

POLIANA MARY MAGALHÃES NUNES

**Composição químico-bromatológica e cinética da fermentação  
do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), associado à algaroba  
(*Prosopis juliflora*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2004

POLIANA MARY MAGALHÃES NUNES

**Composição químico-bromatológica e cinética da fermentação  
do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), associado à algaroba  
(*Prosopis juliflora*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Aprovado: 27 de fevereiro de 2004

---

Rasmo Garcia

---

Dilermando Miranda da Fonseca  
(Conselheiro)

---

José Carlos Pereira  
(Conselheiro)

---

Rogério Martins Maurício

---

Augusto César Queiroz  
(Orientador)

*Dedico esta dissertação especialmente a minha mãe, que por todo o amor e dedicação, me inspirou a lutar pela conquista de meus ideais, não apenas no decorrer desta jornada acadêmica, mas durante toda a vida.*

## AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Professor Augusto César Queiroz, pela confiança, amizade e orientação cuidadosa.

Ao Professor Rogério Martins Maurício, pela orientação, paciência e apoio operacional nos trabalhos práticos.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pelos ensinamentos e excelente convivência.

Aos Professores Heloísa Carneiro e Lúcio Carlos Gonçalves, do curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, pela generosidade e presteza em ajudar.

Ao Pesquisador Jorge Ribaski, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pelo material concedido para os experimentos.

Ao estagiário Eloízio Nunes Miranda, pelo ajuda imprescindível e lealdade.

Aos colegas da Universidade Federal de Minas Gerais, pela convivência e colaboração valiosa.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa e da Universidade Federal de Minas Gerais.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pela competência e pelo carinho nos serviços prestados.

A todos os amigos e colegas do curso de graduação, mestrado e doutorado do Departamento de Zootecnia que integraram o meu convívio social e acadêmico.

Aos amigos de Belo Horizonte, em especial Tininha, Andrés, Deise e Cláudia, pelos momentos de agradável convivência e felicidade.

À Célia Lúcia de Castro, pelas traduções primorosas, abrigo, apoio incondicional, carinho e amizade.

À Ezilda Medeiros, pela confiança, incentivo, consideração, apoio e constantes puxões de orelha.

À Maria Luísa Silva e família, pela amizade, alegria e presença constante.

À Márcia Vitória dos Santos, pelo exemplo, amizade, afeto e paciência sempre demonstrados.

À Lana Mara dos Santos, pela amizade e úteis conselhos.

Aos meus pais e irmãos, pelo amor irrestrito e compreensão em todos os momentos.

Aos recentes amigos e colegas de trabalho do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis e seus familiares, em especial pela convivência harmoniosa e troca de conhecimentos e experiências.

Aos divertidos amigos e conhecidos de Altamira e Santarém, em especial Sandra, Paulo, Lauria, Drika, Aliane, Priscila, Éder, Vivi, Milena, Andresa e Marcelo, pelas alegrias, farras e por todas as situações vivenciadas nessa minha passagem pela Amazônia.

Ao Orione Álvares da Silva, pelo exemplo de conduta pessoal e profissional, convivência afetuosa e ensinamentos de vida.

À Teka Torres, pela amizade, companhia e constantes demonstrações de apreço e sensibilidade.

À pequena gata Flona, pela companhia e amor.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho e, ou minha formação profissional.

“ De tudo ficaram três coisas:  
A certeza de estar sempre começando;  
A certeza de que era preciso continuar;  
A certeza de que seria interrompido antes de terminar.  
Fazer da interrupção um caminho, da queda um passo de dança,  
Do medo uma escada, do sonho uma ponte, da procura um encontro”.

Fernando Sabino

## **BIOGRAFIA**

POLIANA MARY MAGALHÃES NUNES, filha de Neusa Alves Magalhães e José Vasconcelos Nunes, nasceu em 23 de novembro de 1979, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais.

No período de 1995 a 1997, frequentou o ensino médio no curso de Química Industrial, no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET- MG.

Em março de 1998, ingressou na Universidade Federal de Viçosa - UFV, no curso de Zootecnia, graduando-se em maio de 2002.

Em abril de 2002, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, onde realizou treinamento de Pós-graduação e desenvolveu pesquisas na Área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2004.

Encontra-se trabalhando no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, como Analista Ambiental, desde maio de 2003. Em janeiro de 2004, iniciou o curso de Direito na Universidade Luterana Brasileira - ULBRA.

## CONTEÚDO

	Página
<b>LISTA DE TABELAS E FIGURAS</b>	viii
<b>RESUMO</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	xii
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	
1. SISTEMA DE ASSOCIAÇÃO DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS	1
2. ESPÉCIES FORRAGEIRAS ASSOCIADAS NO SISTEMA	1
3. EFEITOS CLIMÁTICOS NO VALOR NUTRICIONAL DE FORRAGEIRAS	3
4. METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DO VALOR NUTRICIONAL DE FORRAGEIRAS	5
<b>4.1. Determinação da composição químico-bromatológica de forrageiras</b>	5
<b>4.2. Determinação da digestibilidade de forrageiras</b>	6
4.2.1. Metodologias <i>in vitro</i>	6
<b>4.3. Determinação da cinética da fermentação de forrageiras</b>	7
<b>4.4. Sistema <i>Cornell</i> e fracionamento de carboidratos de forrageiras</b>	8
<b>4.5. Técnica da produção de gases para avaliação de forrageiras</b>	8
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	9
<b>CAPÍTULO 1 - Composição Químico-Bromatológica e Fracionamento de Carboidratos do Capim-buffel Associado à Algaroba</b>	
<b>1.1. Introdução</b>	15
<b>1.2. Material e Métodos</b>	19
1.2.1. Localização da área experimental	19
1.2.2. Período de realização da amostragem do capim-buffel	19
1.2.3. Origem das amostras do experimento	19
1.2.4. Delineamento experimental e tratamentos	20
1.2.5. Análises realizadas	22
1.2.6. Modelo estatístico	22
<b>1.3. Resultados e Discussão</b>	23
<b>1.4. Conclusões</b>	31
<b>1.5. Referências Bibliográficas</b>	32
<b>CAPÍTULO 2 - Parâmetros Cinéticos da Fermentação e Extensão da Degradação do Capim-buffel Associado à Algaroba Avaliados pela Técnica <i>in vitro</i> Semi-automática de Produção de Gases</b>	
<b>2.1. Introdução</b>	37
<b>2.2. Material e Métodos</b>	43
2.2.1. Substratos	43
2.2.2. Preparação das amostras	43
2.2.3. Fonte de inóculo	44
2.2.4. Procedimento analítico	44
2.2.5. Modelo estatístico	46
<b>2.3. Resultados e Discussão</b>	47
<b>2.4. Conclusões</b>	56
<b>2.5. Referências Bibliográficas</b>	57
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b>	63

## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1.1</b> – Teores de matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEMI), celulose (CEL) e lignina (LIG) do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa	25
<b>Tabela 1.2</b> – Teores de carboidratos totais (CT), fração solúvel (A+B1), fração insolúvel potencialmente degradável (B2), fração insolúvel não degradável (C) e carboidratos fibrosos (CF) do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa	30
<b>Tabela 2.1</b> – Produção de gases (PG) acumulativa do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), avaliada nos tempos de 24, 48 e 96 h de incubação, na época seca e chuvosa	50
<b>Tabela 2.2</b> – Produção potencial de gases (A), tempo de latência (L), tempo para atingir metade da produção assintótica de gases (T/2), taxa fracional de produção de gases ( ) e degradação aparente (DA) do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa	53

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.1</b> – Representação esquemática da área de colheita de amostras de capim-buffel, mostrando as dimensões da área experimental, espaçamento utilizado e a distribuição das árvores de algaroba selecionadas (1 a 10)	20
<b>Figura 1.2</b> – Dimensões médias das árvores de algaroba e distribuição espacial dos pontos A, B e C	21
<b>Figura 2.1</b> – Produção acumulativa de gases do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa	51
<b>Figura 2.2</b> – Taxa de produção de gases do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa	55

## RESUMO

NUNES, Poliana Mary Magalhães, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2004. **Composição químico-bromatológica e cinética da fermentação do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), associado à algaroba (*Prosopis juliflora*).** Orientador: Augusto César Queiroz. Conselheiros: Dilermando Miranda da Fonseca e Jose Carlos Pereira.

O objetivo proposto para esse estudo foi avaliar a influência do sombreamento proporcionado pela algaroba associada (*Prosopis juliflora*) sobre o valor nutricional do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*). Através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, foram avaliadas a cinética da fermentação e extensão da degradação da matéria seca das amostras. Análises para determinação da composição químico-bromatológica e fracionamento de carboidratos da forrageira também foram realizadas. As avaliações foram feitas a partir de amostras da gramínea obtidas em um sistema de associação de capim-buffel com algaroba, localizado na região semi-árida nordestina, com aproximadamente 15 anos de idade, durante a época seca e chuvosa, compreendidas respectivamente entre os meses de agosto de 1997 e abril de 1998. O delineamento experimental utilizado foi em esquema de parcelas subdivididas, com blocos ao acaso constituindo as cinco repetições, representadas cada uma por um mistura de amostras colhidas sobre duas árvores contíguas. As parcelas principais foram compostas pelos três locais de amostragem da gramínea: dois pontos de coleta de amostras (A e B) sob a copa das árvores de algaroba e um terceiro ponto (C) distante 20 m de cada árvore selecionada, representando a forrageira em monocultivo. As parcelas secundárias foram constituídas pelas duas épocas avaliadas, que diferiram principalmente em termos de precipitação. Através da determinação da composição químico-bromatológica do capim-buffel colhido nos pontos A, B e C, na época seca e chuvosa, observou-se que o sombreamento proporcionado pela algaroba não alterou o teor de nutrientes e outros compostos na gramínea. A mensuração dos teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEMI), celulose (CEL) e lignina (LIG) foi feita nas amostras, cujos valores foram expressos em % da matéria seca. Os teores desses nutrientes não variaram ( $P > 0,05$ ) entre os pontos de amostragem, exceção feita à LIG mensurada no capim-buffel colhido no ponto C durante a época seca, com conteúdo

aproximadamente 10% inferior quando comparado com ao valor obtido nas amostras colhidas no ponto A na mesma época. Destacaram-se o baixo conteúdo protéico (6%) e o alto conteúdo de fibra, com FDN e FDA respectivamente 77 e 50%. Durante a época seca os teores de FDN, FDA e LIG do capim-buffel foram ligeiramente maiores ( $P>0,05$ ) quando comparados aos valores obtidos na época chuvosa. O teor de MM da gramínea também diferiu ( $P>0,05$ ) entre épocas, sendo superior na época de menor déficit hídrico. O fracionamento de carboidratos do capim-buffel não acusou diferenças ( $P>0,05$ ) ocasionadas pelo local de amostragem. No entanto, durante a época de maior precipitação, foi menor o conteúdo da fração C. A proporção das frações de carboidratos foi expressa como % dos carboidratos totais. A contribuição da fração A+B<sub>1</sub> na gramínea foi pequena (12%), enquanto as frações B<sub>2</sub> e C, independente da época ou local de amostragem, foram expressivas e apresentaram valores mínimos respectivamente 52% e 30%. A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (TPG) e a avaliação da degradação aparente revelaram os efeitos do sombreamento proporcionado pela algaroba sobre o capim-buffel. Esse bio-ensaio com microrganismos foi utilizado para estimar a cinética da fermentação e da produção de gases (PG) do capim-buffel, concomitantemente à determinação da extensão da sua degradação, através de medidas gravimétricas. Os resultados foram influenciados pela disponibilidade de água no solo em decorrência das variações na precipitação, à semelhança do que ocorreu com a composição químico-bromatológica e fracionamento de carboidratos. O sombreamento proporcionado pela algaroba alterou negativamente os parâmetros cinéticos da fermentação e de extensão de degradação do capim-buffel, mas somente na época chuvosa. Não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ ) para a gramínea colhida nos pontos A, B e C na época seca para as variáveis de extensão da degradação e cinética da fermentação obtidas por intermédio da TPG. Os valores médios para PG potencial (A), taxa fracional de PG ( $\mu$ ), tempo de latência (L), tempo para atingir a metade da PG assintótica (T/2) e degradação aparente (DA) da matéria seca do capim-buffel foram respectivamente 138 mL; 2,10 %/h; 5,8 h; 31 h e 42%. Durante a época chuvosa, houve diferenças ( $P>0,05$ ) para essas mesmas variáveis, com superioridade para a gramínea crescendo em condição de exposição completa ao sol (ponto C), indicando melhoria do valor nutricional da gramínea crescendo sob radiação solar intensa. Para a gramínea colhida nos pontos localizados sob a copa das árvores (pontos A e B), não foram

observadas diferenças ( $P>0,05$ ). Os valores médios para A,  $\mu$  e L para as amostras colhidas no ponto C foram respectivamente 183 mililitros; 2,18 %/h e 5,3 h; contra 155 mL; 2,02 %/h e 5,7 h para as mesmas variáveis mensuradas nas amostras colhidas nos pontos A e B. Para o efeito experimental de época, diferiram ( $P>0,05$ ) as variáveis A e DA, com superioridade para a gramínea colhida na época chuvosa, apresentando valores médios respectivamente 165 mL e 49%, contra 138 mL e 42% para a época seca. As variáveis L, T/2 e  $\mu$ , para as quais não se observou diferença ( $P>0,05$ ) para o efeito sazonal, apresentaram valores médios, respectivamente, 5,7 h, 31 h e 2,08 %/h. Esses resultados indicam que esse efeito experimental influenciou mais a extensão da degradação do que os parâmetros cinéticos da fermentação do capim-buffel. A associação do capim-buffel com a algaroba não apresentou vantagens para a melhoria dos parâmetros de extensão da degradação e cinética da fermentação do capim-buffel. O valor nutricional da gramínea foi mais influenciado pela diferença na disponibilidade de água no solo, decorrente da sazonalidade do clima, do que pelo sombreamento proporcionado pelas árvores de algaroba associadas. Com os resultados obtidos, pôde-se perceber que, o primeiro fator limitante para a melhoria do valor nutricional da forrageira foi a disponibilidade de água no solo, seguida pela radiação solar. Esses efeitos se complementam e têm efeito aditivo pronunciado.

## ABSTRACT

NUNES, Poliana Mary Magalhães, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2004. **Chemical-bromatological composition and fermentation kinetics of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) grown in association with algaroba (*Prosopis juliflora*).** Advisor: Augusto César Queiroz. Committe members: Dilermando Miranda da Fonseca e Jose Carlos Pereira.

The purpose of this study was to evaluate the effect of shading from algaroba trees (*Prosopis juliflora*) on the nutritional value of associated buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). The in vitro semi-automatic gas production technique was used to evaluate the fermentation kinetics and extent of dry matter degradation of this grass. Also determined was the chemical-bromatological composition and carbohydrate fractioning of the buffel grass samples. These were obtained from an approximately 15 year-old buffel grass/algaroba association area located in the (semi-arid) northeastern region of Brazil, during both the dry and the rainy season, between August, 1977 and April, 1998. The experimental design used was a scheme of subdivided portions, with random blocks constituting the five repetitions, each represented by a mixture of samples collected under two adjacent trees. The main portions were composed of three sampling sites, i.e., two sample collection points (A and B) under the algaroba tree canopies and a third point (C) located at a distance of 20 cm from each selected tree, representing monocultured buffel grass. The secondary portions corresponded to the two sampling seasons, which differed from each other mainly in terms of rainfall. The determinations made with samples collected from points A, B and C during both the dry and the rainy season showed that shading from the algaroba trees had no significant effect on the chemical-bromatological composition of buffel grass. Measurements were made of the contents of mineral matter (MM), crude protein, ethereal extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (HEMI), cellulose (CEL), the values being expressed in % of dry matter. No differences ( $P>0.05$ ) in the contents of these nutrients were found between sampling points, except for LIG in the dry-season samples from point C, of which the content was approximately 10% lower than that obtained for the samples from point A. The protein content was low (6%)

and the NDF and ADF contents were high (77 and 50%, respectively). The NDF, ADF and LIG contents of dry-season samples were slightly higher ( $P>0.05$ ) than those recorded for rainy-season samples. The MM content also varied ( $P>0.05$ ) between sampling seasons and was higher for samples collected during the period of smallest water deficit. No differences in carbohydrate fractioning were found ( $P>0.05$ ) between sampling sites. However, during the period of greater rainfall, the content of fraction C was smaller. The proportion of carbohydrate fractions was expressed as a percentage of total carbohydrates. The contribution of fraction A+B1 was small (12%), whereas fractions B2 and C were relevant, regardless of the sampling period or site, showing minimum values of 52% and 30%, respectively. The *in vitro* semi-automatic gas production technique (GPT) and the evaluation of apparent degradation showed the effects of shading from algaroba trees on buffel grass. This bio-survey with microorganisms was used to estimate the fermentation kinetics and gas production (GP) of buffel grass, with the extent of dry matter degradation being determined through gravimetric measurements. The results were influenced by differences in soil water availability due to variations in rainfall. Shading from the algaroba trees had a negative effect on the kinetic parameters of fermentation, as well as on the extent of degradation of buffel grass, yet only in the rainy season. No differences ( $P>0.05$ ) in the extent of degradation and fermentation kinetics, as determined by GPT, were found between the dry-season samples from points A, B and C. The mean values for potential GP (A), fractional GP rate (m), latency time, time to reach half of the asymptotic GP (T/2), and apparent degradation of dry matter (AD) were 138 ml, 2.10%/h, 5.8 h, 31 h, and 42%, respectively. For the rainy-season samples, differences were recorded in these variables ( $P>0.05$ ), with higher values being obtained for samples from areas fully exposed to the sun (point C), suggesting that nutritional value is improved by intense solar radiation. No differences ( $P>0.05$ ) in these variables were observed for buffel grass collected from under the algaroba tree canopies (points A and B). The mean values for A, m and L were 183 ml, 2.18%/h and 5.3 h, respectively, for the samples collected from point C, and 155 ml, 2.02%/h and 5.7 h, respectively; for the samples obtained from points A and B. As for the time-of-the-year effect, differences were observed ( $P>0.05$ ) in the variables A and AD, with higher values being recorded for rainy-season samples, which showed mean values of 165 ml and 49%, respectively, against 138 ml and 42% for dry-season samples. The

variables L, T/2 and m, for which no differences related to the seasonal effect were recorded ( $P>0.05$ ), showed mean values of 5.7 h, 31 h and 2.08%/h, respectively. These results indicate that degradation is more affected by the seasonal effect than are the kinetic parameters of fermentation of buffel grass. The association of buffel grass with algaroba showed no significant advantages in improving the extent of degradation and the fermentation kinetics of buffel grass. The difference in soil water availability had a greater influence on the nutritional value of buffel grass than did shading from the associated algaroba trees. The results obtained allow us to conclude that the major limiting factor to improvement of the nutritional value of buffel grass was soil water availability, followed by exposure to the sun. These two factors complement each other and have a marked additive effect.

