

CONSORCIAÇÃO DE ESTILOSANTES CAMPO GRANDE E CAPIM-MARANDU EM SISTEMA SILVIPASTORIL E SOL PLENO DURANTE A FASE DE ESTABELECIMENTO¹

B. M. Rodrigues^{2*}, T. G. S. Braz², L. A. Frazão², B. Q. Almeida², M. A. Alves², A. C. C. V. Silva², M. E. M. Oliveira², T. R. Vieira²

¹Recebido em 01/03/2018. Aprovado em 31/10/2018.

²Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais -ICA/UFMG, Montes Claros, MG, Brasil.

*Autor correspondente: babirodrigues@zootecnista.com.br

RESUMO: O objetivo foi avaliar a produção, estrutura e composição botânica dos pastos consorciados de capim-marandu e estilosantes Campo Grande em sol pleno e sistema silvipastoril a diferentes distâncias das árvores durante o estabelecimento. O delineamento foi inteiramente ao acaso com seis repetições, onde avaliaram-se o cultivo em sistema silvipastoril a 2,5 e 5,0 m de distância das árvores e em sol pleno. A massa seca de capim-marandu foi superior no sol pleno (4074,1 kg/ha) em relação ao silvipastoril (2283,4 kg/ha) e foi superior a 5,0 m (2708,1 kg/ha) em relação a 2,5 m (1858,7 kg/ha) de distância das árvores. A massa seca de estilosantes não foi influenciada pelos sistemas de cultivo e pela distância das árvores e assumiu valor de 134,0 kg/ha. A participação do estilosantes na composição botânica foi menor no sol pleno (3,59%) em relação ao silvipastoril, e menor a 5,0 m (4,76%) em relação a 2,5 m (7,32%). O sol pleno também estimulou o perfilhamento, porcentagem de colmos e altura do capim-marandu e reduziu a sua relação folha:colmo. O cultivo em sistema silvipastoril e a proximidade das árvores reduz a produção de forragem pelo capim-marandu e aumenta a participação do estilosantes na composição botânica do pasto.

Palavras-chave: composição botânica, correlação de Pearson, perfilhos, relação folha:colmo, *Stylosanthes*, *Urochloa brizantha*.

MIXED PASTURES OF STYLOSANTHES CAMPO GRANDE AND MARANDU PALISADEGRASS IN A SILVOPASTORAL SYSTEM AND UNDER FULL SUNLIGHT DURING THE ESTABLISHMENT PHASE

ABSTRACT: The objective was to evaluate the production, structure and botanical composition of intercropped Marandu palisadegrass and *Stylosanthes* Campo Grande grown under full sunlight and in a silvopastoral system at different distances from the trees during the establishment phase. A completely randomized design with six replicates was used, in which growth was evaluated in a silvopastoral system at distances of 2.5 and 5.0 m from the trees and under full sunlight. The dry mass of Marandu palisadegrass was higher under full sunlight (4,074.1 kg/ha) compared to the silvopastoral system (2,283.4 kg/ha) and for the distance of 5.0 m (2,708.1 kg/ha) compared to 2.5 m (1,858.7 kg/ha). The dry mass of *Stylosanthes* was not influenced by the cultivation system or distance from the trees and was 134.0 kg/ha. The participation of *Stylosanthes* in the botanical composition was lower under full sunlight (3.59%) compared to the silvopastoral system and lower for 5.0 m (4.76%) compared to 2.5 m (7.32%). Full sunlight also stimulated tillering, percentage of stems and height of Marandu palisadegrass and reduced its leaf:stem ratio. The silvopastoral system and the proximity of trees reduce forage production by Marandu palisadegrass and increase the participation of *Stylosanthes* in the botanical composition of the pasture.

Key words: botanical composition, leaf:stem ratio, Pearson correlation, *Stylosanthes*, tillers, *Urochloa brizantha*.

INTRODUÇÃO

As pastagens cultivadas no Brasil apresentam baixa diversidade de plantas, sendo constituídas, predominantemente, por monocultivo de gramínea. Para incrementar a produtividade animal e obter melhor aproveitamento das pastagens, destaca-se a consorciação entre gramíneas e leguminosas forrageiras.

A introdução de leguminosas em pastos de gramíneas tem sido sugerida como alternativa para suprir ou minimizar a deficiência de nitrogênio nesses ecossistemas, aumentando, assim, a capacidade de suporte, produtividade e prevenindo o processo de degradação (Andrade *et al.*, 2004). Além dessas vantagens, as leguminosas promovem aumento do teor de matéria orgânica e da diversidade biológica do solo (Roa-Fuentes *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2015), o que melhora a estrutura física e reduz o risco de erosão e lixiviação dos nutrientes.

