

Produção Forrageira de Gramíneas Cultivadas sob Luminosidade Reduzida¹

Carlos Renato Tavares de Castro², Rasmô Garcia³, Margarida Mesquita Carvalho⁴,
Laércio Couto⁵

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de três níveis de sombreamento artificial (0,30 e 60%) sobre a produção de matéria seca, a concentração de nitrogênio e as características morfológicas de seis espécies de gramíneas forrageiras tropicais (*Andropogon gayanus*, cv. Planaltina, *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu, *B. decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum*, cv. Vencedor, e *Setaria anceps*, cv. Kazungula). Foi usado delineamento em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e quatro repetições; nas parcelas foram distribuídos os níveis de sombreamento e nas subparcelas, as espécies forrageiras. Os resultados demonstram que o sombreamento influenciou a produção de matéria seca, a concentração de N e as características morfológicas das espécies avaliadas. A produção forrageira foi influenciada diferencialmente pelo sombreamento. A produção de matéria seca do *P. maximum*, cv. Vencedor foi 19,72% maior à sombra moderada que a pleno sol. A produção de *S. anceps*, cv. Kazungula, entretanto, não foi influenciada pelo sombreamento. As demais espécies tiveram decréscimo da produção de matéria seca com a redução da luminosidade. Em todas as espécies, houve aumento da concentração de N e redução do teor de matéria seca da forragem, que se tornou mais suculenta à sombra. As características morfológicas não apresentaram comportamento padrão, variando conforme a espécie avaliada.

Palavras-chave: alterações morfológicas, nitrogênio, sombreamento artificial

Grass Forages Production Cultivated under Light Reduction

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the influence of three levels of artificial shade (0, 30 and 60%) on dry matter production, nitrogen content and morphological characteristics of six forage grasses (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum* cv. Vencedor and *Setaria anceps* cv. Kazungula). A randomized block design, with split plots and four replicates, was used; the shading levels were allotted to the plots and the species to the split plots. The results showed that shading affected the production of dry matter, the nitrogen content and the morphological characteristics of the evaluated species. The production of forage was differentially affected by the shade. The dry matter production of *P. maximum* cv. Vencedor was 19.72% higher, at moderate shade than in broad daylight. The forage production of *S. anceps* cv. Kazungula, however, was not affected by the shade. The dry matter production of other species decreased with the reduction of the light. In all species there was an increase of N content and reduction of the content of dry matter of the forage, which became juicier in the shade. The morphological characteristics did not show a standard behavior, which varied according to the studied specie.

Key Words: morphological characteristics, nitrogen, artificial shading

Introdução

O interesse pelo estabelecimento de forrageiras em condições de sombreamento tem crescido nos últimos anos, em virtude, principalmente, do desejo de se associarem pastagens com árvores, em sistemas silvipastoris. O sucesso desses sistemas depende de alguns fatores, como a identificação de espécies tolerantes ao sombreamento e a adoção de práticas de manejo que assegurem a sua produtividade e persistência no sub-bosque (TORRES, 1982; WONG e STÜR, 1993).

Diversos estudos indicam que a sombra pode proporcionar aumento da produção forrageira, quando em pastagens com baixa densidade arbórea, média fertilidade do solo (BURROWS et al., 1990; WILSON et al., 1990) e baixa precipitação (BELSKY et al., 1989; WELTZIN e COUGHENOUR, 1990).

A literatura também revela alguns exemplos em que a produção forrageira foi indiferente ou muito pouco influenciada pela redução da luminosidade ambiente (ANDERSON e MOORE, 1987; MARQUES, 1990). No entanto, o sombreamento

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, parcialmente financiada pela Embrapa Gado de Leite.

² Eng^o. Agrônomo, DS, Pesquisador visitante, Bolsista recém-doutor (CNPq), Embrapa Gado de Leite. R. Eugênio Nascimento, 610, Juiz de Fora, MG, 36038-330. E-mail: decastro@cnppl.embrapa.br

³ Eng^o. Agrônomo, PhD, Professor titular, Depto de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, MG. E-mail: rgarcia@mail.ufv.br

⁴ Eng^a. Agrônoma, PhD, Pesquisadora Embrapa Gado de Leite. E-mail: mmcarval@cnppl.embrapa.br

⁵ Eng^o. Florestal, PhD, Professor titular, Depto de Engenharia Florestal, UFV, MG. E-mail: lcouto@mail.ufv.br

intenso pode ser fator limitante à produção de forragem. A produtividade forrageira é passível de redução pela presença de árvores nas pastagens, as quais competem com o estrato herbáceo do sub-bosque pelos fatores de produção, principalmente pela luz (BURROWS et al., 1990; PIEPER, 1990). Assim, alguns estudos têm demonstrado que o rendimento forrageiro aumenta com a redução do componente arbóreo (WALKER et al., 1986; HARRINGTON e JOHNS, 1990; e BARBOSA e GURGEL GARRIDO, 1990) ou da intensidade de sombreamento (WONG e STÜR, 1993; MORITA et al., 1994).