## INTRODUÇÃO GERAL

### 1. SISTEMA DE ASSOCIAÇÃO DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS

A introdução de árvores e arbustos de uso múltiplo ou forrageiro nas pastagens, nas regiões semi-áridas, é uma opção que demanda estudos de viabilidade. Nessas áreas, caracterizadas por serem quentes e secas, a questão climática desfavorável é imperativa. Constitui-se assim uma alternativa potencial de sistema silvipastoril, em que a associação do componente vegetal arbóreo e gramináceo interage com o animal sob pastejo e com o meio ambiente. Giraldo (1998) considerou que os sistemas de associação de espécies são muito importantes, principalmente onde a pressão para abertura de pastos em áreas com florestas ainda é grande. Tem-se postulado que esses sistemas respondem em parte aos problemas de desmatamento, degradação dos ecossistemas e sustentabilidade da atividade pecuária (Sánchez, 2001).

Segundo Ribaski (2000), as conseqüências da associação de árvores e gramíneas são várias, tanto em questões quantitativas quanto em qualitativas, com influências positivas ou negativas para as espécies envolvidas. As árvores proporcionam benefícios aos animais pastadores, ao meio ambiente e à pastagem, aliados ao fornecimento de madeira e outros produtos. Carvalho (1998) afirma que as árvores contribuem com sombra e com nutrientes oriundos da sua biomassa (folhas, frutos, flores e galhos) e da exploração das camadas mais profundas do solo inacessíveis às raízes das plantas forrageiras.

### 2. ESPÉCIES FORRAGEIRAS ASSOCIADAS NO SISTEMA

A algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. – pertencente à sub-família Mimosaceae, está amplamente distribuída no continente americano. No Brasil é cultivada principalmente na região Nordeste. A árvore tem altura de seis a 15 m, diâmetro à altura do peito de 40 a 80 cm e copa com oito a 12 m de diâmetro (Souza & Tenório, 1982 e Valdívia, 1982). Sabe-se que essa leguminosa tem a capacidade de associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium* (Franco et al., 1988), fixando nitrogênio atmosférico no solo e melhorando as suas condições de fertilidade. Uma importante característica dessa espécie é

a tolerância à seca, desenvolvendo-se bem em regiões com precipitações em torno de 300 a 500 mm anuais, com umidade relativa entre 60 e 70%, resistindo a períodos de longas estiagens (Silva, 1988). Cresce em diferentes tipos de solo, suportando ampla variação de pH. No entanto, não se adapta em solos muito rasos e encharcados. Para o semi-árido brasileiro, a algaroba é considerada uma espécie de rápido crescimento, muito adequada ao uso em sistemas silvipastoris.

O capim-buffel - *Cenchrus ciliaris* L. – pertence à família Gramineae. Originária da África, a forrageira tem representantes no Brasil através das cultivares Biloela e Gayndah. Há referências de que foi introduzida no estado de São Paulo em 1953 (Filho, 1995). Com a fácil adaptação dessa gramínea às condições adversas de regiões secas, de chuvas escassas e mal distribuídas ao longo do ano, sua introdução foi rapidamente disseminada por diversas áreas do semi-árido nordestino para formação de pastagens (Alves, 1974 e Araújo Filho, 1988), principalmente a cultivar Biloela, tornando-se uma alternativa para a melhoria dos índices da pecuária. Segundo Vieira et al. (2001), o capim-buffel é a gramínea forrageira que se apresenta com maior resistência ao déficit hídrico entre as cultivadas nas regiões secas. Raízes profundas e desenvolvidas como a dessa gramínea, aliadas à presença de rizomas medianamente desenvolvidos, permitem o adiamento da desidratação e a manutenção do turgor devido a sua capacidade em explorar a água do solo (Ayersa, 1981 e Rodrigues et al., 1993).

É uma gramínea perene, que pode alcançar até 150 cm de altura, com colmos finos, folhas planas e lineares, medindo de três a dez milímetros de largura quando estendidas. Adaptada a regiões com chuvas de verão e longos períodos de estiagem, apresenta melhor desenvolvimento em solos leves e profundos, não suportando encharcamento. Com relação à fertilidade de solo, é medianamente exigente em termos nutricionais e moderadamente tolerante à salinidade (Silva, 1986), também se desenvolvendo melhor em pH básico. Propaga-se por sementes, e uma vez estabelecida, resiste bem ao fogo e pastejo. O capim-buffel mostra-se promissor para elevar a oferta de alimento para os rebanhos durante todo o ano e, conseqüentemente, melhorar o desempenho da pecuária nordestina. O rendimento dessa forrageira varia de acordo com a resposta às condições locais, sendo que a produtividade anual fica entre quatro e 12 t MS/ha (Oliveira, 1993), resistindo bem ao corte

ou pastejo. Segundo Oliveira (1996), a produtividade média desta forrageira no Nordeste é de 5,5 t MS/ha anualmente, em experimentos sem adubação.

### 3. EFEITOS CLIMÁTICOS NO VALOR NUTRICIONAL DE FORRAGEIRAS

Em pastagens arborizadas, aspectos muito importantes a se considerar são o valor nutricional e a quantidade de biomassa da gramínea sombreada, por influenciarem diretamente a produção animal, notadamente consumo e digestibilidade. O parâmetro qualitativo geralmente é expresso como o produto do consumo voluntário da forrageira e a digestibilidade dos nutrientes consumidos (Norton et al., 1991). O rendimento produtivo corresponde à massa de forrageira mensurada por área e está diretamente relacionado à definição da capacidade de suporte animal da pastagem. A composição químico-bromatológica é também outra medida determinante do valor nutricional do alimento (Carvalho, 1998). Uma vez que o valor nutricional depende da quantidade e disponibilidade de nutrientes, incluindo conteúdo celular e parede celular, qualquer fator que os influencie ou às relações entre eles também afetará o valor nutricional da forrageira (Buxton & Fales, 1994).

Nenhum fator sozinho influencia com mais intensidade o valor nutricional da gramínea do que a sua maturidade. No entanto, os fatores climáticos modificam essa variável, influenciando o crescimento e desenvolvimento da planta. Na literatura, os principais fatores climáticos considerados são a luminosidade, temperatura e disponibilidade de água. Os efeitos acumulativos das mudanças climáticas são integrados através dos processos metabólicos e refletem na taxa de produção, rendimento e valor nutricional da forrageira (Buxton & Fales, 1994). É sabido que o ambiente altera essas características direta ou indiretamente por meio de mudanças fisiológicas, morfológicas e de composição química, o que determina a sua adaptação às condições do meio ambiente (Nelson & Moser, 1994).

A maioria das variações ambientais tem maior efeito no rendimento da forrageira do que na composição químico-bromatológica, digestibilidade ou outros fatores relacionados ao valor nutricional (Kephart et al., 1992 e Buxton & Fales, 1994). É importante frisar também que, em sistemas multi-espécies, as diferenças na luminosidade só passam a ser de

maior relevância quando o suprimento de água e nutrientes não é limitante (Humphreys, 1981 e Connor, 1983). Estudos têm indicado que o sombreamento diminui a concentração de parede celular nas forragens, refletindo no aumento da sua digestibilidade (Kephart & Buxton, 1993). Por outro lado, os efeitos do déficit hídrico moderado no valor nutricional das gramíneas geralmente são positivos, principalmente em função do retardo na maturidade que acontece nessa situação (Buxton & Fales, 1994).

Os resultados relatados na literatura são muito diversos e refletem o grande grau de interação entre os fatores que determinam, condicionam ou modulam sistemas com espécies associadas (Carvalho, 1998 e Ribaski, 2000). Ribaski & Menezes (2002), em experimento de associação de capim-buffel e algaroba, observaram maiores quantidades de clorofila e maior eficiência fotossintética em folhas da gramínea que crescem em condição de sombra, comparadas com aquelas que crescem em plena luz. Verificaram também que o rendimento de matéria seca da gramínea foi aproximadamente 100% inferior sob as copas das árvores. Na condição sombreada, além da redução no ritmo de crescimento das plantas interferindo na disponibilidade de pasto, os conteúdos de fibra e de proteína da gramínea foram superiores, com influências diretas no seu valor nutricional, o que em situações práticas pode alterar o consumo e o aproveitamento dos nutrientes pelos animais.

Mais especificamente, do ponto de vista zootécnico, a algaroba oferece boa possibilidade de melhoria da pastagem de capim-buffel, com potencial para aumentar o seu valor nutricional. Isso pode se traduzir em maiores rendimentos por animal e por unidade de área. O microclima criado sob as árvores e imediações favorece a retenção de umidade e o enriquecimento de nutrientes no solo, o que se reflete no prolongamento do período de disponibilidade de forrageira de alto valor nutricional. E tendo em vista a capacidade da espécie arbórea em adicionar nutrientes ao sistema, especificamente a fixação de nitrogênio (Alpizar, 1985 e Mahecha et al., 1998), a gramínea pode ter acréscimos no seu conteúdo protéico, o que reduz a necessidade de suplementação nitrogenada para o gado. Como se sabe, o suprimento de nitrogênio é um dos principais limitantes para a produção animal.

#### 4. METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DO VALOR NUTRICIONAL DE FORRAGEIRAS

Devido ao fato de que o valor nutricional das forrageiras utilizadas na alimentação dos animais limita o rendimento de carne, leite, lã e outros produtos dos rebanhos, metodologias acuradas para sua avaliação são importantes e estão em evolução permanente. Servem para fornecer dados exatos a serem utilizados no balanceamento adequado de nutrientes das dietas, verificar o suprimento das exigências nutricionais e planejar a suplementação alimentar.

A análise da composição químico-bromatológica e da digestibilidade dos alimentos são as metodologias utilizadas para estimar o valor nutricional. A primeira fornece valores absolutos dos nutrientes, em contraste com as técnicas para mensurar a digestão, que classificam os alimentos relativamente uns aos outros (Mould, 2002). O uso isolado da composição químico-bromatológica apresenta limitações, pois nem sempre há boa relação entre a digestibilidade da forragem e seus teores de nutrientes, o que, segundo Sauvante et al. (1985) caracteriza sua inabilidade em predizer acuradamente a digestibilidade dos componentes alimentares, particularmente aqueles que perfazem a parede celular.

#### **4.1. Determinação da composição químico-bromatológica de forrageiras**

O conhecimento da composição químico-bromatológica é tradicionalmente obtido com as análises proximais de Weende, desenvolvidas e amplamente utilizadas há mais de um século, apesar das limitações inerentes (Mould, 2002). As análises mais realizadas em alimentos fibrosos utilizados para ruminantes são matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral, utilizando as técnicas padronizadas e descritas pela AOAC (1990). Para avaliação da fração fibrosa, é usado o sistema detergente, em que há separação do conteúdo citoplasmático e da parede celular (Van Soest & Wine, 1967; Van Soest, 1973 e Van Soest et al., 1991), possibilitando a determinação do conteúdo celular, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, quantificando paralelamente a celulose, hemicelulose e sílica. Para quantificação da lignina, duas técnicas se destacam, utilizando reagentes como solução de permanganato (Van Soest & Wine, 1968) ou ácido sulfúrico (Van Soest & Robertson, 1980).

#### **4.2. Determinação da digestibilidade de forrageiras**

O valor nutricional da forrageira depende da quantidade de nutrientes que o animal tem o potencial de absorver depois da ingestão, e por essa razão os procedimentos de avaliação nutricional devem quantificar a sua digestibilidade (Nsahlai & Umunna, 1996). Esse conhecimento é necessário, entre outras possibilidades, para a estimativa do consumo voluntário dos animais. A digestibilidade pode ser determinada ou estimada por intermédio de várias técnicas, incluindo procedimentos *in vivo*, *in situ* ou *in vitro* (Van Soest, 1994). Cabe ressaltar, entretanto, que a digestão ruminal é um processo dinâmico, resultante da interação de fatores que dependem do animal, da dieta e do ecossistema ruminal, não podendo, dessa forma, ser considerada somente como atributo da forrageira (Pereira et al., 1999).

#### 4.2.1. Metodologias *in vitro*

As metodologias *in vitro* para digestão de forrageiras, realizadas no laboratório, são baseadas na preparação de microorganismos ou enzimas, que são similares e/ou realizam as mesmas funções desenvolvidas por aqueles presentes no trato digestivo (Van Soest & Robertson, 1980). Permitem estimar a extensão da degradação, e segundo Weiss (1994), são especialmente aplicáveis quando os dados são interpretados em termos relativos. Até hoje, são as mais comumente utilizadas em muitos países no mundo para prever a digestibilidade da matéria seca das forrageiras, podendo ser adaptada para estudos cinéticos, embora tenha sido concebida para obter medidas de ponto final, isto é, avaliar apenas um tempo de incubação. Para que sejam úteis, devem ser reprodutíveis e ter boa correlação com parâmetros medidos *in vivo*, sendo que a validação já foi feita exaustivamente e assegura a confiabilidade dos resultados obtidos.

As metodologias *in vitro* têm a vantagem de consumir menos tempo e recursos, além de manterem as condições experimentais mais constantes do que os ensaios *in vivo* (Getachew et al., 1998). Outra importante vantagem é a uniformidade físico-química do micro-ambiente de fermentação *in vitro*, embora ele não possa reproduzir com exatidão as condições ruminais. No entanto, como as forrageiras podem ser avaliados separadamente, isso implica na eliminação dos efeitos associativos da mistura ocorrida dentro do rúmen,

com a conseqüente alta repetibilidade dos resultados, tanto entre as replicatas quanto entre incubações realizadas em dias diferentes (Genizi et al., 1990), desde que o inóculo utilizado seja uniforme. Com todas essas características, o sistema *in vitro* é útil e conveniente para rotina de avaliação de forrageiras, produzindo resultados com alta precisão e repetibilidade.

#### **4.3. Determinação da cinética da fermentação de forrageiras**

A avaliação da cinética da fermentação de forrageiras consiste em quantificar o desaparecimento de frações dos nutrientes alimentares em função do tempo (Van Soest, 1994). Inicialmente, para avaliação da cinética da digestão dos carboidratos, as metodologias para estimativa da digestibilidade *in situ* (Mehrez & Ørskov, 1977 e Nocek, 1988) e *in vitro* (Tilley & Terry, 1963; Goering & Van Soest, 1970 e Marten & Barnes, 1980) foram sendo desenvolvidas concomitantemente e são capazes de fornecer parâmetros com boa precisão, sendo que principalmente o sistema *in vitro* produz resultados com alta repetibilidade. No entanto, esses resultados são influenciados por um grande número de fatores inerentes aos procedimentos, confundindo-se às propriedades e comportamento digestivo das forrageiras (Robinson et al., 1999). Embora ainda amplamente utilizadas, apresentam muitas desvantagens. Essas técnicas medem o desaparecimento de substrato, e segundo Pell et al. (1997), por serem gravimétricas, não são suficientemente sensíveis para detectar pequenas variações de peso ocorridas nos tempos iniciais da incubação, não servindo para avaliar os carboidratos não fibrosos. Além disso, como apenas o desaparecimento da matéria seca é quantificado, assume-se que essas perdas se deram por fermentação, o que nem sempre acontece, ou seja, a solubilização não garante que os substratos foram degradados.

#### **4.4. Sistema *Cornell* e fracionamento de carboidratos de forrageiras**

Muitos esforços são despendidos na busca de metodologias capazes de resolver ou amenizar os problemas das técnicas citadas anteriormente, simular eficientemente o ambiente ruminal e a digestão enzimática, descrever a cinética da fermentação e estimar valores que se correlacionem bem com parâmetros obtidos *in vivo*, tais como consumo e

digestibilidade. Tendo em vista apresentar soluções a essas necessidades, foi proposto por grupos de pesquisa, nos Estados Unidos, o sistema denominado *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS), priorizando análises mais pormenorizadas dos alimentos e da fisiologia animal. É utilizado na avaliação de alimentos para ruminantes, integrando conhecimentos de composição químico-bromatológica, aspectos cinéticos de fermentação, digestibilidade e produção animal (Fox et al., 1992; Russell et al., 1992 e Sniffen et al., 1992). Por meio de análises químicas, o sistema avalia as frações protéicas e de carboidratos, classificando-as de acordo com sua natureza química e aproveitamento no rúmen.

#### **4.5. Técnica da produção de gases para avaliação de forrageiras**

Mais intensamente desde o final da década de 70, a metodologia para mensuração da produção de gases (PG) tem sido difundida e aprimorada, dado o seu potencial para caracterizar as forrageiras, não só pela digestibilidade, mas também pelas taxas com que os nutrientes são degradados ou fermentados, determinando as características e a cinética da degradação e fermentação. Essas informações são de vital importância no entendimento da dinâmica da fermentação ruminal (Nagadi et al., 2000), condição essencial para aplicação dos resultados em modernos sistemas de alimentação. A PG é uma medida indireta da digestibilidade, refletindo a fermentação da matéria seca (Campos et al., 2001) e orgânica.

A medida da PG foi considerada como técnica de rotina para avaliação de alimentos depois do trabalho de Menke et al. (1979), graças à comprovada alta correlação entre PG e digestibilidade aparente *in vivo*, superando outras técnicas *in vitro* na predição do valor energético (Khazaal et al. 1993).

A PG é medida a partir da digestão *in vitro* do substrato em presença de fluido ruminal tamponado com bicarbonato, sendo essa quantificação extremamente útil, uma vez que essa variável está proximamente relacionada com digestibilidade e energia do alimento e, dessa forma, com o seu valor nutricional (Menke & Steingass, 1988). Os dados obtidos são utilizados para interpretação das características intrínsecas das plantas e seus subprodutos e estimativas da extensão e taxas de degradação dos nutrientes, principalmente carboidratos. Apesar da semelhança em alguns aspectos com o protocolo experimental para

determinação da digestibilidade proposto por Tilley & Terry (1963), a técnica é classificada como metabólica (Pell & Schofield et al., 1994), e ao invés de mensurar a quantidade de material degradado, que é tradicionalmente avaliada nas técnicas gravimétricas como a anteriormente citada, quantifica o aparecimento de importantes produtos da fermentação, os gases. A principal inovação acrescentada é a possibilidade de se avaliar acuradamente as fases iniciais da fermentação, uma vez que determinações de massa nesse período não são suficientemente sensíveis para detectar as pequenas mudanças que ocorrem nas primeiras oito horas de incubação (Pell et al., 1997).

