kcal) <sup>2</sup>	2930	3248	3218	2970	180	ns
FSP (l/h)	254	279	294	313	48	ns
FPOx (ml/h)	6090	6561	7445	7986	1046	**
PCP (kcal/h)	29,78	32,08	36,41	39,05	5,11	**

<sup>1</sup> Consumo verificado na refeição imediatamente anterior às amostragens.

<sup>2</sup> Estimado a partir dos resultados de digestibilidade da matéria orgânica dos fenos obtidos no Experimento 1, sendo o teor de ED (kcal/ kg de MS) = MO digestível (g/kg de MS) x 4,4 (kcal/g).

<sup>3</sup> Desvio padrão das médias onde n = 4 por tratamento, exceto para a idade de corte de 50 dias, onde n = 3.

<sup>4</sup> Probabilidade: ns = não significativo ao nível 0,05 de probabilidade do erro Tipo I; \*\* = efeito linear (P<0,01).

TABELA 11 – Consumo de energia digestível (ED), fluxo sanguíneo portal (FSP), utilização de oxigênio (FPOx) e produção de calor pelo sistema portal (PCP), por unidade de tamanho metabólico, e relação entre a PCP e o consumo de ED (PCP/CED) em bovinos recebendo feno de capim elefante anão de diferentes idades de corte (Experimento 2).

Componente	Idade de corte (dias)				DP <sup>3</sup>	P <sup>4</sup>
	30	40	50	60		
Consumo de ED <sup>1</sup>						
(kcal/ kg <sup>0,75</sup> )	76,3	78,5	77,0	73,0	3,0	ns
FSP (l/h/ kg <sup>0,75</sup> )	6,65	6,71	7,05	7,73	1,27	ns
FPOx (ml/h/ kg <sup>0,75</sup> )	159,3	160,5	178,1	197,6	27,2	*
PCP (kcal/h/ kg <sup>0,75</sup> )	0,779	0,785	0,871	0,966	0,13	*
PCP/CED (%/h) <sup>2</sup>	1,03	1,00	1,12	1,34	0,20	*

<sup>1</sup> Consumo de ED verificada na refeição imediatamente anterior às amostragens.

<sup>2</sup> (PCP (kcal/h) / Consumo de ED (kcal)) x 100

<sup>3</sup>Desvio padrão das médias onde n = 4 por tratamento, exceto para a idade de corte de 50 dias, onde n = 3.

<sup>4</sup> Probabilidade: ns = não significativo ao nível 0,05 de probabilidade do erro Tipo I; \* = efeito linear (P<0,05).

arteriais e portais deste metabólito não foram influenciadas significativamente. Huntington & Reynolds (1987) também observaram que o FSP é o principal determinante da variação do gasto de oxigênio pelo sistema portal.

O FSP médio obtido no presente trabalho foi em torno de 34 ml/min/kg de peso vivo, valor que está de acordo com valores normalmente observados em bovinos em condições fisiológicas (Huntington, 1990).

Como proporção da ED consumida, a produção de calor portal (PCP/CED) aumentou linearmente (P<0,05) com a idade de corte do CEA (Tabela 11). O consumo de ED, verificada na refeição que antecedeu a coleta de amostras de sangue, correspondeu a aproximadamente metade do consumo diário observado nos dias anteriores ao da coleta de sangue. Se considerarmos então, que o animal fizesse uma segunda refeição após as oito horas de amostragens, consumindo uma quantidade de feno semelhante ao consumido pela manhã e, ainda, que a taxa de gasto de oxigênio ao longo do restante das 24 horas fosse semelhante a observada ao longo das oito horas amostradas, a PCP iria representar, aproximadamente, 12,2% no feno de 30 dias a 15,8% do consumo de ED no feno de 60 dias. Estas proporções são semelhantes às verificadas por Goetsch (1998) em ovinos consumindo forragens *ad libitum*.

O aumento da utilização de oxigênio pelo sistema portal com o aumento da idade de corte do CEA, provavelmente está associado ao aumento

nos teores de FDN, FDA e LDA do feno. De fato, embora a utilização de oxigênio pelo sistema portal seja relativamente proporcional à utilização total de oxigênio pelo organismo, ela tende a ser mais alta em animais consumindo dietas a base de forragens do que de concentrados (Seal & Reynolds, 1993; Huntington, 1999). Adicionalmente, a utilização portal de oxigênio, como proporção do consumo de ED, foi mais alta em ovinos recebendo feno de bermuda (*Cynodon dactylon* – estágio vegetativo), com teores de FDN e LDA mais altos, do que naqueles recebendo feno de uma mistura de azevém (*Lolium multiflorum* – final do estágio vegetativo) e trigo (*Triticum aestivum* – estágio inicial de grão leitoso), cujos teores de FDN e LDA foram menores (Goetsch & Ferrell, 1995; Patil et al., 1995; Goetsch et al., 1997).

Embora os mecanismos determinantes destas diferenças no gasto de oxigênio pelo sistema portal não estejam claramente estabelecidos, provavelmente estão associados a diferenças no trabalho de digestão, de contenção e de propulsão da digesta ao longo do trato gastrintestinal (Huntington, 1999). Na Tabela 12 são apresentadas as relações entre duas principais variáveis da cinética de passagem com variáveis do metabolismo portal. Pode-se observar que existiu uma tendência de associação entre o tempo de retenção e a taxa de passagem retículo-ruminal com a utilização de oxigênio pelo sistema portal. No entanto, estes fatores foram significativamente relacionados com a eficiência energética portal ( $P < 0,03$  e relação direta com o TRrr;  $P < 0,01$  e relação inversa com a TPrr). Adicionalmente, McLeod & Baldwin (2000) observaram maior massa de tecido gastrintestinal em ovinos consumindo dietas a base de forragem comparado com outros recebendo

dietas a base de concentrado. Deste modo, seria possível também que o aumento no teor de fibra do feno de CEA pudesse resultar em aumento na massa de tecido gastrintestinal e, conseqüentemente, no consumo de oxigênio pelo sistema portal nos animais do presente trabalho. No entanto, esta possibilidade é pouco provável, considerando que os períodos experimentais foram relativamente curtos (oito dias) comparado ao estudo de McLeod & Baldwin (2000), onde os animais consumiram as mesmas dietas durante 52 dias. Ketelaars & Tolkamp (1996) sugerem ainda que, o aumento do gasto de energia pelo trato digestivo, também pode estar associado a um aumento no fluxo de íons sódio na saliva, o qual aumenta com o aumento da fibra na dieta. No entanto, o mecanismo deste processo ainda é desconhecido.

TABELA 12 – Valores da probabilidade do erro Tipo I e dos coeficientes de determinação (valores entre parênteses) das análises de regressão que expressam o efeito da idade de corte do capim elefante anão e de variáveis da cinética de passagem<sup>1</sup> sobre variáveis do metabolismo portal<sup>2,3</sup>.

Componentes	Idade de corte (dias)	TR <sub>rr</sub> (h)	TP <sub>rr</sub> (%/h)
FSP (l/h)	0,15 (0,15)	0,48 (0,04)	0,61 (0,02)
FSP (l/h/kg <sup>0,75</sup> )	0,31 (0,09)	0,38 (0,07)	0,47 (0,05)
FPOx (ml/h)	0,01 (0,26)	0,09 (0,14)	0,09 (0,14)
FPOx (ml/h/ kg <sup>0,75</sup> )	0,04 (0,15)	0,08 (0,11)	0,07 (0,12)
PCP/CED (%/h)	0,03 (0,20)	0,03 (0,21)	0,01 (0,24)

<sup>1</sup> TR<sub>rr</sub> = tempo de retenção ruminal e TP<sub>rr</sub> = taxa de passagem ruminal.

