



ARTIGO ORIGINAL

Evander Alves Ferreira¹
Christiano da Conceição de Matos²
Edimilson Alves Barbosa²
Christiane Augusta Diniz Melo^{3*}
Daniel Valadão Silva⁴
José Barbosa dos Santos¹

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Rodovia MGT 367, km 583, 5000, Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil

² Universidade Federal de Viçosa – UFV, Av. PH Hoffs s/n, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, MG, Brasil

³ Universidade Federal de Viçosa – UFV, Rodovia MG 230, km 7, 38810-000, Rio Paranaíba, MG, Brasil

⁴ Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, Av. Francisco Mota, 572, Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, RN, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: chrisadinizmelo@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE

Bidens pilosa
Densidade de plantas
Interferência
Urochloa brizantha

KEYWORDS

Bidens pilosa
Plant density
Interference
Urochloa brizantha,

Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas

Physiology aspects of transgenic soybean submitted to competition with weed

RESUMO: Picão-preto (*Bidens pilosa*) e capim-braquiarião (*Urochloa brizantha*) são plantas daninhas comumente encontradas em áreas com a cultura da soja, sendo de difícil manejo com a utilização única de herbicidas. A avaliação da agressividade dessas espécies através de variáveis fisiológicas pode ser útil no estabelecimento de estratégias de controle alternativas à aplicação de herbicidas. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da interferência de *Bidens pilosa* e *Urochloa brizantha* nas características fisiológicas da soja transgênica. Para isso foi realizado um experimento em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2×5 , sendo o fator A representado pela soja (BRS 243 RR) em competição com as duas plantas daninhas (*B. pilosa* e *U. brizantha*), e o fator B pelas diferentes densidades das plantas competidoras (0, 65, 130, 195 e 260 plantas m^{-2}). Aos 50 dias após a emergência (DAE), foram avaliados o consumo de CO_2 , o carbono interno, a condutância estomática de vapores de água, a taxa de transpiração, a taxa fotossintética, a temperatura da folha, a relação Ci/Ca e a eficiência do uso da água. As 60 DAE, coletou-se a parte aérea da soja para determinação da matéria seca. *U. brizantha* é mais competitiva com a cultura se comparada à *B. pilosa*, proporcionando maiores decréscimos na maioria das características fisiológicas estudadas e na matéria seca das plantas de soja, com o incremento da densidade dessas espécies.

ABSTRACT: *Bidens pilosa* and *Urochloa brizantha* are weeds commonly found in areas with soybean crop, and unwieldy to use single herbicide. These species aggressiveness evaluation through physiological variables may be useful in the establishment of alternative control strategies to herbicide application. Thus, this study aimed to evaluate the effect of competition between soybean and the weeds *Bidens pilosa* and *U. brizantha* physiological characteristics of culture. In order to do so, an outline experiment completely randomized was performed with four replications. Treatments were arranged in a 2×5 factorial design with the first factor represented by soybean (BRS 243 RR) in competition with both weeds and factor B by the different densities weed (0, 65, 130, 195 and 260 plants m^{-2}). CO_2 consumption, internal carbon, stomatal conductance of water vapor, transpiration rate, photosynthetic rate, leaf temperature, Ci/Ca ratio and water use efficiency were evaluated 50 days after emergency (DAE). Of the soybean, aerial part was collected at 60 DAE for determination of dry matter. *U. brizantha* is most competitive with soybean when compared to *B. pilosa*, leading to a greater decrease in most of the physiological characteristics studied and in the dry matter in soybean plants with the increasing density of these species.

1 Introdução

Em ecossistemas agrícolas, cultura e plantas daninhas estão presentes na mesma área. Como ambas possuem demandas por água, luz, nutrientes, e na maioria das vezes esses recursos de crescimento estão disponíveis em quantidade insuficiente, estabelece-se a competição (Ferreira et al., 2009).

Quando plantas de soja estão sob competição, o seu comportamento é dependente da densidade da cultura e da planta daninha, da espécie infestante, do período de convivência e das condições ambientais (Pitelli, 1985; Rizzardi et al., 2004). Segundo Silva et al. (2009), culturas em competição tendem a incrementar sua altura como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas daninhas, ocorrendo, em contrapartida, redução no acúmulo de biomassa e de área foliar. Todo estresse causado às plantas tende a refletir em alterações morfofisiológicas, afetando diretamente a sua produtividade (Lamego et al., 2005).