Além da consorciação entre plantas forrageiras, o uso de sistemas silvipastoris (SSP) também é alternativa viável para aumento da sustentabilidade e recuperação de pastagens degradadas. A presença das árvores em meio à pastagem pode trazer uma série de benefícios como maior ciclagem de nutrientes, proteção ao solo, fixação de carbono e melhoria das condições microclimáticas para o homem e para os animais (Porfírio da Silva *et al.*, 2009). Nesse sentido, a consorciação entre plantas forrageiras dentro do SSP tem potencial para reunir os benefícios de ambas as técnicas e melhorar os resultados da atividade pecuária baseada em pastagens.

Apesar dos benefícios, a introdução de árvores em pastagens pode representar um fator de estresse para as forrageiras presentes no sub-bosque, já que as mesmas sombreiam grande faixa do pasto, influenciando diretamente a produção, estrutura e valor nutritivo das forrageiras. De acordo com Paciullo *et al.* (2008), as árvores podem reduzir a luz disponível para a forrageira e modificar a qualidade dessa luz, afetando as características morfológicas e estruturais que determinam sua produtividade. Essa resposta ao sombreamento depende das espécies forrageiras escolhidas para serem implantadas no sistema, do nível de sombreamento e, também, da fertilidade do

solo.

Ocapim-marandu (*Urochloa brizantha*) é uma das gramíneas mais cultivadas e estudadas em todo o Brasil, em relação ao manejo, adubação e ao uso em sistemas silvipastoris (Paciullo *et al.* 2011; Andrade *et al.*, 2003; Andrade *et al.*, 2004; Dias *et al.*, 2008). Já as plantas de estilosantes estão entre as leguminosas mais utilizadas na atualidade, mas ainda possuem número pequeno de informações que permitem definir protocolos mais acertados sobre o seu manejo, sobretudo quando cultivado em sistemas silvipastoris.

Atualmente, o maior entrave à exploração de sistemas silvipastoris sustentáveis e consorciação de gramíneas e leguminosas está na ausência de informações técnicas para auxiliar, tanto no planejamento quanto no manejo desses sistemas, bem como na recomendação de plantas adaptadas ao sombreamento. O estudo de pastagens consorciadas em sistemas silvipastoris tem grande potencial para melhorar as condições produtivas dos sistemas de baixo e médio nível tecnológico, proporcionando maior sustentabilidade da produção.

Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a resposta de pastos consorciados de *Urochloa brizantha* cv. Marandu e estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes capitata* + *Stylosanthes macrocephala*) em sol pleno e em sistema silvipastoril a diferentes distâncias das árvores de eucalipto por meio da produção, estrutura e coeficiente de correlação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada no município de Montes Claros, nas coordenadas 16°40'3.17" de latitude sul e 43°50'40.97" de longitude oeste, a 598 metros de altitude. O clima do local é do tipo Aw, caracterizado por temperaturas anuais elevadas e regime de chuvas marcado por duas estações bem definidas, com verão chuvoso e inverno seco.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso com seis repetições, em esquema de parcela subdividida com uma testemunha adicional. Dentro do sistema silvipastoril (SSP), foram alocadas as subparcelas correspondentes a duas distâncias das árvores: 2,5 e 5,0 m. Já as parcelas em sol

pleno corresponderam à testemunha adicional. As forrageiras consorciadas foram a *Urochloa brizantha* cv. Marandu (*Syn. Brachiaria brizantha*) e estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes capitata* + *Stylosanthes macrocephala*), estabelecidas em linhas alternadas espaçadas por 40 cm.

Antes do estabelecimento das forrageiras, as árvores passaram por desrama para aumentar a incidência de luz no sub-bosque. Cada unidade experimental foi constituída por parcelas de 10 × 5m instaladas ocupando a entrelinha das árvores ou em sol pleno.

As forrageiras foram estabelecidas no sub-bosque do SSP pelo método convencional com aração na camada de 0-20 cm e nivelamento. Foram utilizadas taxas de sementeira de 2,8 kg/ha de SPV reduzida em 40% para o capim-marandu e de 3,2 kg/ha para o estilosantes. As árvores do sistema silvipastoril encontravam-se estabelecidas há oito anos com espaçamento entre linhas e entre árvores de 10 m e 4 m, respectivamente. O sistema foi irrigado com taxa de 730 L/hora durante o período de 4 horas por dia, durante os períodos críticos da fase de estabelecimento.

Foram realizadas coletas de solo para análise, que revelaram os seguintes resultados nas camadas de 0-20 cm: pH em água= 6,1; P-Mehlich (mg/dm³)= 10,58; K (mg/dm³)= 203; Ca⁺² (cmol_c/dm³)= 7,62; Mg⁺² (cmol_c/dm³)= 2,27; Al⁺³ (cmol_c/dm³)= 0; H + Al (cmol_c/dm³)= 2,45; V (%)= 81; Matéria Orgânica (dag/kg¹): 6,28. Em função dos resultados, foram aplicados 80 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato simples durante a sementeira e 60 kg/ha de nitrogênio e 60 kg/ha de K₂O na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. O nitrogênio e o potássio foram aplicados aos 45 dias após a sementeira.