<sup>2</sup> FSP = fluxo de sangue portal; FPOx = fluxo portal de oxigênio e PCP/CED = produção de calor pelo sistema portal como proporção do consumo de energia digestível.

<sup>3</sup> Os valores derivam de análises de regressão linear simples e consideram somente a soma dos quadrados do efeito do componente testado, separado do efeito dos animais e dos períodos.

#### **4.4 Relação entre os componentes do feno e valor nutritivo**

Foi também objetivo do presente trabalho, identificar um ou mais componentes do feno que pudessem ser utilizados como parâmetros para avaliar o seu valor nutritivo. Como visto anteriormente, embora tenha havido variação na composição química, a digestibilidade do feno não sofreu influência da idade de corte da planta. Deste modo, nenhum dos componentes do feno teve relação significativa com a sua digestibilidade (Tabela 6). No entanto, os teores de FDN, LDA e LES foram todos significativamente relacionados com as variáveis de cinética de passagem avaliadas (Tabela 8) e, também, com aquelas associadas ao fluxo portal de oxigênio e a eficiência energética portal (Tabela 13). No entanto, pode-se observar que os efeitos mais acentuados sobre as variáveis de passagem e do metabolismo portal estudadas foram os da LDA, uma vez que tem os menores valores de probabilidade do erro Tipo I e os maiores valores do coeficiente de determinação. A relação entre o teor de LDA do feno, com base na MS, e algumas destas destas variáveis são apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3.

O período de crescimento do capim elefante anão estudado neste trabalho foi relativamente curto e, deste modo, as amplitudes de variação dos teores de LDA encontrados foram pequenas, correspondendo a aproximadamente 10 e 5% na MS e na FDN, respectivamente. Assim, para generalizações destas relações detectadas, seria conveniente estudá-las e confirmá-las em períodos mais longos de crescimento da forrageira.



TABELA 13 – Valores da probabilidade do erro Tipo I e dos coeficientes de determinação (valores entre parênteses) das análises de regressão que expressam o efeito dos componentes<sup>1</sup> do feno de capim elefante anão sobre variáveis do metabolismo portal<sup>2,3</sup>.

Componentes	FDN	LDA (% na)		LES (mEqg/g de)	
	(% na MS)	MS	FDN	MS	FDN
FSP (l/h)	0,22 (0,12)	0,27 (0,11)	0,37 (0,07)	0,20 (0,14)	0,19 (0,14)
FSP (l/h/kg <sup>0,75</sup> )	0,30 (0,10)	0,36 (0,08)	0,48 (0,05)	0,28 (0,10)	0,29 (0,10)
FPOx (ml/h)	0,01 (0,25)	0,01 (0,29)	0,01 (0,26)	0,03 (0,22)	0,03 (0,20)
FPOx (ml/h/ kg <sup>0,75</sup> )	0,02 (0,17)	0,02 (0,19)	0,03 (0,17)	0,05 (0,14)	0,06 (0,13)
PCP/CED (%/h)	0,02 (0,24)	0,01 (0,25)	0,03 (0,21)	0,03 (0,20)	0,05 (0,18)

<sup>1</sup> FDN = fibra em detergente neutro; LDA = lignina em detergente ácido e LES = ligações ésteres saponificáveis.

<sup>2</sup> FSP = fluxo de sangue portal; FPOx = fluxo portal de oxigênio e PCP/CED = produção de calor pelo sistema portal como proporção do consumo de energia digestível.

<sup>3</sup> Os valores derivam de análises de regressão linear simples e consideram somente a soma dos quadrados do efeito do componente testado, separado do efeito dos animais e dos períodos.



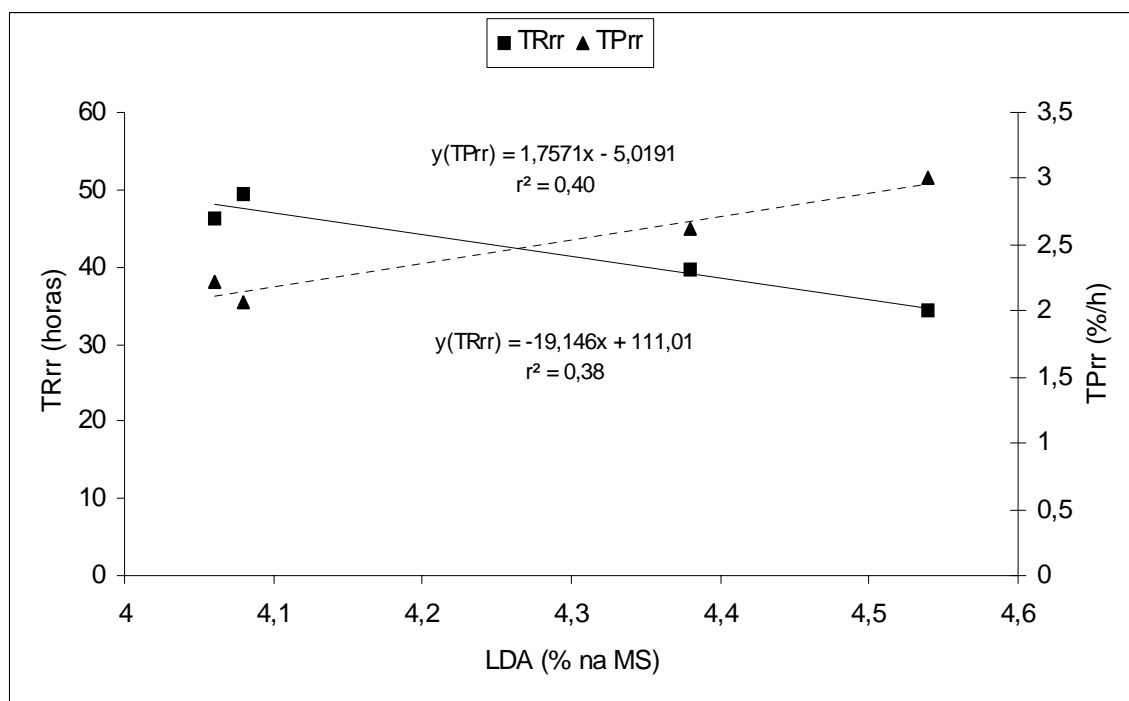


FIGURA 1 – Relação entre o teor de lignina (LDA) do capim elefante anão e variáveis da cinética de passagem da fase sólida pelo trato digestivo de bovinos. TRrr = tempo de retenção retículo-ruminal e TPrr = taxa de passagem retículo-ruminal.