A soja, apesar de menos eficiente na extração de água do solo do que algumas plantas daninhas (Procópio et al., 2004a), apresenta maior eficiência no uso da radiação que outras (Santos et al., 2003). Contudo, as plantas daninhas apresentam grande capacidade competitiva em campo, em razão da maior densidade populacional e da melhor utilização de outros recursos como água e nutrientes (Procópio et al., 2004b, 2004c; Ferreira et al., 2011). As diferenças no potencial competitivo entre espécies normalmente estão relacionadas às características fisiológicas destas (Sinclair et al., 1975).

A atividade fotossintética pode sofrer alterações indiretas pela competição com plantas daninhas, exemplo da competição por água que leva a uma deficiência hídrica, em que a cultura reduz as perdas de água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo o influxo de CO₂ e a fotossíntese pela deficiência desse substrato (Floss, 2008). Em alguns casos, a luz é limitante direto da fotossíntese (Messinger et al., 2006) pela menor luminosidade ocasionada pelo sombreamento, ou indireto, pela alteração no balanço da faixa do vermelho e vermelho distante (Da Matta et al., 2001).

A maioria dos estudos de competição entre plantas objetivaram avaliar os efeitos da interferência de plantas daninhas na produtividade e acúmulo de biomassa das plantas cultivadas (Rizzardi et al., 2004; Ronchi & Silva, 2006; Rigoli et al., 2008; Carvalho et al., 2011), sem estudar as causas relacionadas às aptidões fisiológicas específicas de cada planta. Assim, destacam-se os trabalhos de Procópio et al. (2004a, 2004b),

Concenção et al. (2007), Concenção et al. (2008) e Galon et al. (2011), que avaliaram o efeito da competição de plantas daninhas nas características fisiológicas das culturas.

Plantas daninhas como *Bidens pilosa* e *Urochloa brizantha* são comumente encontradas em competição com a cultura da soja, sendo de difícil manejo com a utilização única de herbicidas (Winkler et al., 2002; Vidal et al., 2006). A avaliação da agressividade dessas espécies através de variáveis fisiológicas pode ser útil no estabelecimento de estratégias de controle alternativas à aplicação de herbicidas. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da competição das plantas daninhas *Bidens pilosa* e *Urochloa brizantha* nas características fisiológicas da soja transgênica.

2 Material e Métodos

O experimento foi instalado em área pertencente à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina (MG), em ambiente protegido, mantido sob iluminação natural no período de novembro de 2012 a janeiro de 2013. A temperatura média, mínima e máxima, durante o período de condução do experimento foi de 22 e 27 °C, respectivamente. As unidades experimentais constaram de vasos plásticos com volume de 8 dm³ (0,23 m de altura e área de 0,0154 m²), perfurados no fundo e contendo Argissolo Vermelho-Amarelo adubado de acordo com a análise química (Tabela 1). A adubação constou da aplicação de superfosfato simples (900,3 mg dm⁻³ de P₂O₅), sulfato de amônio (60 mg dm⁻³ de N), cloreto de potássio (122,4 mg dm⁻³ K₂O) e calcário dolomítico (100 mg dm⁻³).

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 × 5, sendo o fator A representado pela soja em competição com as duas plantas daninhas (*Bidens pilosa* e *Urochloa brizantha*) e o fator B pelas diferentes densidades das plantas daninhas (0, 65, 130, 195 e 260 plantas m⁻²).

No centro da unidade experimental foram semeadas três sementes de soja (variedade BRS 243 RR). Próximo à borda foram semeadas dez sementes das espécies de plantas daninhas. Dez dias após a emergência (DAE) das plantas foi efetuado o desbaste, deixando-se apenas uma planta de soja no centro da unidade experimental e um número variável de plantas daninhas na periferia do vaso (0, 1, 2, 3 e 4 plantas/vaso).

Aos 50 DAE foram avaliadas o consumo de CO₂ (ΔC – μmol mol⁻¹), o carbono interno (Ci – μmol mol⁻¹), a condutância estomática de vapores de água (Gs – mol m⁻²s⁻¹), a

Tabela 1. Resultados das análises física e química das amostras do Argissolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento. Diamantina – MG, 2012.
Table 1. Results of physical and chemical analyzes of Red-Yellow Ultisol used in the experiment. Diamantina - MG 2012.

