



## Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-braquiária cultivado em consórcio com milho

Fernando de Paula Leonel<sup>1</sup>, José Carlos Pereira<sup>2</sup>, Marcone Geraldo Costa<sup>1</sup>, Paulo De Marco Júnior<sup>3</sup>, Luciano Aurélio Lara<sup>4</sup>, Augusto César de Queiroz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Zootecnia/UFV.

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia/UFV.

<sup>3</sup> Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese/DBG/ICB//UFG.

<sup>4</sup> Consultor em Agropecuária.

**RESUMO** - Com o objetivo de estudar o comportamento produtivo do consórcio capim-braquiária e milho, foram avaliadas as características bromatológicas da planta inteira e das frações folha e colmo do capim-braquiária produzido de diferentes arranjos de semeadura. Avaliaram-se as produções de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) por área e os teores de PB, proteína bruta digestível (PBD), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG) carboidratos não-fibrosos (CNF) e NDT na MS da forrageira e a relação folha:colmo (F:C) em diferentes arranjos de semeadura e idades das culturas. Os arranjos de semeadura testados foram: duas fileiras do capim-braquiária nas entrelinhas do milho; semeadura a lanço do capim-braquiária nas entrelinhas do milho; uma fileira do capim-braquiária na mesma fileira do milho; uma fileira do capim-braquiária nas entrelinhas do milho; capim-braquiária em cultivo exclusivo e milho em cultivo exclusivo. O efeito da idade das culturas foi avaliado em amostras de plantas colhidas aos 128, 141, 174 e 199 dias após o plantio. As maiores produções de MS, PBD e de NDT por hectare foram obtidas com o capim-braquiária em cultivo exclusivo. Durante o período em que o sombreamento da cultura do milho sobre o dossel do capim-braquiária foi mais intenso, a relação folha:colmo do capim-braquiária em consórcio foi menor que a do capim cultivado na forma exclusiva. As forrageiras oriundas dos arranjos com maior sombreamento (capim-braquiária semeado a lanço nas entrelinhas do milho e uma fileira de capim-braquiária na mesma fileira do milho) foram menos produtivas e apresentaram maiores teores de PB na MS. Em média, a fração folha apresentou maiores teores de PB e menores teores de FDN e lignina em comparação à fração colmo, independentemente do arranjo de semeadura. O consórcio capim-braquiária e milho não influenciou os teores de lignina, carboidratos não-fibrosos e nutrientes digestíveis totais na matéria seca do capim-braquiária, no entanto, a idade teve efeito sobre essas variáveis. A produtividade do milho não foi afetada pelo consórcio em nenhum dos arranjos.

Palavras-chave: agricultura, composição bromatológica, integração, pecuária, recuperação de pastagens

## Productive performance and nutritional characteristics of signal grass intercropped with corn

**ABSTRACT**- The objective of this work was to evaluate the chemical characteristics of the whole plant and the leaf and stem fractions of signal grass in different sowing arrangements to determine the productive performance of the corn/signal grass intercrop. The production of dry matter (DM), crude protein (CP) and total digestible nutrients (TDN) per area was evaluated, as well as the concentration of CP, digestible crude protein (CPD), neutral detergent insoluble crude protein (NDICP), neutral detergent fiber (NDF), lignin (LIG) non-fiber carbohydrate (NFC) and TDN in DM and the leaf:stem ratio (L:S) at different sowing arrangements and culture age. The sowing arrangements tested were: two lines of signal grass in the corn inter-lines, hand-sowed signal grass in the corn inter-lines, one line of signal grass in the same line of corn, one line of signal grass in the corn inter-lines, exclusive signal grass and exclusive corn culture. The culture age effect was evaluated by sampling plants at 128, 141, 174 and 199 days after sowing. The largest production of DM, CPD and TDN was obtained for signal grass in exclusive culture. During the period when the corn culture shadowed the signal grass, the leaf:stem ratio of intercropped signal grass was lower than the signal grass in exclusive culture. Forages from arrangements with higher shadowing (hand-sowed signal grass and one line of signal grass at the same line of corn) were less productive and presented higher CP concentration in the DM. In general, higher concentrations of CP and lower of NDF and LIG were found in the leaf fraction in relation to the stem fraction, regardless the sowing arrangements. The intercrop did not affect the LIG, NFC and TDN concentration in the DM of the signal grass, but the age had an effect on these variables. The corn production was not affected by the intercrop or by the different arrangements.

Key Words: agriculture, cattle, chemical composition, intercrop, recovery of degraded pastures

## Introdução

Alguns trabalhos têm comprovado o benefício da integração agricultura e pecuária (Portes et al., 2000; Yokoyama et al., 1998; Oliveira et al., 1996), todavia, quase todos se atêm apenas a estudar características quantitativas, principalmente os efeitos sobre a produção da cultura agrícola, não priorizando o estudo das características quantitativas (produção de matéria seca) e qualitativas (valor nutritivo) da forrageira.

O sombreamento reduz a produção de forragem, sobretudo em espécies com “rotas metabólicas C<sub>4</sub>”, como as gramíneas tropicais, entre elas, as espécies do gênero *Brachiaria ssp.* (Frank & Hofman 1994; Davies & Thomas, 1983). Além disso, o sombreamento reduz os componentes da parede celular das plantas por diminuir a produção de fotoassimilados, precursores desses componentes (celulose, hemicelulose, lignina e outros) (Kephart & Buxton, 1993; Wilson & Wong, 1982). Esses componentes geralmente são indigeríveis ou de digestibilidade lenta e podem afetar de forma negativa a digestibilidade de frações mais digestíveis, como o conteúdo celular, por dificultar a acessibilidade dos microrganismos ruminais a essas frações (Van Soest, 1994). Assim, em tese, a competição por luz diminui a produção de matéria seca, mas pode promover aumento na digestibilidade do material produzido.

A competição entre plantas por água e nutrientes, quando esses recursos são escassos, também afetam negativamente a taxa de crescimento das plantas e pode reduzir a deposição dos componentes da parede celular. Tem-se sugerido que o estresse hídrico pode promover aumento na digestibilidade de MS de forrageiras, como consequência da elevação na relação folha:colmo e da melhoria na digestibilidade dessas duas frações (Buxton & Fales, 1994).

Assim, objetivou-se com este experimento avaliar as produções de matéria seca, proteína e nutrientes digestíveis totais por área e a composição bromatológica da planta inteira e das frações folha e colmo do capim-braquiária cultivado exclusivamente ou em consórcio com milho para produção de grãos.

## Material e Métodos

As culturas foram estabelecidas em plantio direto em Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico, de média fertilidade, em Coimbra, Minas Gerais (20°51'S, 42°48'W, altitude de 653 m), em área da Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (DFT/UFV).

O clima da região, de acordo com classificação de Köpen, é do subtipo Cwb, mesotérmico, com verões brandos, estações chuvosas no verão e invernos secos (Figura 1).

A calagem e adubação de plantio foram realizadas de maneira uniforme na área, conforme análise química do solo: pH 5,6; MO 2,07 dag/kg; P e K 7,1 e 59 mg/dm<sup>3</sup>, respectivamente, Ca, Mg, H+Al e CTC 2,3; 0,6; 2,6 e 4,65; respectivamente, segundo recomendações básicas para a cultura do milho.

Quinze dias antes da semeadura das culturas, feita com semeadora específica para plantio direto, foi realizado um levantamento prévio das plantas daninhas infestantes da área experimental e, posteriormente, realizou-se a dessecação química dessas invasoras com herbicidas sistêmicos (glyphosate + 2,4-D). Para o plantio do milho (AG122), realizado no dia 13 de novembro de 2002, a semeadora foi regulada para obter população de 50.000 plantas/ha. O plantio de *Brachiaria brizantha*, cv. MG5, foi realizado nas entrelinhas do milho ou na linha, de acordo com arranjo estudado, com densidade de 3 kg/ha de sementes puras viáveis, e com 1,5 a 2,0 cm de profundidade, adaptando-se semeadora de plantio direto.