O estudo da adaptação morfológica de gramíneas a ambientes com baixa luminosidade é importante para a melhor compreensão do seu crescimento em sistemas silvipastoris. A distribuição de matéria seca entre os diferentes órgãos das plantas é um processo fortemente influenciado pelas condições ambientais, sendo também dependente de diferenças genéticas entre as espécies.

O cultivo de várias espécies de gramíneas forrageiras sob diferentes níveis de redução da intensidade luminosa resultou em plantas mais altas e com colmos mais longos (WONG e WILSON, 1980; ERIKSEN e WHITNEY, 1981; SAMARAKOON et al., 1990a; e MORITA et al., 1994), reação considerada por SKUTERUD (1984) como forma de compensação à deficiência de luz. KNAKE (1972) observou que a maior extensão do colmo de plantas de *Setaria faberii* cultivadas sob 30% de sombreamento foi atribuída a entrenós mais longos, e não ao seu maior número; porém, a queda mais acentuada da luminosidade resultou em plantas com menor estatura.

Sob níveis decrescentes de luminosidade, as folhas de *Panicum maximum* ficaram mais longas e mais largas (WONG e WILSON, 1980). Da mesma forma, BUBAR e MORRISON (1984) constataram que *Setaria viridis* e *S. lutescens* produziram folhas mais longas, quando cultivadas sob menor intensidade luminosa.

A exploração de sistemas silvipastoris implica na escolha de espécies ecológica e economicamente apropriadas às finalidades desejadas. Entretanto, ainda são insuficientes as informações acerca de espécies forrageiras tropicais passíveis de utilização em tais sistemas. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito de três níveis de sombreamento artificial sobre a produtividade, a concentração de nitrogênio e o comportamento dos atributos morfológicos de seis espécies de gramíneas forrageiras tropicais tradicionalmente cultivadas pelos pecuaristas brasileiros.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido na Estação Experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média. Os tratamentos consistiram de seis espécies de gramíneas forrageiras tropicais (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf, cv. Marandu; *B. decumbens* Stapf; *Melinis minutiflora* Beauv.; *Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* (Hoscht) Hack, cv. Planatina; *Panicum maximum* Jacq., cv. Vencedor; *Setaria anceps* Stapf ex Massey, cv. Kazungula) submetidas a três níveis de sombreamento (0, 30 e 60% de sombra, respectivamente, luz plena, sombra moderada e sombra intensa), segundo o delineamento em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Foram adotadas parcelas retangulares (níveis de sombreamento) de 12 x 3 m e subparcelas (gramíneas) de 3 x 2 m, coletando-se dados apenas na área interna útil (2 x 1 m) de cada subparcela.

As análises químicas de amostras de solo (0-20 cm de profundidade) apresentaram os seguintes resultados: pH em água, 4,52; P (Mehlich) 5,03 mg/dm³; e cátions trocáveis em cmol_c/dm³ – Ca, 0,64; Mg, 0,39; K, 0,68; e Al, 0,91.

A área foi preparada mecanicamente por meio de aração e gradagem; foi feita a calagem, aplicando-se 2 t/ha de calcário dolomítico (correspondente à metade da dose calculada pelo método do Al e Ca + Mg trocáveis) e adubação básica com P e K, sendo 500 kg/ha de superfosfato simples e 167 kg/ha de cloreto de potássio. As gramíneas foram semeadas em novembro de 1992 e durante a sua fase de estabelecimento a ressemeadura foi feita sempre que necessária.

O sombreamento artificial foi obtido pela cobertura das parcelas com telas plásticas (sombrite) a 1,5 m de altura do solo, tendo sido imposto somente após o completo estabelecimento das forrageiras, quando se fez um corte geral de uniformização, a 10 cm do solo, em novembro de 1994. Nessa ocasião foi realizada adubação de manutenção, aplicando-se, em cobertura, 200 kg/ha de superfosfato simples e 100 kg/ha de cloreto de potássio.

A cada oito semanas, a partir da imposição do sombreamento, as subparcelas foram ceifadas, totalizando três cortes (20/01, 17/03 e 12/05/95); quantificou-se a produção de massa verde total na área útil e retiraram-se amostras para determinação dos teores e produções de matéria seca (MS) total e das frações gramínea, material morto e invasoras.

A concentração de N, pelo método Kjeldahl, foi determinada em amostras de folhas e caules da fração gramínea obtida nos 1º e 3º cortes, ocasiões em que as plantas foram avaliadas quanto às suas características morfológicas, obtendo-se valores médios para os seguintes parâmetros: comprimento do colmo, número de entrenós, comprimento da lâmina e sua largura máxima na última folha completamente expandida.