Análise física (dag kg ⁻¹) ¹										
Argila	Silte	Areia fina	Classificação textural							
38	6	56	Franco-argiloso							
Análise química ¹										
pH	P	K ⁺	H + Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	V	m	MO
	(mg dm ⁻³)				(cmol _c dm ⁻³)		pH 7,0	(%)		(dag kg ⁻¹)
6,1	0,7	25	3,7	0	1,7	0,5	6,0	38	2,0	1,0

¹ Análises realizadas no Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina (MG).

taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a temperatura da folha ($T - ^\circ\text{C}$), a relação Ci/Ca , sendo calculada ainda a eficiência do uso da água ($\text{EUA} - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) pela relação entre quantidade de CO_2 fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada. No momento da avaliação, a soja encontrava-se no estágio vegetativo V6, *U. brizantha* com 10 a 13 folhas e *B. pilosa* com 7 a 10 folhas, já em estágio de florescimento. As avaliações foram realizadas no terço médio da primeira folha completamente expandida das plantas de soja com o uso de um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA 4 (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), em casa de vegetação aberta, permitindo livre circulação do ar. As avaliações foram realizadas entre 8 e 10 h da manhã, em um único dia, a fim de manter as condições ambientais homogêneas.

Aos 60 DAE, a parte aérea das plantas de soja foi cortada rente ao solo, acondicionada em sacos de papel e levada à estufa de circulação forçada de ar (65°C), até atingir massa constante, para determinação da matéria seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e interpretados utilizando-se a análise de regressão.

A escolha dos modelos foi baseada no coeficiente de determinação, na significância dos coeficientes da regressão testados pelo teste t ($p < 0,05$) e no fenômeno biológico.

3 Resultados e Discussão

Plantas de soja (*Glycine max*) submetidas à competição com *B. pilosa* e *U. brizantha* apresentaram decréscimo na taxa fotossintética (A) com o incremento da densidade das duas espécies avaliadas (Figura 1a). Plantas de feijoeiro cultivadas em competição com picão-preto também apresentaram reduções acentuadas na taxa fotossintética, diferindo dos tratamentos feijão+herbicida, feijão+caruru e feijão+capim-marmelada (Manabe et al., 2014).

No presente estudo, a competição com *U. brizantha* apresentou maior efeito negativo sobre a cultura (Figura 1a). A arquitetura do dossel interfere tanto na distribuição da luz dentro da população de plantas como na circulação de ar, e ainda afeta os processos de transferência de CO_2 e evapotranspiração. Portanto, a arquitetura do dossel vegetativo é determinante dos padrões de interceptação luminosa pelas plantas e, provavelmente, uma das