Aos 40 dias após a semeadura, foi feita adubação de cobertura com nitrogênio (100 kg/ha) aplicado na forma de uréia. O manejo fitossanitário e os demais tratamentos culturais seguiram as recomendações técnicas para a cultura do milho (Fancelli & Dourado Neto, 2000). A colheita do milho foi realizada aos 141 dias após o plantio com colhedora de uma linha acoplada à tomada de força do trator, deixando-se a palhada distribuída nas parcelas juntamente com a forrageira.

Em razão da uniformidade da área, adotou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro repetições, separadas entre si por bordadura de 1 m. As unidades experimentais foram parcelas de 120 m<sup>2</sup>, constituídas de oito fileiras de milho de 15 m de comprimento, com espaçamento de 1 m para o milho. A área útil das parcelas foi de 10 m<sup>2</sup>, localizados ao centro das parcelas. A partir da semeadura, foram estabelecidos os diferentes arranjos de ambas as espécies que foram alocados nas parcelas e constituídos por: semeadura de uma fileira de milho e capim-braquiária na mesma fileira do milho (M+1FBL); semeadura de uma fileira do capim-braquiária nas entrelinhas do milho (M+1FBEL); semeadura de duas fileiras do capim-braquiária nas entrelinhas do milho (M+2FBEL); semeadura a lanço do capim-braquiária nas entrelinhas do milho (M+BLAN). Também o capim-braquiária e o milho foram estabelecidos em cultivos exclusivos como parcelas adicionais, denominados BCE e MCE, respectivamente,

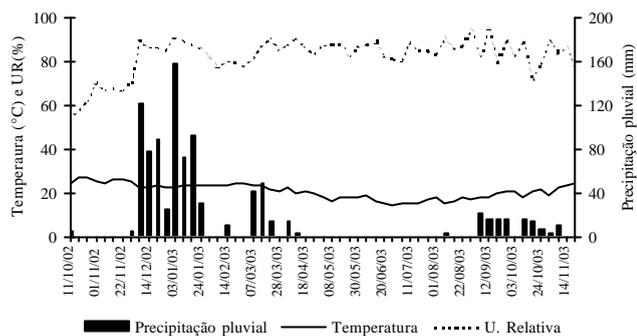


Figura 1 - Precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa durante o experimento.

com o objetivo de contrastar suas produtividades com as dos diferentes arranjos em consórcio.

Para o controle de gramíneas infestantes da área, aplicou-se o herbicida *nicosulfuron* em pós-emergência (dose fixa de 8 g/ha), quando as plântulas de *B. brizantha* apresentaram de 2 a 3 perfilhos, em todos os arranjos, inclusive na braquiária em cultivo exclusivo. A aplicação foi realizada com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com barra provida de dois bicos TT 110.02, aplicando-se 100 L/ha de calda. Foi adicionado a todas as culturas atrazine na dose fixa de 1,5 kg/ha, com vistas ao controle de plantas daninhas dicotiledôneas.

Amostras do capim-braquiária foram coletadas, por meio de corte manual, em uma altura aproximada de 5 cm do solo, em cada uma das quatro parcelas ou repetições, por meio do lançamento aleatório de “quadrados metálicos” de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 m × 0,5 m) nas seguintes épocas: 128, 141, 174 e 199 dias pós-plantio das culturas. Estas amostras foram pesadas para estimativa da produção de MS/ha e levadas ao Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV, onde amostras de uma mesma parcela foram subdivididas em duas partes. Em uma delas foi feito o fracionamento folha:colmo, com posterior pesagens das frações, que, em seguida, foram levadas separadamente à estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, determinando-se, assim, a proporção de frações folha e colmo na base de MS. Decorrido esse tempo, as amostras foram retiradas da estufa, pesadas, moídas, acondicionadas e, posteriormente, analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), proteína bruta (PB); lignina em detergente ácido (LIG), e extrato etéreo (EE) de acordo com Silva & Queiroz (2002).

A outra parte das amostras foi submetida ao mesmo processo, exceto ao fracionamento folha:colmo, constituindo-se amostras de “plantas inteiras” para contraste dos resultados analíticos com as frações folha e colmo.

Os teores de nutrientes digestíveis totais em nível de manutenção (NDTm) da matéria seca das amostras foram estimados segundo equação proposta por Weiss et al. (1992) e adotada pelo NRC (2001):

$$NDT = [PBD + (2,25 \times AGD) + FDN_{cp,D} + CNFD] - 7$$

em que:  $PBD = PB \times \text{EXP}^{-1,2 \times (PDA/PB)}$ ;  $AGD = EE = \text{extrato etéreo}$ , se  $EE < 1$ ;  $AG = 0$ ;

$$FDN_{cp,D} = [0,75 \times (FDN_{cp} - LIG)] \times [1 - (LIG / FDN_{cp})^{0,667}]$$

em que  $FDN_{cp}$  = FDN corrigido para cinzas e proteína;

$CNFD = 0,98 \times [100 - ((FDN - PIDN) + PB + EE + CINZAS)] \times PAF$ , sendo adotado PAF (fator de ajuste ao processamento) = 1;

Para avaliar o efeito dos arranjos de semeadura e da idade das culturas, as variáveis-respostas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), em esquema de medidas repetidas no tempo. O modelo de ANOVA de medidas repetidas é considerado um dos mais poderosos (ou seja, é capaz de identificar efeitos significativos com menor tamanho amostral) para análise de dados por permitir o controle das variações entre as unidades amostrais de forma semelhante ao que ocorre no teste de “t” pareado (Zar, 1999). A análise foi feita de acordo com seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij} + e_{ij}$$

em que  $Y_{ij}$  = observação referente à produção do  $i$ -ésimo arranjo na  $j$ -ésima idade das culturas;  $\mu$  = constante inerente ao modelo;  $a_i$  = efeito do  $i$ -ésimo arranjo, com  $i$  variando de 1 a 5;  $b_j$  = efeito da  $j$ -ésima idade das culturas, obtidas pelas datas de coleta, com  $j$  variando de 1 a 4;  $ab_{ij}$  = efeito da interação arranjos de semeadura × idade das culturas;  $e_{ij}$  = erro aleatório associado a observação, suposto normal e independentemente distribuído com média = 0 (zero) e variância  $\sigma^2$ , ou seja,  $e_{ij} \sim N(0; \sigma^2)$ . As médias foram comparadas pelo teste Student Newman-Keuls, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Para produção de matéria seca do capim-braquiária por hectare (PMS/ha), não houve interação idade × diferentes arranjos de semeadura das culturas. Independentemente da época avaliada, o capim-braquiária em cultivo exclusivo (BCE) apresentou maior PMS/ha ( $P < 0,05$ ).

Por ocasião da colheita do milho, entre os arranjos, aquele com duas fileiras do capim-braquiária na entrelinha do milho (M+2FBEL) produziu 2.149 kg/ha de MS, não diferiu daquele com uma fileira de capim-braquiária na

entrelinha do milho (M+1FBEL), 2.056 kg/ha. Todavia, a produtividade desses foi superior ( $P < 0,05$ ) ao cultivado a lanço nas entrelinhas do milho (M+BLAN), que produziu 886 kg/ha. O cultivo do capim-braquiária na mesma linha do milho (M+1FBL) apresentou produtividade intermediária 1.762 kg/ha. Nas avaliações efetuadas nos dias 174 e 199 após o plantio, os arranjos M+BLAN e M+1FBL tiveram aumento na PMS/ha, entretanto, foram inferiores ( $P < 0,05$ ) ao M+2FBEL, que apresentou nessas épocas de avaliação produções médias de 2.405 e 3.320 kg de MS/ha (Figura 2A).

O sombreamento proporcionado pelas plantas de milho afetou a produção do capim-braquiária em todos os arranjos de semeadura. O efeito negativo do sombreamento sobre a produtividade forrageira também foi observado por Kallenbach et al. (2006), por Castro et al. (1999), Carvalho et al. (2002) e Norton et al. (1991).

