Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Caracterização competitiva de *Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* e *Digitaria ciliaris* com soja em condições de deficiência hídrica

Rafael Vivian

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Rafael Vivian
Engenheiro Agrônomo

Caracterização competitiva de *Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* e *Digitaria ciliaris* com soja em condições de deficiência hídrica

Orientador:
Prof. Dr. **DURVAL DOURADO NETO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Vivian, Rafael
Caracterização competitiva de *Alternanthera tenella* , *Tridax procumbens* e *Digitaria ciliaris* com soja em condições de deficiência hídrica / Rafael Vivian. - - Piracicaba, 2009.
129 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.
Bibliografia.

1. Água - Disponibilidade 2. Ecofisiologia vegetal 3. Herbicidas 4. Plantas daninhas - Competição 5. Soja I.Título

CDD 633.34
V858c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese a todos que, de alguma forma, acreditam na pesquisa e no método científico como ferramentas indispensáveis ao desenvolvimento da humanidade, mas também, àqueles que por meio destes, não desrespeitam os valores humanos, mantendo o respeito à vida e ao ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço: (i) à Universidade de São Paulo, especialmente à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP, pela oportunidade de realização dos meus estudos na instituição, estrutura e suporte técnico; (ii) à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo auxílio financeiro durante a execução dos trabalhos; (iii) ao Programa de Pós-Graduação de Fitotecnia e a todos os seus colaboradores durante a realização dos meus estudos; (iv) ao Professor Durval Dourado Neto, por sua orientação no projeto, ensinamentos e profissionalismo demonstrados nesta etapa acadêmica, além da sua amizade; (v) ao Laboratório de Fisiologia de Plantas Cultivadas em Condições de Estresse, em especial ao Prof. Ricardo Ferraz de Oliveira, coordenador do Laboratório, pelo suporte técnico científico, ensinamentos, amizade e dedicação; (vi) ao grupo docente da ESALQ, em especial aos professores da área de Plantas Daninhas, Ricardo Victoria Filho e Pedro Jacob Christoffoleti, pelos ensinamentos e sugestões no projeto de estudo; (vii) à Universidade de Wageningen, Holanda, e ao Departamento CWE (Crop-Weed Ecology), pela possibilidade de aperfeiçoamento na área de pesquisa, em especial ao Dr. Lammert Bastiaans, grande conhecedor na área de modelagem ecofisiológica de plantas daninhas, o qual contribui na minha formação, fazendo valiosas observações nos resultados obtidos; (viii) ao quadro de funcionários técnico-administrativo, especialmente aqueles envolvidos e que reconheço, além das suas funções, as qualidades e amizade compartilhada diariamente; (ix) aos meus pais, Pedro e Elisabete Maria Lorenzini Vivian, pela dedicação e incentivo sempre obtidos durante meus estudos; (x) em especial, à pessoa que sempre esteve ao meu lado, mesmo que distante, Ana Carolina, pela sua paciência, dedicação e apoio incessantes; (xi) a todos os colegas e, principalmente, aos amigos de Piracicaba, que se sentirem sinceramente incluídos neste parágrafo e que sabem o quão valiosos são para mim; (xii) a Ercí, Luciane, Cássio e Cassi, por fazer das minhas vitórias suas conquistas, muito obrigado; e (xiii) aos meus colegas e amigos distantes, que embora estejam seguindo seus caminhos, torcem sempre pelo meu sucesso.

SUMÁRIO

RESUMO 7
ABSTRACT 8
LISTA DE FIGURAS 10
LISTA DE TABELAS 17
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS 19
1 INTRODUÇÃO 20
Bibliografia Consultada 26
2 INTERAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DE TRÊS PLANTAS DANINHAS COM SOJA EM SÉRIES SUBSTITUTIVAS: EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA. 31
Resumo 31
Abstract 31
2.1 Introdução 32
2.2 Material e Métodos 33
2.3 Resultados e Discussão 36
Referências 53
3 COMPETIÇÃO DE *Alternanthera tenella* COM SOJA E SUA RESPOSTA SOB CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA. 56
Resumo 56
Abstract 56
3.1 Introdução 57
3.2 Material e Métodos 59
3.3 Resultados e Discussão 62
Referências 76
4 ANÁLISES DE CRESCIMENTO DE *Tridax procumbens* E SOJA E SUA RELAÇÃO COMPETITIVA SOB CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA TEMPORÁRIA. 80
Resumo 80
Abstract 80
4.1 Introdução 81
4.2 Material e Métodos 83

4.3 Resultados e Discussão 87
Referências 100
5 INFLUÊNCIA DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NAS CARACTERÍSTICAS COMPETITIVAS DE *Digitaria ciliaris* e SOJA 103
Resumo 103
Abstract 103
5.1 Introdução 104
5.2 Material e Métodos 105
5.3 Resultados e Discussão 109
Referências 123
Considerações finais e Conclusões 126
ANEXOS 127