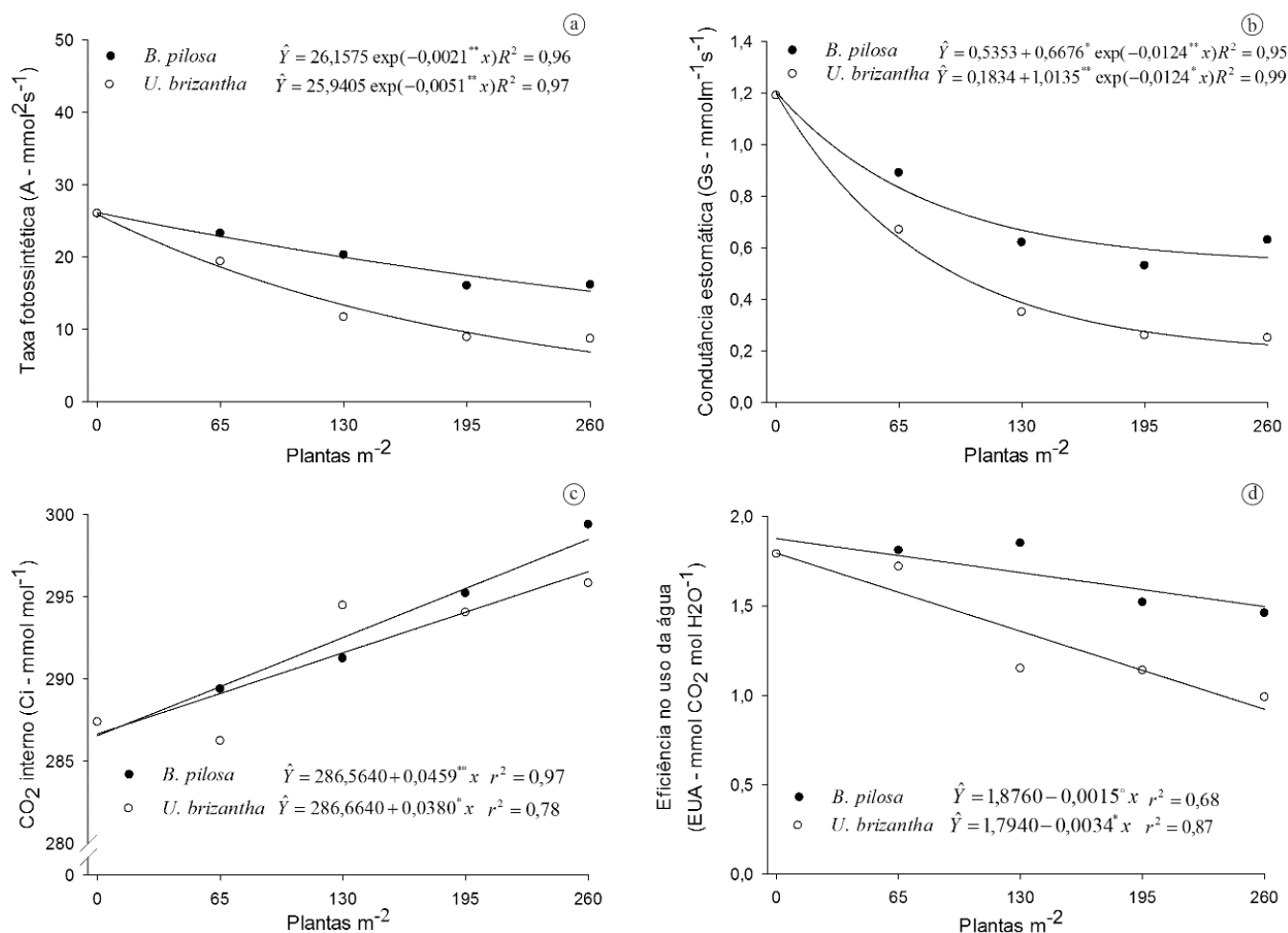


Figura 1. (a) Taxa fotossintética (A); (b) Condutância estomática (Gs); (c) CO_2 interno (Ci) e (d) Eficiência no uso da água (EUA) de plantas de soja submetidas à competição com *B. pilosa* e *U. brizantha* em densidades crescentes. **, *, °, ns Significativo a 1, 5, 10% e não significativo, respectivamente.

Figure 1. (a) Photosynthetic rate (A); (b) Stomatal conductance (Gs); (c) Internal CO_2 (Ci) and (d) Water use efficiency (EUA) soybean plants subjected to competition with *B. pilosa* and *U. brizantha* increasing densities. **, *, °, ns Significant at 1, 5, 10% and not significant, respectively.

características mais importantes que determina sua habilidade de crescimento (Loomis & Williams, 1969). Dessa forma, *U. brizantha*, por possuir intenso perfilhamento e produção de folhas, apresentou-se mais competitiva com a soja em relação à espécie *B. pilosa*. Radosevich et al. (1996) explicam que, em densidades muito baixas, o rendimento da população é determinado pelo número de indivíduos. Conforme a densidade de plantas é aumentada, o potencial de fornecimento de recursos pelo ambiente se torna limitante, isto é, o rendimento passa a se tornar independente da densidade de plantas a partir de determinado nível de infestação. No entanto, em experimentos de vaso devemos considerar que a competição é principalmente por espaço, sendo a competição por luz e nutrientes também altamente relevantes.

Com relação à condutância estomática (Gs), constatou-se que plantas de soja competindo com *U. brizantha* mostraram maior tendência de decréscimo na Gs comparada à *B. pilosa* com o aumento da densidade das duas espécies. Assim, nas duas situações avaliadas, o aumento da densidade de plantas daninhas promoveu maior fechamento dos estômatos das plantas de soja (Figura 1b). Como forma de evitar o estresse hídrico ou por alteração na qualidade da luz, provocados pela interferência das plantas daninhas, a planta tende a fechar os estômatos (Nascimento et al., 2011), acarretando redução das trocas gasosas e, conseqüentemente, da taxa fotossintética.