Durante o período de estabelecimento, foi realizado controle de plantas invasoras por meio de capinas nas entrelinhas das forrageiras. Além disso, foi realizada ressemeadura das plantas de estilosantes Campo Grande, já que a sobrevivência das plantas estabelecidas inicialmente foi baixa. Também foi realizado controle de plantas invasoras na linha do capim-marandu com aplicação localizada de herbicida seletivo (DMA a 806 g/L).

Para as avaliações da produção e composição

botânica do consórcio, as coletas foram realizadas cerca de 90 dias após a sementeira. Foram coletadas amostras de 2 metros lineares de cada forrageira ao nível do solo, nos dois sistemas de cultivo e nos dois locais pré-estabelecidos. Após a coleta, as amostras foram pesadas para a determinação da massa fresca por metro linear e posteriormente subamostradas para determinação do teor de matéria seca e da participação do estilosantes na composição botânica da forragem. Assim, foram determinadas as variáveis: massa seca total do capim-marandu (MSMAR); massa seca total do estilosantes Campo Grande (MSEST) e participação do estilosantes na composição botânica do pasto (%EST).

A massa de forragem de capim-marandu coletada no campo foi separada nos componentes morfológicos folhas, colmos+bainhas e material morto e desidratada em estufa de circulação forçada de ar para determinação das porcentagens relativas de cada componente na massa de forragem.

Para as avaliações das características estruturais do capim-marandu, coletou-se uma amostra de 1 m linear das plantas para determinação da densidade de perfilhos e da relação folha:colmo (matéria seca de folhas/matéria seca de colmos). Posteriormente, a densidade de perfilhos foi convertida e expressa em perfilhos/m². A altura do dossel foi medida em 10 pontos aleatórios dentro de cada local de amostragem (2,5 ou 5 m) com régua graduada em centímetros no dia anterior a colheita das parcelas.

Os três tratamentos (T1= SSP 2,5 m; T2 = SSP 5,0 m; T3= pleno sol) foram avaliados por meio de contrastes ortogonais, onde se testaram comparações entre a média do sistema silvipastoril em relação ao sol pleno - Contraste 1 = (+1 T1 +1 T2 - 2 T3); e a média das duas distâncias das árvores dentro do sistema silvipastoril - Contraste 2 = (+1 T1 - 1 T2 - 0 T3). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e testados pelo Teste F a 1% e 5% de probabilidade. Também foi realizada análise de correlação simples entre o conjunto de dados, sendo esta testada por meio de teste t, a 1 e 5% de probabilidade.

Todas as análises foram realizadas por meio do programa estatístico SAS (*Statistical Analysis System*, SAS Inst.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a massa seca total do capim-marandu (MSMAR), foram observadas diferenças significativas entre sol pleno e sistema silvipastoril (Contraste 1) ($P < 0,01$), e entre as distâncias das árvores dentro do sistema silvipastoril (Contraste 2) ($P < 0,05$). A média para produção de MSMAR do sistema silvipastoril (SSP) foi de 2.283,4 kg/ha ao passo que o sol pleno proporcionou 4.074,1 kg/ha (Tabela 1), evidenciando efeito do sombreamento sobre a produção da gramínea. Também foi verificada diferença entre as distâncias das árvores no sistema silvipastoril ($P < 0,05$), onde na coleta a 2,5 m (1.858,7 kg/ha) houve menor produção que a 5,0 m (2.708,1 kg/ha) (Tabela 1). De acordo com Dias-Filho (2002), o maior acúmulo de matéria seca de gramíneas em pleno sol se deve ao metabolismo de plantas C_4 , que as torna mais exigentes em luminosidade e temperatura, fatores limitantes no SSP. A mesma explicação pode ser dada para a diferença entre as distâncias das árvores observada no contraste 2. Provavelmente, a maior incidência de luz na região central (5,0 m) e a menor competição por água e nutrientes contribuíram para que houvesse maior produção de forragem pela gramínea. Paciullo *et al.* (2008) avaliaram as características morfogênicas e a produção de *U. decumbens* cultivada em três graus de sombreamento (sol pleno, distante e próximo do bosque) e concluíram que a proximidade do bosque aumentou as taxas de alongamento de folhas e colmos, e influenciou positivamente a produção de matéria seca total, aumentando o crescimento das plantas, devido aos efeitos positivos das árvores sobre a ciclagem e liberação de nutrientes no solo.

Ressalta-se também, que as árvores do sistema silvipastoril encontravam-se estabelecidas há oito anos, o que significa que as mesmas já possuíam porte elevado e copa mais densa. Além disso, o espaçamento utilizado foi pequeno em vista dos trabalhos realizados nos últimos anos que tem preconizado distâncias acima de 12 m (Kirchner *et al.* 2010; Paciullo *et al.* 2012; Bosi *et al.*, 2014; Rodrigues *et al.*, 2014) para melhorar o nível de produção de forragem no estrato herbáceo do SSP.

Segundo Rodrigues *et al.* (2014) a aproximação das linhas de árvores pode limitar o crescimento da forrageira em razão da menor intensidade luminosa, razão vermelho:vermelho distante desfavorável e menor disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa.

