



**Sistemas Agroflorestais e
Desenvolvimento Sustentável:
10 anos de Pesquisa**

24 a 27 de junho de 2013 - Campo Grande - MS

SAF's+10

PRODUTIVIDADE DA SOJA EM CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO

**Andréia da Cruz Quintino¹, Roberto Giolo de Almeida², Joadil Gonçalves de Abreu¹,
Manuel Cláudio de Motta Macedo^{2*}, Aline Sampaio Aranha³**

¹ Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* de Cuiabá-MT. Email: andreiaquintino@yahoo.com.br,
joadil@terra.com.br

² Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS. E-mail: roberto.giolo@embrapa.br,
manuel.macedo@embrapa.br, *Bolsista do CNPq

³ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", *Campus* Experimental de Dracena-SP. E-mail:
alinonasampaio@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A demanda crescente por alimentos, bioenergia e produtos florestais, em contraposição à necessidade de redução de desmatamento e mitigação da emissão de gases de efeito estufa, requer soluções que permitam incentivar o desenvolvimento socioeconômico, sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais (VILELA et al., 2011). A intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência dos sistemas de produção podem contribuir para harmonizar esses interesses. É nesse cenário que a estratégia de integração lavoura-pecuária-floresta, que contempla os sistemas agropastoris, silviagrícolas, silvipastoris e agrossilvipastoris (BALBINO et al., 2011), tem sido apontada como alternativa para conciliar esses conflitos de interesse da sociedade.

Os sistemas integrados possuem condições de meio peculiares, tais como manutenção do conteúdo de água no solo, sombreamento, maior disponibilidade de nutrientes, oriundos da mineralização da matéria orgânica, e competição pelos recursos abióticos, fatores que podem influenciar diretamente nos padrões de crescimento e desenvolvimento da soja. Neste sentido, a influência do sombreamento no desempenho agrônômico da soja em sistema agrossilvipastoris torna-se importante forma de analisar a adaptação e a produtividade da cultura, uma vez que a produtividade de grãos é fundamental para a sustentabilidade do sistema e manutenção da atividade agropecuária.

A soja é uma espécie muito influenciada pelas variações de latitude e altitude, sendo sensível a baixas temperaturas. A ocorrência de déficit hídrico principalmente durante a floração e o enchimento de grãos prejudica fortemente o rendimento e o teor de óleo. Nesta fase, a soja também é muito sensível à intensidade luminosa (NEUMAIER et al., 2000).

Dessa forma, torna-se essencial que estudos de avaliações periódicas no sistema, das características agrônômicas e da radiação solar incidente sejam conduzidos a fim de gerar conhecimentos básicos para definição de estratégias adequadas de manejo agrícola em sistemas integrados.

Dentro desse contexto, objetivou-se avaliar a produtividade da soja em sistemas agrossilvipastoris, tendo como comparação um sistema agropastoril.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS (20°27' S e 54°37' W e 530 m de altitude). O clima, segundo Köppen, encontra-se na faixa de transição entre Cfa e Aw tropical úmido. O solo da área experimental caracteriza-se como



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de textura argilosa (SANTOS et al., 2006), em uso anterior com *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. O experimento foi avaliado no período agrícola de 2012/2013. Durante o período experimental, os dados climáticos foram registrados na estação meteorológica da Embrapa Gado de Corte, com temperatura média de 24,7 °C, e 800 mm de precipitação pluviométrica acumulada, de dezembro a abril.

Utilizou-se delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, considerando-se como parcela os sistemas de produção e, como subparcela, os locais de amostragem (cinco pontos equidistantes entre fileiras de árvores). Estes pontos foram marcados em transectos perpendiculares às fileiras de árvores, por parcela.

A seguir, descrição dos sistemas de produção:

S1 - Sistema agropastoril: pastagem (*Brachiaria* sp.) recuperada com lavoura de soja em 2008, no verão, com posterior implantação de sorgo granífero em semeadura simultânea com capim-piatã, na safrinha, e uso da pastagem de capim-piatã a partir de maio de 2010.

S2 - Sistema agrossilvipastoril: idem anterior, com implantação de mudas de *Eucalyptus urograndis* em linhas simples em janeiro de 2009, com espaçamento de 14 metros entrelinhas e dois metros entre plantas, totalizando 357 árvores ha⁻¹.

S3 - Sistema agrossilvipastoril: idem S1, com implantação de mudas de *Eucalyptus urograndis* em linhas simples em 2009, com espaçamento de 22 metros entrelinhas e dois metros entre plantas, totalizando 227 árvores ha⁻¹.