O teor de carboidratos totais não-estruturais (CTN), conforme procedimento descrito por SILVA (1990), foi determinado apenas no 3º corte, em amostras da porção basal dos colmos, considerando como tal os seus 5 cm iniciais.

Os dados foram submetidos à análise de variância e o efeito do sombreamento analisado por meio da técnica de polinômios ortogonais.

Resultados e Discussão

Efeito do sombreamento sobre o crescimento das gramíneas

O efeito do sombreamento sobre a produção total de MS nas parcelas e produção de MS de gramíneas variou entre as espécies (Tabela 1).

O *P. maximum* apresentou resposta quadrática à redução da luminosidade, com aumento da produção de MS à sombra moderada e queda sob sombreamento intenso. A produção de *S. anceps* não foi significativamente alterada pelo sombreamento. Em *B. decumbens* e *A. gayanus*, o rendimento forrageiro decresceu linearmente com o sombreamento progressivo; *B. brizantha* também apresentou resposta decrescente, porém quadrática. Embora tenha havido redução na produção de *M. minutiflora*, essa não foi estatisticamente significativa ante a grande variação ocorrida entre as parcelas em decorrência da infestação por invasoras.

O estímulo à produção forrageira de *P. maximum*, observado nas parcelas com sombreamento moderado, está em conformidade com a literatura (WONG e WILSON, 1980; ERIKSEN e WHITNEY, 1981; e WILSON et al., 1986). A tolerância média dessa espécie ao déficit de luminosidade (SHELTON et al., 1987) e a baixa disponibilidade de nitrogênio no solo podem explicar seu maior rendimento de MS quando cultivada sob 30% de sombreamento.

As produções de *A. gayanus* e *B. decumbens* decresceram com o sombreamento, resultado semelhante ao obtido com essas espécies por CARVALHO

et al. (1997) em ensaio com sombreamento natural. O decréscimo na produtividade forrageira dessas gramíneas pode ser decorrente do fato de a radiação luminosa do ambiente sombreado ser inferior à correspondente ao ponto de compensação lumínico característico de cada espécie.

A produção forrageira de *B. brizantha* decresceu com o sombreamento, resultado contrastante com os relatos de ERIKSEN e WHITNEY (1981), que, sob condição de baixo nível de N no solo, obtiveram produção máxima dessa espécie quando cultivada sob 55% de sombreamento. No estudo de CARVALHO et al. (1997), a produção dessa gramínea a pleno sol não diferiu significativamente da obtida em um bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth), no qual, ao longo do ano, o sombreamento variou de 60 a 70%.

O sombreamento resultou em decréscimo do acúmulo de material morto em *A. gayanus* (Tabela 1), comportamento semelhante ao observado por SAMARAKOON et al. (1990b), em que a redução de 50% na luminosidade ambiente promoveu queda do percentual de tecidos mortos em *Pennisetum clandestinum* e *Stenotaphrum secundatum*. A redução do acúmulo de tecidos mortos devido ao sombreamento, ou a sua não alteração, parece estar relacionada com a menor velocidade de desenvolvimento das plantas cultivadas sob luminosidade reduzida e também às condições microclimáticas do ambiente sombreado, onde predominaram temperaturas amenas, umidade relativa do ar ligeiramente mais alta e elevado teor de umidade no solo.

O teor de MS de todas as espécies foi maior sob luminosidade ambiente, decrescendo com o sombreamento (Tabela 1). Outros autores também observaram que as gramíneas cultivadas à sombra são mais suculentas, possuindo menor teor de MS (ERIKSEN e WHITNEY, 1981; SMITH e WHITEMAN, 1983; SAMARAKOON et al., 1990b; e CARVALHO et al., 1995), em conformidade com os resultados obtidos no presente estudo, o que se deve ao desenvolvimento mais lento das plantas à sombra, com reduzida velocidade de perda de água pelos seus tecidos, os quais permanecem mais tenros e suculentos por maior período de tempo (JEFFERIES, 1965).

Alterações morfológicas

A redução da luminosidade promoveu o maior crescimento do colmo de *B. brizantha*, *M. minutiflora*, *P. maximum* e *S. anceps* (Tabela 2).