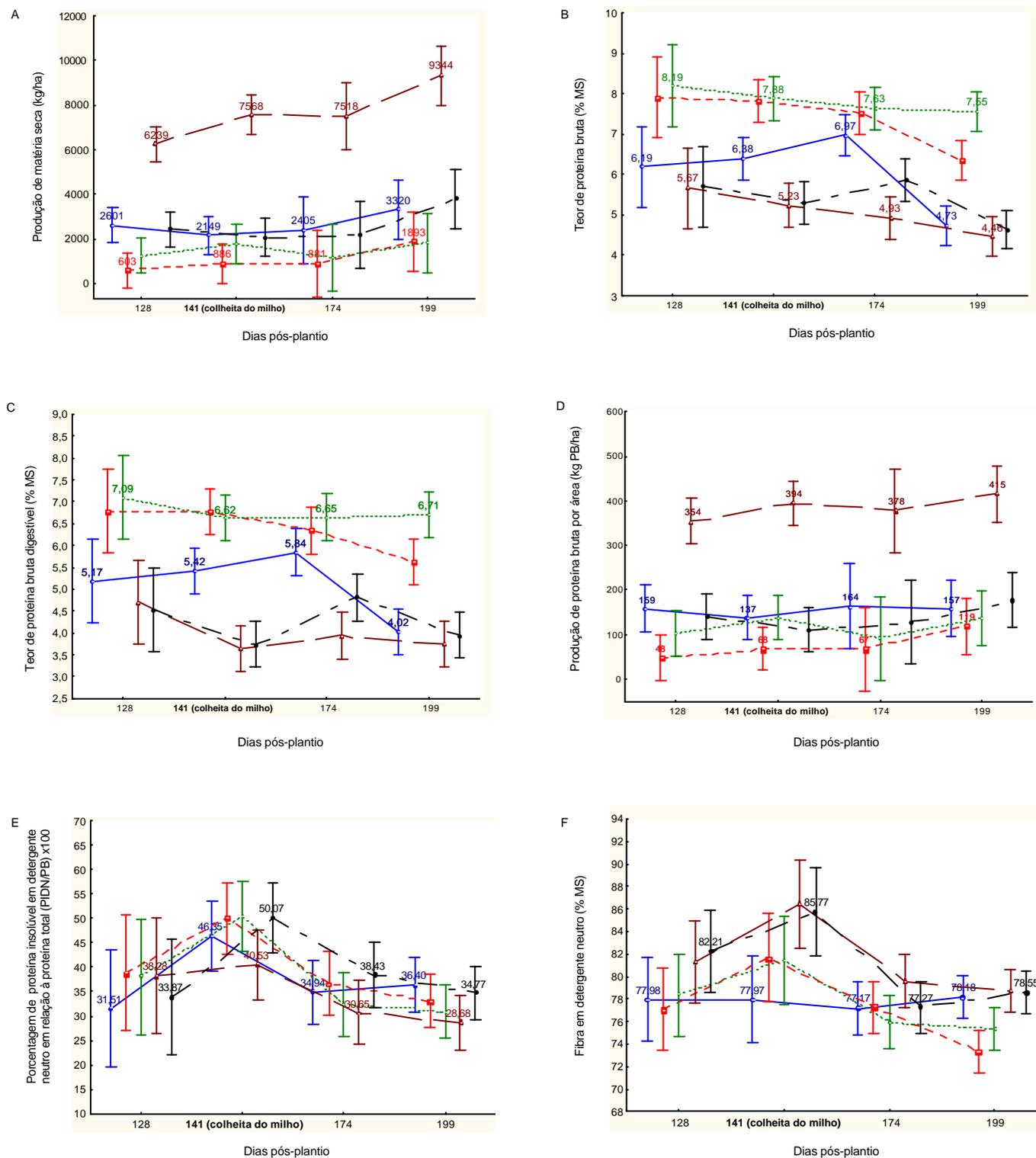
Quando o fator de competição é a luminosidade, geralmente, plantas que crescem em ambiente com menor intensidade de luz produzem menor quantidade de biomassa, porém, existem diferenças entre as forrageiras, tanto gramíneas, quanto leguminosas, relacionadas à tolerância ao sombreamento (Kennett et al., 1992). Garcia & Couto (1997) ressaltam que sob sombreamento moderado gramíneas podem produzir maior quantidade de MS que em pleno sol. De acordo com Wilson & Wild (1991), essa resposta em produção deve-se à maior disponibilidade do nitrogênio resultante da maior mineralização desse nutriente em decorrência da retenção de umidade dos solos em ambiente sombreado. Segundo Blenkinsop & Dale (1974), a menor produção de matéria seca de gramíneas  $C_4$  que crescem em ambiente sombreado deve-se, principalmente, à menor taxa fotossintética sob baixa intensidade luminosa. Essa menor taxa deve-se ao fato de essas plantas possuírem dois sistemas carboxilativos, assim, requerem maior energia para produção dos fotoassimilados, pois precisam recuperar duas enzimas (ribulose 1-5 bifosfato carboxilase-oxigenase e fosfoenolpiruvato carboxilase) para realização da fotossíntese. Sob a ótica de gasto energético, plantas  $C_3$  possuem relação molécula de  $CO_2$  fixado/ATP/NADPH de 1:3:2 que nas plantas  $C_4$  é de 1:5:2. Este fato evidencia que as plantas  $C_4$  necessitam de mais energia para produção dos fotoassimilados e, como toda esta energia é proveniente da luz, ao se reduzir o acesso da luz, reduz-se essa taxa fotossintética.

Não houve interação idade das culturas  $\times$  arranjos para o teor de proteína bruta (PB) na MS total do capim-braquiária. O teor de PB do BCE teve redução linear ao longo do período avaliado. Na avaliação efetuada 128 dias pós-plantio, o teor de PB da BCE foi igual ( $P > 0,05$ ) ao dos arranjos M+2FBEL e M+1FBEL e esses três foram inferiores aos

demais. Todavia, por ocasião da colheita do milho, entre esses, tiveram teor de PB iguais ( $P > 0,05$ ) apenas os arranjos M+1FBEL e BCE. Nessa avaliação o M+2FBEL apresentou um teor médio de 6,38% de PB, que foi superior ( $P < 0,05$ ) aos tratamentos M+1FBEL e BCE e inferior ao M+BLAN e ao M+1FBL (Figura 2B).

Os arranjos de semeadura M+BLAN e M+1FBL tiveram maior teor de PB ao longo da convivência entre as culturas, o que pode ser justificado pela menor PMS. Lin et al. (2001) constataram que, em gramíneas cultivadas em ambiente sombreado, o teor de PB na MS foi maior que o das cultivadas em plena luz do sol. Resultados semelhantes foram relatados por Kallenbach et al. (2006) e Carvalho et al. (2002). O fator diluição seria uma explicação para esse aumento no teor de proteína, pois a menor produção de MS resulta em maior teor de PB. Outra explicação seria que em solo sombreado a umidade é maior, especialmente na camada superior, o que favorece a decomposição da matéria orgânica e a mineralização do nitrogênio, tornando-o disponível para a absorção pelas forrageiras (Wild et al., 1993). Wilson (1996) concluiu que o aumento no teor de PB na MS de forrageiras que crescem sob sombra, realmente está relacionado à produção de MS ou a fatores ligados ao solo, pois não foram detectados aumentos no teor de PB na MS de várias forrageiras cultivadas em solução nutritiva sob a sombra. Além disso, aumento no teor de PB nessas condições pode estar associado à redução no tamanho das células provocadas pelo sombreamento. Kephart & Buxton (1993) sugeriram que a redução no tamanho das células, aliada a constância aparente na quantidade de nitrogênio por célula, pode resultar em maior concentração de PB na MS. Norton et al. (1991) encontraram aumento significativo no teor de nitrogênio em setária, capim-guiné e *Brachiaria decumbens*, cultivados em ambiente com menor luminosidade e atribuíram esse aumento à redução de 25 a 61% na produção de MS por área, enquanto a redução na produção de nitrogênio foi de apenas de 14 a 21%.