RESUMO

Caracterização competitiva de *Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* e *Digitaria ciliaris* com soja em condições de deficiência hídrica

A complexidade dos fatores que definem a competição entre plantas tem sido questionada por inúmeros pesquisadores com o objetivo de definir a capacidade mútua de desenvolvimento e adaptação de espécies aos mais distintos ambientes. Porém, com o uso intensificado de herbicidas, as pesquisas com plantas daninhas deixaram de focar as características ecofisiológicas das espécies em detrimento à delimitação das formas e períodos de controle. Por meio deste estudo, buscou-se caracterizar a competição de três espécies de plantas daninhas (*Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* L. e *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel) com a espécie cultivada *Glycine max* L. Merril (soja), avaliando-se as alterações de cada espécie, em monocultivo ou competição, quando submetidas à deficiência hídrica (DH) temporária O estudo foi dividido em três experimentos realizados em câmara de crescimento, sob condições controladas de luz, temperatura e umidade relativa do ar. As plantas foram cultivadas em vasos de 4 litros e fertirrigadas diariamente, efetuando-se o controle do conteúdo de água adicionado por meio do método gravimétrico de pesagens. A DH foi estabelecida entre o 20º e 40º dia após o transplante das mudas. Para cada experimento, utilizou-se o sistema de séries substitutivas para avaliação da competição intra e interespecífica das espécies, mantendo-se o total de duas plantas por vaso. As avaliações ocorreram aos 20, 35, 50, 70 e 90 dias após instalação de cada experimento, com verificação da partição de fotoassimilados em raiz, caule, folhas e frutos, além da sua altura e área foliar. Avaliou-se também as trocas gasosas, por meio de equipamento portátil, registrando-se a fotossíntese líquida (FL), respiração (R), transpiração (Tr) e condutância estomática (Cn) em cada período, com avaliação da curva de resposta à saturação luminosa. Incluíram-se ainda, as análises de Nitrato Redutase (NR) em folhas, para comparar a atividade enzimática em condições de DH. As avaliações dos teores de macronutrientes foram realizadas aos 50 dias de cultivo, comparando-se as quantidades totais extraídas de cada espécie. Os resultados evidenciam efeitos competitivos distintos entre espécies, principalmente às plantas submetidas à DH. Foi comprovada maior competição intra-específica ($P<0,05$) de soja e diminuição do efeito competitivo da cultura com as plantas daninhas, em condições de DH. As análises revelam maior tolerância, na maioria das plantas daninhas avaliadas, ao baixo conteúdo de água, principalmente para *A. tenella*. A menor disponibilidade hídrica também foi significativa na redução da FL das plantas na maioria dos experimentos, incluindo a diminuição na duração de área foliar e na eficiência de uso da água. A atividade da NR foi maior ($P<0,05$) para a soja em relação às demais espécies e períodos avaliados, demonstrando alta atividade de metabolização do nitrogênio. A sensibilidade da NR para a DH também foi ressaltada nas análises enzimáticas, embora não tenha ocorrido para todas as plantas daninhas. O efeito da DH também interferiu no acúmulo de fósforo, potássio e magnésio para *A. tenella*. Para *T. procumbens*, verificou-se alteração nos teores de potássio e magnésio em folhas e caules, respectivamente, quando submetida à DH. Apesar dos altos teores de macronutrientes constatados para as plantas daninhas, o conteúdo total extraído a partir do solo foi menor em relação à cultura, devido às diferenças na massa de matéria seca total. Todavia, *D. ciliaris* apresentou maiores concentrações de potássio e magnésio foliares, apresentado teores totais acumulados de macronutrientes similares a soja. Entre as plantas daninhas avaliadas, *D. ciliaris* demonstrou-se altamente competitiva em termos de FL e massa de

matéria seca total, incluindo-se ainda a possibilidade de efeito alelopático sobre a cultura em condições de deficiência hídrica. Considerando-se os resultados obtidos, admite-se que o efeito competitivo é extremamente complexo e que a DH pode alterar completamente as características competitivas entre espécies, embora seja difícil sua distinção dos demais fatores do meio. Para isso, orienta-se para que mais estudos possam ser desenvolvidos nesta linha de pesquisa.