É interessante observar que, nas gramíneas em

Tabela 1 - Produção (kg/ha) de MS total de gramíneas e tecidos mortos e teor (%) de MS de gramíneas cultivadas sob três níveis de sombreamento

Table 1- Yield of total DM (kg/ha), of grasses, dead tissues, and DM content of grasses cultivated under three shade levels

Componente <i>Component</i>	Sombreamento (%) <i>Shade</i>			Efeito <i>Effect</i>
	0	30	60	
<i>Brachiaria brizantha</i>				
MS total ¹	10.327,69	7.809,80(75,62)*	7.563,21(73,23)	Linear ⁶
MS de gramíneas ²	9.882,60	6.690,68(67,70)	7.289,97(73,77)	Quadrático ⁷
MS de tecidos mortos ³	445,09	1.119,15(251,44)	273,24(61,39)	Quadrático
MS de invasoras ⁴	0	0	0	
Teor de matéria seca ⁵	26,46	22,66	20,65	Linear
<i>Brachiaria decumbens</i>				
MS total	10.593,17	7.315,00(69,05)	5.749,78(54,28)	Linear
MS de gramíneas	9.273,02	6.901,01(74,42)	5.448,36(58,76)	Linear
MS de tecidos mortos	848,37	414,06(48,81)	301,42(35,53)	
MS de invasoras	471,43	0	0	
Teor de matéria seca	27,20	23,60	22,08	Linear
<i>Melinis minutiflora</i>				
MS total	4.902,08	5.667,74(115,62)	4.327,52(88,28)	
MS de gramíneas	3.585,80	2.034,48(56,74)	1.752,87(48,88)	
MS de tecidos mortos	440,52	674,00(153,00)	849,80(192,91)	
MS de invasoras	871,46	2.957,14(339,33)	1.714,29(196,71)	
Teor de matéria seca	28,02	25,87	26,40	
<i>Andropogon gayanus</i>				
MS total	15.343,63	10.570,77(68,89)	7.701,49(50,19)	Linear
MS de gramíneas	11.333,95	9.522,08(84,01)	6.690,94(59,03)	Linear
MS de tecidos mortos	4.009,65	1.048,68(26,15)	1.010,54(25,20)	Quadrático
MS de invasoras	0	0	0	
Teor de matéria seca	28,51	24,10	22,37	Linear
<i>Panicum maximum</i>				
MS total	7.152,53	8.257,07(115,44)	5.378,62(75,20)	Quadrático
MS de gramíneas	6.362,22	7.617,07(119,72)	4.825,38(75,84)	Quadrático
MS de tecidos mortos	790,30	639,99(80,98)	553,24(70,00)	
MS de invasoras	0	0	0	
Teor de matéria seca	24,86	22,19	19,77	Linear
<i>Setaria anceps</i>				
MS total	6.755,26	7.077,44(104,77)	5.904,02(87,04)	
MS de gramíneas	5.882,49	5.910,86(100,48)	5.429,08(92,29)	
MS de tecidos mortos	846,20	1.166,57(137,86)	474,94(56,13)	
MS de invasoras	28,57	0	0	
Teor de matéria seca	20,34	16,85	16,43	Linear

*Valores percentuais relativos ao tratamento não-sombreado (*Relative yield - %*).¹Total DM; ²Grasses DM; ³Dead tissue DM; ⁴Weed DM; ⁵DM content; ⁶Linear; ⁷Quadratic.

que a produção de MS (Tabela 1) aumentou com o sombreamento, como em *P. maximum*, ou se manteve estável, como em *M. minutiflora* e *S. anceps*, também houve aumento do comprimento médio do colmo (Tabela 2); da mesma forma, a queda na produção forrageira de *B. decumbens* e *A. gayanus* foi acompanhada pelo decréscimo no comprimento do colmo, embora o sombreamento não tenha exercido efeito significativo sobre o referido comprimento na última gramínea. Este comportamento sugere a influência do alongamento do colmo sobre a produção de

MS dessas espécies. O aumento da extensão do caule parece ser a tendência geral das plantas cultivadas à sombra, forma comum de se compensar a deficiência de luz, conforme constatações de SKUTERUD (1984) e SAMARAKOON et al. (1990a).

Apenas em *M. minutiflora* e *S. anceps* o número de entrenós foi significativamente alterado pela redução da luminosidade ambiente. Nota-se que esse parâmetro foi sempre mais elevado em *M. minutiflora*, independente do grau de sombreamento (Tabela 2), tendo ambas espécies atingido o número máximo de

Tabela 2 - Comprimento do colmo (cm), número de entrenós, comprimento e largura máxima da lâmina foliar de gramíneas cultivadas sob três níveis de sombreamento

Table 2 - Stem length (cm), number of internodes, maximum length and width of leaves of grasses cultivated under three shade levels