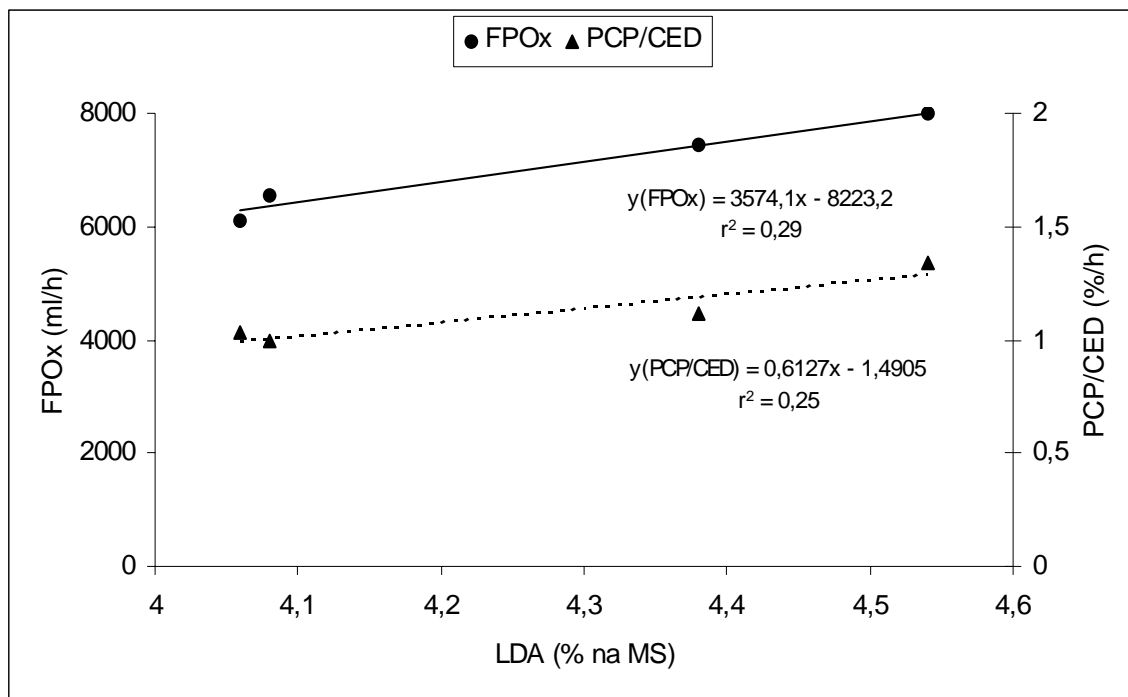


FIGURA 2 – Relação entre o teor de lignina (LDA) do capim elefante anão e a utilização de oxigênio pelo sistema portal de bovinos. FPOx = fluxo portal de oxigênio e PCP/CED = produção de calor pelo sistema portal como proporção do consumo de energia digestível.

## 5. CONCLUSÕES

O aumento da idade do capim elefante anão, cortado com 30 a 60 dias de crescimento, altera a composição química do feno e, fornecido em quantidades restritas a aproximadamente 1,7 vezes as exigências de manutenção dos animais, aumenta a taxa de passagem da fase sólida da digesta pelo trato gastrointestinal, mas no entanto, não afeta a digestibilidade aparente em bovinos. Adicionalmente, aumenta a utilização de oxigênio pelo sistema portal, provavelmente devido a um aumento do trabalho associado à manutenção e condução da digesta ao longo do trato gastrointestinal.

A produção estimada de calor pelo sistema portal, como proporção do consumo de energia digestível, aumenta linearmente com a idade de corte do capim elefante anão. Desse modo, considerando que o valor nutricional da forrageira diminui com a idade de crescimento, os resultados do presente trabalho nos sugerem que isto deve-se, pelo menos em parte, a diminuição da eficiência do uso da energia metabolizável para fins produtivos, devido ao aumento do gasto de energia pelo trato digestivo.

O teor de lignina em detergente ácido não teve relação significativa com a digestibilidade da forrageira, mas foi o melhor indicador da eficiência energética digestiva.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 17-25, 1989.
- ALMEIDA, E. X.; MARASCHIN, G. E.; HARTHMANN, O. E. L. et al. Capim elefante anão cultivar Mott: pastagem com alto potencial para produção animal. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 10, p. 58-60, 1997.
- ALMEIDA, E. X.; MARASCHIN, G. E.; HARTHMANN, O. E. L. et al. Oferta de forragem de capim elefante anão 'Mott' e o rendimento animal. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1288-1295, 2000.
- ALVES DE BRITO, C.J.F., RODELLA, R. A., DESCHAMPS, F.C. et al. Anatomia quantitativa e degradação in vitro de tecidos em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, p. 223-229, 1999.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12nd. ed. Washington, D. C., 1975. 1094p.
- BAIRD, G. D.; SYMONDS, H. W.; ASH, R. Some observations on metabolite production and utilization in vivo by the gut and liver of adult dairy cows. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.85, p.281-296, 1975.
- BERGMAN, E. N.; KATZ, M. L.; KAUFMAN, C. F. Quantitative aspects of hepatic and portal glucose metabolism and turnover in sheep. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v. 219, p.785-793, 1970.
- BLAXTER, k. I. **Energy metabolism in animals and man**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 336 p.
- BURRIN, D. G.; FERREL, C. L.; BRITTON, R. A. et al. Level of nutrition and visceral organ size and metabolic activity in sheep. **British Journal of Nutrition**, London, v.64, p.439-448, 1990.
- BUXTON, D. R.; FALES, S. L. Plant environment and quality. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 155-199.

- CABRAL, L. S.; MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Avaliação do capim-elefante através da técnica de produção de gases da MS, da FDN e do resíduo insolúvel em t-butanol. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997a. v. 1, p. 88-90.
- CABRAL, L. S.; MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Cinética ruminal da FDN do capim elefante estimada pela técnica da produção de gás e pela degradação *in vitro*. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997b. v. 1, p.91-93.
- CHAPARRO, C. J.; SOLLENBERGER, L. E. Nutritive value of chopped 'Mott' elephantgrass herbage. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 789-793, 1997.
- CHAPARRO, C. J.; SOLLENBERGER, L. E.; JONES JR., C. S. Defoliation effects on 'Mott' elephantgrass productivity and leaf percentage. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p.981-985, 1995.
- CHAPARRO, C. J.; SOLLENBERGER, L. E.; QUESENBERRY, K. H. Light interception, reserve status, and persistence of clipped Mott elephantgrass swards. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 649-655, 1996.
- CUOMO, G. J.; BLOUIN, D. C.; BEATTY, J. F. Forage potential of dwarf napiergrass and a pearl millet x napiergrass hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 434-438, 1996.
- CZARNOCKI, J.; SIBBALD, I. R.; EVANS, E. V. The determination of chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion and spectrophotometry. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 4, p.167-179, 1961.
- DESCHAMPS, F. C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, p. 1358-1369, 1999.
- ELLIS, W. C.; MATIS, J. H.; HILL, T. M. et al. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In. FAHEY JR., G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 682-756.
- FAICHNEY, G. J. Digesta flow. In. FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: C.A.B. International, 1993. p. 53-86.

- FLORES, J. A.; MOORE, J. E.; SOLLENBERGER, L. E. Determinants of forage quality in pensacola bahiagrass and Mott elephantgrass. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, p. 1606-1614, 1993.
- FRIES, G. F.; CONNER, G. H. Studies on bovine portal blood. II. Blood flow determinations with observations on hemodilution in the portal vein. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v.22, p.487-490, 1961.
- GOERING, H. K., VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington: Agriculture Research Service, 1970. 20 p. (Agricultural Handbook, n. 379).
- GOETSCH, A. L. Splanchnic tissue energy use in ruminants that consume forage-based diets ad libitum. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, p.2737-2746, 1998.
- GOETSCH, A. L.; FERREL, C. L. Effects of dietary maize level on net flux across splanchnic tissues of oxygen and nutrients in wethers consuming ad libitum different forages. **Animal Science**, Penicuik, v.61, p.43-55, 1995.
- GOETSCH, A. L.; PATIL, A. R.; GALLOWAY, D. L. et al. Net flux of nutrients across splanchnic tissues in wethers consuming grasses of different sources and physical forms ad libitum. **British Journal of Nutrition**, London, v.77, p.769-781, 1997.
- GOMEZ, K. A.; DOMEZ, A. A. **Statistical procedures for agricultural research**. 2nd. ed. New York: John Wiley & Sons, 1984. 680 p.
- GROVUM, W. L.; WILLIAMS, V. J. Rate of passage of digesta in sheep. IV. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate constants derived from the changes in concentration of marker in feces. **British Journal of Nutrition**, London, v. 30, p. 313-329, 1973.
- HATFIELD, R. D. Cell wall polysaccharide interactions and degradability. In: JUNG et al (Eds.) **Forage cell wall structure and degradability**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1993. p. 285-314.
- HUNTINGTON, G. B. Portal blood flow and net absorption of ammonia-nitrogen, urea-nitrogen, and glucose in nonlactating holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 65, p. 1155-1162, 1982.
- HUNTINGTON, G. B. Energy metabolism in the digestive tract and liver of cattle: influence of physiological state and nutrition. **Reproduction and Nutrition Development**, Paris, v.30, p.35-47, 1990.