Palavras-Chave: Soja; Competição; Plantas daninhas; Água

ABSTRACT

Competitive characterization of *Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* and *Digitaria ciliaris* with soybean under water stress conditions

Complexity of factors that define competition between plants has been questioned by many researchers searching to define the ability for mutual development and species adjustment to the most distinct environments. However, with herbicides use increase, weeds researches no longer focus on ecophysiological characteristics of species rather than forms and delimitation of period control. Through this study, competitiveness features of three weed species (*Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* L. and *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel) and soybean (*Glycine max* L. Merrill) was evaluated, including changes of each species, monoculture or in competition, when exposed to brief water stress (WS). The study was split up into three experiments carried out in a growth chamber under light, temperature and relative humidity control. Plants were grown in pots of 4 liters and fertirrigated daily with water content control by weighing gravimetric method. WS has been established between the 20th and 40th days after seedlings transplanting. For each experiment, substitutive series system was used for evaluation of intra and interspecific species competition, which two plants per pot was kept. Evaluations were at 20, 35, 50, 70 and 90 days after each experiment, verifying photoassimilates partition of roots, stems, leaves and fruits, as well as its height and leaf area. Gas exchange was also evaluated by portable equipment, including net photosynthesis (P_n), respiration (R), transpiration (E) and stomatal conductance (g_s) of each period, with evaluation of light saturation curve response. It was included also nitrate reductase (NR) analysis in leaves to compare the enzyme activity under WS conditions. Nutrient assessments were performed at 50 days in order to compare total amount extracted from each species. Results show distinct competitive effects among species, mainly to WS plants. It was verified greater intraspecific competition ($P < 0.05$) to soybean and less competitive effect of crop with weeds when grown-up under WS conditions. The analysis show greater tolerance to low water content at most weeds evaluated, especially for *A. tenella*. Water stress was also significant at FL reduction of most experiments, including drop off on Leaf area duration and water use efficiency. NR activity was higher ($P < 0.05$) for soybean in relation to other species and periods, indicating high nitrogen metabolic activity. NR tolerance to WS has also been emphasized in enzyme analysis, but it has not happened to all weeds. WS effect also interfered in phosphorus, potassium and magnesium accumulation for *A. tenella*. In *T. procumbens* study, there was potassium and magnesium changes in leaves and stems levels, respectively, under WS setting. Despite of high nutrients levels in weeds, total content up taken from soil was lower in relation to soybean, due to total dry matter differences. However, *D. ciliaris* showed higher potassium and magnesium concentrations at leaves, accumulating comparable total nutrients levels of soybean. Among weeds evaluated, *D. ciliaris* proved to be highly competitive according P_n and total dry

matter, including probably allelopathic effect on the crop with WS conditions. Considering all results, it is assumed that competitive effect is extremely complex and WS can completely change competitive characteristics between species, although it is difficult to distinguish this from others environment factors. Through that, further studies are oriented towards this field development.

Keywords: Soybean; Competition; Weeds; Water

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estimativas da taxas de fotossíntese líquida (FL) obtidas a partir de plantas de soja e *Alternanthera tenella* cultivadas em câmara de crescimento, em monocultivo ou em competição, sob condições normais (SDH) ou com deficiência hídrica temporária (CDH). (A) 35 dias após o transplante (DAT); (B) 50 DAT. A deficiência hídrica foi estabelecida entre os 20 e 40 DAT. ns - diferença não significativa entre os tratamentos SDH e CDH pelo teste "t" (P>0,05) 40

Figura 2 Estimativas das taxas de fotossíntese líquida (FL) obtidas a partir de plantas de soja e *Tridax procumbens* cultivadas em câmara de crescimento, em monocultivo ou em competição, sob condições normais (SDH) ou com deficiência hídrica temporária (CDH). (A) 35 dias após o transplante (DAT); (B) 50 DAT. A deficiência hídrica foi estabelecida entre os 20 e 40 DAT. ns - não significativo; * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH pelo teste "t" (P<0,05) 41

Figura 3 Estimativas da taxas de fotossíntese líquida (FL) obtidas a partir de plantas de soja e *Digitaria ciliaris* cultivadas em câmara de crescimento, em monocultivo ou em competição, sob condições normais (SDH) ou com deficiência hídrica temporária (CDH). (A) 35 dias após o transplante (DAT); (B) 50 DAT. A deficiência hídrica foi estabelecida entre os 20 e 40 DAT. ns - não significativo; * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH pelo teste "t" (P<0,05) 42

Figura 4 Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Alternanthera tenella* obtidos em câmara de crescimento, sem deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *A. tenella* em monocultura ou em competição, em séries substitutivas 46

Figura 5 Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Alternanthera tenella* obtidos em câmara de crescimento,com deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *A. tenella* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas 47

Figura 6 Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Tridax procumbens* obtidos em câmara de crescimento, sem deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *T. procumbens* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas..... 48

Figura 7 Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Tridax procumbens* obtidos em câmara de crescimento, com deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *T. procumbens* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas..... 49

Figura 8 Rendimento Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Digitaria ciliaris* obtidos em câmara de crescimento, sem deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *D. ciliaris* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas 50

Figura 9 Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Digitaria ciliaris* obtidos em câmara de crescimento, com deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *D. ciliaris* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas 51

Figura 10 Estimativas das curvas de evapotranspiração (ET) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou em competição (S+A), em câmara de crescimento, submetidas (CDH) ou não (SDH) a deficiência hídrica, em função do tempo (dias). ● S (SDH); o S+A (SDH); Δ S (CDH); ■ S+A (CDH); ▼ A (CDH e SDH – não significativos pelo teste "t" (P>0,05). A deficiência foi estabelecida entre 20 e 40 dias após o transplante 63