Utilizou cultivar de soja ciclo precoce transgênica, BRS 318RR, semeada em dezembro de 2012, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e população de 300 mil plantas ha⁻¹. Apresenta crescimento determinado sendo do grupo de maturidade 6.7 e com ciclo de 115-120 dias, variando de acordo com a altitude. É resistente ao acamamento em regiões de altitude de até 500 m e moderadamente resistente em regiões de altitude de 500 a 800 m.

Utilizaram-se sementes com 75% de germinação mínima e 99% de pureza. Imediatamente antes da semeadura, as sementes de soja foram inoculadas com as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 de *Bradyrhizobium japonicum*, na dose de 100 ml 50 kg⁻¹ de sementes. Além disso, foram tratadas com fungicida, inseticida e micronutrientes.

Foi realizada calagem com 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e adubação, a lanço de forma mecanizada e em área total, com 300 kg ha⁻¹ do formulado 0-20-20, objetivando o aproveitamento da adubação residual pelo capim na sucessão. No momento da semeadura, foi realizada adubação com 100 kg ha⁻¹ do formulado 0-20-20 na linha de semeadura.

O experimento foi implantado em sistema de plantio direto, após a dessecação química do capim-piatã, com 3 L ha⁻¹ do princípio ativo glyphosate.

Os tratamentos fitossanitários durante o ciclo da cultura foram os seguintes: aplicação de fungicida, inseticida e reaplicação de glyphosate para controle de plantas daninhas, conforme recomendações para a cultura (EMBRAPA, 2011).

Os principais estádios fenológicos da cultura foram observados segundo a escala fenológica da soja proposta por Fehr e Caviness (1977), regularmente a cada quinze dias após a emergência. A emergência da soja ocorreu aos cinco dias após a semeadura.

Na maturação fisiológica, foi medida a altura de planta, em centímetros, do nível do solo até o último nó vegetativo, obtida de quatro plantas escolhidas ao acaso dentro de cada local de amostragem. Também, foi medida a altura de inserção da primeira vagem. No momento das medições de altura, foi medida a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), com ceptômetro portátil (modelo AccuPAR- LP 80), em cada local de amostragem. As leituras foram realizadas sob céu claro, medindo-se a intensidade luminosa sobre o dossel da soja.

No momento de plena maturação fisiológica, foi feita colheita manual em cada ponto amostral.

Para cálculo da produtividade, a área útil dos sistemas agrossilvipastoris com espaçamento entre fileiras de árvores de 22 m e 14 m foi de 0,91 ha e 0,86 ha, respectivamente, descontando-se as áreas ocupadas com as árvores.

O índice de desfolha foi avaliado pela observação visual de folíolos coletados da parte superior e mediana de diferentes plantas e comparados a figuras com índices de desfolha previamente determinados, de acordo com Panizzi et al. (1977), chegando a uma média que refletiu o nível estimado da desfolha no campo (Figura 1).