- HUNTINGTON, G. B. Nutrient metabolism by gastrointestinal tissues of herbivores. In: JUNG, H. G., FAHEY JR., G. C. (Eds.) **Nutritional ecology of herbivores**. Savoy: ASAC, 1999. p.312-335.
- HUNTINGTON, G. B.; REYNOLDS, C. K. Oxygen consumption and metabolite flux of bovine portal-drained viscera and liver. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.117, p.1167-1173, 1987.
- HUNTINGTON, G. B.; REYNOLDS, C. K.; STROUD, B. H. Techniques for measuring blood flow in splanchnic tissues of cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.72, p.1583-1595, 1989.
- HUNTINGTON, G. B.; TYRREL, H. F. Oxygen consumption by portal-drained viscera of cattle: comparison of analytical methods and relationship to whole body oxygen consumption. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, p. 2727-2731, 1985.
- JUNG, H. G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 33-38, 1989.
- JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2774-2790, 1995.
- JUNG, H. G., DEETZ, D. A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG et al (Eds.) **Forage cell wall structure and degradability**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1993. p. 315-346.
- JUNG, H. G.; MERTENS, D. R.; PAYNE, A. J. Correlation of acid detergent lignin and Klason lignin with digestibility of forage dry matter and neutral detergent fiber. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1622-1628, 1997.
- KATZ, M. L.; BERGMAN, E. N. Simultaneous measurements of hepatic and portal venous blood flow in the sheep and dog. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v.216, p.946-952. 1969a.
- KATZ, M. L.; BERGMAN, E. N. Hepatic and portal metabolism of glucose, free fatty acids, and ketone bodies in the sheep. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v.216, p.953-960. 1969b.
- KENNEDY, P. M.; DOYLE, P. T. Particle-size reduction by ruminants - Effects of cell wall composition and structure. In: JUNG et al (Editores) **Forage cell wall structure and degradability**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1993. p. 499-534.

- KETELAARS, J. J. M. H., TOLKAMP, B. J. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and humans. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, p.3036-3051, 1996.
- KOZLOSKI, G. V.; ROCHA, J. B. T.; CIOCCA, M. L. S. Visceral metabolism and efficiency of energy use by ruminants. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, 2001. (No prelo)
- LAU, M. M.; VAN SOEST, P. J. Titratable groups and soluble phenolics as indicators of the digestibility of chemically treated roughages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 6, p. 123-131, 1981.
- LEEK, B. F. Digestão no estômago dos ruminantes. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. (Editores) **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**, 11nd. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. p.353-379.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, p. 347-358, 1996.
- LINDSAY, D. B. Metabolism of the portal-drained viscera. In: FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: C.A.B. International, 1993. p.267-290.
- McBRIDE, B. W.; KELLY, J. M. Energy cost of absorption and metabolism in the ruminant gastrointestinal tract and liver: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p.2997-3010, 1990.
- McGILLIARD, A. D.; THORP, J. W. Catheterization of the mesenteric and portal vein in calves. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.54, p.129-132, 1971.
- MCLEOD, K. R.; BALDWIN, R. L. Effects of diet forage:concentrate ratio and metabolizable energy intake on visceral organ growth and in vitro oxidative capacity of gut tissues in sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 760-770, 2000.
- MERCHEN, N. R.; BOURQUIN, L. D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 564-612.
- MERTENS, D. R. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. In: JUNG et al. (Eds.) **Forage cell wall structure and degradability**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1993. p. 535-570.



- MINSON, D. J.; WILSON, J. R. Prediction of intake as an element of forage quality. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 533-563.
- MOORE, K. J.; HATFIELD, R. D. Carbohydrates and forage quality. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 229-280.
- MURPHY, M. R.; KENNEDY, P. M. Particle dynamics. In: FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: C.A.B. International, 1993. p.87-106.
- NELSON, C. J.; MOSER, L. E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JR., G. C. (Editor) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 115-154.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6nd. ed. Washington: National Academy Press, 1988. 157 p.
- OLTJEN, J. W.; BECKETT, J. L. Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 1406-1409, 1996.
- PASSOS, L. P. Estado do conhecimento sobre a fisiologia do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM ELEFANTE, 2., 1994, Coronel Pacheco, MG. **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPA, 1994. p. 12-56.
- PATIL, A. R.; GOETSCH, A. L.; GALLOWAY, D. L. et al. Net flux of nutrients across splanchnic tissues in sheep consuming ad libitum different proportions of bermudagrass and ryegrass-wheat hay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, suppl.1, p.261, 1995. Abstracts.
- RAISER, A. C.; KOZLOSKI, G. V.; POLYDORO, A. S. Cateterização das veias porta e ramo mesentérico para avaliar a absorção do trato gastrointestinal em bovinos jovens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 48, p. 695-702, 1996.
- REID, R. L. Milestones in forage research (1969-1994). In: FAHEY JR., G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 1-58.
- REYNOLDS, C. K. Quantitative aspects of liver metabolism in ruminants. In: ENGELHARDT, W.; LEONHARD-MAREK, S.; BREVES, G. et al. (Eds.) **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Germany: Ferdinand Enke Verlag, 1995. p. 351-371.

- REYNOLDS, C. K.; TYRREL, H. F.; REYNOLDS, P. J. Effects of diet forage-to-concentrate ratio and intake on energy metabolism in growing beef heifers: Net nutrient metabolism by visceral tissues. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.121, p.1004-1015, 1991.
- RIBEIRO FILHO, H. M. N.; ALMEIDA, E. X.; HARTHMANN, O. E. L. et al. Tempo e ciclos diários de pastejo de bovinos submetidos a diferentes ofertas de capim-elefante anão cv. "Mott". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora : SBZ, 1997a. CD-ROM.
- RIBEIRO FILHO, H. M. N.; ALMEIDA, E. X.; HARTHMANN, O. E. L. et al. Consumo de forragem de bovinos submetidos a diferentes ofertas de capim-elefante anão cv. "Mott". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora : SBZ, 1997b. CD-ROM.
- RODRIGUES, L. R. A.; MOTT, G. O.; VEIGA, J. V.; OCUMPAUGH, W. R. Tillering and morphological characteristics of dwarf elephantgrass under grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 1209-1218, 1986.
- ROE, W. E.; BERGMAN, E. N.; KON, K. Absorption of ketone bodies and other metabolites via the portal blood of sheep. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v.27, p.729-736, 1966.
- ROTZ, C. A.; MUCK, R. E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 828-868.
- SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. **SAS user's guide: Statistics** Version 1990. Cary, 1990.
- SATTER, L. D.; JUNG, H. G.; VAN VUUREN, A. M. et al. Challenges in the nutrition of high-producing ruminants. In: JUNG, H. G., FAHEY JR., G. C. (Eds.) **Nutritional ecology of herbivores**. Savoy: ASAC, 1999. p. 609-645.
- SCHAMBYE, P. Experimental estimation of the portal vein blood flow in sheep. 2. Chronic experiments in cannulated sheep applying infusion and injection methods. **Nordic Veterinary-Medicine**, Copenhagen, v.7, p.1001-1016, 1955.
- SEAL, C. J.; REYNOLDS, C. K. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v.6, p.185-208, 1993.