A determinação da composição químico-bromatológica e mensuração da PG, aliada às medidas gravimétricas de desaparecimento do substrato tradicionalmente utilizadas, reúnem informações que, quando submetidas a adequado tratamento matemático e avaliadas conjuntamente, constituem uma das maneiras de se estimar o valor nutricional das forrageiras. As inferências baseadas em valores isolados de análises químicas e/ou biológicas não são recomendadas, pois podem ser incertas e desprezar variáveis importantes (Williams, 2000).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPÍZAR, L. Resultados del “experimento central” del CATIE: Asociaciones de pastos y árboles de sombra. In: BEER, J.W.; FASSBENDER, H.W.; HEUVELDOP, J. (Eds.) AVANCES EN LA INVESTIGACIONE AGROFLORESTAL, 1., 1985, Turrialba. **Actas...** Turrialba: CATIE, 1985. p.237-243.

ALVES, A.Q.. **Competição de gramíneas. Pesquisa e experimentação em área seca: Fazenda Pendência.** Recife: Ministério do Interior, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, 1974. p.23-27. (Relatório anual)

ARAÚJO FILHO, J.A. Manejo de plantas forrageiras – *Cenchrus*. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9., 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p.219-230.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis.** 15.ed. Arlington: 1990. 1117p.

AYERSA, R. **El buffel grass: utilidad y manejo de una promisoría gramínea.** Buenos Aires, 1981. 139p.

BUXTON, D.R.; FALES, S.L.. Plant environment and quality. In: FAHEY, G.C.; MOSER, L.E.; MERTENS, D.R. et al (Eds.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Lincoln: Universidade of Nebraska, 1994. p.155-199.

CAMPOS, F.P.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.F. et al. Digestibilidade *in vitro*/gás de volumosos exclusivos ou combinados avaliados pelo resíduo remanescente da digestão da matéria seca e produção de gás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1579-1589, 2001.

CARVALHO, M.M. 1998. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 37p. (Documento 64).

CONNOR, D.J. 1983. Plant stress factors and their influence on production of agroforestry plant associations. In: HUXLEY, P.A. (Ed.) **Plant research and agroforestry**. Nairobi: ICRAF, 1983. p.401-424.

FILHO, J.D.A. 1995. Manejo de plantas forrageiras. In: **Plantas forrageiras de pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 1995. 318p.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3578-3596, 1992.

FRANCO, A.A.; FARIA, S.M.; MONTEIRO, E.M.S. Nodulation and nitrogen fixation in *Prosopis juliflora* (SW) DC. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROSOPIS. THE CURRENT STATE OF KNOWLEDGE ON *Prosopis juliflora*, 1988, Rome. **Proceedings...** Rome: FAO, 1988. p.299-306.

GENIZI, A.; GOLDMAN, A.; YULZARI, A.; SELIGMAN, N.G. Evaluation of methods for calibrating *in vitro* digestibility estimates of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.29, p.265-278, 1990.

GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S. et al *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.261-281, 1998.

GIRALDO, L.A. 1998. Potencial de la arbórea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvipastoriles. In: CONFERENCIA ELECTRÓNICA DE LA FAO SOBRE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN LATINOAMÉRICA, 1998, [S.L.]. **Actas...** [S.L.]: FAO, 1998. 14p. (Artigo 13).

GOERING, K.H.; VAN SOEST, P.J. 1970. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC.: ARS-USDA, 1970. 20p. (Agricultural Handbook, 379).

HUMPHREYS, L.R. **Environmental adaptation of tropical pasture plants**. Londres: Mcmillan Publishers, 1981. 257p.

KHAZAAL, K.; DENTINHO, M.T.; RIBEIRO, J.M. et al. A comparison of gas production during incubation with rumen contents *in vitro* and nylon bag degradability as predictors of the apparent digestibility *in vivo* and the voluntary intake of hays. **Animal Production**, v.57, p.105-112, 1993.

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R.; TAYLOR, S.E. Growth of C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> perennial grasses in reduced irradiance. **Crop Science**, v.32, p.1033-1038, 1992.

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality responses of C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, p.831-837, 1993.

MAHECHA, L., ROSALES, M., MOLINA, C.H. et al. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*, *Cynodon plectostachyus* y *Prosopis juliflora* en el valle del Cauca, Colombia. In: CONFERENCIA ELECTRÓNICA DE LA FAO SOBRE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN LATINOAMÉRICA, 1998, [S.L.]. **Actas...** [S.L.]: FAO, 1998. 11p. (Artigo 20).

MARTEN, C.G.; BARNES, R.F. Prediction of energy digestibility of forages with *in vitro* rumen fermentation a fungal enzymes systems. In: PIGDEN, W.J.; BALCH, C.C., GRAHAM, M. (Eds.) **Standardization of analytical methodology for feeds**. Ottawa: International Development Research Center, 1980. p.61-128.

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

MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. **Journal of Agricultural Science**, v.93, p.217-222, 1979.

MENKE, K.H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. **Animal Research Development**, v.28, p.7-55, 1988.

MOULD, F.L. 2002. 21<sup>st</sup> Century Feeds – 19<sup>th</sup> Century Techniques. In: RESPONDING TO THE INCREASING GLOBAL DEMAND FOR ANIMAL PRODUCTS, 2002, Mérida. **Proceedings...** Mérida: BSAS, 2002. p.34-36.

NAGADI, S.; HERRERO, M.; JESSOP, N.S. The influence of diet of the donor animal on the initial bacterial concentration of ruminal fluid and *in vitro* gas production degradability parameters. **Animal Feed Science and Technology**, v.87, p.231-239, 2000.

NELSON, C.J.; MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY, G.C.; MOSER, L.E.; MERTENS, D.R.; COLLINS, M. (Eds.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.115-154.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.

NORTON, B.W.; WILSON, J.R.; SHELTON, H.M. et al. The effect of shade on forage quality. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. (Eds.) **Forages for plantation crops**. Canberra: ACIAR, 1991. p.83-88.

NSAHLAI, I.V.; UMUNNA, N.N. Comparison between reconstituted sheep faeces and rumen fluid inocula and between *in vitro* and *in sacco* digestibility methods as predictors of intake and *in vivo* digestibility. **Journal of Agricultural Science**, v.126, p.235-248, 1996.

OLIVEIRA, E.R. Alternativas de alimentação para a pecuária no semi-árido nordestino. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 6, 1996, Natal. **Anais...** Natal: UFRN/EMPARN, 1996. p.127-135.

OLIVEIRA, M.C. 1993. **Capim buffel: produção e manejo nas regiões secas do Nordeste**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1993. 18p. (Circular técnica 27).

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. 1994. Rates of digestion of feeds measured *in vitro* with computers. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE, 1994, Cornell. **Proceedings...** New York: Cornell University Press, 1994. n.1, p.74-81.

PELL, A.N.; DOANE, P.H.; SCHOFIELD, P. *In vitro* digestibility and gas production. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997. Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.109-132.

PEREIRA, J.C.; GONZÁLEZ, J.; OLIVEIRA, R.L. et al. Cinética de degradação ruminal do bagaço de cevada submetido a diferentes temperaturas de secagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1125-1132, 1999.

RIBASKI, J. **Influência da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW.) DC.) sobre a disponibilidade e qualidade da forragem de capim-búfel (*Cenchrus ciliaris* L.) na região semi-árida brasileira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. 165p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal/ Universidade Federal do Paraná, 2000.

RIBASKI, J.; MENEZES, E.A. Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida brasileña. **Agroforestería en las Américas**, v.9, p.33-34, 2002.

ROBINSON, P.H.; MATHEWS, M.C.; FADEL, J.G. Influence of storage time and temperature on *in vitro* digestion of neutral detergent fibre at 48 h, and comparison to 48 h *in sacco* neutral detergent fibre digestion. **Animal Feed Science and Technology**, v.80, p.257-266, 1999.

RODRIGUES, T.J.D.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) **Simpósio sobre ecossistemas de pastagens**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.17-61.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

SÁNCHEZ, M.D. Panorama dos sistemas agroflorestais pecuários na América Latina. In CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Eds.) **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: EMBRAPA, 2001. p.9-17.

SAUVANT, D.; BERTRAND, D.; GIGER, S. Variations and prevision of the *in sacco* dry matter digestion of concentrates and by-products. **Animal Feed Science and Technology**, v.13, p.7-23, 1985.

SILVA, C.M.M.S. Avaliação do gênero *Cenchrus* no CPATSA. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 1986, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.53-58.

SILVA, S. *Prosopis juliflora* (SW) DC in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROSOPIS. THE CURRENT STATE KNOWLEDGE ON *Prosopis juliflora*, 1988, Rome. **Proceedings...** Rome: FAO, 1988. p.29-58.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST. P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, R.F.; TENÓRIO, Z. Potencialidade da algaroba no Nordeste. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGAROBA, 1982, Natal. **Anais...** Natal: EMPARN, 1982. p.198-216.

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

VALDÍVIA, S. Assentamento e desenvolvimento rural nas zonas marginais da costa norte do Peru, Piura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGAROBA, 1982, Natal. **Anais...** Natal: EMPARN, 1982. p.90-111.

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

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association Official Analytical Chemists**, v.51, p.780-785, 1968.

VAN SOEST, P.J. 1973. Collaborative study of acid detergent fiber and lignin. **Journal of Association Official Analytical Chemists**, v.56, p.781-784, 1973.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: PIGDEN, W.J.; BALCH, C.C.; GRAHAM, M. (Eds.) **Standardization of Analytical Methodology for Feeds**. Ottawa: Institute Development Research Centre, 1980. p.49.

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**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the Ruminants**. 2.ed., New York: Cornell University Press. 476p.

VIEIRA, M.E.Q.; SANTANA, D.F.Y.; OLIVEIRA, R.N. et al. Morfogênese do Capim-Búfel (*Cenchrus ciliaris*) cultivado em solução nutritiva. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, PIRACICABA. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.368-369.

WEISS, P.E. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: FAHEY JUNIOR, G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Society of America and Soil Science Society of America, 1994. p.644-681.

WILLIAMS, B.A. Cumulative Gas-Production techniques for Forage Evaluation. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E.; OMED, H.M. (Eds.) **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p.189-214.

## **CAPÍTULO 1**

### **Composição Químico-Bromatológica e Fracionamento de Carboidratos do Capim-buffel Associado à Algaroba**

#### **1.1. Introdução**

A alimentação de ruminantes no Brasil é baseada no uso de forrageiras tropicais (Vieira et al., 2000b e Ribeiro et al., 2001) como a principal, senão única, fonte de nutrientes e energia para os rebanhos. O sistema pecuário predominante utiliza pastos durante todo o ano. O baixo valor nutricional das gramíneas parece ser o principal fator determinante da performance insatisfatória (Van Soest, 1994) verificada em animais sob condições de pastejo, principalmente em situações de maior demanda nutricional.

Na exploração de forrageiras, um dos aspectos mais importantes a ser considerado é, certamente, a composição químico-bromatológica, que varia de acordo com a espécie, idade e parte da planta, época do ano, condições de temperatura, umidade, radiação luminosa, fertilidade do solo e manejo da pastagem (Mott, 1966 e Van Soest, 1994). Por isso, torna-se necessário o estudo e a caracterização dos nutrientes contidos nas plantas, o que permite avaliar a alimentação dos ruminantes e conhecer as principais causas limitantes dos índices agrônômicos e zootécnicos desejáveis. Segundo Vieira et al. (2000a) esse conhecimento possibilita delinear estratégias de manejo da nutrição que resultem em incremento produtivo, com o consumo satisfatório, balanceamento adequado da dieta e a predição acurada do desempenho dos animais.

A região semi-árida brasileira tem sido utilizada como área de pastejo de pequenos e grandes ruminantes. A introdução do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*) tem sido intensa devido à excelente adaptação da gramínea nessas áreas, onde a maioria dos solos é pobre em matéria orgânica e os eventos pluviais são poucos e irregularmente distribuídos (Aouad, 1984). Devido à sua alta tolerância à seca, ao pastejo (Vieira et al., 2001 e Ribaski & Menezes, 2002) e também à sua média exigência em fertilidade, o capim-buffel apresenta-se como uma opção viável para implantação de pastagens, servindo para alimentação de ruminantes, com potencial para melhorar os índices da pecuária nordestina (Silva, 1986 e Oliveira, 1993).

No entanto, durante a época seca, o nível protéico desta gramínea geralmente não é suficiente para satisfazer os requerimentos dos animais para manter o seu peso. A conscientização dos pecuaristas sobre a necessidade de suprir essa deficiência nutricional tem motivado o plantio de algaroba (*Prosopis juliflora*), em sistema de associação, principalmente para aproveitar a produção de vagens para suplementar a dieta dos animais (Ribaski, 2000). O potencial dessa leguminosa arbórea está nas suas características de precocidade, resistência à seca e produção de madeira de boa qualidade, além de frutos com alto valor nutritivo na época de escassez do capim-buffel (Ribaski & Menezes, 2002), favorecendo a exploração múltipla dos recursos naturais.

O sistema silvipastoril, com a modalidade de associação de uma gramínea com um componente arbóreo, é uma alternativa promissora para a produção agropecuária, proporcionando condições climáticas diferenciadas e maior reciclagem de nutrientes, o que pode representar vantagens para as plantas envolvidas, microclima, animais e para o solo (Veiga & Serrão, 1990 e Garcia & Couto, 1997). As árvores propiciam redução da radiação solar, sombra e temperatura menor sob elas. As conseqüências para a forrageira incluem alterações no seu ritmo de crescimento e na composição químico-bromatológica, devido principalmente às modificações no metabolismo de síntese e decomposição de compostos celulares (Carvalho, 1998).

Na literatura, a respeito dos efeitos do sombreamento, há relatos de que a diminuição da luminosidade reduz o conteúdo de matéria seca e fibra da forrageira, aumentando a concentração de proteína bruta e matéria mineral (Castro et al., 1998 e Ribaski, 2000). Quando sombreadas, as folhas tendem a se tornar mais finas e com células

menos compactadas, estas últimas presentes em número e tamanho reduzidos. Em consequência, a gramínea teria capacidade de metabolismo inferior, com produção menor de celulose, hemicelulose e proteína, dentre outros. O avanço lento na maturidade manteria as plantas verdes por mais tempo, com maior valor nutricional devido ao menor conteúdo fibroso e maior conteúdo protéico, ao contrário da gramínea exposta à radiação solar direta, que teria metabolismo acelerado e maior síntese de compostos da parede celular. Confirmando essas expectativas, Kephart & Buxton (1993) e Wilson & Wong (1982) relataram aumento do teor de nitrogênio e redução dos componentes fibrosos em gramíneas C<sub>4</sub> com o sombreamento.

A redução no conteúdo fibroso e o incremento do nitrogênio em plantas cultivadas sob condição de luminosidade reduzida são considerados os possíveis fatores responsáveis pela melhoria do valor nutricional da gramínea, favorecendo a produção animal (Ribaski & Menezes, 2002). Segundo Kephart et al. (1993), o maior tamanho das células em plantas sombreadas promoveu um aumento no conteúdo celular e nitrogênio, com a consequente diluição da fração fibrosa da planta. No entanto, o efeito da sombra sobre os constituintes da parede celular é relatado como variável ou inconsistente (Norton et al., 1991). Já foi observado que o sombreamento reduz os teores de carboidratos não estruturais em gramíneas (Wilson & Wong, 1982). Em pastagem nativa, as concentrações de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e celulose na forrageira diminuíram sob as árvores em relação a esses teores na gramínea colhida sob condição de exposição ao sol, enquanto a concentração de lignina aumentou (Belsky, 1992).

A sazonalidade, considerando a precipitação, definindo a épocas seca e chuvosa, e a temperatura ou outras variáveis climáticas, também exercem influência importante sobre a fisiologia vegetal, o que altera a síntese e armazenamento de compostos nas plantas. A deficiência hídrica, como fator principal, influencia todos os aspectos do crescimento forrageiro (Rodrigues et al., 1993).

Com bastante intensidade na região semi-árida brasileira, a época de escassez de chuvas e menor disponibilidade de água no solo reduz o rendimento da forrageira e acelera a perda do seu valor nutricional (Ribaski, 2000). A maturação, ao induzir o florescimento e a senescência das plantas, determina o aumento do conteúdo de matéria seca da gramínea e a queda acentuada nos níveis de nitrogênio e elevação do conteúdo fibroso, principalmente

aquele que participa com funções estruturais na planta, como a lignina. Dessa forma, o empobrecimento da composição químico-bromatológica, somado à reduzida produção de biomassa que geralmente ocorre em regiões com déficit hídrico, acentua a condição comum às gramíneas tropicais, relativas ao baixo valor nutricional e reduzida disponibilidade de matéria seca, desfavorecendo o consumo voluntário dos animais. Na época das chuvas, a disponibilidade e valor nutricional das plantas forrageiras são maiores, suprindo em maior quantidade a necessidade alimentar dos rebanhos.

O conhecimento dos teores de nutrientes dos alimentos é tradicionalmente obtido com as análises proximais de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral descritas no AOAC (1990). Para avaliação da fração fibrosa de forrageiras, é usado o sistema detergente para análise da parede celular, com determinação da fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e outras entidades químicas definidas, como celulose e hemicelulose (Van Soest & Wine, 1967; Van Soest & Wine, 1968 e Van Soest et al., 1991).

A partir da década de 90, as análises de fracionamento propostas no *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* - CNCPS (Sniffen et al., 1992) têm contribuído para o conhecimento mais pormenorizado dos alimentos. Neste sistema, são classificados os carboidratos fibrosos e não fibrosos, de acordo com a natureza química e suas respectivas taxas de degradação (Sniffen et al., 1992 e Van Soest, 1994). Os carboidratos não fibrosos compõem o conteúdo celular e são compostos de açúcares e amido, representados quimicamente pelo somatório das frações A e B<sub>1</sub>. É a parte rápida e completamente disponível para aproveitamento no rúmen. A fração B<sub>2</sub> é de degradação lenta e corresponde à parede celular disponível para a fermentação microbiana. Outra fração de carboidratos importante na avaliação de alimentos é a fração C, por ser parte indisponível da parede celular segundo (Sniffen et al., 1992). Essa fração não está disponível para os microrganismos do rúmen para degradação (Barcelos et al., 2001).

O objetivo deste estudo foi determinar a composição químico-bromatológica e fracionamento de carboidratos do capim-buffel, de forma a avaliar a influência do sombreamento proporcionado pelas árvores de algaroba associadas, durante a época seca e chuvosa.