Houve interação idade  $\times$  diferentes arranjos de semeadura das culturas para o teor de proteína digestível (PBD) do capim-braquiária. Os arranjos M+BLAN e M+1FBL não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) e foram superiores aos demais em todas as avaliações. Na ocasião da colheita do milho, os teores médios de PBD na MS do capim-braquiária desses dois arranjos foram, respectivamente, 6,62 e 6,76%. Nessa avaliação, os menores teores de PBD foram constatados nos arranjos M+1FBEL (3,74%) e BCE (3,63%). Na segunda e na terceira avaliação, o M+2FBEL foi inferior ao M+BLAN e ao M+1FBL, mas superior ao M+1FBEL e ao BCE (Figura 2C).



- M+2FBEL = duas fileiras do capim-braquiária nas entrelinhas do milho
- - □ - - M+BLAN = capim-braquiária semeada a lanço nas entrelinhas do milho
- - ◇ - - M+1FBL = uma fileira do capim-braquiária na linha do milho
- - ■ - - M+1FBEL = uma fileira do capim-braquiária nas entrelinhas do milho
- - △ - - BCE = capim-braquiária em cultivo exclusivo

Figura 2 - Produção de matéria seca (A), teor de proteína bruta (B), teor de proteína bruta digestível (C), produção de proteína bruta por área (D), relação proteína insolúvel em detergente neutro:proteína bruta (E) e fibra em detergente neutro (F) do capim-braquiária em diferentes épocas de avaliação e arranjos de semeadura. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

Na literatura encontram-se vários trabalhos que tratam do efeito do sombreamento sobre o teor de PB em forrageiras, entretanto, são escassos aqueles que abordam esse efeito sobre a digestibilidade dessa proteína. Neste estudo, a digestibilidade foi estimada de acordo com a equação proposta por Weiss et al. (1992) e adotada pelo NRC (2001), na qual essa é função do teor de PIDA (proteína insolúvel em detergente ácido) na MS. Durante o período de convivência entre as culturas, quando o sombreamento do milho sobre o capim-braquiária foi mais intenso, as forrageiras dos arranjos com maior sombreamento, M+BLAN e M+1FBL, apresentaram maiores teores de PB e PBD em percentual da MS. Contudo, em virtude da produtividade de MS por área, a produção de PB/ha do BCE foi superior ( $P < 0,05$ ) à de todos os outros arranjos (Figura 2D), e não houve interações das culturas  $\times$  arranjos de semeadura.

Entre as culturas em consórcio, o rendimento médio de PB/ha do M+2FBEL foi estável ao longo dos períodos avaliados (159; 137; 164 e 157 kg de PB/ha) e não diferiu ( $P > 0,05$ ) do rendimento do M+1FBL em nenhuma das avaliações, mas foi superior ( $P < 0,05$ ) ao obtido nos outros dois arranjos nas avaliações efetuadas no dia da colheita do milho (141 dias) e aos 174 dias pós-plantio e também ao M+BLAN, que produziu apenas 67 kg de PB/ha nessa avaliação.

A produção por área tem maior influência sobre variável PB/ha que o teor de PB na MS, pois, o BCE apresentou os menores teores de PB (Figuras 2B), entretanto, em decorrência da elevada produtividade (Figura 2A), apresentou a maior quantidade de PB por área (354, 394, 378 e 415 kg/ha, respectivamente) para as avaliações dos dias 128, 141, 174 e 199 pós-plantio (Figura 2D). Desse modo, deve-se buscar o máximo potencial produtivo em MS da pastagem e fazer uso da suplementação do pasto em nutrientes, com vistas ao aumento do desempenho animal individual e da produção animal por área.

Não ocorreu interação idade  $\times$  diferentes arranjos de semeadura das culturas para a variável percentual de PIDN em relação proteína total (PIDN/PB). A razão PIDN/PB foi maior na avaliação realizada no dia colheita do milho (141 dias) em todos os arranjos (Figura 2E). Esse fato pode ser explicado pelo surgimento de novos ciclos de perfilhamento com o "pisoteio" das plantas pelo maquinário de colheita, o que resultou no rebrote de folhas e colmos jovens com menor teor de nitrogênio na parede celular.

Não houve interação idade das culturas  $\times$  arranjos para o teor de fibra em detergente neutro (FDN) da matéria seca total. No entanto, esse teor variou entre as idades das culturas e entre os arranjos. O teor de FDN do M+2FBEL

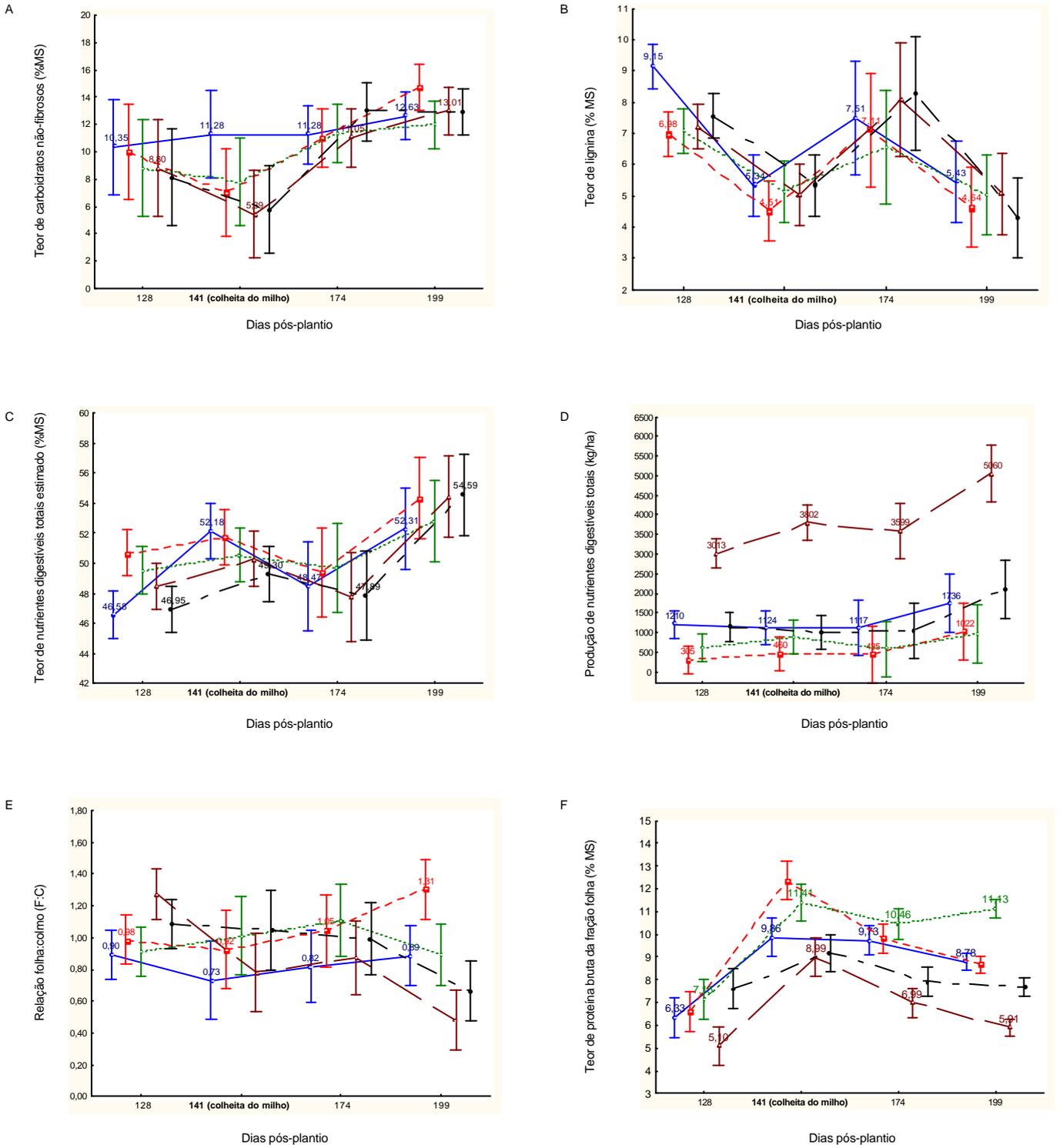
não variou ( $P > 0,05$ ) ao longo do período avaliado, todavia, na segunda avaliação, foi estatisticamente inferior ( $P < 0,05$ ) ao M+1FBEL e ao BCE e, numericamente inferior aos demais, enquanto, em todos outros arranjos, aumentou dos 128 dias pós-plantio até o dia da colheita do milho, reduzindo nas duas avaliações seguintes (Figura 2F). Os arranjos M+1FBEL e BCE diferiram entre si ( $P < 0,05$ ) apenas na terceira avaliação (174 dias) e foram superiores aos demais em todas as avaliações.