- SETELICH, E. A.; ALMEIDA, E. X. Produção de leite a pasto. In. CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS: ÊNFASE EM REPRODUÇÃO E ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE LEITE, 5., Canoas, 2000. **Anais...** Canoas:ULBRA, 2000. p. 33-50.
- SILVA, D. S.; GOMIDE, J. A.; FONTES, C. A. A. et al. Pressão de pastejo em pastagem de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum cv. Mott) 1 - Efeito sobre a estrutura e disponibilidade de pasto. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, p. 249-257, 1994a.
- SILVA, D. S.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, A. C. Pressão de pastejo em pastagem de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum cv. Mott) 2 - Efeito sobre o valor nutritivo, consumo de pasto e produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, p. 453-464, 1994b.
- SOLLENBERGER, L. E.; JONES JR, C. S. Beef production from nitrogen-fertilized Mott dwarf elephantgrass and pensacola bahiagrass pastures. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 23, p. 129-134, 1989.
- SUN, W.; GOETSCH, A. L.; FORSTER JR., L. A. et al. Forage and splanchnic tissue mass in growing lambs: effects of dietary forage levels and source on splanchnic tissue mass in growing lambs. **British Journal of Nutrition**, London, v.71, p.141-151, 1994.
- SUTTON, J. D. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.68, p.3376-3393, 1985.
- SYMONDS, H. W.; BAIRD, G. D. Cannulation of an hepatic vein, the portal vein and a mesenteric vein in the cow, and its use in the measurement of blood flow rates. **Research in Veterinary Science**, London, v.14, p.267-269, 1973.
- TAMMINGA, S. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, p. 3112-3124, 1996.
- TRAXLER, M. J.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J. et al. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1469-1480, 1998.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P. E.; VAN SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta: rate of passage studies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 31, p. 625-632, 1980.
- VAN SOEST, P. J. Cell wall matrix interactions and degradation-session synopsis. In: JUNG et al (Eds.) **Forage cell wall structure and degradability**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1993. p. 377-396.

- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P. J. Environment and forage quality. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FOOD MANUFACTURERS, 58., 1996, Ithaca, NY. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1996. p.1-9.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.
- VEIGA, J. B.; MOTT, G. D.; RODRIGUES, L. R. A.; OCUMPAUCH, W. R. Capim-elefante anão sob pastejo. I. Produção de forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 929-936, 1985.
- VIEIRA, R. A. M.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C. et al. Estimativa da digestibilidade ruminal do capim-elefante a partir de ensaios de degradação *in situ* e *in vitro*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996a. v. 3, p. 297-299.
- VIEIRA, R. A. M.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C. et al. Repleção ruminal da fibra em detergente neutro do capim-elefante. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996b. v. 3, p. 300-301.
- WEBSTER, A. J. F.; OSUJI, P. O.; WHITE, F. et al. The influence of food intake on portal blood flow and heat production in the digestive tract of sheep. **British Journal of Nutrition**, London, v. 34, p. 125-139, 1975.
- WILSON, J. R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG et al (Eds.) **Forage cell wall structure and degradability**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1993. p. 1-32.
- WILSON, J. R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 122, p. 173-182, 1994.
- WILSON, J. R. Forage intake from tropical pastures: Chemical composition and anatomical traits. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 173-208.
- WOODARD, K. R.; PRINE, G. M. Forage yield and nutritive value of elephantgrass as affected by harvest frequency and genotype. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p.541-546, 1991.

## Apêndice 1

**PREPARAÇÃO DA FIBRA CROMO MORDENTE (FCM)**

- Pesar aproximadamente 500 g de feno.
- Triturar em moinho tipo Willey sem peneira.
- Ferver durante 3 horas em 10 litros de uma solução detergente neutra comercial (concentração de 3%).
- Colocar a mistura em um saco de nylon e lavar com água corrente até a água sair transparente e límpida.
- Colocar em estufa de ar forçado a aproximadamente 55°C até peso constante.
- Colocar a fibra seca em um recipiente plástico e adicionar 3 litros de uma solução de dicromato ( 112g de  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  em 4 litros de água).
- Cobrir com papel alumínio e colocar em estufa a 100°C durante 24 horas.
- Colocar a mistura em um saco de nylon e lavar com água corrente até a água sair transparente e límpida.
- Colocar a fibra em um recipiente plástico e cobrir com 1,5 litros de uma solução de ácido ascórbico durante 1 hora (250 g de ácido ascórbico p. a. em 1 litro de água).
- Colocar a mistura em um saco de nylon e lavar com água corrente até a água sair transparente e límpida.
- Colocar em estufa de ar forçado a aproximadamente 55°C até peso constante.

## Apêndice 2

**DETERMINAÇÃO DE CROMO NAS AMOSTRAS DE FCM E FEZES**

## 1 - PROCEDIMENTOS

- Pesar aproximadamente 500 mg de amostra parcialmente seca (APS) e embrulhar em papel.
- Colocar em um tubo de micro-kjeldahl.
- Adicionar 5ml de ácido nítrico p. a.
- Colocar os tubos num bloco de digestão, acoplado a um sistema de exaustão, e deixar em temperatura ambiente por uma noite.
- Aquecer a 100°C durante 1 hora.
- Elevar a temperatura a 120°C e deixar durante 1 hora.
- Elevar a temperatura a 200°C até secar.
- Tirar os tubos do bloco, deixar esfriar e, então, adicionar 3ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 130 volumes.
- Colocar no bloco e aquecer a 200°C até secar.

OBS.: O resíduo deve ficar relativamente esbranquiçado. Se tiver material escuro no resíduo significa que parte da matéria orgânica da amostra não foi digerida. Neste caso deve-se repetir a adição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e aquecer até este material escuro desaparecer.

- Adicionar 5ml da solução solubilizadora de cromo.
- Aquecer a 200°C, no bloco digestor e com sistema de exaustão, até a solução ficar amarelo-alaranjada.

- Deixar esfriar e lavar o tubo com água destilada transferindo a solução para um balão de 50ml.
- Completar o volume do balão e transferir a solução para um frasco com tampa.
- Deixar no ambiente por uma noite para precipitar o material suspenso na solução.
- Lêr a absorbância a 360 nm utilizando água destilada como branco.

## 2 - SOLUÇÃO SOLUBILIZADORA DE CROMO

- Pesar 10g de molibdato de sódio e colocar num bécker.
- Dissolver em 150 ml de água.
- Colocar o bécker em um recipiente com água gelada e adicionar lentamente 150ml de ácido sulfúrico p. a.
- Deixar esfriar e adicionar 200ml de ácido perclórico a 70%.
- Deixar o becker na água gelada até esfriar.

## 3 - PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO PADRÃO-MÃE

- Pesar 100mg de dicromato p. a.
- Proceder a digestão e diluição como para as amostras.

## 4 - CURVA PADRÃO

Diluir a solução padrão mãe (2mg de dicromato/ml ou 0,698mg de cromo/ml) 20 vezes e, a partir desta solução diluída preparar tubos contendo de 0,003 a

0,03mg de Cr/ml. A diluição destas soluções deve ser feita com uma solução de ácido sulfúrico a 3% (v/v).

## 5 - CORREÇÃO DA LEITURA COLORIMÉTRICA

A absorvância das amostras com cromo devem ser corrigidas para o efeito de outras substâncias presentes nas amostras de fezes e que absorvem luz no mesmo comprimento de onda. Para tanto, pelo menos três amostras de fezes sem cromo (amostras coletadas no tempo zero), devem ser digeridas como as demais e, a média das absorvâncias obtidas nestas amostras deve ser usado como um fator de correção para as demais amostras. O valor deste fator de correção de ser descontado da absorvância das demais amostras.