Não foram observadas diferenças significativas entre a massa seca total de estilosantes (MSEST) em ambos contrastes testados (Tabela 1). Provavelmente este resultado está relacionado à baixa produção de forragem pelas plantas de estilosantes Campo Grande que atingiram produção média de apenas 134,0 kg/ha. Estes resultados indicam que as condições do estudo (sombreamento pelas árvores e pela consorciação com o capim-marandu) representaram grande estresse para as plantas de estilosantes Campo Grande que tiveram maior dificuldade para se estabelecerem no sistema.

O nível de produção do estilosantes dentro do pasto consorciado foi consideravelmente inferior à produção do capim-marandu. Assim, é possível que a competição com a gramínea tenha suprimido o crescimento da leguminosa, que não variou entre os sistemas e distâncias das árvores testados. Nessa condição, o rápido estabelecimento do dossel do capim-

Tabela 1 - Médias para características da forragem de pastos consorciados entre capim-marandu (*Urochloa brizantha*) e estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes macrocephala* + *Stylosanthes capitata*) em sol pleno e em sistema silvipastoril, a diferentes distâncias das árvores (2,5 e 5,0 m)

Característica	Distâncias das árvores		Sol Pleno (T ₃)	Média geral	CV (%)	Contraste	
	2,5 m (T ₁)	5,0 m (T ₂)				1	2
¹ MSMAR (kg/ha)	1858,7	2708,1	4074,1	2880,3	35,02	**	*
² MSEST (kg/ha)	136,6	130,6	134,8	134,0	21,02	ns	ns
³ %EST	7,32	4,76	3,59	5,22	32,04	**	*

Legenda: ¹Massa seca total de capim-marandu; ²Massa seca total de estilosantes; ³Porcentagem de estilosantes; Contraste 1 = (+1 T₁ +1 T₂ - 2 T₃); Contraste 2 = (+1 T₁ - 1 T₂ - 0 T₃); **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo.

marandu resultou em elevada competição e sombreamento do estilosantes, que manteve desenvolvimento reduzido. Além disso, houve elevada incidência de plantas daninhas de folha larga em meio às plantas de estilosantes, o que dificultou o controle efetivo das mesmas, pois não existe herbicida registrado para o controle de daninhas de folha larga invadindo pastos de estilosantes. Vale lembrar que na maioria dos trabalhos os valores de massa e participação da leguminosa na composição botânica do pasto tem sido menores que os da gramínea (Andrade et al., 2003; Paciullo et al., 2003).

A porcentagem de estilosantes na composição botânica da forragem (%EST), por sua vez, foi influenciada tanto pelos sistemas de cultivo, quanto pela distância das árvores. Assim, ficou evidente no contraste 1, que a participação da leguminosa foi reduzida no sol pleno em relação ao SSP (Tabela 1). Esse resultado indica que a leguminosa pode possuir certo grau de tolerância à sombra, mantendo massa constante nos dois sistemas. Os valores para o sol pleno e o SSP foram de 6,04% e 3,59%, respectivamente. Já no contraste 2, evidencia-se que a variação na produção da gramínea também implicou em diferenças na %EST na região central da parcela (4,76%) em relação à proximidade das árvores (7,32%). Nesse sentido, a queda da produção resultante do sombreamento pelas árvores ficou mais evidente nas plantas de capim-marandu que nas plantas de estilosantes Campo Grande.

A avaliação das características estruturais do capim-marandu evidenciou efeito de sistema de cultivo para todas as variáveis avaliadas ($P < 0,05$) (Tabela 2). Para a variável relação folha:colmo (RFC) do capim-marandu, foi observado efeito significativo para ambos

contrastes testados. Nesse sentido, observou-se maior média para RFC no silvipastoril (1,32), que no sol pleno (1,13). Provavelmente, as condições microclimáticas do sub-bosque implicaram em lento desenvolvimento do dossel que manteve valores mais elevados de RFC.

A temperatura tem efeito marcante sobre o crescimento e desenvolvimento de gramíneas forrageiras como o capim-marandu (Tonato et al., 2010; Cruz et al., 2011). Nesse sentido, as plantas que se encontravam em estabelecimento no sub-bosque das árvores manifestaram com menor intensidade a produção de colmos, característica presente em plantas em estágio de desenvolvimento mais avançado.

Já a diferença entre as distâncias dentro do sistema silvipastoril (SSP) também foi significativa para RFC, indicando que a 2,5 m, as plantas mantêm maior RFC que a 5,0 m, sendo este resultado causado pelo maior sombreamento na proximidade das árvores. Segundo Paciullo et al. (2012) o capim-marandu tem sua resposta otimizada em distâncias entre 7 e 10 m das árvores, o que é bastante superior à distância máxima das árvores no presente estudo que foi de 5 m. Por outro lado, Gobbi et al. (2009) afirmam que o aumento da intensidade de sombreamento não é capaz de modificar a relação folha:colmo do capim-braquiária.