O sombreamento pode modificar o espectro de radiação solar e interferir no processo de crescimento e morfogênese das plantas forrageiras (Casal et al., 1987). Variações na morfogênese incluem perfilhamento e ramificações, alongação internodal, expansão da lâmina foliar e florescimento em espécies sensíveis ao fotoperíodo (Briske, 1991). Essas alterações podem afetar variáveis bromatológicas como o teor de fibra, e esse acréscimo pode estar associado ao decréscimo no teor dos carboidratos não-estruturais, como, amido e açúcares (Deinum, 1971).

Lin et al. (2001) avaliaram o efeito do sombreamento sobre o teor de fibra em diferentes espécies forrageiras e constataram que a variação no teor de FDN e FDA foi pequena, aproximadamente quatro unidades percentuais. Carvalho et al. (2002) e Norton et al. (1991) não verificaram efeito do sombreamento sobre o teor de FDN.

Não houve interação idade das culturas  $\times$  arranjos de semeadura para o teor de carboidratos não-fibrosos (CNF). Todavia a concentração de CNF na MS variou com a idade das culturas no período avaliado. O teor médio dos CNF na MS do capim-braquiária proveniente do arranjo M+2FBEL praticamente não variou durante o período estudado e, na ocasião da colheita do milho, foi de 11,28%, superior ( $P < 0,05$ ) ao dos demais arranjos, os quais apresentaram queda no teor dessa variável na segunda avaliação, comparativamente à primeira (Figura 3A).

Segundo Buxton & Fales (1994), o sombreamento normalmente, tem maior efeito sobre características quantitativas que sobre a qualidade da matéria seca produzida, e aumentos no teor de proteína ocorrem com a diminuição no teor de carboidratos solúveis (Walgenbach & Marten, 1981; Eriksen & Whitney, 1981). Castro et al. (1999) observaram menores concentrações de CNE (carboidratos não estruturais) que diferem dos CNF, principalmente, pela ausência da pectatos, em gramíneas que receberam sombreamento mais intenso. Decréscimos nos teores de CNE com o sombreamento também foram relatados em estudos com diversas gramíneas (Wong & Wilson, 1980; Samarakoon et al., 1990a; Wong & Stür, 1996). Segundo Larcher (1975), as variações nos teores de CNE estão



- M+2FBEL = duas fileiras do capim-braquiária nas entrelinhas do milho
- - □ - - M+BLAN = capim-braquiária semeada a lanço nas entrelinhas do milho
- - ◇ - - M+1FBL = uma fileira do capim-braquiária na linha do milho
- - ■ - - M+1FBEL = uma fileira do capim-braquiária nas entrelinhas do milho
- - ▲ - - BCE = capim-braquiária em cultivo exclusivo

Figura 3 - Teor de carboidratos não-fibrosos (A), teor de lignina (B), teor nutrientes digestíveis totais (C), produção de nutrientes digestíveis totais por área (D), relação folha:colmo (E) e teor de proteína na fração folha (F) do capim-braquiária em diferentes épocas de avaliação e arranjos de semeadura. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

associadas à intensidade luminosa, em virtude da relação direta entre a fotossíntese líquida e a intensidade da radiação luminosa que chega às folhas.

Não houve interação idades das culturas × diferentes arranjos de semeadura nem efeito dos arranjos sobre o teor de lignina na matéria seca total. Entretanto, a idade das culturas influenciou essa variável. Todos os arranjos apresentaram queda no teor de lignina na segunda avaliação em comparação à primeira e elevação desse teor na terceira com conseqüente queda na última avaliação (Figura 3B).

Norton et al. (1991) constataram que as variações no teor de lignina das forrageiras atribuídas ao sombreamento são inconsistentes. Buxton & Fales (1994) destacaram essa inconsistência no efeito do sombreamento sobre a concentração de lignina e sobre componentes da parede celular e a digestibilidade da matéria seca de forrageiras.

Balsobre et al. (2003) e Dechamps (1999) comentam elevação no teor de lignina na MS de forrageiras tropicais com o avanço da maturidade, porém, não foi verificado efeito linear ascendente do 128<sup>o</sup> ao 199<sup>o</sup> dia pós-plantio. As curvas do teor de lignina tiveram a mesma variação entre os arranjos em todos os períodos, observando-se queda nesse teor aos 144 dias pós-plantio em relação ao 128<sup>o</sup>, com conseqüente elevação no 174<sup>o</sup> dia, e nova queda no 199<sup>o</sup> dia. Esses resultados sugerem a ocorrência de ciclos de aparecimento e senescência de perfilhos durante o período compreendido entre o 128<sup>o</sup> e 199<sup>o</sup> dia após o plantio.

O interesse no estudo da lignina está relacionado ao fato de existirem fortes evidências de que os polissacarídeos da parede celular (celulose, hemicelulose e pectatos), quando isolados, apresentam relativa facilidade de degradação pelos microrganismos do rúmen ou por enzimas (Hatfield, 1989). Entretanto, a degradação destes polissacarídeos na forma natural, compondo a parede celular, é raramente completa e varia de acordo com o tecido, a espécie e a idade da planta.

A lignina e outros compostos fenólicos, como flavonóides e isoflavonóides, são sintetizados a partir da rota metabólica do ácido shikímico (Van Soest, 1994). De acordo com Jung & Allen (1995), lignina é um polímero formado por monômeros de álcool hidroxicinamil depositados na parede celular. Essa polimerização envolve a formação de radicais livres resultantes da reação com oxigênio ou peróxidos. Assim, peroxidases, sensíveis à luz ultravioleta, podem induzir a dimerização e polimerização desses monômeros para a formação da lignina (Van Soest, 1994). Dessa forma, era esperado que o sombreamento tivesse efeito sobre o teor de lignina na MS da forragem, de acordo com duas teorias: a primeira seria por afetar a formação de

precursores (aminoácidos aromáticos) da rota metabólica do ácido shikímico, oriundo do processo fotossintético; e a segunda, por afetar o comprimento de onda que chega ao dossel forrageiro, pois as plantas do milho poderiam refletir a luz incidente, o que alteraria os comprimentos de onda na faixa do ultravioleta para maiores comprimentos. Essa teoria está embasada no fato de que a luz ultravioleta e a radiação azul estimulam a deposição de lignina por aumentarem a atividade da fenilalanina e tirosina amônia-liase (Guerra et al., 1985). Entretanto, Jung & Russelle (1991) ressaltam que a resposta a este estímulo pode ser espécie específica.

Não houve interação idade das culturas × arranjos para o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) na MS do capim-braquiária. Os arranjos também não afetaram essa variável, entretanto, ocorreu variação ( $P < 0,05$ ) com o avançar da idade da planta. Em todos os arranjos, o teor de NDT na MS do capim-braquiária elevou na avaliação realizada aos 141 dias pós-plantio comparativamente à realizada aos 128 dias, com queda aos 174 dias e conseqüente elevação aos 199 dias pós-plantio. Este comportamento pode ser explicado também pelos ciclos de perfilamento.