Componente <i>Component</i>	Sombreamento (%) <i>Shade</i>			Efeito <i>Effect</i>
	0	30	60	
<i>Brachiaria brizantha</i>				
Comprimento do colmo ¹	22,00	32,69	38,05	Linear ⁵
Número de entrenós ²	3,06	3,73	3,81	
Comprimento da lâmina ³	24,72	32,80	32,71	Quadrático ⁷
Largura da lâmina ⁴	1,51	1,39	1,55	Quadrático
<i>Brachiaria decumbens</i>				
Comprimento do colmo	55,17	49,51	42,91	Linear
Número de entrenós	4,12	4,31	4,29	
Comprimento da lâmina	19,08	22,64	23,73	Linear
Largura da lâmina	1,43	1,38	1,34	
<i>Melinis minutiflora</i>				
Comprimento do colmo	19,60	28,93	28,59	Quadrático
Número de entrenós	7,10	6,44	8,19	Quadrático
Comprimento da lâmina	8,59	11,73	11,27	
Largura da lâmina	1,09	1,14	1,24	Linear
<i>Andropogon gayanus</i>				
Comprimento do colmo	35,46	35,63	30,74	
Número de entrenós	1,97	2,08	1,85	
Comprimento da lâmina	71,66	66,49	62,66	Linear
Largura da lâmina	1,46	1,54	1,33	Quadrático
<i>Panicum maximum</i>				
Comprimento do colmo	25,31	40,87	33,08	Quadrático
Número de entrenós	3,07	3,41	3,48	
Comprimento da lâmina	47,06	48,18	41,73	Quadrático
Largura da lâmina	1,09	1,29	1,43	Linear
<i>Setaria anceps</i>				
Comprimento do colmo	27,84	60,27	64,52	Quadrático
Número de entrenós	4,19	5,89	7,18	Linear
Comprimento da lâmina	29,89	32,47	29,55	
Largura da lâmina	0,87	1,03	0,95	Quadrático

¹ Stem length; ² Number of internodes; ³ Leaves length; ⁴ Leaves width; ⁵ Linear; ⁶ Quadratic.

entrenós, quando cultivadas sob 60% de redução da intensidade luminosa.

A literatura é escassa em citações referentes ao número de entrenós; todavia, a ausência de efeito significativo da redução da luminosidade sobre essa característica nas demais espécies estudadas parece ser a tendência geral, uma vez que outros autores já correlacionaram a maior altura de plantas sombreadas com a ocorrência de entrenós mais longos, sem alteração significativa do número desses (KNAKE, 1972; DONG e KROON, 1994).

O sombreamento exerceu efeito significativo sobre o comprimento médio da lâmina foliar de *A. gayanus*, *B. brizantha*, *B. decumbens* e *P. maximum* (Tabela 2). Em todos os níveis de sombreamento, as gramíneas de porte alto apresentaram folhas mais

longas que as de porte baixo, destacando-se a maior extensão da lâmina foliar de *A. gayanus*.

O desenvolvimento do aparelho fotossintético foi marcadamente influenciado pela intensidade luminosa do ambiente, sendo observados, em várias espécies de gramíneas, aumentos significativos no comprimento da lâmina foliar das plantas, em resposta ao cultivo sob luminosidade reduzida (SCHNYDER e NELSON, 1988; DONG e KROON, 1994; e MORITA et al., 1994).

De acordo com MITCHELL e SOPER (1958), o comprimento da lâmina foliar é determinado pelo número de divisões celulares que ocorrem perpendicularmente à nervura central da folha e pelo alongamento das células; segundo esses autores, a epiderme das folhas de plantas sombreadas contém mais células no sentido longitudinal, que possuem maior com-

primento que as observadas em folhas de indivíduos mantidos sob luminosidade plena. Completando esse raciocínio, SCHNYDER e NELSON (1988) afirmaram que a maior taxa de alongamento foliar em *Festuca arundinacea* cultivada sob baixa intensidade luminosa se deve ao maior influxo de água para os tecidos que estão se alongando, fenômeno incrementado pela reduzida velocidade de perda de água pelas plantas cultivadas à sombra, conforme preconizado por JEFFERIES (1965).

A insensibilidade da extensão foliar de *M. minutiflora* e *S. anceps* ao sombreamento e o seu efeito negativo em *A. gayanus* são respostas atípicas das gramíneas à redução da luminosidade ambiente.

Com exceção de *B. decumbens*, a largura das folhas de todas as espécies estudadas foi significativamente influenciada pelo sombreamento (Tabela 2). O aumento da largura da lâmina foliar de *A. gayanus*, *M. minutiflora*, *P. maximum* e *S. anceps*, em resposta ao sombreamento, concorda com as observações de WONG e WILSON (1980), em *P. maximum*, e MORITA et al. (1994), em *Cynodon dactylon* e *Lolium perenne*.

A não alteração da largura das folhas de plantas cultivadas sob baixa intensidade luminosa, como observado nesse ensaio em *B. decumbens*, já foi relatada em outras gramíneas (MORITA et al., 1994).

Comparação entre espécies

A espécie mais tolerante ao sombreamento foi o *P. maximum*, apresentando melhor desempenho relativo à sombra moderada, produzindo 119,72% em relação ao tratamento a pleno sol, e segundo melhor desempenho à sombra intensa, 75,84% (Tabela 1), comportamento concordante com a literatura, que classifica essa espécie como uma das mais adaptadas às condições de sombreamento (SHELTON et al., 1987; WONG et al., 1985). CARVALHO et al. (1997) observaram que essa espécie teve desempenho inferior quando cultivada à sombra de angico-vermelho que em área sem sombra, provavelmente devido à competição com a espécie arbórea e ao fato do seu plantio já ter sido feito em condição de sombreamento. No entanto, esses autores verificaram que o *P. maximum*, cv. Vencedor teve excelente recuperação, após fraco estabelecimento (CARVALHO et al., 1995) nas condições citadas.