Em relação à altura do capim-marandu, observa-se efeito significativo apenas do Contraste 1 (Tabela 2), onde o cultivo em sol pleno apresentou altura maior que a média do SSP. Já dentro do SSP, não foi verificada diferença entre as distâncias. A média do SSP foi de 47,4 cm, enquanto a do sol pleno foi de 74,2 cm. A ausência de diferença na altura não converge com a diferença entre a quantidade

Tabela 2 - Características estruturais do capim-marandu (*Urochloa brizantha*) em sol pleno e em sistema silvipastoril, a diferentes distâncias das árvores (2,5 e 5,0 m)

Característica	Distâncias das árvores		Sol Pleno (T ₃)	Média geral	CV (%)	Contraste	
	2,5 m (T ₁)	5,0 m (T ₂)				1	2
Relação folha:colmo	1,41	1,24	1,13	1,26	10,70	**	**
Altura de planta (cm)	42,1	52,8	74,2	56,4	26,17	**	ns
Densidade de perfilhos (perf/m ²)	286,7	361,7	494,2	381,0	28,29	**	ns

Contraste 1 = (+1 T₁ +1 T₂ - 2 T₃); Contraste 2 = (+1 T₁ - 1 T₂ - 0 T₃); **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo.

de massa acumulada nas diferentes distâncias das árvores e pode estar associada ao elevado coeficiente de variação observado (Tabela 2). Santos et al. (2016) também não observaram diferença significativa na altura de pastos de capim-piatã cultivados em sistema silvipastoril em diferentes distâncias das árvores, sendo observado valor médio de 60 cm para plantas desfolhadas a cada 28 dias.

Na avaliação da densidade de perfilhos (Tabela 2), pode-se observar diferença significativa entre o SSP e o sol pleno ($P < 0,01$). A média geral das plantas cultivadas em todo o SSP foi de 324,2 perfilhos/m², ao passo que a quantidade de perfilhos no sol pleno foi de 494,2 perfilhos/m². O contraste 2, por sua vez, não foi significativo, indicando que a variação no sombreamento proporcionada pela distância das árvores não foi suficiente para afetar a densidade de perfilhos. Santos et al. (2017) observou que, independentemente da densidade de plantas de eucalipto e da distância das árvores, o cultivo da forrageira em sistemas de integração entre lavoura, pecuária e floresta resultou em menor eficiência do uso da água pelas plantas de capim-marandu em relação ao monocultivo. Assim, espera-se que a reduzida luminosidade e a competição por fatores como luz e umidade resultem em redução no perfilhamento da forrageira.

Paciullo et al. (2007) avaliaram massa de forragem, índice de área foliar e densidade de perfilhos de *Urochloa decumbens* em sol pleno e em sistema silvipastoril, em dois anos de avaliação. Segundo os autores, houve redução considerável em todas as variáveis no sistema silvipastoril no primeiro ano. Um aspecto importante das relações luminosas entre árvores e forrageiras no sistema silvipastoril é que a copa das árvores reduz a relação vermelho:vermelho distante e inibe a formação de novos perfilhos na forrageira presente no sub-bosque (Paciullo et al., 2007; Rodrigues et al., 2014).

A composição morfológica da forragem de capim-marandu nos diferentes locais e diferentes sistemas também foi avaliada (Tabela 3). Foi verificada diferença significativa tanto entre os sistemas de cultivo, quanto entre os locais de amostragem dentro do sistema silvipastoril.

Nota-se que a porcentagem de folhas foi

significativamente maior dentro do SSP, o que se torna interessante, já que as folhas concentram a maior parte dos nutrientes da forragem e possuem maior digestibilidade (Brâncio et al., 2003). Quando se compararam as duas distâncias das árvores, foi possível observar maior %F a 2,5 m das árvores. Assim, é possível que o sombreamento da copa das árvores tenha resultado em aumento da proporção de folhas como resposta adaptativa à baixa luminosidade. Gobbi et al. (2011), relataram aumento da área foliar do capim-marandu em função do aumento no sombreamento. Além disso, a menor temperatura e menor intensidade luminosa, fatores característicos do sub-bosque do SSP (Soares et al., 2009; Rodrigues et al., 2014), podem ter impactado no avanço da maturidade do capim-marandu, que manteve o dossel em condições de menor desenvolvimento, com maior proporção de folhas.

A porcentagem de colmos, por sua vez, aumentou nas situações onde havia maior luminosidade (Tabela 3). Isso parece um contrassenso, já que o alongamento de colmos é uma das principais respostas desencadeadas pelas plantas ao sombreamento. Contudo, a realização de cortes em períodos fixos permitiu que as plantas do sol pleno atingissem maior grau de desenvolvimento do dossel e isso resultou em aumento da participação dos colmos na composição morfológica da forragem. Assim, pode-se inferir que as plantas do sol pleno apresentaram crescimento e desenvolvimento mais acelerados que as plantas do SSP, o que também pode ser observado por meio da maior altura (Tabela 2) e da maior quantidade de massa acumuladas (Tabela 1).