Figura 11 Estimativas das curvas de área foliar (AF) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em função do tempo (dias). ● S (SDH); o S (CDH); ▼ S+ (SDH); Δ S+ (CDH); ■ A+ (SDH); □ A+ (CDH) ♦ A (SDH e CDH – não significativos pelo teste "t" P>0,05)..... 65

Figura 12 Estimativas das curvas de fotossíntese líquida (FL) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em função do tempo (dias). ● S (CDH e SDH); o S+ (CDH e SDH); ▼ A+ (CDH e SDH); Δ A (CDH e SDH). As curvas representam os valores médios entre os tratamentos com e sem deficiência hídrica, quando não significativos pelo teste "t" P>0,05). Dados obtidos com 800 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa 67

Figura 13 Estimativas das curvas de transpiração (Tr) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em função do tempo (dias). ● S (SDH e CDH); o S+ (SDH); ▼ S+ (CDH); ■ A+ (SDH e CDH); Δ A (SDH e CDH). As curvas representam os valores médios entre os tratamentos CDH e SDH, quando não significativos pelo teste "t" P>0,05). Dados obtidos com 800 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa..... 69

Figura 14 Estimativas das curvas de condutância estomática (Cn) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em função do tempo (dias). ● S (SDH); o S+ (CDH); ▼ S+ (SDH); Δ-S+ (CDH); ■ A+ (SDH); □ A+ (CDH) ♦ A (SDH e CDH – não significativo pelo teste "t" P>0,05)..... 70

Figura 15 Estimativas das curvas de fotossíntese líquida (FL) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em resposta a radiação fotossinteticamente ativa (PAR). ●-S (SDH e CDH); o-S+ (SDH); ▼ S+ (CDH); Δ A+ (SDH e CDH); ■ A (SDH e CDH). As curvas representam os valores médios entre os tratamentos CDH e SDH, quando não significativos pelo teste "t" P>0,05)..... 71

Figura 16 Atividade da enzima Nitrato Redutase - NR (μmol(NO_2^-).g^{-1}(massa de matéria fresca).h^{-1}) de soja e *Alternanthera tenella* cultivadas em câmara de crescimento, submetidas ou não à deficiência hídrica, avaliada aos 35 dias após emergência. * Diferença significativa entre os tratamentos com e sem deficiência hídrica (P<0,05) 72

Figura 17 Evapotranspiração acumulada (ET - mm H_2O) de soja e *Tridax procumbens*, em monocultivo ou competição, cultivadas em câmara de crescimento em condições normais de disponibilidade hídrica (SDH) aos 20 dias após o transplante (DAT), ou após a deficiência hídrica (CDH) temporária, aos 50 e 70 DAT. Colunas representando os tratamentos SDH ou CDH seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * Diferenças significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05) 88

Figura 18 Relação entre a massa de matéria seca da parte aérea e raiz (A/R) de soja e *Tridax procumbens* em monocultivo ou competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária. a) soja em monocultivo; b) soja em competição; c) *T. procumbens* em monocultivo; d) *T. procumbens* em competição 92

Figura 19 Fotossíntese líquida (FL) em amostras foliares de soja e *T. procumbens* em monocultivo ou competição (+), em condições normais de disponibilidade hídrica (20 dias após o transplante - DAT) ou após deficiência hídrica temporária (50 e 70 DAT), estabelecida entre 20 e 40 DAT. Colunas representando os tratamentos SDH ou CDH seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * Diferenças significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05) 95

Figura 20 Atividade da enzima nitrato redutase (NR - $\mu mol(NO_2^-).g^{-1}$(massa de matéria fresca).h^{-1}) em amostras foliares de soja e *T. procumbens* em monocultivo ou competição (+), em condições normais de disponibilidade hídrica (20 DAT) ou após deficiência hídrica temporária (50 e 70 DAT), estabelecida entre 20 e 40 DAT. * Diferenças significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05)..... 96

Figura 21 Evapotranspiração acumulada (ET) de soja e *Digitaria ciliaris*, em monocultivo ou competição, cultivadas em câmara de crescimento em condições normais de disponibilidade hídrica (SDH) aos 20 dias após o transplante (DAT), ou após a deficiência hídrica (CDH) temporária, aos 50 e 70 DAT. Colunas representando os tratamentos SDH ou CDH seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * Diferenças significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05) 110

Figura 22 Razão entre a massa de matéria seca de raiz (MMSR - a) e caule (MMSC - b) em relação à massa de matéria seca total (MMST) de plantas de *Digitaria ciliaris* e de soja em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento, em condições normais de disponibilidade hídrica (SDH) ou submetidas à deficiência hídrica (CDH), entre 20 e 40 dias após o transplante 112