A *S. anceps* foi a segunda espécie mais tolerante à sombra, não tendo sido significativamente influenciada pela redução da luminosidade ambiente, seguida por *A. gayanus*, cuja produção à sombra modera-

da foi 84,01% da obtida sob luz plena, sendo a gramínea que apresentou maior rendimento forrageiro absoluto em tal condição (Tabela 1).

As duas espécies de *Brachiaria* sofreram redução significativa na produção de MS com o sombreamento crescente, porém, no sombreamento mais intenso (60%), a *B. brizantha* foi mais tolerante que a *B. decumbens*, resultado semelhante ao observado por CARVALHO et al. (1997). Embora a redução da luminosidade não tenha influenciado significativamente a produção de MS de *M. minutiflora*, houve decréscimo da ordem de 50% do seu rendimento a pleno sol, revelando-se a gramínea menos tolerante à baixa luminosidade, apresentando as menores produções relativas, fato que, associado à sua baixa agressividade, possibilitou grande desenvolvimento de plantas invasoras (Tabela 1). GARCIA et al. (1994) observaram que nos espaçamentos mais estreitos de *Eucalyptus grandis* essa gramínea foi naturalmente eliminada do sub-bosque, persistindo apenas nas parcelas de espaçamento mais amplo, com maior intensidade luminosa, comportamento atribuído ao seu elevado ponto de compensação lumínico. CARVALHO et al. (1997) também constataram redução significativa no rendimento forrageiro de *M. minutiflora* cultivada à sombra de um bosque de angico-vermelho. As demais espécies forrageiras estudadas, mesmo nos casos em que sofreram redução do rendimento forrageiro devido ao sombreamento, ainda manifestaram agressividade suficiente para impedir o crescimento de invasoras.

São poucas as informações disponíveis sobre as causas da tolerância de gramíneas forrageiras às condições de luminosidade reduzida. WONG e STÜR (1996) compararam duas espécies de *Paspalum* quanto à tolerância ao sombreamento e observaram que a mais tolerante apresentou teor mais elevado de CTN na base do caule.

No presente estudo, as gramíneas de porte alto foram as mais produtivas, apresentando maior tolerância ao sombreamento e, também, teores mais elevados de CTN na base do caule que as espécies de porte baixo (Tabela 3).

Em todas as gramíneas, as menores concentrações de CTN foram observadas no sombreamento mais intenso; a tendência geral de variação dessas reservas sugere resposta decrescente e contínua ao sombreamento progressivo, concordando com a afirmação de LARCHER (1975), segundo a qual as variações nos teores de tais reservas estão associadas à intensidade luminosa, graças à relação direta

entre a fotossíntese líquida e a intensidade da radiação luminosa que chega às folhas.

O decréscimo dos teores de CTN foi relatado em diversas gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida (WONG e WILSON, 1980; SAMARAKOON et al., 1990a; e WONG e STÜR, 1996). Este declínio é reação comum à maioria das plantas (WILSON e WONG, 1982), podendo restringir a capacidade de rebrota de relvados intensamente sombreados e submetidos a cortes freqüentes (WONG e WILSON, 1980), pois o baixo nível de reservas é fator crítico para a rebrota e sobrevivência das gramíneas em ambiente sombreado (WONG e STÜR, 1996).

A redução dos níveis de CTN observado nesse

ensaio é um aspecto do sombreamento digno de estudos mais profundos, visando determinar a magnitude deste declínio passível em comprometer o vigor e a intensidade de rebrota dos relvados mantidos à sombra permanente, pois, segundo SHEARD (1973) e SMITH (1972), nas espécies perenes a rebrota ocorre às expensas de substâncias orgânicas acumuladas nos órgãos permanentes das plantas, sendo consideradas fontes de energia prontamente disponíveis.

A redução da luminosidade influenciou significativamente os teores de N em todas as espécies estudadas (Tabela 3). Nas espécies de porte alto, a concentração de N nas folhas e nos caules de plantas sombreadas foi maior que a observada nas cultivadas

Tabela 3 - Teores (%) de N nas folhas e nos colmos (médias de duas avaliações) e teor (%) de carboidratos totais não-estruturais na base do caule de gramíneas cultivadas sob três níveis de sombreamento

Table 3 - Concentrations (%) of N in the leaves and stems and total non structural carbohydrate concentration (%) of grasses cultivated under three shade levels