Por ocasião da colheita do milho (141 dias), os maiores teores ( $P < 0,05$ ) de NDT foram verificados nos arranjos, M+2FBEL (52,18%), M+BLAN (51,78%) e M+1FBL (50,56%) que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Figura 3C).

O teor de NDT foi estimado por meio da equação proposta por Weiss et al. (1992) e adotada pelo NRC (2001) para o NDT de manutenção (NDT). Apesar da simplificação nessa equação, existem outras variáveis que afetam as variáveis independentes, das quais o NDT é dependente. São elas: a PB (proteína bruta) e a PIDA (proteína insolúvel em detergente ácido), membros da função para a estimativa da proteína bruta digestível (PBD); a FDN e a lignina, membros para a estimativa da digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcpD); a PIDN (proteína insolúvel em detergente neutro), que, juntamente com a FDN, PB, EE e cinzas é utilizada para estimar o teor dos carboidratos não-fibrosos (CNF), que, multiplicados pela constante 0,98 e por um fator de ajuste (FAP), indicam o teor de carboidratos não-fibrosos digestíveis (CNFD).

Todas essas variáveis, exceto a PIDA e a matéria solúvel em éter de petróleo (EE), foram analisadas e discutidas neste trabalho. Para algumas delas os efeitos dos arranjos foram significativos e para outras não. Isso resultou na não-constatação de efeito significativo dos arranjos de semeadura do capim-braquiária sobre o teor final de NDT na MS das forrageiras.

Não se têm – ou são escassos – relatos de estudos que avaliaram o efeito do sombreamento sobre o teor de NDT em forrageiras cultivadas em sistemas de integração agricultura e pecuária. Contudo, para sistemas silvipastoris, há vários trabalhos com avaliação indireta desse efeito sobre o valor energético de forrageiras que crescem com certa restrição à luminosidade. Essa avaliação indireta é feita por meio da determinação da digestibilidade *in vitro* e *in vivo* da matéria seca da forragem.

Norton et al. (1991) afirmaram que a diferença entre a digestibilidade *in vitro* da MS de forrageiras que cresceram em plena insolação ou com restrição à luminosidade foi pequena e sem significância estatística. Kephart et al. (1992) e Kephart & Buxton (1993) relataram aumentos de 5% na digestibilidade da MS em decorrência desse efeito. Samarakoon et al. (1990b) não encontraram efeito significativo do sombreamento sobre a digestibilidade *in vivo* e *in vitro* da MS. No entanto, segundo Masuda (1977), citado por Lin et al. (2001), a digestibilidade da MS de gramíneas e leguminosas diminui com a redução da intensidade luminosa. Por outro lado, de acordo com Myhr & Saebo (1969) e Garrett & Kurtz (1987), citados por Lin et al. (2001), o sombreamento eleva a digestibilidade da MS das forrageiras. Buxton & Fales (1994) também fazem ressalvas sobre essas controvérsias e relatam respostas negativas obtidas por Wilson & Wong (1982) e respostas positivas descrita por Samarakoon et al. (1990a). Todavia, afirmam que, apesar da falta de consenso sobre a positividade ou negatividade desse efeito, sua magnitude é pequena.

Não houve interação idade das culturas  $\times$  diferentes arranjos de semeadura para a variável NDT/ha. O arranjo BCE foi superior aos demais ( $P < 0,05$ ) em todas as avaliações. Todavia, entre os arranjos em consórcio, na avaliação feita no dia da colheita do milho, o M+BLAN produziu menor quantidade de NDT por área (460 kg) em comparação aos demais ( $P < 0,05$ ), os quais não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). E, dentre esses arranjos, as maiores médias numéricas de produção de NDT por área foram obtidas com o M+2FBEL (Figura 3D).

A quantidade de NDT produzida por área (NDT/ha) foi obtida pelo produto da produção de matéria seca por área (PMS/ha) e o teor de NDT na MS do capim-braquiária, em porcentagem. Assim como para a produção PB/ha, a produção por área teve maior efeito sobre os NDT/ha do que propriamente o teor de NDT na matéria seca da forrageira (Figura 3D).

Houve interação idade  $\times$  arranjos de semeadura das culturas para a relação folha:colmo. Quando o sombreamento proporcionado pelo dossel do milho sobre o dossel do

capim-braquiária foi mais intenso, até os 128 dias pós-plantio, a relação folha:colmo de todos os arranjos dos cultivos em consórcio foi menor que a do BCE ( $P < 0,05$ ) (Figura 3E).

Essa menor relação significa que, para as plantas que cresceram sob sombreamento, houve maior alocação de fotoassimilados e seus derivados para a produção de colmos em detrimento do direcionamento desses compostos para produção de folhas. Kephart et al. (1992) verificaram que tanto gramíneas quanto leguminosas destinaram maior quantidade de carboidratos para manter ou aumentar a área foliar e o comprimento dos colmos em resposta ao sombreamento, ao passo que diminuíram a alocação desses fotoassimilados para a produção de raízes. Chen (1993) descreveu efeitos do sombreamento sobre a morfologia do dossel forrageiro, como redução do perfilhamento, da produção de folhas, e maior alongação do colmo. Castro et al. (1999), Norton et al. (1991) e Lin et al. (2001) também constataram efeito do sombreamento sobre o comprimento médio do colmo. O aumento do alongamento do colmo em plantas cultivadas em ambientes sombreados, segundo Skuterud (1984) e Samarakoon et al. (1990a), ocorre para compensar a deficiência de luz.

A relação folha:colmo no arranjo M+BLAN teve aumento quase linear ao longo dos períodos de avaliação, em virtude do maior tempo gasto para a germinação e estabelecimento da forrageira nesse arranjo, além de menor velocidade de crescimento, constatada pela menor produção de matéria seca. O arranjo M+1FBL teve comportamento semelhante ao do M+BLAN até a avaliação no 174º pós-plantio. Na avaliação efetuada no 199º dia, houve redução linear, decorrente do maior crescimento das forrageiras desse arranjo nesse período. A relação folha:colmo do BCE reduziu do dia 128 para o 141 pós-plantio, com leve aumento no dia 174 em relação ao 141 e posterior queda aos 199 dias pós-plantio. Possivelmente, esse aumento na avaliação realizada aos 174 dias deveu-se à emissão de novos perfilhos pelas plantas do capim-braquiária nesse período.

Aos 141 dias (colheita do milho), o M+2FBEL teve menor relação folha:colmo ( $P < 0,05$ ) que arranjos com PMS similares à sua, e foi igual ao M+BLAN, que teve menor PMS.

Houve interação idade  $\times$  diferentes arranjos de semeadura das culturas para o teor de PB na fração folha. Para todos os arranjos, entre as idades avaliadas, o maior teor de PB foi obtido aos 141 dias, que coincidiu com a colheita do milho. Nessa avaliação, o M+2FBEL teve média de 9,86% de PB na MS, que foi superior ( $P < 0,05$ ) ao dos arranjos M+1FBEL e BCE, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). Todavia, o arranjo M+1FBEL foi inferior ( $P < 0,05$ ) aos

M+BLAN e M+1FBL, que também não diferiram entre si ( $P>0,05$ ) (Figura 3F).

Da mesma forma que para a fração folha, houve interação idade das culturas  $\times$  arranjos de semeadura para o teor de PB da fração colmo. Nas avaliações realizadas nos dias 128 e 141 pós-plantio, os teores de PB da fração colmo do M+1FBEL foram, respectivamente, de 1,99 e 3,08%, que foram inferiores aos demais ( $P<0,05$ ) nessas mesmas idades das culturas. Os outros arranjos não diferiram entre si ( $P>0,05$ ) aos 128 dias pós-plantio. Na ocasião da colheita do milho, o BCE com 4,22% e o M+1FBL com 4,25% de PB foram iguais ( $P>0,05$ ), mas superiores ( $P<0,05$ ) aos arranjos M+2FBEL e M+1FBEL, e inferiores ao M+BLAN, que teve nessa ocasião 4,68% de PB na MS dos colmos (Figura 4A).