Este tipo de correção não necessita ser feito se a leitura do cromo for feito por absorção atômica.



## Apêndice 3

**RESULTADOS DA CONCENTRAÇÃO DE CROMO NAS FEZES**

ANIMAL	PERÍODO	TRATAMENTO	HORÁRIO (h)	Peso APS (mg)	Abs (360nm)	Cr <sup>1</sup> (mg/g de APS)	Cr (mg/g de MS)
A	1	30	0	502	0	0	0
A	1	30	3	505	0,01	0,070	0,079
A	1	30	6	500	0,02	0,142	0,160
A	1	30	9	500	0,03	0,213	0,239
A	1	30	12	502	0,03	0,212	0,238
A	1	30	18	504	0,04	0,282	0,317
A	1	30	24	502	0,07	0,495	0,556
A	1	30	30	505	0,07	0,492	0,553
A	1	30	36	503	0,12	0,847	0,952
A	1	30	48	509	0,22	1,534	1,724
A	1	30	60	502	0,18	1,273	1,430
A	1	30	72	503	0,15	1,059	1,189
A	1	30	96	501	0,09	0,638	0,717
A	1	30	120	504	0,05	0,352	0,396
B	1	40	0	502	0,005	0,035	0,040
B	1	40	3	505	0,005	0,035	0,039
B	1	40	6	504	0,01	0,070	0,079
B	1	40	9	503	0,01	0,071	0,079
B	1	40	12	508	0,01	0,070	0,079
B	1	40	18	503	0,04	0,282	0,317
B	1	40	24	504	0,08	0,563	0,633
B	1	40	30	506	0,13	0,912	1,025
B	1	40	36	506	0,14	0,982	1,104
B	1	40	48	502	0,12	0,849	0,953
B	1	40	60	505	0,12	0,844	0,948
B	1	40	72	505	0,09	0,633	0,711
B	1	40	96	501	0,08	0,567	0,637
B	1	40	120	506	0,03	0,210	0,236
C	1	50	0	501	0	0,000	0
C	1	50	3	504	0	0,000	0
C	1	50	6	504	0	0,000	0
C	1	50	9	505	0	0,000	0
C	1	50	12	502	0,01	0,071	0,079
C	1	50	18	505	0,01	0,070	0,079
C	1	50	24	507	0,07	0,490	0,551
C	1	50	30	505	0,19	1,336	1,501
C	1	50	36	503	0,2	1,412	1,586
C	1	50	48	509	0,18	1,255	1,411
C	1	50	60	503	0,18	1,270	1,427
C	1	50	72	504	0,14	0,986	1,108
C	1	50	96	508	0,08	0,559	0,628
C	1	50	120	502	0,03	0,212	0,238

D	1	60	0	502	0	0,000	0
D	1	60	3	503	0	0,000	0
D	1	60	6	500	0	0,000	0
D	1	60	9	500	0	0,000	0
D	1	60	12	501	0	0,000	0
D	1	60	18	502	0,005	0,035	0,040
D	1	60	24	500	0,08	0,568	0,638
D	1	60	30	506	0,1	0,702	0,788
D	1	60	36	500	0,16	1,136	1,276
D	1	60	48	504	0,1	0,704	0,791
D	1	60	60	507	0,09	0,630	0,708
D	1	60	72	509	0,07	0,488	0,549
D	1	60	96	507	0,035	0,245	0,275
D	1	60	120	502	0,01	0,071	0,079
A	2	60	0	505	0	0,000	0
A	2	60	3	502	0	0,000	0
A	2	60	6	504	0	0,000	0
A	2	60	9	505	0	0,000	0
A	2	60	12	503	0	0,000	0
A	2	60	18	502	0,01	0,071	0,079
A	2	60	24	501	0,04	0,283	0,318
A	2	60	30	507	0,04	0,280	0,315
A	2	60	36	505	0,08	0,562	0,632
A	2	60	48	501	0,1	0,709	0,796
A	2	60	60	509	0,125	0,872	0,980
A	2	60	72	506	0,07	0,491	0,552
A	2	60	96	503	0,03	0,212	0,238
A	2	60	120	506	0,02	0,140	0,158
B	2	30	0	503	0	0,000	0
B	2	30	3	503	0,01	0,071	0,079
B	2	30	6	503	0,03	0,212	0,238
B	2	30	9	504	0,03	0,211	0,237
B	2	30	12	503	0,04	0,282	0,317
B	2	30	18	505	0,08	0,562	0,632
B	2	30	24	504	0,14	0,986	1,108
B	2	30	30	509	0,17	1,186	1,332
B	2	30	36	508	0,22	1,537	1,727
B	2	30	48	505	0,25	1,757	1,975
B	2	30	60	509	0,18	1,255	1,411
B	2	30	72	500	0,19	1,349	1,516
B	2	30	96	501	0,115	0,815	0,916
B	2	30	120	503	0,07	0,494	0,555
C	2	40	0	500	0	0,000	0
C	2	40	3	502	0	0,000	0
C	2	40	6	501	0,01	0,071	0,080
C	2	40	9	504	0,02	0,141	0,158
C	2	40	12	500	0,04	0,284	0,319
C	2	40	18	504	0,07	0,493	0,554
C	2	40	24	507	0,105	0,735	0,826
C	2	40	30	502	0,1	0,707	0,795
C	2	40	36	503	0,15	1,059	1,189
C	2	40	48	509	0,105	0,732	0,823

C	2	40	60	504	0,165	1,162	1,306
C	2	40	72	503	0,1	0,706	0,793
C	2	40	96	502	0,06	0,424	0,477
C	2	40	120	501	0,05	0,354	0,398
D	2	50	0	509	0	0,000	0
D	2	50	3	500	0	0,000	0
D	2	50	6	500	0,005	0,036	0,040
D	2	50	9	503	0,02	0,141	0,159
D	2	50	12	505	0,01	0,070	0,079
D	2	50	18	500	0,03	0,213	0,239
D	2	50	24	507	0,165	1,155	1,298
D	2	50	30	508	0,2	1,398	1,570
D	2	50	36	506	0,22	1,543	1,734
D	2	50	48	501	0,22	1,559	1,752
D	2	50	60	506	0,2	1,403	1,577
D	2	50	72	508	0,22	1,537	1,727
D	2	50	96	500	0,07	0,497	0,558
D	2	50	120	505	0,03	0,211	0,237
A	3	50	0	504	0	0,000	0
A	3	50	3	502	0,01	0,071	0,079
A	3	50	6	505	0,015	0,105	0,118
A	3	50	9	509	0,01	0,070	0,078
A	3	50	12	508	0,025	0,175	0,196
A	3	50	18	500	0,025	0,178	0,199
A	3	50	24	501	0,04	0,283	0,318
A	3	50	30	504	0,06	0,423	0,475
A	3	50	36	503	0,18	1,270	1,427
A	3	50	48	502	0,25	1,768	1,986
A	3	50	60	506	0,23	1,614	1,813
A	3	50	72	500	0,14	0,994	1,117
A	3	50	96	503	0,11	0,776	0,872
A	3	50	120	500	0,055	0,391	0,439
B	3	60	0	503	0	0,000	0
B	3	60	3	504	0	0,000	0
B	3	60	6	502	0	0,000	0
B	3	60	9	507	0	0,000	0
B	3	60	12	503	0	0,000	0
B	3	60	18	502	0,02	0,141	0,159
B	3	60	24	501	0,05	0,354	0,398
B	3	60	30	503	0,1	0,706	0,793
B	3	60	36	505	0,13	0,914	1,027
B	3	60	48	504	0,09	0,634	0,712
B	3	60	60	500	0,095	0,675	0,758
B	3	60	72	502	0,06	0,424	0,477
B	3	60	96	503	0,06	0,423	0,476
B	3	60	120	503	0,01	0,071	0,079
C	3	30	0	500	0	0,000	0
C	3	30	3	501	0	0,000	0
C	3	30	6	500	0,005	0,036	0,040
C	3	30	9	501	0,01	0,071	0,080
C	3	30	12	502	0,02	0,141	0,159
C	3	30	18	500	0,06	0,426	0,479