Figura 23 Razão entre a massa de matéria seca de folha (MMSFl - a) e fruto (MMSF - b) em relação à massa de matéria seca total (MMST) de *Digitaria ciliaris* e de soja em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento, em condições normais de disponibilidade hídrica (SDH) ou submetidas à deficiência hídrica (CDH), entre 20 e 40 dias após o transplante 113

Figura 24 Massa de matéria seca total de soja e *Digitaria ciliaris*, em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento, sob condições normais de suprimento hídrica (SDH) ou com deficiência hídrica temporária (CDH), aos 90 dias após o transplante. * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05)..... 114

Figura 25 Estimativas das curvas de fotossíntese líquida (FL) para os monocultivos de soja e *Digitaria ciliaris* ou em competição, soja (+) e *D.ciliaris* (+), em câmara de crescimento, sem deficiência hídrica, em função do tempo (dias). ● Soja; o Soja (+); ▼ *D. ciliaris* (+); Δ *D. ciliaris*. Análises de FL com 800 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa..... 117

Figura 26 Estimativas das curvas de fotossíntese líquida (FL) para os monocultivos de soja e *Digitaria ciliaris* ou sua competição, soja (+) e *D.ciliaris* (+), em câmara de crescimento, com deficiência hídrica (DH), em função do tempo (dias). ● Soja; o Soja (+); ▼ *D. ciliaris* (+); Δ *D. ciliaris*. DH entre 20 e 40 DAT. Análises de FL com 800 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa 118

Figura 27 Atividade da enzima nitrato redutase (NR - µmol(NO_2^-).g^{-1}(massa de matéria fresca).h^{-1}) em amostras foliares de soja e *D. ciliaris* em monocultivo ou em competição (+), aos 50 DAT, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH) temporária. * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05)..... 119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Sumário das análises estatísticas da variância para cada experimento (T: soja: *A. tenella*; P: soja: *T. procumbens* e C: soja: *D. ciliaris*) e suas variáveis analisadas de massa de matéria seca aos 90 dias após o transplante 37

Tabela 2 Massa de matéria seca total (MMSTv) por vaso e massa de matéria seca de soja por planta (MMSc) obtidas em câmara de crescimento, ao final do período de competição (90 dias após o transplante), com cada espécie de planta daninha (PD) 38

Tabela 3 Duração de área foliar (DAF) e estimativa do uso eficiente de água (UEA aos 35 e 50 DAT), avaliados em cada experimento competitivo de *Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* e *Digitaria ciliaris* com soja, realizados em câmara de crescimento 44

Tabela 4 Comparação dos rendimentos relativos de massa de matéria seca estimados para a soja (Rcd) e para cada planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) e seus coeficientes de agrupamento, kcd e kdc, em relação ao estabelecimento da deficiência hídrica entre o vigésimo e quadragésimo dia após o transplante 51

Tabela 5 Composição da solução nutritiva utilizada no cultivo de soja e *Alternanthera tenella* em monocultivo e em competição 60

Tabela 6 Massa de matéria seca particionada de soja e *Alternanthera tenella* em monocultivo, assim como em competição (soja + e *A. tenella* +) cultivadas em câmara de crescimento, sem (SDH) e com deficiência hídrica (CDH), aos 90 dias após o transplante 66

Tabela 7 Quantidades de macronutrientes primários particionadas ($g.kg^{-1}$ massa de matéria seca) e totais por planta ($mg.pl^{-1}$) de soja e *Alternanthera tenella*, cultivadas em câmara de crescimento, com (CDH) e sem deficiência hídrica (SDH), aos 50 dias após o transplante (DAT) 74

Tabela 8 Quantidades de macronutrientes secundários particionadas ($g.kg^{-1}$(massa de matéria seca)) e totais por planta ($mg.pl^{-1}$) de soja e *Alternanthera tenella*, cultivadas em câmara de crescimento, com (CDH) e sem deficiência hídrica (SDH), aos 50 dias após o transplante (DAT) 75

Tabela 9 Composição da solução nutritiva utilizada no cultivo de soja e *Alternanthera tenella* em monocultivo e em competição 84

Tabela 10 Representação das equações e unidades utilizadas nas análises de crescimento de soja e *T. procumbens* 85

Tabela 11 Variáveis de crescimento e alocação de fitomassa de soja e *T. procumbens* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária 89

Tabela 12 Parâmetros de crescimento foliar e de assimilação líquida de carbono de soja e *T. procumbens* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária... 93

Tabela 13 Teores de macronutrientes particionados em raiz, caule e folha ($g.kg^{-1}$) e totais ($mg.planta^{-1}$) em soja e *T. procumbens* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária..... 99

Tabela 14 Parâmetros de crescimento foliar e de assimilação líquida de carbono de soja e *D. ciliaris* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária 116