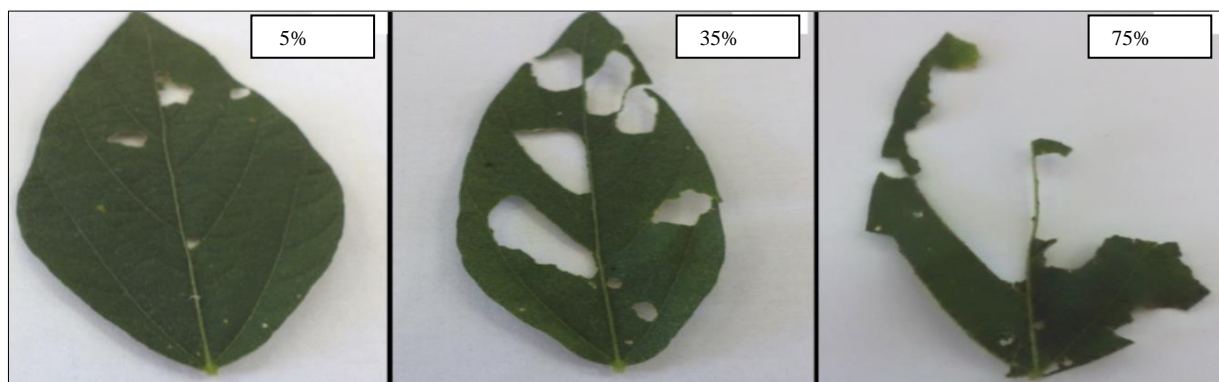


Figura 1. Amostra de folíolos de soja com diferentes porcentagens de desfolha causada por pragas.
Fotos: A. C. Quintino.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, para comparação de médias entre os sistemas utilizou-se o teste t de Student e, para agrupamento de médias dos locais de amostragem utilizou-se o teste de Scott-Knott, adotando-se o nível de probabilidade de 5%, por meio do aplicativo estatístico Sisvar versão 5.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, pode-se observar as diferentes intensidades de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) nos estádios fenológicos da soja, de acordo com o local de amostragem (condição de sombreamento). A radiação solar é um importante componente ambiental que, além de fornecer energia luminosa para a fotossíntese, também fornece sinais ambientais para uma gama de processos fisiológicos da soja. Nesse contexto, além da intensidade da radiação, a duração e a qualidade do espectro luminoso são determinantes de respostas morfológicas e fenotípicas marcantes em soja, tais como estatura da planta e indução ao florescimento (THOMAS, 1994).

De acordo com Mathew et al. (2000), em experimento com enriquecimento da radiação solar (através da inclinação a 45 graus das fileiras de bordadura) no final do período vegetativo e no início do florescimento, foi observado aumento no rendimento de grãos em 144 e 252%, respectivamente. Estes aumentos de rendimento foram decorrentes, principalmente, do maior número de vagens.

O estágio R4 marca o início do período mais crítico de desenvolvimento da planta quanto à determinação do rendimento em grãos. Estresses (umidade, luz, deficiências nutricionais, geada, acamamento ou desfolha) ocorrendo a qualquer momento entre os períodos de R4 a logo após R6 reduzirão mais a produção do que a ocorrência dos mesmos em qualquer outro período de desenvolvimento (CÂMARA, 1998). No presente estudo, o local de amostragem E apresentou nível crítico de radiação solar.

A soja é uma planta que fixa o carbono do ar via ciclo C3. Isto quer dizer que não é uma das plantas mais eficientes para aproveitar a luz, apresenta ponto de compensação alto, ou seja, precisa de quantidades relativamente altas de luz para que produza tanto fotoassimilado quanto respira.

Com luminosidade abaixo do ponto de compensação, a planta respira mais carbono do que o fixa do ar, perdendo, então, matéria seca que já havia produzido (ROSOLEM, 2006). Este autor cita que a soja é uma cultura relativamente tolerante a condições climáticas adversas, principalmente, durante seu período vegetativo, apresentando boa capacidade de recuperação. Entretanto, altas produtividades somente poderão ser obtidas em condições de disponibilidade hídrica, de luz e com temperaturas adequadas, com dias relativamente quentes e noites amenas. Taiz e Zieger (2004) indicam que a disponibilidade de radiação solar é um dos fatores que mais limitam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Toda energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o CO₂ atmosférico em energia metabólica, é proveniente da radiação solar.

No presente estudo, as plantas apresentaram altura média de 45,53 cm e altura de inserção da primeira vagem de 12,92 cm, sendo que aquela característica agrônômica foi considerada inferior para os padrões da cultivar, de 60 a 98 cm, de acordo com Embrapa (2010).

No período de florescimento, a soja sofreu índice de desfolha de 28,87%, média dos três sistemas estudados, devido ao ataque de lagartas desfolhadoras, principalmente *Pseudoplusia* spp.. Os níveis de desfolha e a época de remoção das folhas influenciam significativamente o número de dias para o florescimento, altura das plantas, número de vagem por planta, número de sementes por vagem, número de dias para maturação, peso de 100 sementes e produtividade de grãos, entretanto, Peluzio et al. (2004) observaram que desfolha de 33% em todos os estádios fenológicos e de 66% nos estádios fenológicos iniciais (V2 a V5) não afetaram significativamente a produtividade de grãos da soja.

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA, %) nos estádios fenológicos da soja, em dias após a emergência (DAE), em diferentes locais de amostragem, média dos sistemas agrossilvipastoris

Estádio fenológico ¹	DAE	Local de amostragem				
		A	B	C	D	E
<i>Estádio vegetativo</i>		<i>RFA (%)</i>				
VC - Cotilédone	15	10,41	96,49	97,88	98,30	94,92
V2 - Segundo nó	30	18,19	69,53	90,86	97,90	90,66
V5 - Quinto nó	45	11,84	85,15	92,79	92,94	84,85
<i>Estádio reprodutivo</i>		<i>RFA (%)</i>				
R1 - Início do florescimento	60	30,15	95,28	96,14	97,99	55,01
R3 - Início da formação das vagens	75	87,35	95,93	97,29	50,87	6,28
R4 - Plena formação das vagens	90	89,98	98,95	97,30	64,18	13,14
R6 - Pleno enchimento das vagens	105	96,89	97,70	93,67	51,63	8,03
R7 - Início da maturação fisiológica	120	99,36	55,03	47,72	4,93	10,90
Média	-	55,51	86,76	89,21	69,84	45,47

¹Cada estágio específico, V ou R, é definido quando 50% ou mais das plantas no campo atingiram tal condição.