A proximidade das árvores dentro do SSP (2,5 m) também proporcionou redução da %colmos. Araújo et al. (2013) também observaram resposta semelhante em dosséis de capim-braquiária cultivados em SSP. Segundo os autores, a de %COLMOS foi maior nas áreas de sol pleno. Já Soares et al. (2009), observou redução considerável na relação folha:colmo do capim-marandu sob a copa das árvores, em SSP com espaçamento de 9 x 3 m.

A porcentagem de material morto manteve valores baixos e seguiu resposta semelhante à %FOLHA (Tabela 3), que foi estimulada nas

Tabela 3 - Médias para composição morfológica da forragem do capim-marandu (*Urochloa brizantha*) em pastos consorciados com estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes macrocephala* + *Stylosanthes capitata*) em sol pleno e em sistema silvipastoril, a diferentes distâncias das árvores (2,5 e 5,0 m)

Característica	Distâncias das árvores		Sol Pleno (T ₃)	Média geral	CV (%)	Contraste	
	2,5 m (T ₁)	5,0 m (T ₂)				1	2
¹ %FOLHA	52,85	50,98	49,07	51,00	4,01	**	*
² %COLMO	37,75	41,36	44,02	41,05	7,67	**	**
³ %MORTO	9,28	7,66	6,36	7,77	20,53	**	*

¹Porcentagem de folha, ²porcentagem de colmo, ³porcentagem de material morto; Contraste 1: (TR1 + TR2) - 2TR3; Contraste 2: (TR1 - TR2); **, *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo.

condições de sombreamento. Nesse sentido, é possível que a proximidade das árvores e a redução da intensidade luminosa tenham reduzido a taxa fotossintética das plantas de capim-marandu, que elevaram a senescência das folhas mais velhas como forma de reduzir a taxa respiratória. Segundo Dias-Filho (2002) o sombreamento da copa das árvores é capaz de reduzir a taxa fotossintética do capim-marandu.

O estudo do coeficiente de correlação de Pearson evidenciou associações elevadas entre as características agronômicas e estruturais avaliadas principalmente no capim-marandu (Tabela 4). Nesse sentido, observa-se elevada correlação negativa entre a %FOLHA e as variáveis %COLMO, MSMAR e altura. Isso é reflexo das condições favoráveis ao desenvolvimento do dossel que estimulam a produção, crescimento e o avanço da maturidade das plantas que apresentam a resposta fenotípica de redução da porcentagem de folhas (Carnevalli *et al.*, 2006). Por outro lado, a %FOLHA correlacionou-se positivamente com a RFC e com a %EST (Tabela 4).

O efeito positivo das condições favoráveis de desenvolvimento do dossel sobre o aumento da %COLMOS fica evidenciado nos valores elevados e positivos de correlação com as variáveis MSMAR e altura. Por outro lado, a correlação da %COLMOS com as variáveis %FOLHA, %MORTO, RFC e %EST foi negativa. Assim, as condições que favorecem a manutenção de maior proporção de folhas são opostas às que favorecem o crescimento de colmos e que o maior desenvolvimento de colmos afetou negativamente a %EST, provavelmente em função do maior grau de competição imposto pelas plantas de

capim-marandu. Correlação positiva entre o alongamento de colmos e o acúmulo de forragem ($r=0,7729$) foi observada por Braz *et al.* (2017) em plantas de capim-tanzânia e entre o alongamento de colmos e a massa seca total ($r=0,8954$) em plantas de capim-massai por Martuscello *et al.* (2015).

A MSMAR apresentou resposta semelhante à %COLMOS evidenciando que estas variáveis são controladas pelos mesmos fatores de ambiente. Nesse sentido, o crescimento em condições de sol pleno favorece o rápido crescimento e desenvolvimento do dossel forrageiro, que ultrapassa o índice de área foliar crítico (95% de interceptação luminosa) mais rapidamente e aumenta o acúmulo de colmos na forragem. Além da %COLMO, a MSMAR correlacionou-se positivamente com a altura e a densidade de perfilhos (PERF). De fato, o sol pleno fornece condições melhores para a elevação da produção de massa seca e o perfilhamento das forrageiras (Paciullo *et al.*, 2011). A MSMAR correlacionou-se negativamente com a %FOLHAS, RFC e %EST, evidenciando que plantas com maior quantidade de massa acumulada estão associadas a condições que favorecem a participação dos colmos na composição morfológica da forragem e prejudicam o crescimento do estilosantes Campo Grande. Esse tipo de resposta fica evidente quando observamos o coeficiente de correlação da RFC com a MSMAR, que foi elevado e negativo, ou seja, quanto maior a quantidade de massa acumulada, menor será a massa de folhas em relação aos demais componentes.