Tabela 15 Teores de macronutrientes particionados ($g.kg^{-1}$(massa de matéria seca)) e totais por planta ($mg.pl^{-1}$) de soja e *Digitaria ciliaris* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas (CDH) ou não à deficiência hídrica (SDH) temporária 121

Tabela 16 Teores de macronutrientes secundários particionados ($g.kg^{-1}$(massa de matéria seca)) e totais por planta ($mg.pl^{-1}$) de soja e *Digitaria ciliaris* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas (CDH) ou não à deficiência hídrica (SDH) temporária 122

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A/R: razão de massa de matéria seca entre parte aérea e raiz ($g.g^{-1}$)
AF: área foliar ($cm^2.pl^{-1}$)
AFE: área foliar específica ($dm^2.g^{-1}$)
CDH: com deficiência hídrica
Cn: condutância estomática ($mmol(H_2O).m^{-2}.s^{-1}$)
DAF: duração de área foliar (dias)
DAT: dia após o transplante
ET: evapotranspiração real acumulada ($mm(H_2O)$)
FL: fotossíntese líquida ($\mu mol(CO_2).m^{-2}.s^{-1}$)
IAF: índice de área foliar (cm^2(folha).cm^{-2} solo)
Kcd: coeficiente de agrupamento relativo da cultura
Kdc: coeficiente de agrupamento relativo da planta daninha
MMSc: massa de matéria seca da cultura em monocultivo ($g.pl^{-1}$)
MMSC: massa de matéria seca de caule ($g.pl^{-1}$)
MMScm: massa de matéria seca da cultura em monocultivo
MMSF: massa de matéria seca de fruto ($g.pl^{-1}$)
MMSFl: massa de matéria seca de folha ($g.pl^{-1}$)
MMSR: massa de matéria seca de raiz ($g.pl^{-1}$)
MMST: massa de matéria seca total ($g.pl^{-1}$)
MMSTv: massa de matéria seca total ($g.vaso^{-1}$)
NR: nitrato redutase ($\mu mol(NO_2).g^{-1}$(massa fresca).h^{-1})
PD: planta daninha
RAF: razão de área foliar ($dm^2.g^{-1}$)
Rcd: rendimento médio relativo de massa de matéria seca da cultura ($g.pl^{-1}$)
Rdc: rendimento médio relativo de massa de matéria seca da planta daninha ($g.pl^{-1}$)
RFA: radiação fotossinteticamente ativa (μmol(fótons).$m^{-2}.s^{-1}$)
RMMSt: rendimento médio relativo de massa de matéria seca total
SDH: sem deficiência hídrica
TAL: taxa de assimilação líquida ($g.dm^{-2}.dia^{-1}$)
Tr: transpiração ($mmol(H_2O).m^{-2}.s^{-1}$)
UEA: uso eficiente de água ($\mu mol(CO_2).mmol^{-1}(H_2O)$)

1 INTRODUÇÃO

Impulsionada pelo mercado e, sobretudo, pela seleção e desenvolvimento de cultivares amplamente adaptadas ao seu cultivo, a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) expandiu-se da região sul para as demais regiões do Brasil, sendo cultivada inclusive no norte do país. Nos últimos anos, sua importância como *commodity* agrícola é destacada sobre as demais culturas brasileiras. Com aproximadamente 58,2 milhões de toneladas produzidas em 20,6 milhões de hectares na safra 2007/08 (FAOSTAT, 2008), o país tornou-se o segundo maior produtor e o primeiro lugar na exportação mundial de grãos e derivados de soja. O incentivo à produção está relacionado à crescente demanda mundial de óleo e proteína para alimentação animal e humana, além da recente viabilização de grãos na produção de biodiesel.

Fatores como a especialização técnica e o uso de alto nível tecnológico também contribuem para os aumentos em produção e em produtividade. A introdução da soja transgênica, por exemplo, tolerante ao glyphosate, tem propiciado diversas mudanças relacionadas ao sistema de cultivo, principalmente em relação ao manejo de plantas daninhas na cultura. Mais recentemente, a Embrapa está viabilizando o lançamento de soja resistente ao grupo químico das imidazolinonas, como alternativa no manejo de plantas daninhas. Atrelado a estas tecnologias, destacam-se algumas preocupações em relação ao controle de plantas daninhas em soja, fundamentalmente por estar vinculado a apenas um ou dois grupos de herbicidas, exercendo-se elevada pressão de seleção sobre as espécies infestantes (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO; SILVA, 1994). Além disso, verifica-se que nos últimos 30 anos, nenhum método químico possibilitou a erradicação ou controle total de plantas daninhas, embora tenha contribuído com o aumento no número e na seleção de espécies tolerantes a herbicidas (ALTIERI, 1991).

Apesar dos avanços no seu controle, a presença de plantas daninhas na soja ainda é causa de perdas em qualidade e na produtividade, ocorrendo o mesmo para outras culturas. Esse fato contribui para a maior demanda de herbicidas pelo mercado brasileiro, sendo o mais representativo, com cerca de 40% dos pesticidas comercializados e dentre esses, 50% destinados ao sistema de produção de soja (SINDAG, 2006).