## 1.2. Material e Métodos

### 1.2.1. Localização da área experimental

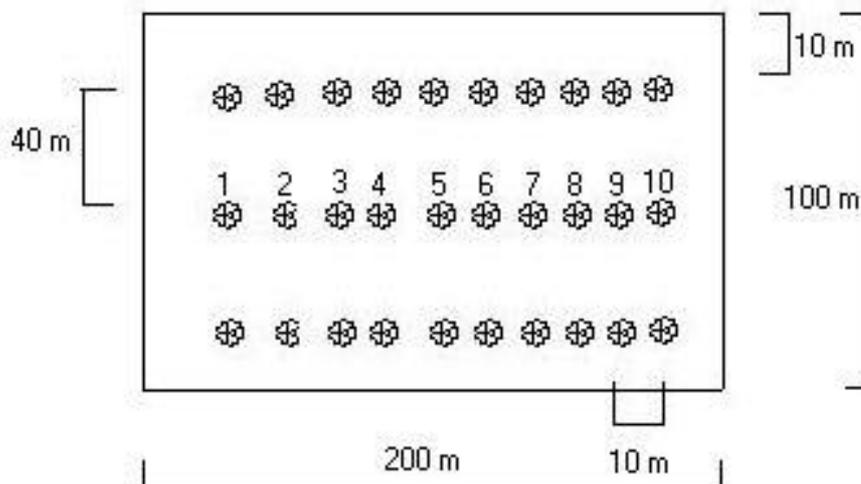
A área onde está localizado o sistema silvipastoril pertence ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico do Semi-Árido da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA) e está situada no município de Petrolina, Estado de Pernambuco. Possui 2776 ha e está compreendida entre 9°01'00'' e 9°07'06'' de latitude sul e 40°17'28'' e 40°21'33'' de longitude oeste.

### 1.2.2. Período de realização da amostragem do capim-buffel

As colheitas das amostras da gramínea foram realizadas em 1997 e 1998 e ocorreram em situações climáticas distintas, sendo duas amostragens na época seca, abrangendo os meses de agosto e setembro de 1997 e outras duas na época chuvosa, nos meses de março e abril de 1998. Em cada época, para análise, foi feita uma mistura contendo a gramínea proveniente das duas amostragens realizadas.

### 1.2.3. Origem das amostras do experimento

O sistema silvipastoril foi implantado em janeiro de 1982 em uma área de dois hectares, com 200 m de comprimento e 100 m de largura, envolvendo a associação do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* var. *Biloela*) com a algaroba (*Prosopis juliflora*). Após a implantação da gramínea foi introduzida a espécie arbórea, em esquema de três fileiras de árvores, com espaçamento de dez metros entre plantas. Duas dessas fileiras foram dispostas margeando internamente os limites da área, a uma distância de dez metros do seu perímetro. Dividindo o retângulo ao meio, ao longo de 200 m, foi implantada a terceira fileira de árvores, com o mesmo espaçamento, ficando essa linha central distante 40 m de cada fileira lateral. Na **Figura 1.1** são ilustrados a disposição e o espaçamento das árvores, além das dimensões da área experimental.



**Figura 1.1** – Representação esquemática da área de colheita de amostras de capim-buffel, mostrando as dimensões da área experimental, espaçamento utilizado e a distribuição das árvores de algaroba selecionadas (1 a 10).

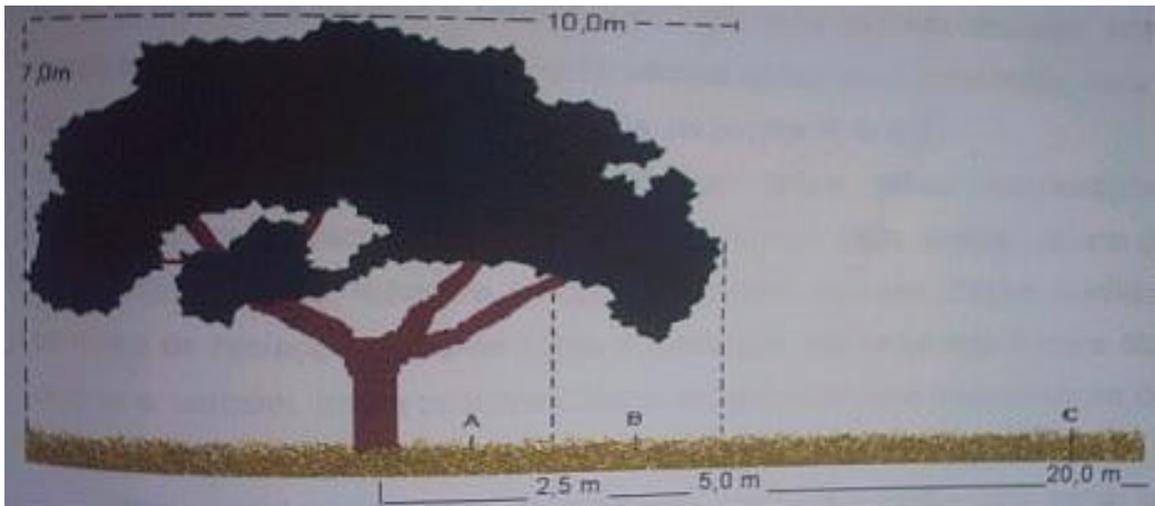
Em agosto de 1997, início da realização da colheita das amostras, o sistema contava com 15 anos de idade. Cada árvore ocupava uma área aproximada de 40 m<sup>2</sup>. Somente a gramínea presente nas proximidades ou sob as árvores da fileira central numeradas de um a dez na **Figura 1.1** foi considerada para colheita, de forma a evitar a influência aleatória das margens, conhecida como efeito de borda.

A área experimental foi normalmente usada para pastejo de quatro bovinos de tração adultos. Três meses antes da realização das colheitas da gramínea, tanto na época seca quanto chuvosa, os animais foram retirados do local e a área foi cercada, evitando o pisoteio e consumo de pasto durante o período reservado para amostragem.

#### 1.2.4. Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas. Foram propostos três tratamentos constituindo as parcelas principais, cada uma composta por uma mistura de amostras colhidas considerando as árvores de duas em duas, totalizando as cinco repetições que representaram os blocos do experimento. As parcelas foram correspondentes aos locais dos pontos A, B e C onde se fizeram as colheitas

do capim-buffel sob avaliação. A **Figura 1.2** ilustra as dimensões médias das árvores, os pontos A, B e C considerados na amostragem da gramínea e as os dados médios de distância entre eles.



**Figura 1.2** – Dimensões médias das árvores de algaroba e distribuição espacial dos pontos A, B e C.

Sob cada uma das árvores, quatro estacas de ferro foram posicionadas indicando os pontos cardeais exatamente na metade do raio da copas, o que facilitou a marcação dos pontos A e B. O ponto A foi localizado entre o fuste das árvores e o raio médio das copas, enquanto o ponto B ficou localizado entre o raio médio das copas e o limite de projeção das mesmas.

Adotou-se o procedimento de amostragem em dois pontos sob as árvores em função das diferenças quantitativas relativas à produção de biomassa forrageira, mais abundante próxima ao tronco. A explicação para isso reside no fato de que o sistema radicial da algaroba é predominantemente superficial e o seu crescimento lateral acompanha o desenvolvimento do diâmetro da copa, influenciando negativamente o crescimento normal e rendimento de matéria seca da gramínea associada, com efeitos mais intensos no ponto B. O ponto C, distante 20 m do fuste de cada árvore selecionada, representou a parcela solteira ou em sistema de monocultivo, onde a gramínea não foi sombreada pelo componente

arbóreo. As colheitas foram feitas a uma altura média de cinco centímetros do solo, com quatro sub-amostras de um metro quadrado por tratamento e árvore.

As colheitas de amostras do capim-buffel foram realizadas na época seca e na época chuvosa, face às diferenças nas condições climáticas existentes na área de realização do experimento. As épocas avaliadas foram consideradas parcelas secundárias ou sub-parcelas do delineamento proposto.

#### *1.2.5. Análises realizadas*

O processamento da gramínea para análise baseou-se nas metodologias descritas por Silva (1990) e foi realizado nos laboratórios do Centro Nacional de Pesquisas de Florestas (CNPf) da EMBRAPA. Para tanto, quantidades suficientes de capim-buffel foram pré-secas durante 48 h a 60°C, moídas passando por peneira de um milímetro e acondicionadas em recipientes herméticos.

As análises químico-bromatológicas tiveram por base o material pré-seco preparado no CNPF e foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (DZO-UFV). Foram determinados os teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), seguindo o procedimento padrão da AOAC (1990). As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEMI) e lignina (LIG) foram realizadas conforme Van Soest et al. (1991).

Para avaliação dos carboidratos, estimaram-se a fração B<sub>2</sub>, fração C e carboidratos totais (CT) conforme as equações descritas no sistema CNCPS (Sniffen et al., 1992), obtendo-se A+B<sub>1</sub> por diferença. Também foi estimado o teor de carboidratos fibrosos.

#### *1.2.6. Modelo estatístico*

Os dados da composição químico-bromatológica e fracionamento de carboidratos das amostras da gramínea avaliada nesse estudo foram analisados de acordo com o delineamento em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições, conforme já descrito.

Ao longo do período de realização do experimento, as amostras totalizaram 30 unidades experimentais, considerando os três pontos e as duas épocas avaliadas, com cinco repetições.

O modelo estatístico utilizado foi  $Y = \mu + B_i + C_j + A_k + CA_{jk} + BC_{ij} + e_{ijk}$ , onde:

$Y$  = valor observado na parcela;

$\mu$  = contraste geral;

$B_i$  = efeito do bloco  $i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$  e 5 ou pool de cada duas árvores (repetições);

$C_j$  = efeito do ponto de amostragem  $j$ ,  $j = 1, 2$  e 3 ou pontos A, B e C (parcelas principais);

$A_k$  = efeito da época  $k$ ,  $k = 1$  e 2 ou época seca e época chuvosa (parcelas secundárias);

$CA_{jk}$  = interação entre ponto de amostragem  $j$  e época avaliada  $k$ ;

$BC_{ij}$  = efeito residual das parcelas  $ij$ ;

$e_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação  $ijk$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância e apesar de não ter havido significância para a interação entre pontos de amostragem e épocas avaliadas, ela foi desdobrada e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, através do software Sistemas de Análises Estatísticas - SAEG (UFV, 2002).

### 1.3. Resultados e Discussão

Os valores referentes à composição químico-bromatológica do capim-buffel, avaliado nos pontos A, B e C durante a época seca e chuvosa, foram apresentados na **Tabela 1.1**. Todos os resultados foram expressos com base na matéria seca. O capim-buffel se caracterizou pelo alto conteúdo fibroso e reduzido conteúdo de proteína, o que normalmente ocorre em gramíneas  $C_4$  tropicais em estágio de maturidade avançada, quando comparadas a plantas em estágio fenológico anterior ou a espécies leguminosas.

Para o efeito de local de amostragem, a análise de variância dos dados apresentou diferenças ( $P > 0,05$ ) entre as médias para a LIG, sendo que apenas durante a época chuvosa o seu teor no capim-buffel colhido do ponto C foi inferior ao do ponto A (9 vs. 11%). Para EE e PB, independentemente dos efeitos experimentais avaliados, não houve diferenças ( $P > 0,05$ ) entre as médias, que foram respectivamente 3 e 6%. As variáveis HEMI e CEL também não tiveram resposta ao efeito de época avaliada ou local de amostragem e foram respectivamente 28 e 35%.

Para o efeito de época avaliada, houve significância entre as médias de MM, FDN, FDA e LIG. De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que durante a época chuvosa houve aumento no teor de MM, avaliando-se a média dos três pontos de coleta da forrageira (8 vs. 6% na época seca). Já os teores de FDN, FDA e LIG, também obtidos fazendo-se a média dos pontos A, B e C, foram ligeiramente reduzidos, sendo que apresentaram valores na época seca e chuvosa, respectivamente, 78 vs. 77%; 51 vs. 48% e 13 vs. 11%.

A concentração de compostos celulares e nutrientes da gramínea estudada está em consonância com outros relatos da literatura, apesar de haver diferenças na sua genética e condições de crescimento em cada caso avaliado. Dessommes et al. (2003) relataram valores de PB, FDN, FDA, HEMI, CEL e LIG para cinco variedades de capim-buffel variando, respectivamente, de 6 a 7%, 69 a 73%, 46 a 48%, 22 a 26%, 36 a 37% e 5 a 6%.

**Tabela 1.1** – Teores de matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEMI), celulose (CEL) e lignina (LIG) do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa

Local de amostragem					
	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Média	Desvio padrão
Época	Composição químico-bromatológica				
Matéria mineral (% MS)					
Seca	6,07 bA	6,29 aA	7,03 bA	6,46	0,50
Chuvosa	8,59 aA	7,67 aA	8,98 aA	8,41	0,67
Extrato etéreo (% MS)					
Seca	2,98 aA	2,98 aA	3,02 aA	2,99	0,02
Chuvosa	3,04 aA	3,00 aA	2,94 aA	2,99	0,05
Proteína bruta (% MS)					
Seca	5,93 aA	5,83 aA	5,96 aA	5,91	0,07
Chuvosa	6,68 aA	6,12 aA	6,50 aA	6,43	0,29
Fibra em detergente neutro (% MS)					
Seca	77,95 aA	77,92 aA	79,09 aA	78,32	0,67
Chuvosa	76,54 aA	77,56 aA	75,81 bA	76,64	0,88
Fibra em detergente ácido (% MS)					
Seca	50,42 aA	51,71 aA	51,79 aA	51,31	0,77
Chuvosa	47,65 bA	48,18 bA	47,86 bA	47,90	0,27
Hemicelulose (% MS)					
Seca	27,54 aA	26,21 aA	27,30 aA	27,02	0,71
Chuvosa	28,89 aA	29,38 aA	27,95 aA	28,74	0,73
Celulose (% MS)					

Seca	34,62 aA	35,59 aA	35,47 aA	35,23	0,53
Chuvosa	33,79 aA	34,56 aA	35,25 aA	34,53	0,73
Lignina (% MS)					
Seca	12,61 aA	12,99 aA	12,46 aA	12,69	0,27
Chuvosa	11,43 aA	10,80 bAB	9,44 bB	10,56	1,02

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para cada parâmetro avaliado, indicam haver diferença significativa entre as médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Clark (1981), a luz não exerce efeito direto na absorção de nutrientes minerais pelas plantas. Porém, através de diversos processos biológicos, como a fotossíntese, transpiração, respiração e síntese de clorofila, pode provocar alterações significativas na sua composição mineral e dos demais nutrientes, o que não aconteceu nesse estudo. Contrariamente a esse resultado, Castro et al. (1998), trabalhando com gramíneas C<sub>4</sub>, relataram elevação dos teores de minerais com o sombreamento. Um aspecto importante que precisa ser considerado na associação do capim-buffel com a algaroba diz respeito à competição por nutrientes minerais entre as espécies. Ao mesmo tempo em que sob as árvores o conteúdo e disponibilidade de matéria mineral e água são superiores devido às maiores quantidades de matéria orgânica nessas condições, a competição entre as espécies, em nível radicial, frustra a expectativa de melhor aproveitamento desses componentes pela forrageira.

O efeito da intensidade da radiação solar sobre o valor nutricional da forrageira produzida é bastante discutido na literatura (Buxton & Fales, 1994; Garcia & Couto, 1997 e Carvalho, 1998). No presente estudo, observou-se que a composição químico-bromatológica do capim-buffel não diferiu ( $P > 0,05$ ) conforme o local de amostragem, com exceção dos teores de LIG. Assim, a expectativa de modificação dos teores de nutrientes e outros compostos da gramínea com o sombreamento proporcionado pela algaroba (pontos A e B) não foi confirmada, sugerindo que a forrageira, pelo menos no que se refere ao clima e relativo à sua composição químico-bromatológica, não sofre influência do componente arbóreo durante as épocas avaliadas.

Contrariamente ao encontrado nesse estudo, Veiga et al. (2001) afirmaram que são esperadas diferenças na composição químico-bromatológica de plantas cultivadas em condições de luminosidade diferenciada. A adaptação das espécies vegetais à variação da

radiação luminosa está associada às modificações morfofisiológicas das plantas, o que tem influência no resultado líquido da síntese de compostos celulares.

A explicação para os resultados desse estudo conflitantes aos relatos da literatura é apresentada por Ribaski (2000). Esse autor afirmou que mesmo em condições de sombra proporcionada por algaroba, o capim-buffel, com fotossíntese reduzida, teve área foliar e eficiência fotossintética maiores, apresentando também maior conteúdo de clorofila adequada à captação de radiação em condições de reduzida intensidade luminosa. Dessa forma, houve compensação da capacidade metabólica, igualando os teores de nutrientes em condições de sombra e sol.

O aumento da concentração de nitrogênio em plantas cultivadas sob intensidade luminosa reduzida, de forma artificial ou na presença de árvores, é relatado com frequência na literatura (Kephart & Buxton, 1993 e Carvalho, 1998). Segundo Ribaski (2000), as causas estariam relacionadas às menores temperaturas do microambiente silvipastoril, redução na intensidade luminosa e, adicionalmente, à fixação de nitrogênio no solo por espécies leguminosas como a algaroba, fatores que têm interferência direta na absorção de formas nitrogenadas e síntese de proteína pela planta. No entanto, nenhuma diferença foi constatada no teor de PB entre os pontos avaliados, indicando que as árvores não representaram vantagem em termos de acréscimo de nitrogênio ao sistema. O valor médio de 6% de PB para o capim-buffel, para as duas épocas avaliadas, reflete o baixo teor dessa gramínea em nitrogênio, representando menos de 1% da dieta. Essa é uma condição bastante comum em gramíneas tropicais, principalmente em avançado estágio de desenvolvimento ou crescendo em solos pobres em nutrientes. Quando o teor de nitrogênio alimentar é inferior a 1.2%, a função ruminal fica prejudicada, reduzindo o consumo e a performance animal. Sua deficiência, por essa razão, é um dos principais fatores limitantes do valor nutricional das forrageiras (Van Soest, 1994). Nesse sentido, a algaroba é promissora para suplementar a dieta dos animais, dado o alto valor protéico e aceitabilidade das suas vagens, produzidas durante a época seca (Ribaski & Menezes, 2002).

Como citado, a concentração de LIG foi diferente conforme o ponto de amostragem, apresentando menor valor para o ponto C quando comparado ao obtido na gramínea colhida no ponto A, comportamento verificado na época chuvosa. A diferença, embora pequena em termos absolutos, ao se avaliar esses extremos, localizados próximo ao fuste da árvore

(ponto A) e em exposição completa ao sol (ponto C), representa valor próximo de 20% de variação em termos relativos. Alguns autores sugerem que a radiação luminosa estimula a lignificação nas gramíneas tropicais (Veiga & Serrão, 1990; Kephart et al., 1992 e Kephart & Buxton, 1993). Nesse estudo, essa situação não foi confirmada, já que o teor de LIG do capim-buffel sob as árvores foi maior do que quando em condição de exposição completa ao sol ou luminosidade intensa. No entanto, corroborando esse resultado, outros estudos têm indicado resultados coincidentes, os quais têm sido associados à redução na relação folha: colmo na parte inferior da planta e aumento no teor de LIG nos tecidos da gramínea em condição de sombreamento (Wilson & Wong, 1982).