A RFC correlacionou-se negativamente com o PERF e a altura (Tabela 4). Esse resultado permite inferir que, em SSP ou em condições de

Tabela 4 – Coeficiente de correlação simples entre características agrônômicas e estruturais avaliadas em pastos consorciados de capim-marandu (*Urochloa brizantha*) e estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes macrocephala* + *Stylosanthes capitata*) em sol pleno e em sistema silvipastoril, a diferentes distâncias das árvores (2,5 e 5,0 m)

	%F	%C	%MM	MSMAR	RFC	PERF	MSEST	%EST	ALTURA
¹ %F	1	-0,914**	0,573*	-0,786**	0,948**	-0,545*	0,106	0,663**	-0,788**
² %C		1	-0,820**	0,859**	-0,986**	0,686**	-0,053	-0,770**	0,870**
³ %MM			1	-0,796**	0,769**	-0,789**	-0,066	0,772**	-0,768**
⁴ MSMAR				1	-0,818**	0,897**	0,048	-0,797**	0,843**
⁵ RFC					1	-0,625**	0,089	0,764**	-0,844**
⁶ PERF						1	0,092	-0,749**	0,723**
⁷ MSEST							1	0,408	-0,006
⁸ %EST								1	-0,707
⁹ ALTURA									1

¹ porcentagem de folha, ² porcentagem de colmo, ³ porcentagem de morto, ⁴ massa seca total de Marandu, ⁵ relação folha:colmo, ⁶ número médio de perfilhos, ⁷ massa seca total de estilosantes, ⁸ porcentagem de estilosantes; ⁹ altura do Marandu; *: significativo pelo teste t a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

sombreamento, as plantas de capim-marandu mantêm a porcentagem de folha mais elevada, mas têm dificuldade de manter elevado perfilhamento. Muitos autores, em condições de sol pleno, associaram a elevada RFC e PERF a dosséis em estágio de desenvolvimento menos avançado ou com menor altura e índice de área foliar (Sbrissia e Silva, 2008; Difante *et al.*, 2008; Carnevalli *et al.*, 2006). Contudo, no SSP, a condição de dosséis fisiologicamente mais jovens não pode ser associada ao perfilhamento em função das limitações impostas pela redução na intensidade e na qualidade da luz (Rodrigues *et al.*, 2014). Esse padrão de resposta evidencia que o manejo da forrageira dentro do SSP deve receber atenção especial e segue padrões distintos daqueles preconizados em sol pleno.

O PERF tem papel central na persistência de pastagens tanto na fase de estabelecimento quanto na fase de manutenção. Dessa forma, o estudo da correlação entre o perfilhamento e outras características de estrutura ou de massa podem permitir melhor o entendimento da resposta da planta ao sombreamento. Neste estudo, o perfilhamento correlacionou-se positivamente com a MSMAR, %COLMO e altura. Esse resultado não é confirmado pelas observações de Sbrissia e Silva (2008), onde o avanço no desenvolvimento do dossel esteve associado à redução do perfilhamento do capim-marandu. Segundo os autores, o avanço do desenvolvimento do dossel

(representado por maior acúmulo de massa, maior altura ou maior índice de área foliar) está associado à presença de perfilhos maiores e mais pesados, porém menos numerosos. Já os dosséis mantidos mais jovens, ou seja, em menor altura, apresentam elevada quantidade de perfilhos pequenos. No SSP, a redução no crescimento e desenvolvimento do dossel das forrageiras causada pelo sombreamento das árvores repercutiu negativamente no perfilhamento das plantas de capim-marandu que se apresentaram morfologicamente mais baixas e com menos perfilhos. A redução no perfilhamento em SSP foi observada por diversos outros autores (Paciullo *et al.*, 2007; Paciullo *et al.*, 2008, Paciullo *et al.*, 2011).

A MSEST correlacionou-se apenas com a %EST, indicando que tanto a competição com as plantas de capim-marandu no sol pleno, quanto no SSP já foram suficientes para reduzir o crescimento do estilosantes Campo Grande (TABELA 4). Esse tipo de resposta evidencia a necessidade de estratégias para melhorar as condições de estabelecimento e manutenção de leguminosas em pastos consorciados e em SSP. Já a %EST, por sua vez, correlacionou-se negativamente com a MSMAR, %COLMO, PERF e altura e positivamente com a %FOLHA, %MORTO e RFC. Esses resultados estão associados ao efeito de proporcionalidade da massa de estilosantes em relação à massa e componentes do capim-marandu que acabaram repercutindo na participação do estilosantes na

composição botânica da forragem.

CONCLUSÕES

O cultivo em sistema silvipastoril e a proximidade das árvores reduz a produção de forragem pelo capim-marandu e aumenta a participação do estilosantes na composição botânica do pasto.

O cultivo consorciado em sistema silvipastoril eleva a relação folha/colmo do capim-marandu e reduz a altura e densidade de perfilhos.