No intervalo avaliado, o teor de PB na fração colmo do M+2FBEL teve aumento até a avaliação aos 174 dias, com redução aos 199 dias após o plantio.

Das variáveis nutricionais qualitativas, os teores de nitrogênio e proteína bruta são os mais sensíveis e responsivos a variações na intensidade luminosa. Esse efeito é bem maior sobre a fração folha que sobre a fração colmo (Buxton & Fales, 1994). Franke et al. (2001) observaram maior teor de proteína nas frações folha e colmo de plantas de capim-elefante cv. Napier (*Penisetum purpureum*) sob sombreamento natural em relação àqueles sob plena luz do sol. Resultados semelhantes, porém com outras forrageiras, foram encontrados por Castro et al. (1999), Samarakoon et al. (1990a), Schreiner, (1987), Wilson et al. (1986) e Eriksen & Whitney (1981).

Não houve interação idade das culturas  $\times$  arranjos de semeadura para o teor de FDN da fração folha. A média dessa variável praticamente não oscilou dos 128 para os 141 dias pós-plantio nos arranjos M+2FBEL, M+1FBL e BCE, que apresentaram queda abrupta aos 174 dias. O M+BLAN apresentou queda quase linear no teor de FDN ao longo dos períodos avaliados (Figura 4B). Também não houve interação arranjos de semeadura  $\times$  idade das culturas para o teor de FDN da fração colmo, assim como não teve influência dos arranjos sobre essa variável, entretanto, o teor de FDN dessa fração variou com a idade das culturas. A maior variação ocorreu na avaliação feita aos 141 dias, quando M+2FBEL e BCE apresentaram picos de 87,07 e 88,17% no teor médio de FDN da fração colmo (Figura 4C). Esse comportamento pode estar associado ao rebrote decorrente do "pisoteio" pelo maquinário de colheita. Franke et al. (2001) não verificaram diferenças no teor de FDN e de FDA na MS de plantas que cresceram à sombra das árvores ou em plena insolação.

A interação idade das culturas  $\times$  arranjos de semeadura influenciou o teor de lignina na matéria seca das frações

folha e colmo. Na avaliação realizada aos 128 dias pós-plantio, não houve diferenças ( $P>0,05$ ) no teor médio de lignina na fração folha entre os arranjos. Até a terceira avaliação, os arranjos M+2FBEL, M+BLAN e BCE tiveram o mesmo comportamento e não variaram entre si ( $P>0,05$ ). Por ocasião da colheita do milho, dos arranjos em consórcio, o M+2FBEL foi o que teve menor teor de lignina; 3,94% (Figura 4D). Para a fração colmo, todos os arranjos tiveram o mesmo comportamento, com redução na segunda avaliação em comparação à primeira, elevação na terceira com conseqüente redução na última avaliação (Figura 4E).

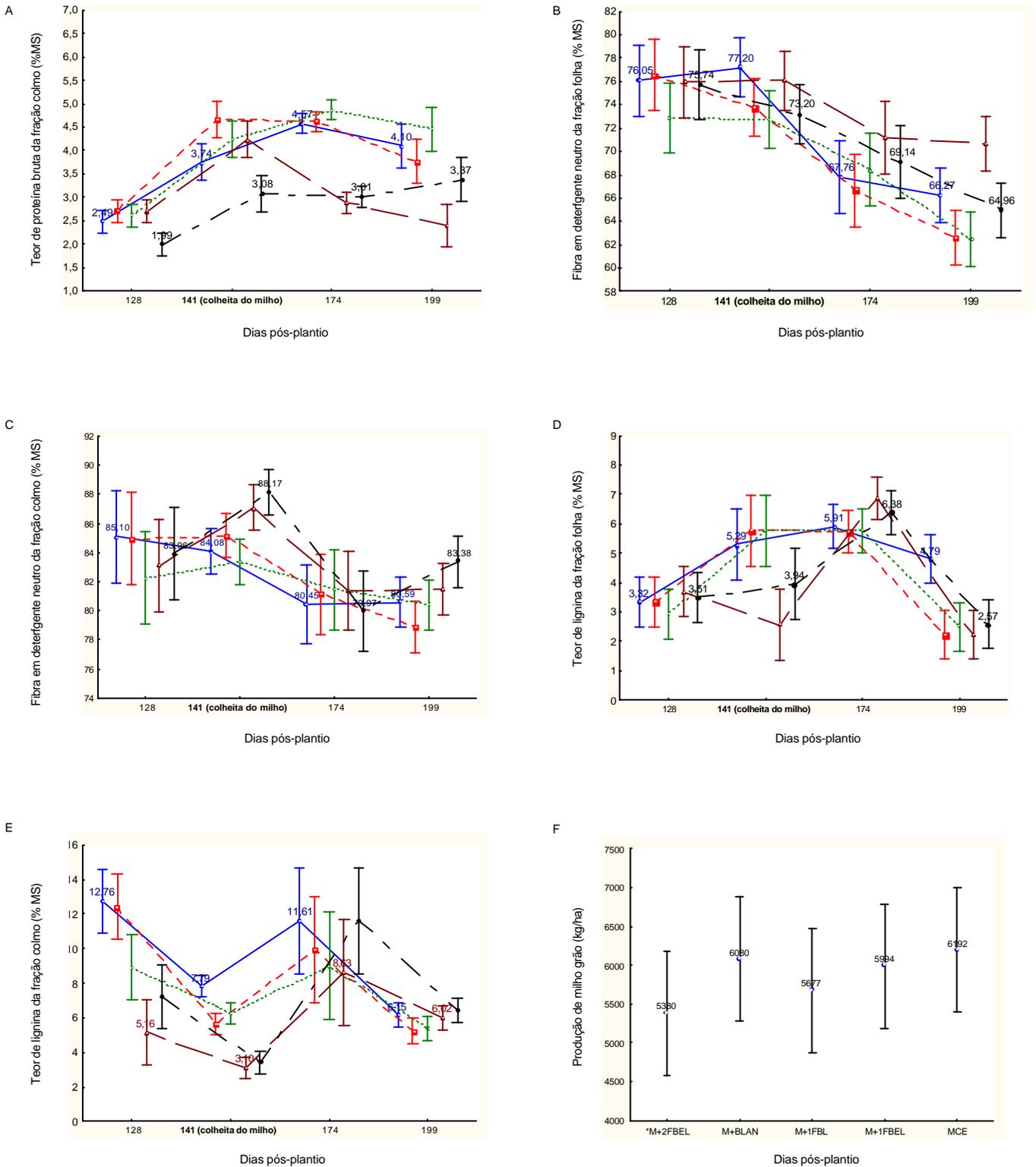
Os menores teores de lignina, tanto na fração folha como na de colmos, obtidos com os arranjos com maior insolação (BCE e M+1FBEL) podem ser explicados pelos relatos de Wong & Wilson (1980), Eriksen & Whitney, (1981) e Samarakoon et al. (1990a) de que as principais modificações morfofisiológicas de forrageiras que crescem em ambiente de luminosidade reduzida são o aumento do comprimento das folhas e a alongação de colmos na busca por maior luminosidade. Assim, para suportar esses aumentos em tamanho, as plantas "investem" na síntese de tecidos de suporte, como xilênquima e clorênquima, que são mais lignificados.

Essas diferenças deveriam aparecer também na composição da matéria seca total das forrageiras, contudo, não foram observadas, o que sugere a ocorrência de ciclos de aparecimento e senescência de perfilhos.

A produtividade do milho, em kg/ha, não diferiu entre os arranjos de semeadura (Figura 4F). Kluthcouski & Aidar (2003) trabalharam com consórcio milho e capim-braquiária em várias regiões do Brasil e relataram produções médias em grãos, de 3.012 a 8.788 kg/ha, e não verificaram redução na produtividade do milho com o consórcio em comparação ao cultivo exclusivo.