Para todos os nutrientes e outros compostos no capim-buffel, ao se avaliar as influências do sombreamento proporcionado pela algaroba e as vantagens do mesmo, é importante considerar os resultados desse experimento de forma relativa. Isso porque, tendo ou não ocorrido modificações na composição químico-bromatológica da forrageira em função do local da amostragem, em avaliação agrônômica observaram-se diferenças entre rendimento de matéria seca na condição de sombra e de exposição ao sol, cujos dados foram apresentados por RIBASKI, 2000. As argumentações podem ficar bastante confusas e levar a conclusões errôneas ao se considerar isoladamente essas variáveis. Portanto, antes de presumir que a síntese de LIG é reduzida quando a gramínea está sob alta intensidade luminosa, o que seria natural ao contrastar os valores da **Tabela 1.1**, deve-se ter cautela com relação a outros fatores que podem influenciar a interpretação dos dados. Considerando que o rendimento de matéria seca do capim-buffel na condição de exposição ao sol foi sempre superior quando comparado ao rendimento à sombra, quando associado à algaroba (Ribaski, 2000), podemos perceber que mais LIG em termos absolutos foi sintetizada, sendo provavelmente diluída na maior quantidade de biomassa resultante do intenso processo fotossintético sem a restrição de luz. A conclusão inversa pode ser aplicada à concentração de LIG na gramínea crescida sob as árvores. O mesmo raciocínio vale para todos os compostos da planta, ao se considerar os efeitos do local de amostragem ou de época. Em consonância com essa constatação, Costa et al. (2003), ao avaliarem a composição químico-bromatológica do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em duas épocas distintas, relataram maiores teores de nutrientes e outros compostos da

forrageira na época seca, como consequência do efeito de concentração, em função da diferença no rendimento produtivo.

A influência da variação sazonal na composição químico-bromatológica é bastante conhecida, principalmente considerando gramíneas C<sub>4</sub> em regiões tropicais. Quando a época seca avança, o valor nutricional dos recursos alimentares disponíveis cai, em função do aumento da maturidade e da escassez de água (Nogueira Filho et al., 2000). O capim-buffel, avaliado na época seca e chuvosa, não apresentou diferença ( $P>0,05$ ) no teor de PB, EE, HEMI e CEL. A falta de variação nos teores desses nutrientes conflita com a maioria das informações da literatura, tanto nas pesquisas no Brasil quanto no exterior (Mott et al., 1992; Silva & Faria, 1995; Ronquillo et al., 1998). No entanto, a LIG variou com o efeito estacional, com maior teor durante a época de menor precipitação (13 vs. 11%). Esse resultado é consistente com os encontrados por Vieira et al. (2000b). A proporção de parede celular também foi ligeiramente superior na época seca, apresentando valores de FDN para o ponto C de 79%, contra 76% na época chuvosa. Entre os pontos A e B não houve efeito de época para o teor de FDN. Acompanhando a maior concentração fibrosa da gramínea, os teores de FDA foram respectivamente 51 e 48% na época seca e chuvosa. Essas diferenças, mesmo pequenas, foram significativas ( $P>0,05$ ) e representaram mudanças na proporção de tecidos estruturais na planta. Contrariamente, Dantas Neto et al. (2000), em um experimento com capim-buffel sob irrigação, observaram maiores teores de componentes fibrosos em situação de maior precipitação. Dessommes et al. (2003), avaliando cinco variedades do capim-buffel, observaram maior concentração de FDA, FDN e CEL durante o verão, onde há maior disponibilidade de chuvas e atribuíram esses resultados à maior temperatura verificada nessa época, o que teria estimulado a síntese de compostos da parede celular.

As condições ambientais específicas da época seca e chuvosa também tiveram efeito sobre a composição mineral da gramínea, sendo que nessas situações foram observados teores aproximados de MM 6% e 8% respectivamente. Essas informações são consistentes com os resultados encontrados por Ribaski (2000), em que foi relatado o aumento no teor de macrominerais no capim-buffel na época chuvosa. A explicação para esse resultado, apresentada por Shen et al. (1998), seria o fato de que as altas temperaturas observadas nessa situação estimularam a respiração das plantas, o que aliado à maior disponibilidade

de água no solo, provocou um aumento da absorção de silicatos e sua deposição nas células. No entanto, outra explicação para os valores reduzidos de composição mineral na época seca é baseada no efeito de diluição dessa fração na biomassa da gramínea, considerando que o rendimento de matéria seca nessas condições foi significativamente maior que na época chuvosa, devido ao ataque das lagartas desfolhadoras e atípico período de precipitação reduzida, durante o início do ano de 1998 (Ribaski, 2000).

Os resultados do fracionamento de carboidratos do capim-buffel, avaliado nos pontos A, B e C durante a época seca e chuvosa, foram apresentados na **Tabela 1.2**. Somente os valores de CT foram registrados em termos de %MS. Os demais correspondem à proporção em CT. Na literatura, não foram encontradas informações sobre as frações dos carboidratos do capim-buffel, dificultando a discussão dos dados, a não ser confrontações com dados de outros materiais fibrosos.

**Tabela 1.2** – Teores de carboidratos totais (CT), fração solúvel (A+B1), fração insolúvel potencialmente degradável (B2), fração insolúvel não degradável (C) e carboidratos fibrosos (CF) do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa

Local de amostragem					
	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Média	Desvio padrão
Época	Frações de carboidratos				
	Carboidratos totais (% MS)				
Seca	85,01 aA	84,90 aA	84,00 aA	84,64	0,55
Chuvosa	81,69 bA	83,21 aA	81,59 aA	82,16	0,91
	Fração A+B1 (% CT)				
Seca	13,09 aA	11,80 aA	9,78 aA	11,56	1,67
Chuvosa	12,45 aA	12,42 aA	13,09 aA	12,65	0,38
	Fração B2 (% CT)				
Seca	51,27 aA	51,49 aA	54,60 aA	52,45	1,86
Chuvosa	53,96 aA	56,44 aA	59,12 aA	56,51	2,58
	Fração C (% CT)				
Seca	35,64 aA	36,71 aA	35,62 aA	35,99	0,62
Chuvosa	33,58 aA	31,13 bAB	27,79 bB	30,83	2,91
	Carboidratos fibrosos (% CT)				
Seca	86,91 aA	88,11 aA	90,22 aA	88,41	1,67
Chuvosa	87,55 aB	87,58 aA	86,91 aA	87,35	0,38

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para cada parâmetro avaliado, indicam haver diferença significativa entre as médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

A luminosidade garante o processo fotossintético e, conseqüentemente a síntese de açúcares e ácidos orgânicos. Deste modo, promove a elevação dos teores de açúcares solúveis, aminoácidos e ácidos orgânicos, com a redução paralela dos teores de parede celular (Heath et al., 1985). Essa expectativa não foi confirmada nesse estudo, pois para o efeito de local de amostragem, em que varia a luminosidade, a análise de variância dos dados apresentou diferenças estatísticas apenas entre as médias para a variável C. Durante a época chuvosa, o seu conteúdo no capim-buffel, avaliado em condição de exposição ao sol (ponto C), foi inferior ( $P>0,05$ ) ao do ponto A (28 vs. 34%). Para A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e CF, independentemente dos efeitos experimentais avaliados, não houve diferenças ( $P>0,05$ ) entre as médias, que foram respectivamente 12, 54 e 88%. Na literatura, são relatadas contribuições similares dessas frações em outras gramíneas como *Brachiaria brizantha*, *Cynodon dactylon* e *Setaria anceps* (Vittori et al., 2000 e Kabeya et al., 2000).

Os teores crescentes das frações A+B<sub>1</sub>, C e B<sub>2</sub> observados nesse estudo seguiram a tendência reportada para o fracionamento de carboidratos em forrageiras (Vittori et al., 2000), com o predomínio de carboidratos fibrosos, representados principalmente pela fibra potencialmente digerível (fração B<sub>2</sub>). Embora não tenha havido diferença ( $P>0,05$ ) entre os pontos A, B e C para o teor da fração B<sub>2</sub>, considerou-se importante demonstrar como a radiação luminosa afetou a distribuição das frações, ainda que ligeiramente. Observa-se que a gramínea exposta ao sol (ponto C) apresentou maior valor absoluto para a fração B<sub>2</sub>, provavelmente em razão da reduzida lignificação da parede celular das plantas, o que pode ser deduzido a partir do menor teor de LIG sob essa condição, como foi discutido anteriormente. Esse fato também explica os menores valores encontrados para a fração C, sob exposição completa ao sol.

Para o efeito de época avaliada, houve significância ( $P>0,05$ ) entre as médias de CT e fração C, indicando que, durante a época chuvosa, houve redução dos seus teores na forrageira, sendo respectivamente 82 e 31%, contra 85 e 36% na época seca.

A quantidade de CT mensurada no capim-buffel foi ligeiramente maior ( $P>0,05$ ) na época seca (até 5%), o que é consistente com os resultados encontrados por Vieira et al. (2000b) na avaliação de extrusa de bovinos em pastagem natural. Gohl (1981), encontrou valor de 73% para CT. Independentemente da época, o teor de CT acima de 80% mensurado para a forrageira avaliada nesse estudo indica a alta proporção desses compostos

na matéria seca dos substratos, próxima ao limite superior indicado por Van Soest (1994) para a composição das forrageiras. No entanto, o resultado é consistente com outros relatos para gramíneas tropicais existentes na literatura. Constam com certa frequência, principalmente em palhadas e plantas com maior maturidade, teores de CT maiores que 80% (Cabral et al., 2000; Ribeiro et al., 2001). Os CF que compõem a parte estrutural da planta foram os principais responsáveis pelo aumento no teor de CT durante o período de maior déficit hídrico.

O teor das frações A+B<sub>1</sub>, representando os CNF, permaneceu o mesmo (P>0,05) na época seca e chuvosa, compreendendo 12%. Esse resultado contrasta com os encontrados por Vieira et al. (2000b), em que se observa uma ligeira redução da contribuição dessas frações na época seca. Embora sem diferença estatística, observa-se que a fração B<sub>2</sub> diminuiu de 57% na época chuvosa, para 52% na época seca. Destaca-se como houve indisponibilização de 7% dos carboidratos potencialmente digestíveis, provavelmente em função do aumento do teor de LIG durante a estiagem. Concomitantemente, a fração C aumentou (P>0,05) de 31 para 36%. Esse comportamento é consistente com os resultados relatados por Vieira et al. (2000b) e Barcelos et al. (2001). Esses autores também observaram que a diminuição da fração B<sub>2</sub> foi acompanhada do aumento da fração C.

#### **1.4. Conclusões**

A determinação da composição químico-bromatológica e do fracionamento de carboidratos foi eficiente para revelar os efeitos do sombreamento proporcionado pelas árvores de algaroba sobre o capim-buffel. Os resultados foram influenciados pela disponibilidade de água no solo em decorrência das variações na precipitação.

O sombreamento proporcionado pela algaroba não alterou a composição químico-bromatológica e fracionamento de carboidratos do capim-buffel. Somente os teores de lignina e fração C foram modificados, sendo superiores na gramínea sombreada. Esse fato evidenciou que houve diferença no metabolismo de carboidratos em função da variação da radiação luminosa. As diferenças encontradas para as variáveis avaliadas foram mais pronunciadas ao se comparar a época seca e chuvosa. Na época seca, quando a precipitação foi menor, a proporção de parede celular das células da forrageira aumentou, indicando o

avanço da maturidade e redução do seu valor nutricional. Esse fato aconteceu devido às prováveis mudanças no metabolismo sintético da planta.

A associação do capim-buffel com a algaroba não apresentou vantagens para a melhoria da composição químico-bromatológica e fracionamento de carboidratos do capim-buffel.

### 1.5. Referências Bibliográficas

AOUAD, M.S. 1984. Clima da caatinga. In: SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, 1984, Feira de Santana. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT. 1984. p.37-48.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15.ed. Arlington: 1990. 1117p.

BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C.A.; PÉREZ, J.R.O. et al. Estimativa das frações dos carboidratos, da casca e polpa desidratada de café (*Coffea arábica* L.) armazenadas em diferentes períodos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1566-1571, 2001.

BELSKY, A.J. Effects of trees on nutritional quality of understorey gramineous forage in tropical savannas. **Tropical Grassland**, v.26, p.12-20, 1992.

BUXTON, D.R.; FALES, S.L.. Plant environment and quality. In: FAHEY, G.C.; MOSER, L.E.; MERTENS, D.R. et al (Eds.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.155-199.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, supl.1, p.2087-2098, 2000.

CARVALHO, M.M. 1998. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 37p. (Documento 64).

CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, M.M.; GARCIA, R. Composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais cultivadas à sombra. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.554-556.

CLARK, R.B. Effect of light and water stress on mineral element composition of plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.3, n.5, p.853-885, 1981.

DANTAS NETO, J.; SILVA, F.A.S.; FURTADO, D.A. et al. Influência da precipitação e idade da planta na produção e composição química do Capim-Buffel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1867-1874, 2000.

DESSOMMES, G.J.; LOZANO, R.G.R.; FOROUGHBAKHCH, R. et al. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomíticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). **Técnica Pecuaria en México**, v.41, p.209-218, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: 1999. 412p.

GARCIA, R.; COUTO, L. Silvopastoral systems: emergent technology of sustainability. In: GOMIDE, J.A. (Ed.) SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.281-302.

GOHL, B. Tropical feeds. In: **Feed information summaries and nutritive values**. Rome: FAO, 1981. (Animal Production and Health Series 12)

HEATH, M. E.; BARNES, R. F.; METCALFE, D. S. **Forrage - The science of grassland agriculture**. Iowa: Iowa State University Press, 1985. 643p.

KABEYA, D.S.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Frações de carboidratos e estimativas das taxas específicas de degradação da *Brachiaria brizantha* em diferentes métodos de amostragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. (Cd-rom).

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R.; TAYLOR, S.E. Growth of C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> perennial grasses in reduced irradiance. **Crop Science**, v.32, p.1033-1038, 1992.

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality responses of C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, p.831-837, 1993.

MOTT, G.O. Evaluating forage production. In: HUGHES, H.D.; METCALFE, D.S. (Eds.) **Forages**. 2.ed. Ames: The Iowa State University Press, 1966. p.108-118.

MOTT, J.J.; LUDLOW, M.M.; RICHARDS, J.H. et al. Effects of moisture supply in the dry season and subsequent defoliation on persistence of the savanna grasses *Themeda thiandra*, *Heteropogon contortus* and *Panicum maximum*. **Australian Journal Agricultural Research**, v.43, p.241-260, 1992.

NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; FONDEVILA, M.; URDANETA, A.B. et al. *In vitro* microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. **Animal Feed Science and Technology**, n.83, p.145-157, 2000.

NORTON, B.W.; WILSON, J.R.; SHELTON, H.M. et al. The effect of shade on forrage quality. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. (Eds.) **Forages for plantation crops**. Canberra: ACIAR, 1991. p.83-88.

OLIVEIRA, M.C. 1993. Capim buffel: produção e manejo nas regiões secas do Nordeste. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1993. 18p. (Circular técnica 27).

RIBASKI, J. **Influência da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW.) DC.) sobre a disponibilidade e qualidade da forragem de capim-búfel (*Cenchrus ciliaris* L.) na região semi-árida brasileira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. 165p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal/ Universidade Federal do Paraná, 2000.

RIBASKI, J.; MENEZES, E.A. Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida brasileña. **Agroforestería en las Américas**, n.9, p.33-34, 2002.

RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do Feno de Capim-Tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.589-595, 2001.

RODRIGUES, T.J.D.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) **SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DE PASTAGENS**, 1., 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.17-61.

RONQUILLO, M.G.; FONDEVILA, M.; URDANETA, A.B. et al. *In vitro* gas production from buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) fermentation in relation to the cutting interval, the level of nitrogen fertilization and the season of growth. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.19-32, 1998.

SHEN, H.S.; SUNDSTODL, F.; NI, D.B. Studies on untreated and urea-treated rice straw from three cultivation seasons 2. Evaluation of straw quality through *in vitro* gas production and *in sacco* degradation measurements. **Animal Feed Science and Technology**, v.74, p.193-212, 1998.

SILVA, C.M.M.S. Avaliação do gênero *Cenchrus* no CPATSA. In: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL**, 1986, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.53-58.

SILVA, C.M.M.S.; FARIA, C.M.B. Variação estacional de nutrientes e valor nutritivo em plantas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.3, p.404-430, 1995.

SILVA, D.J. **Análises de alimentos - Métodos químicos e biológicos**. 2 ed. Viçosa: UFV, 1990. 165p.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas**. Versão 8.1. Viçosa: 2002. (Cd-rom).

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

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association Official Analytical Chemists**, v.51, p.780-785, 1968.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the Ruminants**. 2.ed., New York: Cornell University Press. 476p.

VEIGA, J.B.; SERRÃO, E.A.S. Sistemas silvopastoris e produção animal nos trópicos úmidos: a experiência da Amazônia brasileira. In: **Pastagens**. Piracicaba: FEALQ/ Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990. p.37-85.

VEIGA, J.B.; ALVES, C.P.; MARQUES, L.C.T. et al. Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Eds.) **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite/ FAO, 2001. p.41-76.

VIEIRA, M.E.Q.; SANTANA, D.F.Y.; OLIVEIRA, R.N. et al. Morfogênese do Capim-Búfel (*Cenchrus ciliaris*) cultivado em solução nutritiva. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.368-369.

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

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

VITTORI, A.; SILVA, J.F.C.; VASQUEZ, H.M. et al. Frações de carboidratos de gramíneas tropicais em diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia. (Cd-rom).

WILSON, J.R.; WONG, C.C. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and Siratro pastures. **Australian Journal Agricultural Research**, v.33, p.937-949, 1982.

## Capítulo 2

### **Parâmetros Cinéticos da Fermentação e Extensão da Degradação do Capim-buffel Cultivado em Associação com Algaroba Avaliados pela Técnica *in vitro* Semi-automática de Produção de Gases**

#### **2.1. Introdução**

A produção pecuária brasileira, inclusive em regiões semi-áridas de Caatinga, é baseada predominantemente na utilização de forrageiras tropicais como principal fonte de nutrientes para os rebanhos (Vieira et al., 2000). O fato se explica com a constatação de Aerogheore (2000), que define como forma de reduzir os custos com a nutrição o máximo uso dos recursos alimentares disponíveis nas propriedades rurais.

O capim-buffel é uma gramínea tropical bem adaptada às regiões semi-áridas com precipitação anual entre 350 e 900 mm, onde o crescimento de outras forrageiras mais nutritivas e de alta produtividade é restrito por causa da reduzida disponibilidade de água no solo (Ronquillo et al., 1998). O cultivo da espécie de árvores de algaroba, em sistema de associação, é uma alternativa promissora para uso múltiplo dos recursos naturais envolvidos, visando ao aproveitamento das vantagens ecológicas do cultivo das espécies.