C	3	30	24	503	0,15	1,059	1,189
C	3	30	30	507	0,16	1,120	1,259
C	3	30	36	506	0,195	1,368	1,537
C	3	30	48	501	0,28	1,984	2,229
C	3	30	60	502	0,14	0,990	1,112
C	3	30	72	504	0,13	0,916	1,029
C	3	30	96	505	0,1	0,703	0,790
C	3	30	120	504	0,04	0,282	0,317
D	3	40	0	500	0	0,000	0
D	3	40	3	504	0	0,000	0
D	3	40	6	500	0	0,000	0
D	3	40	9	503	0,01	0,071	0,079
D	3	40	12	500	0,03	0,213	0,239
D	3	40	18	500	0,05	0,355	0,399
D	3	40	24	502	0,1	0,707	0,795
D	3	40	30	505	0,14	0,984	1,106
D	3	40	36	502	0,14	0,990	1,112
D	3	40	48	502	0,11	0,778	0,874
D	3	40	60	507	0,13	0,910	1,023
D	3	40	72	501	0,07	0,496	0,557
D	3	40	96	501	0,05	0,354	0,398
D	3	40	120	500	0	0,000	0
A	4	40	0	501	0	0,000	0
A	4	40	3	502	0,005	0,035	0,040
A	4	40	6	501	0	0,000	0
A	4	40	9	505	0,01	0,070	0,079
A	4	40	12	505	0,01	0,070	0,079
A	4	40	18	503	0,03	0,212	0,238
A	4	40	24	502	0,04	0,283	0,318
A	4	40	30	503	0,07	0,494	0,555
A	4	40	36	500	0,17	1,207	1,356
A	4	40	48	505	0,11	0,773	0,869
A	4	40	60	501	0,125	0,886	0,995
A	4	40	72	501	0,055	0,390	0,438
A	4	40	96	505	0,07	0,492	0,553
A	4	40	120	503	0,03	0,212	0,238
B	4	50	0	500	0	0,000	0
B	4	50	3	506	0,01	0,070	0,079
B	4	50	6	502	0	0,000	0
B	4	50	9	505	0,015	0,105	0,118
B	4	50	12	505	0,015	0,105	0,118
B	4	50	18	505	0,02	0,141	0,158
B	4	50	24	506	0,135	0,947	1,064
B	4	50	30	501	0,19	1,346	1,513
B	4	50	36	502	0,2	1,414	1,589
B	4	50	48	500	0,205	1,456	1,635
B	4	50	60	500	0,135	0,959	1,077
B	4	50	72	500	0,125	0,888	0,997
B	4	50	96	504	0,07	0,493	0,554
B	4	50	120	503	0,03	0,212	0,238
C	4	60	0	501	0	0	0
C	4	60	3	502	0	0	0

C	4	60	6	503	0	0	0
C	4	60	9	504	0,01	0,070	0,079
C	4	60	12	502	0,02	0,141	0,159
C	4	60	18	506	0,04	0,281	0,315
C	4	60	24	508	0,07	0,489	0,550
C	4	60	30	504	0,14	0,986	1,108
C	4	60	36	501	0,14	0,992	1,115
C	4	60	48	501	0,105	0,744	0,836
C	4	60	60	504	0,13	0,916	1,029
C	4	60	72	505	0,085	0,598	0,671
C	4	60	96	507	0,05	0,350	0,393
C	4	60	120	504	0,03	0,211	0,237
D	4	30	0	500	0	0	0
D	4	30	3	500	0	0	0
D	4	30	6	501	0	0	0
D	4	30	9	506	0,005	0,035	0,039
D	4	30	12	504	0,01	0,070	0,079
D	4	30	18	503	0,015	0,106	0,119
D	4	30	24	507	0,1	0,700	0,787
D	4	30	30	502	0,24	1,697	1,907
D	4	30	36	507	0,28	1,961	2,203
D	4	30	48	506	0,215	1,508	1,695
D	4	30	60	503	0,19	1,341	1,507
D	4	30	72	503	0,14	0,988	1,110
D	4	30	96	504	0,08	0,563	0,633
D	4	30	120	503	0,04	0,282	0,317
FCM 30				0,17	59,167	66,479	74,696
FCM 40				0,18	62,647	70,390	79,090
FCM 50				0,18	62,647	70,390	79,090
FCM 60				0,12	41,765	46,927	52,727

<sup>1</sup>  $((0,071 \times \text{Abs}) \times 50000)/\text{APS}(\text{mg})$ , onde 0,071 = fator de cálculo obtido na curva padrão; Abs = absorvância; 50000 = diluições; APS = amostra parcialmente seca.

## Apêndice 4

**RESULTADOS DE DIGESTIBILIDADE (% DO CONSUMO) DOS  
COMPONENTES<sup>1</sup> DO FENO (Experimento 1)**

ANIMA L	PERÍODO	TRATAMENTO	MS	MO	FDN	FDA	LDA	N
A	1	30	67,9	70,6	80,6	72,9	3,6	66,8
B	1	40	66,3	69,2	78,1	70,3	-2,4	56,5
C	1	50	65,8	68,0	78,4	70,9	-13,4	59,2
D	1	60	72,8	74,7	81,9	77,9	24,0	66,1
A	2	60	65,5	68,4	78,5	72,5	18,0	57,2
B	2	30	68,6	70,4	79,5	73,2	11,0	63,1
C	2	40	66,7	69,4	78,7	72,6	0,5	58,5
D	2	50	69,8	71,6	79,3	74,4	13,2	61,4
A	3	50	74,4	76,6	84,7	78,6	25,8	69,4
B	3	60	66,0	68,7	77,9	72,4	9,4	63,7
C	3	30	69,9	71,7	81,4	73,4	6,6	63,8
D	3	40	64,1	66,1	73,2	67,9	5,9	56,4
A	4	40	70,9	72,9	80,8	73,6	15,8	66,1
B	4	50	70,4	72,6	80,4	75,6	21,7	67,7
C	4	60	67,9	70,2	79,2	69,5	-19,6	59,6
D	4	30	67,5	68,6	77,7	71,2	5,6	58,9

<sup>1</sup> MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido, LDA = lignina em detergente ácido; N = nitrogênio total.