Conforme estimativas realizadas por Oerke e Dehne (2004), mesmo com a adoção de medidas de controle, o Brasil perde o equivalente a US$ 2 bilhões pela competição de plantas daninhas com as culturas de soja e milho. Essas perdas são decorrentes, entre outros, da convivência inicial com as plantas daninhas (MESCHEDE et al., 2004) e, principalmente,

relacionadas à variabilidade na determinação dos períodos críticos de prevenção à interferência na cultura de soja.

Os períodos críticos, atualmente definidos, estão embasados nas perdas em produtividade da cultura decorrentes da competição pelas plantas daninhas, sendo indicado o estádio fenológico mais adequado para a realização do seu controle. Entretanto, Vidal, Fleck e Merotto Júnior (2005) questionam essa definição por considerar que apenas os componentes bióticos da cultura são observados na determinação dos períodos críticos, sem conhecer a capacidade de competição das espécies de plantas daninhas. Além disso, os autores propõem que os custos de controle e o valor recebido pela comercialização dos grãos devem ser utilizados como critérios para definição dos períodos de interferência das plantas daninhas. Assim, há necessidade de identificação da capacidade competitiva das espécies, sendo relatado como o principal parâmetro limitante.

Como alternativa, novos programas de controle devem ser propostos para garantir o avanço tecnológico, os quais devem focar, principalmente, estudos que visam determinar a biologia e os mecanismos de competição entre as espécies (CHAO et al., 2005). Algumas pesquisas têm comprovado a eficiência na adoção de sistemas integrados de manejo de plantas daninhas, baseados em cultivos consorciados. Nestes, espécies cultivadas junto com a cultura principal, em diferentes densidades, são capazes de suprimir a interferência de plantas daninhas na entrelinha da cultura (BAUMANN; BASTIAANS; KROPFF, 2001). Estes sistemas estão amparados, basicamente, por modelos mecanísticos e descritivos de análise, sendo possível a otimização de cultivos consorciados. Além disso, a determinação gênica e a introdução de características desejáveis de plantas daninhas em culturas (CHAO et al., 2005) também merecem destaque recentemente.

Portanto, evidencia-se uma nova fase nas pesquisas de competição com plantas daninhas, onde conceitos integrados dos mecanismos de competição precisam ser analisados (MORTENSEN; BASTIAANS; SATTIN, 2000). Desta forma, considerando que a capacidade competitiva das plantas daninhas está relacionada às características fisiológicas de resposta ao ambiente, integradas em sistemas mútuos de competição, a sua compreensão pode fornecer subsídios úteis no desenvolvimento de novas estratégias de controle (RAJCAN; SWATON, 2001).

Entre as alternativas avaliadas, as análises fenométricas e fisiológicas, além de modelos que estimam o crescimento das espécies, constituem-se em ferramentas indispensáveis na

elucidação dos mecanismos de competição. Avaliações da massa de matéria seca, coeficientes de partição e área foliar possibilitam verificar a adaptação competitiva intra e interespecífica de plantas. Da mesma forma, estudos de crescimento são utilizados para a caracterização ecológica de diferentes espécies (ERASMO; BIANCO; PITELLI, 1997).

Entre os estudos clássicos propostos de competição entre plantas daninhas e cultivadas, citam-se os realizados por De Wit e Van der Berg (1965), os quais propuseram o método de séries substitutivas para avaliar as diferenças de competição entre espécies. Neste método, fixa-se o número de plantas por área ou vaso, variando-se somente a proporção entre plantas. Com a comparação das produções de fitomassa das espécies em monocultivo, pode-se inferir sobre o potencial de competição de cada espécie avaliada. Spitters (1983) também propôs um modelo simples para estimar os efeitos competitivos intra e interespecíficos entre a cultura e as plantas daninhas, assim como, a delimitação do nicho de diferenciação entre ambas. O modelo, embora empírico, baseou-se na avaliação da fitomassa final das plantas e na sua densidade, com base em séries experimentais aditivas. Essa preposição parece ser mais significativa em relação às demais que consideraram somente a produtividade final da cultura, tendo em vista que a distribuição de fitomassa na planta varia conforme o efeito competitivo. Mais recentemente, modelos baseados no acúmulo e partição de massa de matéria seca das plantas têm sido propostos e validados para algumas culturas, em função da importância deste conhecimento na redução da competição e no aumento da produtividade (BAUMANN; BASTIAANS; KROPFF, 2001).