Os ruminantes, por causa das adaptações anatômicas e fisiológicas do sistema digestivo, podem utilizar alimentos fibrosos para suprir os requerimentos de energia e proteína para manutenção, crescimento, reprodução e produção. O sucesso desses animais foi facilitado pelas suas relações simbióticas com os microrganismos ruminais que fermentam

os carboidratos estruturais da parede celular das plantas (Russell, 1998). No entanto, o baixo valor nutricional das gramíneas tropicais, também apresentado pelo capim-buffel, condicionado pelo baixo conteúdo protéico e alto conteúdo de fibra, limita a degradabilidade e o consumo da forrageira. Essa situação é agravada pelas condições climáticas desfavoráveis em certas épocas do ano, determinando a performance animal insatisfatória nos trópicos (Van Soest, 1994 e Odenyo et al., 1997), observada principalmente no período de escassez de chuvas.

Um dos aspectos mais importantes a ser considerado no manejo das pastagens é o valor nutricional da forrageira no momento do uso, sendo que as análises químico-bromatológicas e da digestibilidade *in vitro* são metodologias utilizadas para estimar o valor nutricional em termos de composição e aproveitamento potencial dos nutrientes. Sob muitas circunstâncias, os fatores ambientais influenciam o valor nutricional das forrageiras. Quando a época seca avança, o valor nutricional dos recursos alimentares disponíveis cai, em razão do aumento da maturidade ou em função da escassez de água (Nogueira Filho et al., 2000). Por essa razão, monitorar essas mudanças ao longo do ano é de capital importância nos programas alimentares (Jung et al., 1995), principalmente considerando as grandes diferenças que ocorrem devido à variação na precipitação.

A idade fisiológica da forrageira e as condições do ambiente em que ela se desenvolve, principalmente luminosidade, temperatura do ar e disponibilidade de água no solo, podem afetar a sua composição químico-bromatológica e, conseqüentemente a digestibilidade de seus nutrientes e a eficiência de sua utilização. De acordo com Ayersa (1981), o processo natural de maturação fisiológica da forrageira implica em redução do seu valor nutricional, principalmente pela diminuição dos teores de proteína bruta e aumento na concentração de material fibroso, o que diminui a digestibilidade.

O estudo da digestibilidade é realizado rotineiramente no laboratório desde a metade do século passado, quando Tilley & Terry (1963) propuseram uma metodologia *in vitro* para avaliação de forrageiras. A padronização dos estudos de cinética digestiva foi mais tardia (Mehrez & Ørskov, 1977 e Nocek, 1988). Recentemente, o interesse em caracterizar e quantificar a digestão condicionada ao tempo tem aumentado, pois a expressão da cinética digestiva em termos quantitativos é necessária para estimar com

precisão a quantidade e composição dos nutrientes degradados e o subsequente potencial de utilização pelos animais (Mertens, 1993).

A cinética da fermentação caracteriza as propriedades intrínsecas dos alimentos que limitam a sua disponibilidade para os animais (Mertens, 1993) e é dependente de uma seqüência de processos. No início da incubação, os substratos são parcialmente solubilizados e os componentes solúveis rapidamente fermentados. Em seguida, a hidratação e colonização das partículas por microrganismos, formando um biofilme, viabiliza a degradação da fração insolúvel (Van Milgen et al., 1993). As taxas em que esses processos ocorrem dependem da concentração inicial, composição e habilidade da população microbiana em utilizar os substratos para seu crescimento (Hidayat et al., 1993).

O estudo da degradação da forrageira é importante porque determina o suprimento de energia e de compostos nitrogenados para os microrganismos ruminais (Russel & Hespell, 1981). Nesse contexto, as bactérias do rúmen promovem a síntese de proteína microbiana e de ácidos graxos voláteis, respectivamente as principais fontes protéicas e energéticas para os ruminantes em condições de pastejo. A habilidade de estimar acuradamente o aproveitamento dos nutrientes e degradabilidade potencial melhora a predição do consumo e das necessidades de suplementação alimentar e pode resultar no aumento da performance animal para produção de carne e leite (Valentin et al., 1999). A digestibilidade e o consumo potencial são os principais fatores que definem o valor nutricional das forrageiras para ruminantes e outros herbívoros (Wilman et al., 1999).

A degradação da matéria seca e dos componentes da parede celular depende de diversos fatores relacionados à gramínea, incluindo a composição químico-bromatológica, proporção de tecidos nas frações morfológicas, aspectos estruturais e morfofisiológicos das células, entre outros (Queiroz et al., 1998 e Queiroz et al., 2000). O valor energético da forrageira é praticamente definido pela degradação do seu conteúdo fibroso, uma vez que o conteúdo citoplasmático tem disponibilidade e aproveitamento quase total no rúmen. Em termos nutricionais, a parede celular pode ser dividida em fração potencialmente degradável e fração não degradável, independente do tempo de fermentação (Smith et al., 1972). Os carboidratos compõem a maior parte da fibra em detergente neutro, tendo disponibilidade limitada devido à conformação estrutural da celulose e hemicelulose, além da ação de fatores antiquantitativos que reduzem a degradação dos nutrientes, como os

taninos, lignina e sílica (Smith et al., 1971). A lignina é considerada o impedimento primário para o aproveitamento mais amplo da forrageira, exercendo impacto negativo na quebra do arranjo das microfibrilas de polissacarídeos que compõe a estrutura das células (Traxler et al., 1998).

Os carboidratos são a mais importante reserva energética contida nas plantas, constituindo de 50 a 80% da matéria seca das forrageiras e cereais. Esses compostos têm papel fundamental na nutrição, uma vez que representam a principal fonte de energia para os microrganismos ruminais e para os ruminantes na manutenção de suas funções fisiológicas (Van Soest, 1994). Os parâmetros cinéticos da sua degradação caracterizam as propriedades intrínsecas dos alimentos fibrosos e condicionam sua disponibilidade para os animais. Essas informações são usadas em sistemas alimentares para estimar o valor energético dos nutrientes, melhorar a formulação de dietas e predizer com mais acurácia a performance produtiva animal (Russell et al., 1992 e Sniffen et al., 1992). Infelizmente, o conteúdo de energia das forrageiras, ao contrário de outros nutrientes, não pode ser determinado somente por análises químicas, por exemplo, com a determinação de energia bruta conforme descreveu Silva (1990). O valor energético dos nutrientes das forrageiras depende das múltiplas interações que ocorrem entre alimentos, população microbiana e hospedeiro, não podendo, dessa forma, ser considerada somente como atributo da planta. Dentro desse enfoque, o valor energético, e conseqüentemente a degradabilidade não é uma característica positiva ou negativa, pois, em determinada situação, alta degradabilidade é necessária, e em outra não é desejável, dependendo da forrageira disponível e do nível de produção do animal (Pereira et al., 1999).

Existem muitas metodologias em uso para estimar a extensão da degradação e cinética da fermentação das forrageiras. Como alternativa aos experimentos gravimétricos, os parâmetros da fermentação podem ser estimados quantificando os produtos finais da fermentação microbiana, utilizando as metodologias *in vitro* com enfoque metabólico, tal como a técnica da produção de gases (TPG). O procedimento analítico em uso consiste na incubação do alimento a ser testado, acrescido de fluido ruminal e meio de cultura tamponado, em frascos hermeticamente fechados, nos quais, ao longo do tempo, são realizadas leituras de pressão ou volume dos gases produzidos no processo fermentativo microbiano (Pell & Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994 e Cone et al., 1996).

Concomitantemente, pode ser avaliada a degradação da matéria seca (Mauricio et al., 1999). Dados confiáveis de extensão da degradação da matéria seca e dos demais componentes alimentares, em especial os carboidratos que compõem a parede celular das plantas, são essenciais para o manejo alimentar dos ruminantes. Esses conhecimentos permitem estimar acuradamente o valor energético e o consumo potencial dos alimentos com alto conteúdo de fibra, dando subsídios para adequar as estratégias alimentares à realidade da produção requerida. A implicação prática envolve o aproveitamento mais eficiente das gramíneas e suprimento adequado das exigências nutricionais dos animais, com possibilidade de redução de custos e incrementos na produtividade e nos lucros da atividade pecuária (Sniffen et al., 1992).

A metodologia que mensura a produção de gases (PG) acumulativa tem sido aplicada com sucesso na estimativa da extensão de degradação e taxas de fermentação da matéria seca e das frações de carboidratos de forrageiras. Tem por base o princípio de que os gases produzidos na fermentação são oriundos do metabolismo microbiano a partir dos nutrientes digeridos (Pell & Schofield, 1993) e se concentram no ambiente da incubação de forma diretamente proporcional ao desaparecimento de massa da forrageira, indicando uma próxima relação entre essas variáveis (Menke et al., 1979 e Blümmel et al., 1997a). Os gases podem ser de fonte direta, produzidos na fermentação dos carboidratos, resultando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), ou de fonte indireta, a partir da reação dos AGVs com o tampão bicarbonato usado na formulação do meio de cultura artificial (Blümmel et al., 1999a). A proteína e os lipídios têm contribuição pequena no caso de forrageiras, não sendo considerados no processo (Cone et al., 1996 e Getachew et al., 1998).

Segundo Mertens (1996), em termos nutricionais, os carboidratos das plantas podem ser classificados em fibrosos e não fibrosos. Os primeiros compreendem os polímeros que compõem a parede celular, a celulose e hemicelulose, sendo lenta e parcialmente disponíveis para degradação. Os carboidratos não fibrosos, representados pelos açúcares solúveis, amido e pectina, são rápida e quase completamente digeríveis no rúmen. Dhanoa et al. (1995) afirmaram que, antes da degradação propriamente, os processos de hidratação, adesão e colonização dos substratos insolúveis se iniciam. É a chamada fase de latência, quando pouco ou nenhum material é degradado. Um rápido

aumento no tamanho da população microbiana associada leva a uma fase de rápida degradação de parte da forrageira, durante a qual as frações prontamente disponíveis são exauridas. O substrato remanescente então é degradado a taxas menores até que o resíduo contenha somente a fração não degradável. O efeito combinado desses três estágios produz perfis de degradação representados nas curvas de PG com a forma sigmoidal.

A partir dos dados obtidos com a TPG, modelos matemáticos são utilizados para descrever o comportamento digestivo dos alimentos, caracterizando a degradação da fibra e o crescimento microbiano. France et al. (1993) propuseram um modelo monofásico para ajuste dos parâmetros da extensão de degradação e cinética da fermentação com alto valor preditivo para substratos simples, sendo largamente usado na Inglaterra. No entanto, o desafio dos pesquisadores é a interpretação dos dados obtidos, uma vez que os alimentos contêm uma mistura ampla de nutrientes, e essa heterogeneidade dificulta a compreensão dos parâmetros ajustados matematicamente (Dhanao et al., 1995). Além disso, há interações entre PG com o desaparecimento de massa e os outros produtos da fermentação, como ácidos graxos voláteis e proteína microbiana, o que torna mais complexa a avaliação nutricional das forrageiras (Blümmel et al., 1997b, 1999a e 1999b).

Os efeitos da radiação solar, sombreamento e/ou estação do ano sobre as forrageiras ainda não são muito presentes nos estudos com a TPG. Esses efeitos variam conforme a espécie de forrageira, estágio de maturidade e outras condições ambientais, como temperatura e precipitação (Carvalho, 1998). Pode-se inferir as causas das mudanças na PG e degradação com base nas variações da composição químico-bromatológica e do fracionamento de carboidratos, assuntos que foram discutidos no **Capítulo 1**. Os teores de nutrientes afetam diretamente os parâmetros de extensão da degradação e cinética da fermentação obtidos com a medição da PG. Os resultados de desaparecimento de massa também auxiliam na explicação das variações observadas nas forrageiras. O sombreamento tem menor efeito na qualidade nutricional de gramíneas do que a época, em que há principalmente variação da quantidade de precipitação (Buxton & Fales, 1994). Segundo Carvalho (1998), os resultados encontrados na literatura sobre a influência da radiação luminosa no valor nutricional das forrageiras são controversos. Wilson & Wong (1982) encontraram efeito depressivo do sombreamento na degradabilidade de forrageiras. Castro (1996), ao avaliar seis gramíneas tropicais, também observou que a degradação foi reduzida

com o decréscimo da intensidade luminosa. No entanto, em outros estudos, a concentração da parede celular inferior nessas condições tem refletido no aumento da degradabilidade (Samarakoon et al., 1990 e Kephart & Buxton, 1993). Em relação aos efeitos sazonais, o estresse hídrico da época seca geralmente apresenta efeitos inconsistentes ou de redução da degradabilidade das forrageiras (Buxton & Fales, 1994). Dessommes et al. (2003), ao avaliarem cinco variedades de capim-buffel em duas épocas distintas em que variou a precipitação, não encontraram diferenças na degradabilidade.

O objetivo deste estudo foi determinar a cinética da fermentação e extensão de degradação do capim-buffel pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, de forma a avaliar a influência do sombreamento proporcionado pelas árvores de algaroba associadas, durante a época seca e chuvosa.

## **2.2. Material e Métodos**

### *2.2.1. Substratos*

Nesse estudo foi avaliado o capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba ou em condição de monocultivo, conforme descrito em detalhes na seção 1.2.4 do **Capítulo 1**. A forrageira foi colhida em três locais, sendo dois pontos (A e B) sob a copa das árvores e um ponto (C) sob exposição completa ao sol. As avaliações foram realizadas em duas situações climáticas distintas, sendo uma na época seca, abrangendo os meses de agosto e setembro de 1997 e outra na época chuvosa, abrangendo os meses de março e abril de 1998. As amostras totalizaram 30 unidades experimentais, considerando os três pontos e as duas épocas avaliadas, com cinco repetições.

### *2.2.2. Preparação de amostras*

O processamento da gramínea para análise baseou-se nas metodologias descritas por Silva (1990) e foi realizado CNPF-EMBRAPA. Amostras de capim-buffel foram pré-secas durante 48 h em temperatura de 60°C, moídas passando por peneira de um milímetro e acondicionadas em recipientes herméticos.

### 2.2.3. Fonte de inóculo

Foi utilizado como animal doador de líquido ruminal um macho adulto da raça holandesa, castrado, fistulado no rúmen e com peso de aproximadamente 500 Kg. Quando o experimento foi desenvolvido, o bovino estava sendo alimentado com capim-elefante fresco picado. O consumo era *ad libitum*, suficiente para atender as necessidades de manutenção, sendo fornecida suplementação com dois quilos de concentrado, de forma a compensar as deficiências dos alimentos volumosos, principalmente em proteína.

### 2.2.4. Procedimento Analítico

Para quantificação da PG e estudo da degradação da matéria seca do capim-buffel, utilizaram-se amostras que tiveram por base o material pré-seco preparado nos laboratórios do CNPF-EMBRAPA. As análises foram desenvolvidas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (DZO-EV-UFGM).

Os substratos foram avaliados seguindo o protocolo da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases descrita por Mauricio et al. (1999). As incubações foram conduzidas em recipientes de vidro de 160 mL, em duplicata para cada unidade experimental. Os frascos foram lavados com água destilada e secos e saturados com CO<sub>2</sub> previamente à pesagem de aproximadamente um grama de matéria pré-seca das amostras. Em seguida, adicionou-se aos frascos 90 mL de meio de cultura anaeróbico tamponado, logo após fechando-os com rolhas de borracha e acondicionando-os organizadamente em caixas de isopor, a 4°C em geladeira, favorecendo o processo de pré-hidratação das partículas. O meio de cultura artificial foi formulado no dia anterior à incubação.

Previamente à inoculação, os frascos foram aquecidos a 39°C em estufa. Duas horas antes da alimentação da manhã, quando a variação na composição do conteúdo ruminal é menor, o mesmo foi colhido em diferentes partes do rúmen do bovino, composto de 80% de parte líquida e 20% de parte sólida, tendo sido acondicionado em garrafas térmicas pré-aquecidas e imediatamente levado ao laboratório. Em seguida, foi filtrado em saco de nylon com porosidade de 51 µm. O fluido ruminal resultante foi armazenado em erlenmeyer,

mantido em temperatura controlada de 39°C e agitação sob fluxo constante de CO<sub>2</sub> até o momento da incubação. No tempo zero, com o auxílio de uma seringa plástica, foram adicionados dez mililitros do inóculo homogeneizado em cada frasco contendo meio de cultura e amostra, na mesma ordem estabelecida para as mensurações da TPG.

O interior dos frascos foi saturado com CO<sub>2</sub>, sendo que estes foram fechados com rolhas de borracha e levados para estufa com temperatura controlada de 39°C. O tempo decorrente da colheita de conteúdo ruminal até a inoculação não ultrapassou uma hora, garantindo boas condições de sobrevivência para a população microbiana presente. Adicionalmente foram incubados dois brancos por tratamento. Contendo apenas meio de cultura tamponado e inóculo ruminal, foram usados para corrigir a liberação de gases resultante diretamente do inóculo. Uma amostra com PG conhecida foi usada como referência, permitindo avaliar a qualidade do inóculo ruminal e a validade das análises.

Para realizar as medidas de pressão foi utilizado um transdutor de pressão (tipo T443A, Bailey e Mackey, Birmingham, Inglaterra), conectado a um display visual (Data Track, Christchurch, Inglaterra) e a uma agulha de diâmetro de 0,6 mm. As leituras foram feitas em intervalos regulares ao longo do período do experimento, nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 36, 48, 72 e 96 h após o início da incubação, observando-se maior frequência durante a fase inicial. Os procedimentos para leitura foram realizados o mais rapidamente possível, quando as caixas com os frascos eram retiradas da estufa e a agulha conectada ao transdutor era introduzida na rolha dos mesmos, com a inscrição da pressão visualizada no display feita manualmente, amostra por amostra. O transdutor era retirado deixando a agulha, permitindo o escape dos gases acumulados no interior dos frascos. Após a eliminação das agulhas, os frascos eram agitados levemente para nova homogeneização e retornados para a condição de temperatura controlada de 39°C.

Ao final do tempo de incubação (96 h), os frascos foram retirados da estufa e resfriados rapidamente a 4°C para interromper o processo fermentativo. Os conteúdos dos frascos foram filtrados a vácuo em cadinhos de vidro (porosidade 1) previamente pesados. Em seguida foram secos em estufa a 105°C e novamente pesados. A degradabilidade aparente da matéria seca do capim-buffel foi estimada pela quantificação dos resíduos da fermentação das amostras.

Os dados de pressão obtidos com o transdutor foram convertidos em volume de gases, por meio da equação de regressão específica estabelecida por Maurício et al. (2003) para a condição de altitude de Belo Horizonte (836 m), sendo  $V = -0.004 + 4,43 P + 0.051P^2$  ( $r^2 = 0,99$ ), onde  $V$  é o volume de gases estimado (mL) e  $P$  é a pressão medida nos frascos (psi).