A produtividade de soja não diferiu entre os sistemas agrossilvipastoris, com espaçamento de 14 x 2 m e de 22 x 2 m, com valores de 2.038 kg ha⁻¹ e 2.270 kg ha⁻¹, respectivamente. No sistema agropastoril, sem árvores e com radiação fotossinteticamente ativa de 100%, a produtividade de soja foi de 2.915 kg ha⁻¹, sendo 35% superior à dos sistemas agrossilvipastoris. Apesar da influência

da sombra dos eucaliptos na produtividade de grãos da soja, esta cultura pode ser promissora em sistemas agrossilvipastoris, como alternativa na rotação de culturas (lavoura e pastagem) e na diversificação de receitas nos sistemas integrados de produção.

Na Tabela 2, pode-se observar que a produtividade de grãos da soja não diferiu entre os locais de amostragem B, C e D, e que esta foi maior do que a produtividade observada nos locais A e E. Este fato pode ser explicado pela maior intensidade de radiação fotossinteticamente ativa na fase inicial do florescimento, sendo que, nesta fase, a soja é muito sensível a esta variável climática, para que obtenha altas produtividades (ROSOLEM, 2006). Ademais, com RFA adequada no florescimento, acarretará em maior pagamento de vagens e, conseqüentemente, maior número de vagens por planta.

Tabela 2. Produtividade de grãos da soja (kg ha^{-1}) em diferentes locais de amostragem

Variável	Local de amostragem					CV ¹
	A	B	C	D	E	
Produtividade (kg ha^{-1})	2.192 b	2.920 a	2.975 a	2.702 a	2.176 b	19,89

¹CV: coeficiente de variação (%). a>b pelo teste de Scott-Knott ($P<0,05$).

CONCLUSÕES

A intensidade da radiação fotossinteticamente ativa interfere na fase de florescimento, diminuindo a produtividade de grãos da soja.

A cultura da soja em sistemas agrossilvipastoris é alternativa para rotação de culturas e para diversificação de receitas.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Gado de Corte e à Fundect pelo apoio financeiro. À Capes pela concessão de bolsa.

BIBLIOGRAFIA

- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; SILVA, V.P.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1-13, 2011.
- CÂMARA, G.M.S. Fenologia da soja. **Informações Agrônomicas**. Piracicaba, n.82, 1998. 22 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 474 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 262 p.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, (Special report, 80), 1977. 11 p.
- MATHEW, J.P.; HERBERT, S.J.; ZHANG, S.; RAUTENKRANZ, A.A.F.; LITCHFIELD, G.V. Differential Response of Soybean Yield Components to the Timing of Light Enrichment. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p. 1156-1161, 2000.
- NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. Estresses de ordem ecofisiológica. In: BONATO, E.R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 254 p.

- PANIZZI, A.R.; CORRÊA, B.S.; GAONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B.; NEWMAN, G.G.; TURNIPSEED, S.G. **Insetos da soja no Brasil**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, (EMBRAPA-CNPSO. Boletim Técnico, 1), 1977. 20 p.
- PELUZIO, J.M.; BARROS, H.B.; BRITO, E.L.; SANTOS, M.M.; SILVA, R.R. Efeitos sobre a soja do desfolhamento em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.51, p.575-585, 2004.
- ROSOLEM, C.A. Ecofisiologia da soja. In: SUZUKI, S. et al. (Ed.). **Boletim de Pesquisa de Soja 2006**. Rondonópolis: Fundação MT, 2006. p.41-51.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Santarém, E. R. et al. 3.ed. Porto Alegre: Artemed, 2004. 719 p.
- THOMAS, J.F. Ontogenetic and morphological plasticity in crop plants. In: BOOTE, K.J. et al. (Comp.). **Physiology and determinations of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, Cap. 7B, p.181-185, 1994.
- VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1127-1138, 2011.

* A correção e a padronização do texto e das Referências Bibliográficas são de responsabilidade dos autores.