Componente Component	Sombreamento (%) Shade			Efeito Effect
	0	30	60	
<i>Brachiaria brizantha</i>				
N na folha ¹	1,86	1,90	2,32	Linear ⁴
N no colmo ²	0,98	0,98	1,17	Linear
CTN ³	5,63	5,71	5,15	Quadrático ⁵
<i>Brachiaria decumbens</i>				
N na folha	1,74	1,83	2,32	Linear
N no colmo	0,86	0,90	1,16	Linear
CTN	5,28	5,20	5,10	
<i>Melinis minutiflora</i>				
N na folha	2,07	1,97	2,49	Quadrático
N no colmo	1,24	1,01	1,28	Quadrático
CTN	4,86	4,50	3,98	Linear
<i>Andropogon gayanus</i>				
N na folha	1,80	2,39	2,52	Quadrático
N no colmo	0,62	1,17	0,92	Quadrático
CTN	6,88	6,61	6,41	Linear
<i>Panicum maximum</i>				
N na folha	1,75	2,33	2,56	Linear
N no colmo	0,87	1,11	1,11	Linear
CTN	6,38	6,23	6,11	Linear
<i>Setaria anceps</i>				
N na folha	2,03	2,56	2,84	Linear
N no colmo	1,08	1,28	1,57	Linear
CTN	7,19	7,03	6,97	Linear

¹N in leaves; ²N in stems; ³TNC (Total non structural carbohydrates); ⁴Linear; ⁵Quadratic.

a pleno sol, fato também constatado nas duas espécies de *Brachiaria*. O aumento da concentração de N na fração folhosa em resposta ao sombreamento crescente também foi observado por CARVALHO et al. (1997), ao cultivarem as mesmas gramíneas à sombra de um bosque de angico vermelho, e por vários autores (ERIKSEN e WHITNEY, 1981; WILSON et al., 1986; SCHREINER, 1987; e SAMARAKOON et al., 1990a).

Conclusões

As espécies *P. maximum* e *S. anceps* foram as mais tolerantes ao sombreamento, atingindo, à sombra moderada, 119,72 e 100,48% da produção de MS obtida a pleno sol, respectivamente.

A concentração de N na parte aérea dessas gramíneas, em *A. gayanus* e nas espécies de *Brachiaria*, também foi maior nas plantas sombreadas.

As gramíneas cultivadas à sombra tornaram-se mais suculentas, com menor teor de matéria seca.

As características morfológicas estudadas variaram conforme a espécie avaliada, não apresentando comportamento padrão, impossibilitando generalizações.