Há correlação negativa entre a massa seca do capim-marandu e componentes estruturais como porcentagem de folhas, relação folha:colmo e participação do Estilosantes na composição botânica do pasto. A associação da massa da gramínea e a altura e número de perfilhos é positiva.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG pelo apoio financeiro para execução do projeto.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. PEREIRA, O.G. SOUZA, A.L. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1845-1850, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000800006>
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F., CARNEIRO, J.C; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 263-270, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000300009>
- ARAUJO, R.P.; ALMEIDA, J.C.C.; ARAÚJO, S.A.C.; RIBEIRO, E.T.; PÁDUA, F.T.; CARVALHO, C.A.B.; BONAPARTE, T.P.; DEMINICIS, B.B.; LISTA, F.N. Produção e composição química de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril sob diferentes espaçamentos com *Eucalyptus urophylla* ST Blake. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, p. 90-98, 2013. <http://dx.doi.org/10.21206/rbas.v3i1.193>
- BOSI, C.; PEZZOPANE, J.R.M.; SENTELHAS, P.C.; SANTOS, P.M.; NICODEMO, M.L.F. Produtividade e características biométricas do capim-braquiária em sistema silvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 449-456, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000600006>
- BRÂNCIO, P.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M.; ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1037-1044, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000500002>
- BRAZ, T.G.S.; MARTUSCELLO, J.A.; SANTOS, M.E.R. PEREIRA, V.V. Partial correlation analysis in the study of morphogenesis and herbage accumulation in *Panicum maximum* cv. 'Tanzânia'. **Ciência Rural**, v.47, e20161058, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20161058>.
- CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical grasslands**, v. 40, p. 165, 2006.
- CRUZ, P.G.; SANTOS, P.M.; PEZZOPANE, J.R.M.; OLIVEIRA, P.P.A.; ARAUJO, L.C. Modelos empíricos para estimar o acúmulo de matéria seca de capim-marandu com variáveis agrometeorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 675-681, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000700001>
- DIAS, P. F.; SOUTO, S. M., DE AZEVEDO, B. C., DE SOUZA VIEIRA, M., COLOMBARI, A. A., DIAS, J., FRANCO, A. A. Estabelecimento de leguminosas arbóreas em pastos de capim-marandu e tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1413-1419, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001000021>
- DIAS-FILHO, M.B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha*

- and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v.59, p.65-68, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000100009>
- DIFANTE, G. S.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SILVA, C. S.; BATISTA, V. P.; ZANINE, A. M.; MOURA, A.; ADESE, B. Dinâmica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 189-196, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000200003>
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O.G.; VENTRELLA, M.C.; ROCHA, G.C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1645-1654, 2009. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982009000900002>
- GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; GARCEZ NETO, A. F.; ROCHA, G. C. Specific leaf area and quantitative leaf anatomy of signalgrass and forage peanut submitted to shading. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1436-1444, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000700006>
- KIRCHNER, R.; SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; MIGLIORINI, F.; FONSECA, L. Desempenho de forrageiras hibernais sob distintos níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2371-2379, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001100009>
- MARTUSCELLO, J.A.; SILVA, L.P.; CUNHA, D.N.F.V.; BATISTA, A.C.S.; BRAZ, T.G.S.; FERREIRA, P.S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, p. 1-13, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1089-68916i118730>
- PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; ALVIM, M. J. CARVALHO, M.M. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 38, p. 421-426, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000800006>
- PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 917-923, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700017>
- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 573-579, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400016>
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. D.; PIRES, M. D. F. Á.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000009>
- PACIULLO, D. S. C.; FERNANDES, P. B.; GOMIDE, C. A. D. M.; CASTRO, C. R. T. D.; SOBRINHO, F. D. S.; CARVALHO, C. A. B. D. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 270-276, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000200006>
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2009. 48 p.
- ROA-FUENTES, L. L.; MARTÍNEZ-GARZA, C. ; ETCHEVERS, J.; CAMPO, J. Recovery of soil C and N in a tropical pasture: passive and active restoration. **Land Degradation & Development**, v. 26, p. 201-210, 2015. <http://>

dx.doi.org/10.1002/ldr.2197

RODRIGUES, C. O. D.; ARAÚJO, S. A. D. C.; VIANA, M. C. M.; ROCHA, N. S.; BRAZ, T. G. S.; VILLELA, S. D. J. Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, p. 129-136, 2014. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i2.22398>

SANTOS, D. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VILELA, L.; PULROLNIK, K.; BUFON, V. B.; FRANÇA, A. F. S. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 16-24, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.026>

SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D.; OLIVEIRA, F. L. R.; MACHADO, V. D.; SILVEIRA, R. R.; SOUZA, M. F. *Brachiaria* physiological parameters in agroforestry systems. **Ciência Rural**, v. 47, e20160150, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160150>

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 35-47, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000100005>

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 443-451, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000300007>

TONATO, F.; BARIONI, L.G.; PEDREIRA, C.G.S.; SILVA, O.D.D.; MALAQUIAS, J.V. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.522-529, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000500012>

ZHAO, J.; ZENG, Z.; HE, X.; CHEN, H.; WANG, K. Effects of monoculture and mixed culture

of grass and legume forage species on soil microbial community structure under different levels of nitrogen fertilization. **European Journal of Soil Biology**, v. 68, p. 61-68, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.03.008>