A taxa fotossintética está diretamente relacionada com a radiação fotossinteticamente ativa (composição da luz), aos fatores de disponibilidade hídrica e às trocas gasosas (Naves-Barbiero et al., 2000), altamente dependentes da abertura estomática, podendo assim ser boa indicadora da resposta fisiológica da cultura à competição com plantas daninhas.

Ambas as espécies avaliadas promoveram incremento no CO_2 interno (Ci) das plantas de soja com o incremento da densidade destas (Figura 1c). O Ci é considerado variável fisiológica influenciada por fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, de luz e energia, entre outros. O incremento no Ci observado na cultura, quando em competição com plantas daninhas, pode indicar uma tentativa da planta de escapar do estresse gerado pela competição pelos recursos do ambiente.

Ao avaliar a eficiência no uso da água (EUA), constatou-se que *B. pilosa* provocou menor decréscimo desta variável na cultura da soja, e *U. brizantha* mostrou-se mais agressiva, reduzindo drasticamente a EUA das plantas de soja (Figura 1d). Em conformidade com Procópio et al. (2004a), plantas de *B. pilosa* são capazes de sobreviver em ambientes onde a retenção de água no solo é três vezes mais negativa do que aquela que causaria a murcha permanente de outras plantas, inclusive a soja. Dessa forma, percebe-se porque essa espécie tem sido relatada entre as mais agressivas nas principais culturas do Brasil (Ronchi & Silva, 2006; Vidal et al., 2006). A convivência da soja com plantas de *U. brizantha* torna a cultura menos eficiente no uso da água, necessitando, portanto, de maior quantidade de água transpirada para produção de matéria seca. Galon et al. (2011) também verificaram redução da EUA da cultivar RB72454 de cana-de-açúcar, assim como alteração em todas as variáveis fisiológicas e matéria seca da cultura com o aumento da densidade das plantas de *U. brizantha*.

Semelhante ao observado para as variáveis já mencionadas, constatou-se que *U. brizantha* competindo com soja em

densidades crescentes promoveu maior efeito negativo na taxa transpiratória (E) das folhas da cultura (Figura 2a). Reduções na taxa transpiratória da cultura ocorreram na presença de ambas as plantas daninhas, justificando o declínio na taxa fotossintética da soja (Figura 1a). O fechamento dos estômatos leva à queda de transpiração, e as variações na abertura estomática causam alterações no potencial hídrico, por atuarem sobre a E (Wang et al., 2006). A E e a Gs também estão correlacionadas, uma vez que o fechamento dos estômatos determinado pela Gs provoca redução da E. A transpiração é determinante primária do balanço de energia e *status* hídrico da planta, e é determinada principalmente pela Gs, pela radiação e pelo déficit de saturação atmosférica (Kobayashi et al., 2008). Juntas, essas variáveis determinam a capacidade fotossintética das plantas.

Todos esses parâmetros estão ligados numa relação de custo/benefício, pois a E também é um mecanismo de diminuição da temperatura da folha. Os processos de transpiração e captura de CO_2 só ocorrem quando os estômatos estão abertos, bem como quando apresenta condutância estomática (Gs). A transpiração tem efeito resfriador, devido ao calor latente de evaporação da água, sendo, portanto, importante na regulação da temperatura da folha (Taiz & Zeiger, 2009).

As plantas daninhas promoveram acréscimos na temperatura da folha (T) de soja com o aumento da densidade, e esse incremento foi maior quando a cultura se encontrava em competição com *U. brizantha* (Figura 2b). O metabolismo do vegetal causa incremento na temperatura da folha, de forma que, via de regra, a temperatura da folha é superior à do ar ao seu redor (Concenço et al., 2007). Assim, incrementos no metabolismo, em situações de estresse como interferência de plantas daninhas, podem ser indiretamente aferidos em função do gradiente entre temperatura da folha e do ar.