Para estimar a evolução da fermentação microbiana, os dados de volume foram submetidos ao software MLP (Ross, 1980, 1987) para ajuste iterativo das curvas de PG obtidas experimentalmente, usando o modelo de France et al. (1993). A equação é  $Y = A \{1 - \exp [-b (t - L) - c (\sqrt{t} - \sqrt{L})]\}$ , onde  $Y$  denota a PG acumulativa (mL),  $t$  o tempo de incubação (h),  $A$  o volume assintótico de gases estimado (mL),  $b$  uma taxa constante (1/h),  $L$  o tempo de latência (h) e  $c$  uma outra taxa constante ( $h^{-1/2}$ ).

O tempo, em horas, que leva para produzir metade da produção total assintótica de gases ( $T/2$ ) foi calculado usando a equação de France et al. (2000), cuja expressão matemática é  $T/2 = [-c/2 + ((c^2/4 + b(bL + c\sqrt{L} + \ln 2)))^{1/2} ]/2$ , onde  $b$ ,  $c$ ,  $L$  já foram descritos.

A taxa de fermentação  $\mu$  (1/h) é variável ao longo do período de fermentação, e é estimada a partir das taxas  $b$  e  $c$ , de acordo com a equação  $\mu = b + c / (2 \sqrt{t})$ , assumindo  $t \geq L$ ,  $b \geq 0$  e  $c \geq -2 b \sqrt{L}$ . Nesse experimento,  $\mu$  foi calculada no tempo de  $T/2$  e foi obtida pela seguinte equação:  $\mu = b + c / (\sqrt{T/2})$ , onde  $b$ ,  $c$ ,  $T/2$  já foram descritos.

A PG acumulativa foi calculada utilizando os dados médios de volume obtidos a partir das cinco repetições dos tratamentos.

#### 2.2.5. Modelo Estatístico

Para o experimento, os dados de PG e degradação do capim-buffel foram analisados de acordo com o delineamento em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. A descrição em detalhes foi feita no item 1.2.4.

O modelo estatístico utilizado foi:  $Y_{ijk} = m + B_i + C_j + A_k + CA_{jk} + BC_{ij} + e_{ijk}$ , onde:

$Y_{ijk}$  = valor observado na parcela;

$m$  = contraste geral;

$B_i$  = efeito do bloco  $i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$  e 5 ou pool de cada duas árvores (repetições);

$C_j$  = efeito do ponto de amostragem  $j$ ,  $j = 1, 2$  e  $3$  ou pontos A, B e C (parcelas principais);  
 $A_k$  = efeito da época  $k$ ,  $k = 1$  e  $2$  ou época seca e época chuvosa (parcelas secundárias);  
 $CA_{jk}$  = interação entre ponto de amostragem  $j$  e época avaliada  $k$ ;  
 $BC_{ij}$  = efeito residual das parcelas  $ij$ ;  
 $e_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação  $ijk$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância. A interação entre pontos de amostragem e épocas avaliadas, significativa ou não, foi desdobrada e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, através do software Sistemas de Análises Estatísticas - SAEG (UFV, 2002).

### 2.3. Resultados e Discussão

A PG acumulativa média, depois de 24, 48 e 96 h, foi apresentada na **Tabela 2.1**. Observou-se que essa variável, para a época seca, não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os locais de amostragem. Esse resultado indica que a gramínea, desenvolvendo-se em situação de déficit hídrico, apresentou o mesmo valor nutricional independente da maior ou menor luminosidade disponível. No entanto, considerando a época chuvosa, a PG foi diferente ( $P > 0,05$ ) no capim-buffel colhido no ponto C, entre 20 a 35% superior quando comparada à PG da gramínea dos pontos A e B, sendo que os valores para essa variável, nesses pontos, não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre si. Ao se considerar a composição químico-bromatológica, discutida no **Capítulo 1**, não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) no teor de PB, FDN, FDA ou outros componentes da parede celular que pudessem justificar mudanças na PG. Provavelmente a maior PG no ponto C foi devida à menor proporção de LIG e fração C dos carboidratos, o que conferiu características de maior degradabilidade para o capim-buffel ou também à interação de todos esses componentes químicos, acentuadas pela condição de exposição completa ao sol.

Com relação ao efeito de época, houve variação ( $P > 0,05$ ) nos pontos A, B e C, para os três tempos avaliados, sendo que a PG foi superior nas amostras colhidas na época chuvosa, nos três pontos avaliados, à exceção do que ocorreu sob a copa das árvores, no tempo de avaliação de 24 h. Para os pontos A e B, os valores de PG foram semelhantes ( $P > 0,05$ ), independentemente da época avaliada. A diferença de PG ( $P > 0,05$ ) entre a época

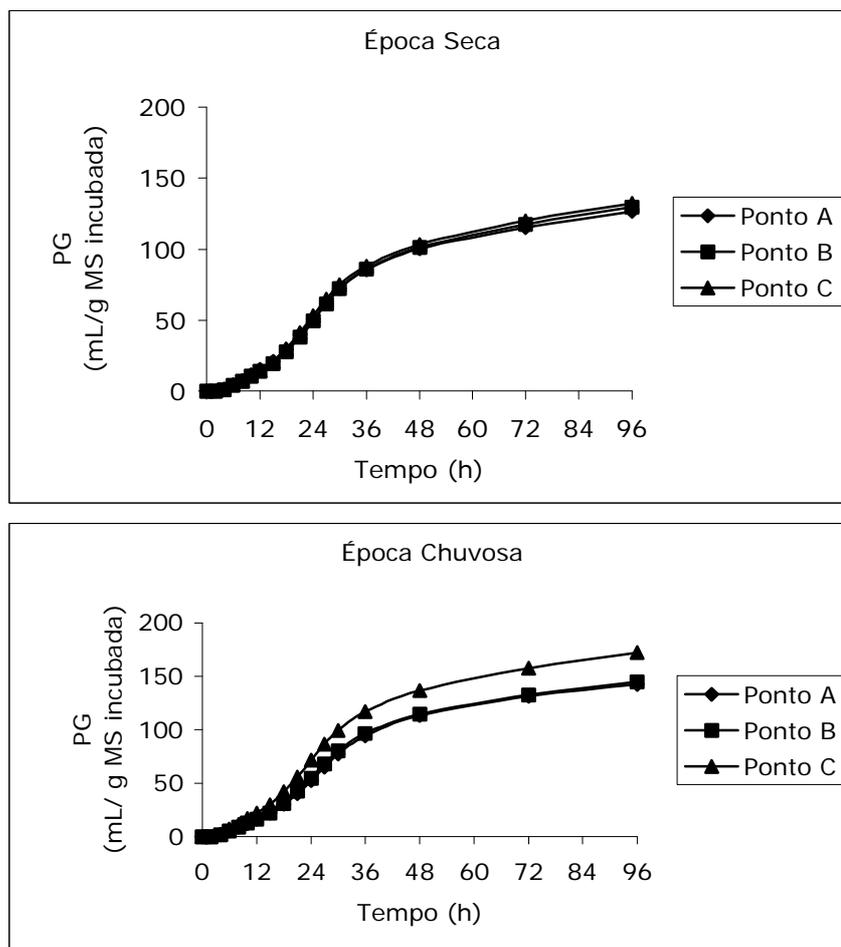
seca e chuvosa variou de dez a 30%, sendo que as diferenças foram maiores considerando o ponto C, em que é evidente ter havido efeito aditivo positivo da luminosidade e disponibilidade de água. O aumento da PG na época chuvosa já era esperado, tendo em vista a redução nos conteúdos de FDN, FDA e LIG, principalmente no ponto C.

**Tabela 2.1** – Produção de gases (PG) acumulativa do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), avaliada nos tempos de 24, 48 e 96 h de incubação, na época seca e chuvosa

Época	Local de amostragem		
	Ponto A	Ponto B	Ponto C
	Produção de gases		
	24 h (mL/g MS incubada)		
Seca	50,6 aA	49,5 aA	53,1 bA
Chuvosa	52,1 aB	54,8 aB	71,4 aA
	48 h (mL/g MS incubada)		
Seca	100,1 bA	101,0 bA	103,9 bA
Chuvosa	113,6 aB	114,6 aB	136,9 aA
	96 h (mL/g MS incubada)		
Seca	126,4 bA	129,5 bA	132,1 bA
Chuvosa	142,5 aB	144,8 aB	172,1 aA

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna, em cada tempo avaliado, indicam haver diferença significativa entre as médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Os perfis de PG do capim-buffel são mostrados na **Figura 2.1**. Pode-se notar que a variação sazonal de precipitação teve mais influência na PG do que o local de amostragem, principalmente para a gramínea crescendo na época chuvosa, como já foi comentado. A sobreposição das curvas na época seca evidencia que a reduzida disponibilidade de água no solo limita a degradação da forrageira, independente do seu local de crescimento. A PG obtida a partir do capim-buffel colhido na época chuvosa é maior do que a mesma variável mensurada na gramínea colhida na época seca. Nessa condição, a forrageira colhida no ponto C se destaca em relação às amostras colhidas nos pontos A e B, apresentando PG superior.



**Figura 2.1** – Produção acumulativa de gases do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa.

Avaliando o aspecto das curvas de PG, em qualquer época, podemos notar que o volume assintótico de gases é praticamente atingido até as 96 h de incubação. A pequena variação na PG a partir das 48 h, principalmente considerando forrageiras, reflete a diminuição brusca da degradação que ocorre do material incubado com o avanço do tempo. Alguns autores defendem as incubações de longo prazo porque as mensurações realizadas refletem a degradabilidade potencial dos substratos, sendo que essas medidas têm uma boa aproximação com as curvas assintóticas de PG (López et al., 1998). À medida que a fração potencialmente degradável da FDN vai sendo consumida, o aumento da proporção de LIG na matriz fibrosa acentua a indisponibilidade do substrato e torna a degradação muito mais lenta, prejudicando o aproveitamento da fibra e reduzindo a PG potencial (Vieira et al.,

1997). Além disso, as incubações de longo prazo têm a influência do *turnover* microbiano acentuado, o que pode complicar a interpretação dos perfis de PG acumulativa. Stefanon et al. (1996) e Longland et al. (1995) afirmaram que a depleção do substrato deve ser evitada, já que isso ocasiona uma maior lise microbiana, com a liberação de pequenas quantidades de substrato aproveitáveis pelos microrganismos remanescentes, provocando o confundimento da contribuição gasogênica da amostra de alimento avaliada.

Na **Tabela 2.2** estão apresentados os dados do capim-buffel referentes à cinética da fermentação obtidos com o modelo de France et al. (1993) e sua degradação aparente. A PG potencial (A), durante a época seca, não variou ( $P>0,05$ ) entre os pontos amostrados, com valor médio de 138 mL. Durante a época chuvosa, observaram-se diferenças ( $P>0,05$ ) entre os pontos amostrados, em resposta à variação da luminosidade, com superioridade favorável à gramínea crescendo em condição de exposição completa ao sol (ponto C). Entre os pontos A e B não foi observada diferença ( $P>0,05$ ) entre os valores. A variação foi de 20% (183 vs. 155 mL) entre o ponto C e os pontos A e B. À semelhança do que ocorreu para a PG mensurada nos tempos de 24, 48 e 96 h discutida anteriormente, a PG potencial (A) superior na gramínea colhida no ponto C pode ter sido devida ao menor conteúdo de LIG em condição de maior luminosidade, provavelmente pelo efeito da diluição desse componente na maior produção de matéria seca da forrageira.

Comparando-se a variável A para o efeito de época, observou-se resposta da PG à precipitação. A maior disponibilidade de água no solo favoreceu A, sendo que essa variável foi superior na época chuvosa para todos os pontos de amostragem considerados. A diferença foi de 15% para os pontos A e B e 30% para o ponto C. Pode-se perceber o efeito aditivo benéfico da maior intensidade de radiação luminosa com a maior disponibilidade de água no solo. O menor conteúdo de FDN, FDA e LIG na época chuvosa, principalmente no ponto C, explica os resultados obtidos.

O tempo de latência (L) não variou ( $P>0,05$ ) em resposta ao local de amostragem na época seca, apresentando valor médio de 5,8 h. A deficiência de carboidratos de rápida degradação que suportam a necessidade de energia prontamente disponível para a população microbiana aderir às partículas sugere a causa para que o processo de degradação não tenha iniciado imediatamente após a incubação (Nogueira Filho et al., 2000). Para a época chuvosa, entre os pontos A e C houve diferenças ( $P>0,05$ ) para essa

variável. No ponto C, com a maior exposição ao sol, L foi menor, coincidindo com o menor conteúdo de LIG nessa condição, o que pode explicar esse resultado.

**Tabela 2.2** – Produção potencial de gases (A), tempo de latência (L), tempo para atingir metade da produção assintótica de gases (T/2), taxa fracional de produção de gases ( ) e degradação aparente (DA) do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa

Local de amostragem					
	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Média	Desvio padrão
Época	Parâmetros cinéticos e de degradação				
	Produção de gases potencial (mL/g MS incubada)				
Seca	134,5 bA	138,6 bA	140,5 bA	137,8	3,1
Chuvosa	155,3 aB	156,3 aB	183,2 aA	164,9	15,8
	Tempo de latência (h)				
Seca	5,6 aA	5,9 aA	5,8 aA	5,77	0,15
Chuvosa	5,8 aA	5,7 aAB	5,3 bB	5,60	0,26
	Tempo para atingir metade da produção assintótica de gases (h)				
Seca	30,6 aA	31,7 aA	31,0 aA	31,10	0,56
Chuvosa	32,6 aA	31,9 aA	30,1 aA	31,53	1,29
	Taxa de fermentação (%/h, taxa calculada em T/2)				
Seca	2,14 aA	2,06 aB	2,11 aAB	2,10	0,04
Chuvosa	2,00 aB	2,04 aB	2,18 aA	2,07	0,09
	Degradação aparente (%MS)				
Seca	40,0 bA	41,7 bA	42,9 bA	41,5	1,45
Chuvosa	47,1 aB	46,5 aB	53,7 aA	49,1	4,03

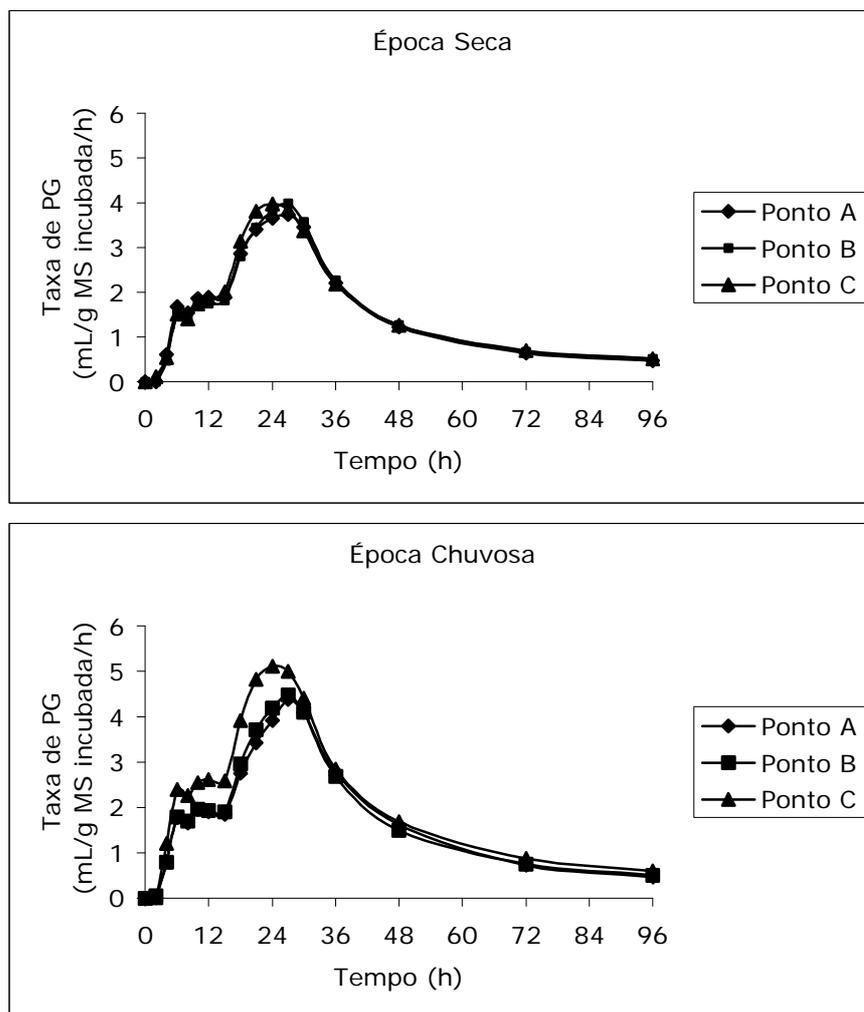
Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para cada parâmetro avaliado, indicam haver diferença significativa entre as médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação à sazonalidade climática, para os pontos A e B não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre épocas para L, com valor médio de 5,7 h. Para o ponto C, L foi menor na época chuvosa (5,3 vs. 5,8 h), provavelmente consequência do menor conteúdo de parede celular e LIG. Com relação ao tempo para atingir metade da produção assintótica de gases (T/2), essa variável não mostrou diferença ( $P > 0,05$ ) devido aos efeitos experimentais de local de amostragem ou época, apresentando valor médio de 31 h.

Comparando-se o comportamento cinético da fermentação da gramínea em cada ponto nas duas épocas avaliadas, observou-se que não houve grande variação em , apesar de terem ocorrido diferenças na composição químico-bromatológica e no fracionamento de

carboidratos do capim-buffel com a variação dos efeitos experimentais. A variável  $k$ , expressa na unidade %/h, variou ( $P>0,05$ ) de 2,00 a 2,18, o que, na prática, representa mudanças mínimas e insignificativas. Diferenças ( $P>0,05$ ) em  $k$ , calculada no  $T/2$ , ocorreram em função de local de amostragem, mas não em função de época avaliada. Durante a época seca, a taxa foi ligeiramente maior (3%) para a gramínea colhida nos pontos A e C em relação ao ponto B (2,14 e 2,11 vs. 2,06). Ao se considerar a época chuvosa, o ponto C proporcionou  $k$  superior (8%) a taxa mensurada na gramínea coletada nos pontos A e B (2,18 vs. 2,02). Percebeu-se que não havendo limitação de água, o capim-buffel, crescendo em condição de luz intensa, apresentou melhores características para degradação microbiana. Pode-se perceber a relação inversa que há entre  $k$  e  $L$ , sendo que no ponto C, o tempo de latência foi menor e a taxa fracional maior, ao contrário do que ocorreu nos pontos A e B.