Referências Bibliográficas

- ANDERSON, G.W., MOORE, R.W. 1987. Production in the first seven years of a *Pinus radiata*-annual pasture agroforest in western Australia. *Austr. J. Exp. Agric.*, 27(2):231-238.
- BARBOSA, J.O., GURGEL GARRIDO, L.M.A. 1990. Consorciação de pastagem e povoamentos de *Pinus*. *Rev. Inst. Florestal*, 2(3):171-184.
- BELSKY, A.J., AMUNDSON, R.G., DIXBURY, J.M. et al. 1989. Effects of trees on their physical, chemical and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. *J. Appl. Ecol.*, 26(8):1005-1024.
- BUBAR, C.J., MORRISON, I.N. 1984. Growth response of green and yellow foxtail (*Setaria viridis* and *S. lutescens*) to shade. *Weed Sci.*, 32(6):774-780.
- BURROWS, W.H., CARTER, J.O., SCANLAN, J.C. et al. 1990. Management of savannas for livestock production in north-east Australia: contrast across the tree-grass continuum. *J. Biogeography*, 13(4):503-512.
- CARVALHO, M.M., SILVA, J.L.O., CAMPOS JR, B.A. 1997. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico-vermelho. *R. Bras. Zootec.*, 26(2):213-218.
- CARVALHO, M.M., FREITAS, V.P., ANDRADE, A. C. 1995. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). *Pasturas Tropicales*, 17(1):24-30.
- DONG, M., KROON, H. 1994. Plasticity in morphology and biomass allocation in *Cynodon dactylon*, a grass species forming stolons and rhizomes. *Oikos*, 70(1):99-106.
- ERIKSEN, F.I., WHITNEY, A.S. 1981. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. *Agron. J.*, 73(3):427-433.
- GARCIA, N.C.P., REIS, G.G., SALGADO, L.T. et al. Consórcio do *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em áreas de encosta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1, 1994, Porto Velho. *Resumos...* Porto Velho: EMBRAPA, CPAF-Rondônia, 1994. p.113-120.
- HARRINGTON, G.N., JOHNS, G.G. 1990. Herbaceous biomass in a *Eucalyptus* savanna woodland after removing trees and shrubs. *J. Appl. Eco.*, 27(5):775-787.
- JEFFERIES, N.W. 1965. Herbage production on a gambel oak range in south western Colorado. *J. Range Manag.*, 18(2):212-213.
- KNAKE, E.L. 1972. Effect of shade on giant foxtail. *Weed Sci.*, 20(6):588-592.
- LARCHER, W. 1975. *Physiological plant ecology*. Berlin: Springer-Verlag. 252p.
- MARQUES, L.C.T. *Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto em plantio consorciado com milho e capim marandú, em Paragominas, Pará*. Viçosa, MG: UFV, 1990. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- MITCHELL, K.J., SOPER, K. 1958. Effects of differences in light intensity and temperature on the anatomy and development of leaves of *Lolium perenne* and *Paspalum dilatatum*. *New Zealand J. Agric. Res.*, 1(1):1-16.
- MORITA, O., GOTO, M., EHARA, H. 1994. Growth and dry matter production of pasture plants grown under reduced light conditions of summer season. *Bulletin of the Faculty of Bioresources, Mie University*, 12(1):11-20.
- PIEPER, R. D. 1990. Overstory-understory relations in pinyon-juniper woodlands in New Mexico. *J. Range Manag.*, 43(3):413-415.
- SAMARAKOON, S.P., SHELTON, H.M., WILSON, J.R. 1990b. Voluntary feed intake by sheep and digestibility of shaded *Stenotaphrum secundatum* and *Pennisetum clandestinum* herbage. *J. Agric. Sci.*, 114(2):143-150.
- SAMARAKOON, S.P., WILSON, J.R., SHELTON, H.M. 1990a. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *J. Agric. Sci.*, 114(2):161-169.
- SCHNYDER, H., NELSON, C.J. 1988. Diurnal growth of tall fescue leaf blades. I. Spatial distribution of growth, deposition of water and assimilate import in the elongation zone. *Plant Physiology*, 86(2):1070-1076.
- SCHREINER, H.G. 1987. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. *Bol. Pesq. Florestal*, 15(1):61-72.
- SHEARD, R.W. 1973. Organic reserves and plant regrowth. In: BUTTLER, G.W., BAILEY, R.W. (Eds.). *Chemistry and biochemistry of herbage*. London: Academic Press. 2:354-376.
- SHELTON, H.M., HUMPHREYS, L.R., BATELLO, C. 1987. Pastures in the plantations of Asia and Pacific: Performance and prospects. *Tropical Grasslands*, 21(4):159-168.
- SILVA, D.J. 1990. *Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos*. Viçosa, MG: Imprensa Universitária. 165p.
- SKUTERUD, R. 1984. Growth of *Elymus repens* (L.) Gould and *Agrostis gigantea* Roth. at different light intensities. *Weed Res.*, 24(1):51-57.
- SMITH, D. 1972. Carbohydrate reserves of grasses. In: YOUNGNER, V. B., McKELL, C.M (ed.) *The biology and utilization of grasses*. New York: Academic Press. p.318-333.
- SMITH, M.A., WHITEMAN, P.C. 1983. Evaluation of tropical

- grasses in increasing shade under coconut canopies. *Exp. Agric.*, 19(2):153-161.
- TORRES, F. 1982. Role of woody perennials in animal agroforestry. *Agroforestry Systems*, 1(2):131-163.
- WALKER, J., ROBERTSON, J.A., PENRIDGE, L.K. 1986. Herbage response to tree thinning in a *Eucalyptus creba* woodland. *Austr. J. Eco.*, 11(1):135-140.
- WELTZIN, J.R., COUGHENOUR, M.B. 1990. Savanna tree influence on understory vegetation and soil nutrients in north western Kenya. *J. Veg. Sci.*, 1(3):325-332.
- WILSON, J.R., CATCHPOOLE, V.R., WEIER, K.L. 1986. Stimulation of growth and nitrogen uptake by shading a rundown green panic pasture on brigalow clay soil. *Trop. Grass.*, 20(3):134-143.
- WILSON, J.R., HILL, K., CAMERON, D.M. et al. 1990. The growth of *Paspalum notatum* under a shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. *Trop. Grass.*, 24(1):24-28.
- WILSON, J.R., WONG, C.C. 1982. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures. *Austr. J. Agric. Res.*, 33(8):937-949.
- WONG, C.C., MOHD SHARUDIN, M.A., RAHIM, H. 1985. *Shade tolerance potential of some tropical forages for integration with plantations*. I. Grasses. [S.l.:s.n.] p.225-247. (MARDI Research Bulletin, 13.).
- WONG, C. C, STÜR, W. W. Persistence of an erect and a prostrate *Paspalum* species as affected by shade and defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, 1993, Nice. *Proceedings ... Nice*, 1993. p.2059-2060.
- WONG, C. C, STÜR, W. W. 1996. Persistence of tropical forage grasses in shaded environments. *J. Agric. Sci.*, 126(2):151-159.
- WONG, C.C., WILSON, J.R. 1980. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Austr. J. Agric. Res.*, 31(3):269-285.

Recebido em: 16/09/98

Aceito em: 04/02/99