As duas espécies avaliadas não influenciaram o consumo de CO_2 (ΔC) das plantas de soja (Figura 2c). Comportamento diferente foi observado para a razão Ci/Ca, em que houve uma pequena tendência de decréscimo dessa variável na cultura da soja com o aumento na densidade das duas espécies de plantas daninhas (Figura 2d). Isso indica que o aparato fotossintético está funcionando normalmente e que a redução da taxa fotossintética está relacionada à redução na concentração de CO_2 na câmara subestomática, ocasionada pelo fechamento dos estômatos. A relação Ci/Ca faz uma relação direta entre a concentração de CO_2 na câmara subestomática e a concentração de CO_2 no ambiente, de modo que os decréscimos nos valores de Ci/Ca indicam que as plantas de soja estão consumindo o CO_2 normalmente, e que a redução na fotossíntese está ocorrendo em função da redução do substrato para a fotossíntese, ou seja, redução na concentração de CO_2 na câmara subestomática.

A matéria seca da parte aérea da soja foi drasticamente reduzida pela interferência de *B. pilosa* e *U. brizantha*, em densidades crescentes (Figura 2e). Plantas de soja em convivência com 1, 2, 3 e 4 plantas de *U. brizantha* reduziram, em 72, 85, 88 e 90% o acúmulo de matéria seca da parte aérea. Na presença de *B. pilosa*, os decréscimos na matéria seca foram de 47 a 76% na menor e maior densidade, respectivamente (Figura 2e). Tal resultado está intimamente relacionado ao prejuízo causado pelas duas plantas daninhas no desempenho fisiológico da soja sob competição.