## Conclusões

Em situações de maior sombreamento, o teor de proteína bruta na matéria seca foi mais elevado. O consórcio não afetou os teores de lignina de carboidratos não-fibrosos nem o de nutrientes digestíveis totais na matéria seca do capim-braquiária. No consórcio, a relação folha:colmo do capim-braquiária foi menor que no cultivo exclusivo no período em que o sombreamento pelo milho foi mais intenso. Na fração folha os teores de proteína bruta foram maiores e os de fibra em detergente neutro e lignina foram menores que na fração colmo. A produtividade do milho não foi afetada pelo consórcio. Quando o objetivo é recuperar pastagens degradadas para produção de ruminantes, o cultivo de duas fileiras de capim-



M+2FBEL = duas fileiras de capim-braquiária nas entrelinhas do milho  
 M+BLAN = capim-braquiária semeada a lanço nas entrelinhas do milho  
 M+1FBL = uma fileira do capim-braquiária na linha do milho  
 M+1FBEL = uma fileira do capim-braquiária nas entrelinhas do milho  
 BCE = capim-braquiária em cultivo exclusivo

Figura 4 - Teor de proteína bruta da fração colmo (A), fibra em detergente neutro (B e C) e lignina (D e E) das frações folha e colmo do capim-braquiária em diferentes épocas de avaliação e arranjos de semeadura e produção de milho por área nos diferentes arranjos (F). As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

braquiária nas entrelinhas do milho parece ser o arranjo mais interessante.

### Literatura Citada

- BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS P.M. et al. Cinética da degradação ruminal do capim-tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1747-1762, 2003 (supl. 1).
- BLENKINSOP, P.G.; DALE, J.E. The effects of shade treatment and light intensity on ribulose-1,5-diphosphate carboxylase activity and fraction I protein level in the first leaf of barley. **Journal of Experimental Botany**, v.25, p.899-912, 1974.
- BRISKE, D.D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Eds.) *Grazing management: Proceedings...* Portland: Ecological Perspective/Timber Press, 1991. p.85-108.
- BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEY, G.C. (Ed.) *Forage quality, evaluation, and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science; Society of America Soil Science, 1994. p.155-99.
- CASAL, J.J.; SANCHEZ, R.A.; DEREGIBUS, A.A. Tillering responses of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/far-red ratio typical of sparse canopies. **Journal of Experimental Botany**, v.38, p.1432-1439, 1987.
- CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; XAVIER, D.F. Início do florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p.717-722, 2002.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999.
- CHEN, C.P. Pastures as the secondary component in tree-pasture systems. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Rockhampton. *Proceedings...* Rockhampton: Tropical Grassland Society of Australia, 1993. v.3, p.2037-2043.
- DAVIES, A.; THOMAS, H. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Botany**, v.57, p.591-597, 1983.
- DECHAMPS, F.C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1178-1189, 1999.
- DEINUM, B. Climate, nitrogen and grass: some effects of light intensity on nitrogen metabolism. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.19, p.184-188, 1971.
- ERIKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, v.73, n.3, p.427-433, 1981.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FRANKE, I.L.; MIRANDA, E.M.; VALENTIM, J.F. et al. **Efeito do sombreamento natural na produtividade e na composição química de capim elefante no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. p.1-5. (Comunicado Técnico, 116).
- FRANK, A.B.; HOFMAN, L. Light quality and stem numbers in cool-season forage grasses. **Crop Science**, v.34, p.468-473, 1994.
- GARCIA, R.; COUTO, L. Silvopastoral systems: emergent technology of sustainability. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.173-208.
- GARRETT, H.E.; KURTZ, W.B. **Nut production and its importance in black walnut management**. Hamden: Northern Nut Growers Association, 1987. p.23-28. (Annual Report, 78).
- GUERRA, D.; ANDERSON, A.J.; SALISBURY, F.B. Reduced phenylalanine ammonia-lyase activities and lignin synthesis in wheat grown under low pressure sodium lamps. **Plant Physiology**, v.78, p.126-130, 1985.
- HATFIELD, R.D. Structural polysaccharides in forages and their degradability. **Agronomy Journal**, v.81, p.30-46, 1989.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal Animal Science**, v.73, p.2774-2790, 1995.
- JUNG, H.G.; RUSSELLE, M.P. Light source and nutrient regime effects on the fiber composition and digestibility of forages. **Crop Science**, v.31, p.1065-1070, 1991.
- KALLENBACH, R.L.; KERLEY, M.S.; BISHOP-HURLEY, G.J. Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from an annual ryegrass and cereal rye mixture in a Pine-Walnut. **Silvopasture Agroforestry System**, v.66, p.43-53, 2006.
- KENNETT, G.A.; LACY, J.R.; BUTT, C.A. et al. Effects of defoliation, shading and competition on spotted knapweed and bluebunch wheatgrass. **Journal of Range Management**, v.45, n.3, p.363-369, 1992.
- KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality response of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, p.831-837, 1993.
- KEPHART, K.D.; BUXTON D.R.; TAYLOR S.E. Growth of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> perennial grasses in reduced irradiance. **Crop Science**, v.32, p.1033-1038, 1992.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Eds.) *Integração lavoura-pecuária*. 1.ed. Goiânia: Talento, 2003. p.407-441.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. 252p.
- LIN C.H.; MCGRAW R.L.; GEORGE M.F. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry System**, v.53, p.269-281, 2001.
- MASUDA, Y. Comparisons of in vitro dry matter digestibility of forage oats grown under different temperatures and light intensities. **Journal of the Faculty of Agriculture**, v.21, p.17-24, 1977.
- MYHR, K.; SAEBO, S. **The effects of shade on growth, development and chemical composition in some grass species**. Norway: State Experiment Station Fureneset, 1969. v.14, p.297-315.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 2001. 381p.
- 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.
- OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. et al. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPA-CNAPF-APA, 1996. 90p.
- PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1349-1358, 2000.
- 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, n.2, p.143-150, 1990b.
- SAMARAKOON, S.P., WILSON, J.R., SHELTON, H.M. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.2, p.161-169, 1990a.

- SCHREINER, H.G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.15, n.1, p.61-72, 1987.
- SKUTERUD, R. Growth of *Elymus repens* (L.) Gould and *Agrostis gigantea* Roth. at different light intensities. **Weed Research**, v.24, n.1, p.51-57, 1984.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WALGENBACH, R.P.; MARTEN, G.C. Release of soluble protein and nitrogen in alfalfa. III. Influence of shading. **Crop Science**, v.21, p.859-862, 1981.
- WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.S. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, p.95-110, 1992.
- WILD, D.W.M.; WILSON, J.R.; STÜR, W.W et al. Shading increases yield of nitrogen-limited tropical grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., Rockhampton. **Proceedings...** Rockhampton, 1993. p.2060-2062.
- WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, p.1075-1093, 1996.
- WILSON, J.R.; WILD, D.W.M. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. (Eds.) **Forages for plantation crops**. Bali, Canberra: ACIAR, 1991. p.77-82.
- WILSON, J.R.; CATCHPOOLE, V.R.; WEIER, K.L. Stimulation of growth and nitrogen uptake by shading a rundown green panic pasture on brigalow clay soil. **Tropical Grass**, v.20, n.3, p.134-143, 1986.
- 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, n.8, p.937-949, 1982.
- WONG, C.C.; STÜR, W.W. Persistence of tropical forage grasses in shaded environments. **Journal Agricultural Science**, v.126, n.2, p.151-159. 1996.
- WONG, C.C.; WILSON, J.R. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. **Australian Journal Agricultural Research**, v.31, n.3, p.269-285, 1980.
- YOKOYAMA, L.P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I.P. **Impactos socioeconômicos da tecnologia "Sistema Barreirão"**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA CNPAF, 1998. 37p. (Boletim de Extensão, 9).
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1999. p.663.