## Apêndice 5

**ESTIMATIVAS DAS VARIÁVEIS DE CINÉTICA DE PASSAGEM<sup>1</sup> DA FASE SÓLIDA PELO TRATO GASTRINTESTINAL EM BOVINOS RECEBENDO FENO DE CAPIM ELEFANTE ANÃO (Experimento 1)**

A <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	T <sup>4</sup>	TT(h)	TRrr(h)	TRcc(h)	TPrr (%/h)	TPcc (%/h)
A	1	30	5,3	46,3	29,9	2,16	3,35
B	1	40	7,2	47,2	21,2	2,12	4,71
C	1	50	14,8	39,5	15,2	2,53	6,60
D	1	60	17,3	27,5	14,6	3,63	6,86
A	2	60	21,2	38,3	12,0	2,61	8,35
B	2	30	6,7	59,5	19,5	1,68	5,13
C	2	40	5,8	52,1	24,1	1,92	4,15
D	2	50	9,9	28,9	19,6	3,46	5,10
A	3	50	8,3	51,3	25,8	1,95	3,87
B	3	60	17,4	29,6	15,6	3,38	6,42
C	3	30	9,3	40,7	19,6	2,46	5,10
D	3	40	10,4	40,8	15,6	2,45	6,42
A	4	40	9,6	57,5	24,4	1,74	4,10
B	4	50	12,1	38,9	14,1	2,57	7,07
C	4	60	11,3	42,0	17,0	2,38	5,87
D	4	30	12,4	38,3	16,3	2,61	6,13

<sup>1</sup> TT = tempo de trânsito; TRrr = tempo médio de retenção retículo-ruminal; TRcc = tempo médio de retenção ceco-cólica; TPrr = taxa de passagem retículo-ruminal; TPcc = taxa de passagem ceco-cólica.

<sup>2</sup>Animal

<sup>3</sup>Período

<sup>4</sup>Tratamento

## Apêndice 6

**RESUMO DAS ANÁLISES DE REGRESSÃO DO EFEITO DA IDADE DE CORTE DO CAPIM ELEFANTE ANÃO SOBRE O CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS COMPONENTES DO FENO (Experimento 1)**

Variável	Modelo <sup>1</sup>	QM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	CD <sup>4</sup>
Consumo (g/dia):				
MS	L	108	0,972	0,00
	Q	1827	0,887	0,01
MO	L	490	0,934	0,00
	Q	930	0,908	0,00
FDN	L	15015	0,519	0,03
	Q	16	0,983	0,00
FDA	L	7087	0,419	0,05
	Q	14	0,970	0,00
N	L	1545	0,049	0,23
	Q	640	0,183	0,09
LDA	L	304	0,198	0,12
	Q	2	0,908	0,00
Digestibilidade aparente (%):				
MS	L	0,666	0,802	0,00
	Q	0,330	0,859	0,00
MO	L	2,211	0,625	0,02
	Q	0,600	0,798	0,00
FDN	L	0,595	0,770	0,00
	Q	0,600	0,769	0,00
FDA	L	4,950	0,488	0,04
	Q	0,050	0,943	0,00
N	L	0,06	0,956	0,00
	Q	1,00	0,826	0,00
LDA	L	22,6	0,742	0,00
	Q	4,5	0,882	0,00

<sup>1</sup> L=efeito linear; Q=efeito quadrático

<sup>2</sup> Quadrado médio do efeito dos tratamentos (idade de corte), separado do efeito dos animais e dos períodos.

<sup>3</sup> Probabilidade do erro Tipo 1 para o efeito dos tratamentos.

<sup>4</sup> Coeficiente de determinação ( $r^2$ ) para o efeito dos tratamentos.



## Apêndice 7

**RESUMO DAS ANÁLISES DE REGRESSÃO DO EFEITO DA IDADE DE  
CORTE DO CAPIM ELEFANTE ANÃO SOBRE VARIÁVEIS DA CINÉTICA DE  
PASSAGEM DA FASE SÓLIDA PELO TRATO GASTRINTESTINAL  
(Experimento 1)**

Variável	Modelo <sup>1</sup>	QM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	CD <sup>4</sup>
TT (h)	L	155,9	0,003	0,50
	Q	31,6	0,113	0,10
TPrr (%/h)	L	1,68	0,007	0,32
	Q	0,29	0,195	0,05
TPcc (%/h)	L	8,86	0,027	0,32
	Q	1,68	0,291	0,06
TRrr (h)	L	411,3	0,011	0,30
	Q	71,2	0,228	0,05
TRcc (h)	L	98,7	0,032	0,27
	Q	15,2	0,356	0,04

<sup>1</sup> L=efeito linear; Q=efeito quadrático

<sup>2</sup> Quadrado médio do efeito dos tratamentos (idade de corte), separado do efeito dos animais e dos períodos.

<sup>3</sup> Probabilidade do erro Tipo 1 para o efeito dos tratamentos.

<sup>4</sup> Coeficiente de determinação ( $r^2$ ) para o efeito dos tratamentos.

## Apêndice 8

**RESULTADOS DE VARIÁVEIS<sup>1</sup> DO METABOLISMO PORTAL<sup>2</sup>**  
**(Experimento 2)**

A <sup>3</sup>	P <sup>4</sup>	T <sup>5</sup>	FSP (l/h)	OxA (ml/l)	OxP (ml/l)	FPOx (ml/h)	PCP (kcal/h)	PCP/CED (%/h)
A	1	30	295	112,0	89,4	- 6296	30,8	1,22
B	1	40	248	129,2	99,3	- 7307	35,7	1,21
C	1	50	308	115,3	89,4	- 7870	38,5	1,08
D	1	60	358	122,0	95,2	- 9376	45,8	1,64
A	2	60	329	110,4	83,3	- 8706	42,6	1,66
B	2	30	161	102,7	66,6	- 5606	27,4	1,08
C	2	40	261	102,8	77,4	- 6587	32,2	0,95
D	2	50	297	130,0	96,8	- 9814	48,0	1,49
A	3	50	354	120,9	107,7	- 6764	33,1	1,00
B	3	60	222	101,6	74,3	- 6014	29,4	1,05
C	3	30	290	104,4	80,1	- 6886	33,7	0,92
D	3	40	327	135,8	118,1	- 5790	28,3	0,83
A	4	40	355	111,2	103,8	- 4653	22,7	0,78
B <sup>6</sup>	4	50	279	98,6	82,5	- 4652	22,7	0,79
C	4	60	342	98,7	75,5	- 7848	38,4	1,03
D	4	30	271	101,1	80,6	- 5573	27,2	0,91

<sup>1</sup> FSP = fluxo de sangue portal; OxA = concentração de oxigênio no sangue arterial; OxP = concentração de oxigênio no sangue portal; FPOx = fluxo portal de oxigênio; PCP = produção de calor pelo sistema portal; PCP/CED = produção de calor portal como proporção do consumo de energia digestível.

<sup>2</sup> Os valores correspondem a média das oito horas de amostragem.

<sup>3</sup>Animal.

<sup>4</sup> Período.

<sup>5</sup>Tratamento.

<sup>6</sup> Parcela perdida, valores estimados.

## Apêndice 9

**RESUMO DAS ANÁLISES DE REGRESSÃO DO EFEITO DA IDADE DE CORTE DO CAPIM ELEFANTE ANÃO SOBRE VARIÁVEIS DO METABOLISMO PORTAL (Experimento 2)**

<b>Variável</b>	<b>SQtotal<sup>1</sup></b>	<b>SQtrat<sup>2</sup></b>	<b>SQtratcorr<sup>3</sup></b>	<b>QME<sup>4</sup></b>
Consumo de MS (g)	317216	515	495	19489
Consumo de ED (kcal)	2366696	2965	2849	145281
FSP (l/h)	43085	7461	7013	2933
FSP (l/h/kg <sup>0,75</sup> )	23,15	2,19	2,17	1,89
FPOX (ml/h)	35898252	9461377	9304693	1037077
FPOX (ml/h/kg <sup>0,75</sup> )	24479	3769	3756	673
PCP/CED (%/h)	1,164	0,235	0,235	0,039

<sup>1</sup> Soma dos quadrados total.

<sup>2</sup> Soma dos quadrados do efeito dos tratamentos (idade de corte), separado do efeito dos animais e dos períodos.

<sup>3</sup> Soma dos quadrados do efeito dos tratamentos corrigido para a parcela perdida.

<sup>4</sup> Quadrado médio do erro com 11 graus de liberdade.