Na **Figura 2.2** são apresentados os perfis de  $k$  para o capim-buffel. Durante a época seca, não foram observadas diferenças para essa variável entre locais de amostragem, o que pode ser confirmado com a justaposição das curvas. Na época chuvosa,  $k$  foi ligeiramente superior ( $P>0,05$ ) para o ponto C. Ao se comparar o efeito da sazonalidade climática, para os mesmos pontos e tempos avaliados,  $k$  foi superior ( $P>0,05$ ) durante a época chuvosa. Muitos fatores provavelmente influenciaram  $k$ . Os fatores intrínsecos aos substratos dizem respeito às características dos nutrientes, proporção dos tecidos, frações de carboidratos e a extensão da lignificação da parede celular (Nagadi et al., 2000). Isto implica que a maioria das diferenças já observada não pode ser atribuída somente à variação de um componente químico isolado.



**Figura 2.2** – Taxa de produção de gases do capim-buffel, cultivado sob a copa das árvores de algaroba (pontos A e B) e na condição de monocultivo (ponto C), na época seca e chuvosa.

Pode-se deduzir, observando-se os perfis de  $\text{PG}$ , obtidos a partir da fermentação dos substratos avaliados, que estes são heterogêneos, uma vez que há dois picos parciais, sendo que o primeiro pico ocorreu por volta das 12 h após o início da incubação, provavelmente consequência da degradação e fermentação dos componentes solúveis da forrageira. Nesse período, a PG diretamente do alimento incubado é pequena, sendo os resultados coerentes com a fase de latência.

O aumento brusco de  $\text{PG}$ , algumas horas após esse período indica a disponibilização de parte dos substratos para os microrganismos, o que lhes propiciou condições para alta

taxa de crescimento e metabólica. O segundo pico em foi observado com aproximadamente 24 h de incubação, correspondendo provavelmente aos gases gerados a partir de compostos de média degradabilidade, principalmente carboidratos da parede celular. Seqüencialmente, a fração lentamente degradável foi responsável pela PG nas horas restantes.

Pode-se observar como após 30 h foi rápida e contínua a queda na taxa, sendo possível presumir a redução na quantidade dos substratos disponíveis e maiores dificuldades na degradação e fermentação do capim-buffel. A esse respeito, já era esperado que a população microbiana, por falta de nutrientes no meio, tivesse se reduzido, o que diminuiu a PG. O aumento da proporção da fração não degradável e a ação tóxica de compostos fenólicos, como a lignina, impõem barreiras químicas para a fermentação dos substratos (Cornu et al., 1994). As limitações na degradação e fermentação também podem ser de natureza estrutural, já que diferenças na anatomia e proporção dos tecidos da planta interferem no acesso microbiano aos substratos e conseqüentemente no processo fermentativo.

Observou-se que no tempo de 96 h não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os pontos A, B e C para DA na época seca, sendo que nessa situação o valor médio foi de 42%. Nota-se então que as árvores, e conseqüentemente o sombreamento proporcionado, não influenciaram na degradação da gramínea quando houve reduzida disponibilidade hídrica no solo. Já na época chuvosa, a DA foi superior ( $P>0,05$ ) no ponto C (54%), não sendo observada variação entre os pontos A e B (47%). A diferença na intensidade de radiação luminosa entre os locais de amostragem induziu diferenças nas características de fermentação do capim-buffel provavelmente devido à mudança na sua composição químico-bromatológica e proporção dos tecidos vegetais. Essas variáveis foram discutidas no **Capítulo 1**. A DA está bastante relacionada com os teores de lignina e fração C, mostrando relação inversa com essas variáveis. Em relação ao efeito de época, observa-se que a degradação aparente média da gramínea colhida nos três pontos, na época chuvosa, foi aproximadamente 20% superior ( $P>0,05$ ) em relação à época seca, provavelmente conseqüência do menor conteúdo de material fibroso indisponível para os microrganismos. O acréscimo na degradação do capim-buffel, e conseqüentemente no potencial de aproveitamento dos seus nutrientes quando a escassez de água é menor, situação observada

no presente experimento, é consistente com a grande maioria dos resultados encontrados na literatura. No entanto, Ronquillo et al. (1998), avaliando o capim-buffel em duas épocas distintas em que diferiu a precipitação, não constataram diferença na degradabilidade da matéria seca. No entanto, ficou evidente a relação direta entre PG e degradação, observando-se que o volume de gases produzido foi proporcional à quantidade de matéria seca degradada do capim-buffel.

Castro (1996) defende a hipótese de que as árvores, ao promoverem o sombreamento das pastagens, reduziram os extremos microclimáticos, favorecendo a elevação do conteúdo protéico e, conseqüentemente, a degradação da forrageira produzida. No entanto, além de não ter sido observada diferença no conteúdo de PB bruta em função do local de amostragem, como já foi relatado no **Capítulo 1**, Samarakoon et al. (1990), afirmaram que não é possível generalizar, muito menos prever o comportamento da degradabilidade de uma determinada espécie quando cultivada em reduzida intensidade de radiação luminosa, pois o efeito do sombreamento sobre a digestibilidade pode ser positivo, negativo ou ainda nulo.

A explicação para isso está relacionada à diferença sazonal de precipitação na composição químico-bromatológica e arranjo dos componentes celulares do capim-buffel. A proporção de parede celular foi diferente, com maiores conteúdos de FDN, FDA e LIG na época de escassez de chuvas. A LIG é considerada a entidade primária limitante da degradação de forrageiras por causa do seu efeito negativo na quebra da parede das células vegetais (Jung et al., 1995 e Van Soest, 1994). Mesmo um pequeno aumento no seu teor, especialmente em forrageiras com maior estágio de maturação, tem efeito negativo sobre a degradabilidade e esse é provavelmente o motivo para a menor DA observada na época seca, já que a sua associação com os carboidratos estruturais reduz a hidratação das partículas e o acesso das enzimas dos microrganismos ao substrato potencialmente disponível (Mero & Udén, 1997). Os mecanismos que fazem com que a LIG e outros compostos fenólicos influenciem a degradação e fermentação da parede celular estão relacionados à indisponibilização dos lugares potenciais de ligação dos microrganismos ou de suas enzimas (Martin & Martin, 1983) às células vegetais. Deve-se ressaltar, porém, que a LIG não é a única responsável pela restrição ao aproveitamento das gramíneas. No presente trabalho, a deficiência em fontes de energia prontamente disponíveis, o que pode

ser comprovado com o baixo conteúdo de fração A+B<sub>1</sub> discutido no **Capítulo 1**, pode ter reduzido o aproveitamento da fibra. Além disso, a maioria das diferenças observadas não pode ser atribuída somente à variação no teor de LIG, e sim a uma complexa interação de nutrientes, na qual esse composto exerce influência bastante significativa, porém aditiva a outros fatores, por exemplo, a estrutura da parede celular e proporção de tecidos das plantas.

## 2.4. Conclusões

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases foi eficiente para revelar os efeitos do sombreamento proporcionado pelas árvores de algaroba sobre a cinética da fermentação e extensão da degradação do capim-buffel. Os resultados foram influenciados pela disponibilidade de água no solo em decorrência das variações na precipitação.

O sombreamento proporcionado pela algaroba alterou negativamente os parâmetros cinéticos da fermentação e de extensão de degradação do capim-buffel, mas somente na época chuvosa. Esses resultados indicam melhoria do valor nutricional da gramínea colhida na área de exposição intensa ao sol. Durante a época seca, como não houve diferenças para as variáveis analisadas no capim-buffel entre os pontos amostrados debaixo das árvores de algaroba ou em exposição completa ao sol, pode inferir que a disponibilidade de água no solo foi o fator determinante e que essa característica climática é uma limitação da melhoria do valor nutricional da forrageira. Do ponto de vista bioquímico, possivelmente as rotas metabólicas dos microrganismos durante o processo fermentativo dos substratos foram mantidas, uma vez que não houve grandes variações na composição químico-bromatológica da gramínea.

Com os resultados obtidos, pode-se perceber que, o primeiro fator limitante para o valor nutricional da forrageira foi a disponibilidade de água, seguido pelo sombreamento. Esses efeitos se complementam e têm efeito aditivo pronunciado.

A associação do capim-buffel com a algaroba não apresentou vantagens para a melhoria dos parâmetros de extensão da degradação e cinética da fermentação do capim-buffel.

## 2.5. Referências Bibliográficas

AEROGHEORE, E.M. Chemical composition and nutritive value of some tropical by-product feedstuffs for small ruminants – *in vivo* an *in vitro* digestibility. **Animal Feed Science**, v.85, p.99-109, 2000.

AYERSA, R. **El buffel grass: utilidad y manejo de una promisoría gramínea**. Buenos Aires, 1981. 139p.

BLÜMMEL, M.; AIPLE, K.P.; STEINGASS, H. et al. A note on the stoichiometrical relationship of short chain fatty acid production and gas formation *in vitro* in feedstuffs of widely differing quality. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.81, p.157-167, 1999a.

BLÜMMEL, M.; MGOMEZULU, R.; CHEN, X.B. et al. The modification of an *in vitro* gas production test to detect roughage related differences in *in vivo* microbial protein synthesis as estimated by the excretion of purine derivatives. **Journal of Agricultural Science**, v.133, p.335-340, 1999b.

BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revisited. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.77, p.24-34, 1997a.

BLÜMMEL, M.; STEINGASS, H.; BECKER, K. The relationship between *in vitro* gas production, *in vitro* microbial biomass yield and <sup>15</sup>N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. **British Journal Nutrition**, v.77, p.911-921, 1997b.

BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEY, G.C.; MOSER, L.E.; MERTENS, D.R. et al (Eds.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.155-199.

CARVALHO, M.M. 1998. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 37p. (Documento 64).

CASTRO, C.R.T. **Tolerância de gramíneas forrageiras tropicais ao sombreamento**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 245p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia/ Universidade Federal de Viçosa, 1996.

CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H.; VISSCHER, G.J.W. et al. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus. **Animal Feed Science and Technology**, v.61, p.113-128, 1996.

CORNU, A.; BESLE, J.M.; MOSONI, P et al. Lignin and applications of an automated time related gas production test for the *in vitro* study of fermentation kinetics in the rumen. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, v.1, p.25-37, 1994.

DHANOVA, M.S.; FRANCE, J.; SIDONS, R.C. et al. A non-linear compartmental model to describe forage degradation kinetics during incubation in polyester bags in the rumen. **British Journal Nutrition**, v.73, p.3-15, 1995.

DESSOMMES, G.J.; LOZANO, R.G.R.; FOROUGHBAKHCH, R. et al. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomíticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). **Técnica Pecuaria en México**, v.41, p.209-218, 2003.

FRANCE, J.; DHANOVA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, p.99-111, 1993.

FRANCE, J.; DIJKSTRA, J.; DHANOVA, M.S. et al. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of the gas production profiles observed *in vitro*: Derivation of models and other mathematical considerations. **British Journal Nutrition**, v.83, p.43-150, 2000.

GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S. et al. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.261-281, 1998.

HIDAYAT, K.H.; NEWBOLD, C.J.; STEWART, C.S. The contributions of bacteria and protozoa to ruminal forage fermentation *in vitro*, as determined by microbial gas production. **Animal Feed Science and Technology**, v.42, p.193-208, 1993.

JUNG, H.J.; MORRISON, T.A.; BUXTON, D.R. Effect of maize internode lignification on *in vitro* cell wall polysaccharide degradability. **Annales de Zootechnia**, v.44, p.34, 1995.

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality responses of C3 e C4 perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, p.831-837, 1993.

LONGLAND, A.C.; THEODOROU, M.K.; SANDERSON, R. et al. Non-starch polysaccharide composition and *in vitro* fermentability of tropical forage legumes varying in phenolic content. **Animal Feed Science and Technology**, v.55, p.161-177, 1995.

LÓPEZ, S.; CARRO, M.D.; GONZÁLEZ, J.S.; OVEJERO, F.J. Comparison of different *in vitro* and *in situ* methods to estimate the extent and rate of degradation of hays in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, v.73, p.99-113, 1998.

MARTIN, J.S.; MARTIN, M.M. Tannin assays in ecological studies. Precipitation of ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase by tannic acid, quebracho and oak foliage extracts. **Journal of Chemical Ecology**, v.9, p.285-294, 1983.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.

MAURICIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.2, p.216-219, 2003.

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

MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. **Journal of Agricultural Science**, v.93, p.217-222, 1979.

MERO, R.N.; UDÉN, P. Promising tropical grasses and legumes as feed resources in Central Tanzania II. *In sacco* rumen degradation characteristics of four grasses and legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v.69, p.341-352, 1997.

MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: CABI Publishing, 1993. p. 13-51.

MERTENS, D.R. 1996. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGES INDUSTRIES, 1996, Wisconsin. **Proceedings...** Wisconsin, 1996. p.81-92.

NAGADI, S.; HERRERO, M.; JESSOP, N.S. The effect of fermentable nitrogen availability on *in vitro* gas production and degradability of NDF. **Animal Feed Science and Technology**, v.87, p.241-251, 2000.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.

NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; FONDEVILA, M.; URDANETA, A.B. et al. *In vitro* microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. **Animal Feed Science**, v.83, p.145-157, 2000.

NSAHLAI, I.V.; UMUNNA, N.N. Comparison between reconstituted sheep faeces and rumen fluid inocula and between *in vitro* and *in sacco* digestibility methods as predictors of intake and *in vivo* digestibility. **Journal of Agricultural Science**, v.126, p. 235-248, 1996.

ODENYO, A.A.; OSUJI, P.O.; KARANFIL, K.A. Microbiological evaluation of *Acacia angustissima* as a protein supplement for sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.65, p.99-112, 1997.

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

PEREIRA, J.C.; GONZÁLEZ, J.; OLIVEIRA, R.L. et al. Cinética de degradação ruminal do bagaço de cevada submetido a diferentes temperaturas de secagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1125-1132, 1999.

QUEIROZ, A.C.; BARBOSA, M.A.; RESENDE, F.D. et al. Suplementação da palhada de milho na alimentação de bovinos. 1. Consumo, taxa de passagem da matéria seca, degradação *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.381-389, 1998.

QUEIROZ, D.S.; GOMIDE, J.A.; MARIA, J. Avaliação da folha e colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 1. Digestibilidade *in vitro* e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.53-60, 2000.

RIBASKI, J. **Influência da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW.) DC.) sobre a disponibilidade e qualidade da forragem de capim-búfel (*Cenchrus ciliaris* L.) na região semi-árida brasileira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. 165p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal/ Universidade Federal do Paraná, 2000.

RONQUILLO, M.G.; FONDEVILA, M.; URDANETA, A.B. et al. In vitro gas production from buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) fermentation in relation to the cutting interval, the level of nitrogen fertilization and the season of growth. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.19-32, 1998.

ROSS, G.J.S. **MLP Maximum Likelihood Program.**, Harpenden: Rothamsted Experimental Station, 1980. (Manual).

ROSS, G.J.S. **MLP Maximum Likelihood Program** Version 3.08. Harpenden: Oxford Numerical Algorithms Group, 1987. (Floppy).

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

RUSSELL, J. Strategies that ruminal bacteria use to handle excess carbohydrate. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1955-1963, 1998.

RUSSEL, J.B.; HESPELL, R.B. Microbial rumen fermentation. **Journal of Dairy Science**, v.64, n.6, p.1153-1169, 1981.

SAMARAKOON, S.P. SHELTON, H.M.; WILSON, J.R. Voluntary feed intake by sheep and digestibility of shaded *Stenotaphrum secundatum* and *Pennisetum clandestinum* herbage. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.143-150, 1990.

SILVA, D.J. **Análises de alimentos - Métodos químicos e biológicos**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1990. 165p.

SMITH, L.W.; GOERING, H.K.; WALDO, D.R. et al. *In vitro* digestion rate of forage cell wall components. **Journal of Dairy Science**, v.54, n.1, p.71-76, 1971.

SMITH, L.W.; GOERING, H.K.; GORDON, C.H. Relationships of forage composition with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. **Journal of Dairy Science**, v.55, n.8, p.1140-1147, 1972.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

STEFANON, B.; PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Effect of maturity on digestion kinetics of water-soluble and water-insoluble fractions of alfalfa and brome hay. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1104-1115, 1996.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

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

TRAXLER, M.J.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J. et al. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1469-1480, 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas**. Versão 8.1. Viçosa: 2002. (Cd-rom).

VALENTIN, S.F.; WILLIAMS, P.E.V.; FORBES, J.M. et al. Comparison of the *in vitro* gas production technique and the nylon bag degradability technique to measure short- and long-term processes of degradation of maize silage in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.78, p.81-99, 1999.

VAN MILGEN, J. BERGER, L.L.; MURPHY, J. An integrated dynamic model of feed hydration and digestion, and subsequent bacterial mass accumulation in the rumen. **British Journal Nutrition**, v.70, p.471-483, 1993.

VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the Ruminants**. 2.ed., New York: Cornell University Press. 476p.

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Application of non-linear models in the description of *in situ* degradation profiles of the elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety). **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p.197-210, 1997.

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

WILMAN, D.; AHMAD, N. *In vitro* digestibility, neutral detergent fibre, lignin and cell wall thickness in plant parts of three forage species. **Journal of Agricultural Science**, v.133, p.103-108, 1999.

WILSON, J.R.; WONG, C.C. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and Siratro pastures. **Australian Journal Agricultural Research**, v.33, p.937-949, 1982.

## CONCLUSÃO GERAL

A mensuração do volume de gases e degradação aparente do capim-buffel, através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, aliada à determinação da composição químico-bromatológica e fracionamento de carboidratos, foram eficientes para avaliar a influências do sombreamento proporcionado pela algaroba sobre o valor nutricional da forrageira em estudo. Os resultados foram influenciados pela disponibilidade de água no solo em decorrência das variações na precipitação.

A associação do capim-buffel com a algaroba não alterou a composição químico-bromatológica e o fracionamento de carboidratos da gramínea, exceto pelos teores de material indisponível, que aumentaram na época chuvosa na gramínea colhida sob a copa das árvores de algaroba, em consequência do sombreamento, provavelmente pela mudança no metabolismo sintético da planta. Além disso, a redução da radiação solar alterou negativamente os parâmetros cinéticos da fermentação e de extensão de degradação do capim-buffel, mas somente na época chuvosa. Esses resultados indicam melhoria do valor nutricional da gramínea colhida na área de exposição intensa ao sol, quando a precipitação é maior.

Os parâmetros de produção de gases e extensão da degradação do capim-buffel foram favorecidos pela redução no conteúdo de material indisponível ocorrido na época chuvosa, verificada pela determinação da composição químico-bromatológica e fracionamento de carboidratos. A ausência de variações na época seca foi consequência da provável estabilização do metabolismo da planta, provocada pela reduzida disponibilidade de água no solo.

Com os resultados obtidos, pode-se perceber que, o primeiro fator limitante para o valor nutricional da forrageira foi a disponibilidade de água no solo, seguida pelo sombreamento. Esses efeitos se complementam e têm efeito aditivo pronunciado.