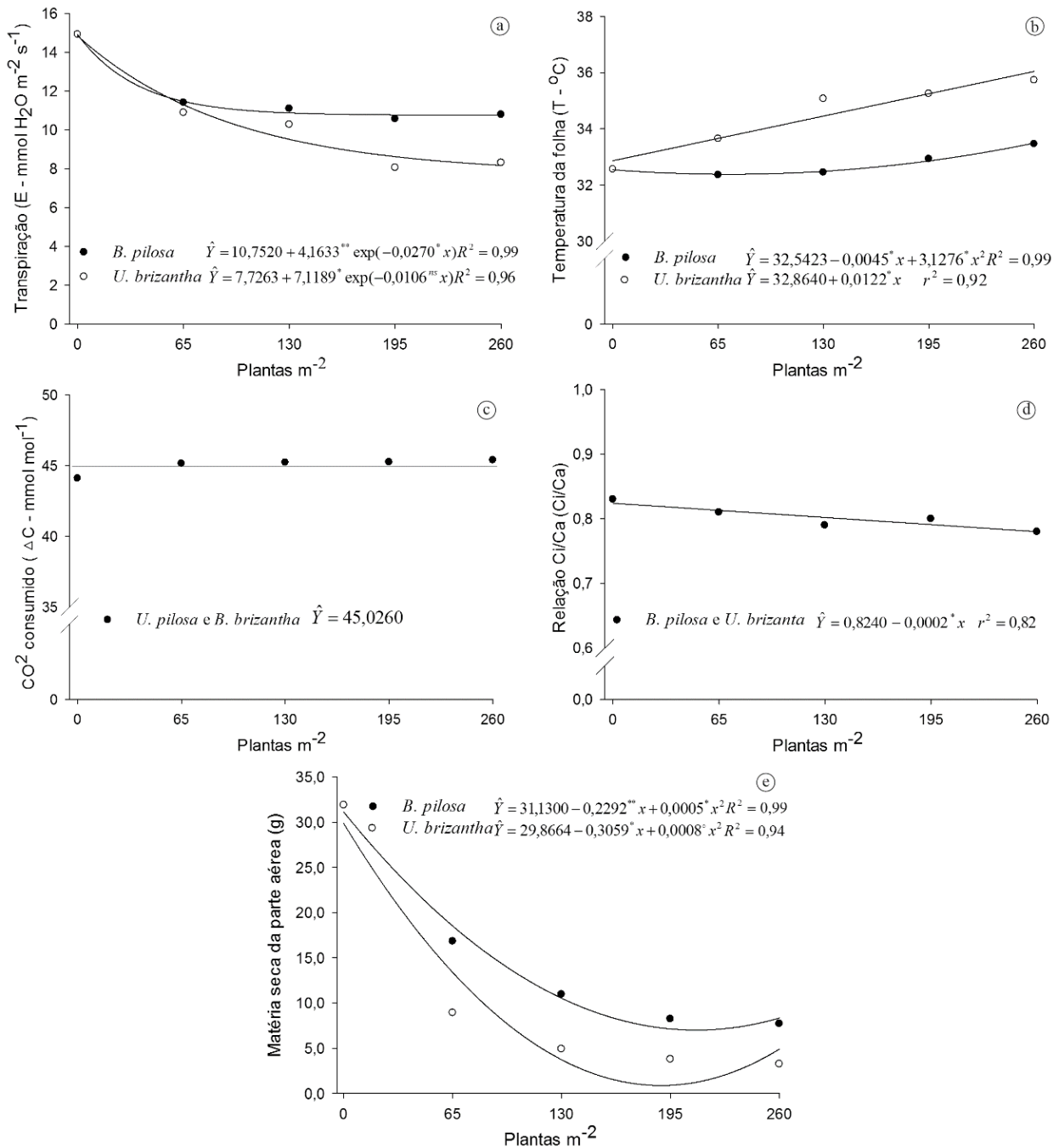


Figura 2. (a) Taxa transpiratória (E); (b) Temperatura da folha (T); (c) CO₂ consumido (ΔC); (d) Relação Ci/Ca (Ci/Ca) e (e) Matéria seca da parte aérea de plantas de soja submetidas à competição com *B. pilosa* e *U. brizantha* em densidades crescentes. **, *, °, ns Significativo a 1, 5, 10% e não significativo, respectivamente.

Figure 2. (a) Transpiration rate (E); (b) Leaf temperature (T); (c) Consumption of CO₂ (ΔC); (d) Ci/Ca ratio (Ci/Ca) and (e) Shoot dry matter of plant soybean subjected to competition with *B. pilosa* and *U. brizantha* in increasing densities. **, *, °, ns Significant to 1, 5, 10% and not significant, respectively.

4 Conclusões

Características fisiológicas de plantas de soja, como taxa fotossintética, transpiração, condutância estomática e eficiência no uso da água, bem como a matéria seca da parte aérea, são negativamente alteradas pela competição com *Urochloa brizantha* e *Bidens pilosa*, e o incremento da densidade dessas.

A interferência de *Urochloa brizantha* é mais prejudicial à soja BRS 243 RR.

Referências

CARVALHO, F. P.; SANTOS, J. B.; CURY, J. P.; SILVA, D. V.; BRAGA, R. R.; BYRRO, E. C. M. Alocação de matéria seca e capacidade

- competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. *Planta Daninha*, v. 29, n. 2, p. 373-382, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000200015>.
- CONCENCO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; GALON, L.; REIS, M. R.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; SILVA, L. V. B. D. Fotossíntese de biótipos de azevém sob condição de competição. *Planta daninha*, v. 26, n. 3, p. 595-600, 2008.
- CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; FIALHO, C. M. T. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. *Planta Daninha*, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000300003>.
- DA MATTA, F. M.; LOOS, R. A.; RODRIGUES, R.; BARROS, R. S. Actual and potential photosynthetic rates of tropical crop species. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 13, n. 1, p. 24-32, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-31312001000100003>.
- FERREIRA, E. A.; ASPIAZÚ, I.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; REIS, L. A. C. Características fisiológicas da soja em relação a espécies de plantas daninhas. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, v. 5, n. 1, p. 39-47, 2011.
- FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; FRANÇA, A. C.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F. A.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, A. A. Efeitos de períodos de competição nas características morfológicas de grãos de soja. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, v. 3, n. 2, p. 53-60, 2009.
- FLOSS, E. *Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê*. Passo Fundo: UPF, 2008. 733 p.
- GALON, L.; CONCENÇO, G.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; BORGES, E. T. Influence of *Brachiaria brizantha* in physiological characteristics related to photosynthesis and efficient use of water in sugarcane. *Planta Daninha*, v. 29, p. 1037-1043, 2011.
- KOBAYASHI, E. S.; SAKAI, E.; SILVA, E. A.; ARRUDA, F. B.; SILVEIRA, J. M. C.; SOUZA, P. S.; PIRES, R. C. M. Variação sazonal do potencial da água nas folhas de cafeeiro. *Bragantia*, v. 67, n. 2, p. 421-428, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200018>.
- LAMEGO, F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; VIDAL, R. A. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. *Planta Daninha*, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000300003>.
- LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J. D.; HASKINS, F. A.; SULLIVAN, C. Y.; VAN BAVEL, C. H. M. (Eds.). *Physiological aspects of crop yield*. Madison: ASA; CSSA; SSA, 1969. p. 27-47.
- MANABE, P. M. S.; MATOS, C. C.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; MANABE, A.; SILVA, A. F.; ROCHA, P. R. R.; GALON, L. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 6, p. 1721-1728, 2014.
- MESSINGER, S. M.; BUCKLEY, T. N.; MOTT, K. A. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO₂. *Plant Physiology*, v. 140, n. 2, p. 771-778, 2006. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.105.073676>. PMID:16407445.
- NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.
- NAVES-BARBIERO, C. C.; FRANCO, A. C.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G.; FRANCO, A. C.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 12, n. 2, p. 119-134, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-31312000000200003>.
- PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.
- PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; PIRES, F. R.; SILVA, A. A.; MENDONÇA, E. S. Absorção e utilização do nitrogênio pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. *Planta Daninha*, v. 22, n. 3, p. 365-374, 2004c. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000300006>.
- PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; DONAGEMMA, G. K.; MENDONÇA, E. S. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. *Planta Daninha*, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2004a. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000100005>.
- PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; MARTINEZ, C. A.; WERLANG, R. C. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. *Planta Daninha*, v. 22, n. 2, p. 211-216, 2004b.
- RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. Physiological aspects of competition. In: RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. (Eds.) *Weed ecology: implications for management*. New York: John Wiley & Sons, 1996. p. 217-301.
- RIGOLI, R. P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, C. E.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). *Planta Daninha*, v. 26, n. 1, p. 93-100, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000100010>.
- RIZZARDI, M. A.; ROMAN, E. S.; BOROWSKI, D. Z.; MARCON, R. Interferência de populações de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* isoladas ou em misturas sobre a cultura de soja. *Planta Daninha*, v. 22, n. 1, p. 29-34, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000100004>.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. *Planta Daninha*, v. 24, n. 2, p. 451-423, 2006.
- SANTOS, J. B.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; COSTA, L. C. Captação e aproveitamento da radiação solar pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. *Bragantia*, v. 62, n. 1, p. 147-153, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052003000100018>.
- SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; GALON, L.; COELHO, A. T. C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. *Planta Daninha*, v. 27, n. 1, p. 75-84, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000100011>.
- SINCLAIR, T. R.; BINGHAM, G. E.; LEMON, E. R.; ALLEN, L. H. Water use efficiency of field-grown maize during moisture stress. *Plant Physiology*, v. 56, n. 2, p. 245-249, 1975. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.56.2.245>. PMID:16659280.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

VIDAL, R. A.; HERNANDES, G. C.; WINKLER, L. M.; FEDERIZZI, L. C.; DA SILVA, P. R. Relação entre distância geográfica e variabilidade genética de uma população de *Bidens spp.* com resistência aos herbicidas inibidores de ALS. *Planta Daninha*, v. 24, n. 1, p. 149-155, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000100019>.

WANG, L.; ZHANG, T.; DING, S. Effect of drought and rewatering on photosynthetic physioecological characteristics of soybean. *Acta Ecologica Sinica*, v. 26, n. 7, p. 2073-2078, 2006. [http://dx.doi.org/10.1016/S1872-2032\(06\)60033-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1872-2032(06)60033-4).

WINKLER, L. M.; VIDAL, R. A.; BARBOSA NETO, J. F. Aspectos genéticos envolvidos na resistência de plantas daninhas aos herbicidas. *Revista Plantio Direto*, v. 70, n. 4, p. 21-24, 2002.

Contribuição dos autores: Evander Alves Ferreira: montagem, condução e avaliação do experimento, além de ajudar com a redação científica; Christiano da Conceição de Matos: montagem, condução e avaliação do experimento, além de ajudar com a redação científica; Edmilson Alves Barbosa: montagem, condução e avaliação do experimento, além de ajudar com a redação científica; Christiane Augusta Diniz Melo: contribuiu com as análises estatísticas, revisão bibliográfica, revisão ortográfica e gramatical e redação científica; Daniel Valadão da Silva: contribuiu com as análises estatísticas, revisão bibliográfica, revisão ortográfica e gramatical e redação científica; José Barbosa dos Santos: orientou e supervisionou todos os estudantes em todas as etapas, além de contribuição na revisão e redação científica.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento e Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio e pelas bolsas concedidas.

Fontes de financiamento: CAPES, FAPEMIG.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.