A partir de parâmetros ecofisiológicos, alguns modelos de competição entre plantas daninhas e culturas também foram propostos. Sua maior contribuição é melhorar a compreensão dos processos de competição e auxiliar na definição de programas de controle (KROPFF; WEAVER; SMITS, 1992; VITTA; SATORRE, 1999). Porém, não são parâmetros vinculados somente às características fisiológicas, mas estão intrinsecamente ligados a fatores ambientais como luz e temperatura, cuja interação ainda não é compreendida totalmente (RÖHRIG; STÜTZEL, 2001). Por exemplo, Melges et al. (1989) verificaram que a taxa de acúmulo de massa de matéria seca da raiz de soja decresceu rapidamente pelo sombreamento da parte aérea das plantas, observando-se que a competição por luz pode influenciar também na competição por água e nutrientes. Já Wright et al. (1999), avaliando o aumento da temperatura do ar de 26/22ºC para 34/30°C (dia/noite) constataram resposta positiva no acúmulo de massa de matéria seca somente para as plantas daninhas (*Senna obtusifolia* e *Amaranthus palmeri*) não provocando

alterações na soja.

Considerando o conceito de competição definido por Radosevich e Holt (1984), segundo o qual, as plantas competem por recursos e condições do meio, verifica-se que a capacidade competitiva está estritamente relacionada com o crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas (VIDAL; TREZZI, 2000). Nesse sentido, Connolly et al. (2001) ressaltam que para se compreender o processo competitivo, três questões distintas devem ser respondidas. A primeira, qual espécie é dominante? Após, deve-se saber qual espécie vence a competição? Por último e não menos importante, como as espécies afetam uma a outra?

Devido a sua rusticidade, sabe-se que as plantas daninhas se destacam na rapidez e eficiência de utilização dos recursos do ambiente (MYERS; ANDEERSON, 2003), permitindo sua sobrevivência e vantagem de crescimento sobre as culturas. Procópio et al. (2004) verificaram, por exemplo, que as espécies *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla* apresentaram maior eficiência no uso da água e maior taxa de fotossíntese líquida em relação à soja e ao feijão nos estádios iniciais de crescimento. Colquhoun et al. (2001) também constataram maior fotossíntese líquida para a espécie *Chenopodium album*, principalmente em monocultura, em relação ao cultivo com soja e milho. Estas características fisiológicas juntamente com a plasticidade de resposta ao estresse do ambiente (GIBSON; FISCHER; FOIN, 2001; AGRAWAL, 2001; SULTAN, 2003), contribuem para o crescimento e perpetuação de muitas plantas daninhas em áreas agrícolas.

A competição por água e, conseqüentemente, os efeitos do seu estresse são sem dúvida, fatores que também contribuem para a redução da produtividade das culturas (MECKEL et al., 1984), tornando-se cada vez mais freqüente a ocorrência de veranicos no pais. Nesse sentido, a soja geralmente demonstra menor tolerância, como constatado por Scott e Guedes (1979), em relação às espécies daninhas. Jones Júnior e Walker (1993) observaram que a absorção de água por *Xanthium strumarium* superou em duas vezes a capacidade da soja e de *Cassia obtusifolia*. Entretanto, a soja reduziu a absorção de água por *C. obtusifolia*, demonstrando que as interações competitivas entre espécies são distintas. Segundo Confalone; Costa e Pereira (1998), a soja tende a maximizar a eficiência do uso da radiação quando submetida à deficiência hídrica. Porém, isso não ocorre na fase reprodutiva, principalmente pela maior exigência energética na formação de óleo e proteínas dos grãos. Desta forma, a competição por água é crítica para a cultura durante a sua fase reprodutiva, quando a demanda e translocação de assimilados para os

frutos são elevadas.

Plantas geralmente alcançam sua máxima capacidade fotossintética em condições de saturação luminosa e diminuem sua taxa de crescimento quando expostas à sombra. A maioria das plantas daninhas, entretanto, pode alterar sua capacidade fotossintética em resposta às variações na intensidade luminosa (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 1997). Bazzaz e Carlson (1982) constataram que plantas daninhas anuais como *Ambrosia trifida* L., *Datura stramoniun* L. e *Polygonum pensylvanicum* L. possuem grande flexibilidade fotossintética, o que permite que essas cresçam e se reproduzam mesmo em baixos níveis de luz.

Esses mecanismos de adaptação permitem maior tolerância a ambientes de baixa fertilidade do solo, com deficiência hídrica ou sombreado. A espécie *Isatis tinctoria* é um exemplo de planta daninha com elevada plasticidade de resposta ao sombreamento, possibilitando alterações da área foliar e na sua distribuição entre parte aérea e raiz. Essas modificações intensificam a captura de luz e permitem a sua sobrevivência no ambiente (MONACO; JOHNSON; CREECH, 2005). Conforme pesquisas realizadas por Patterson (1982) a espécie *Cyperus rotundus* também possui alta capacidade de modulação às condições luminosas. Sua plasticidade foi constatada pelo aumento de 38% em área foliar quando transferida para ambiente com 75% de redução da luz, permitindo maior habilidade de competição.

A elevada capacidade de extração de nutrientes do solo pelas plantas também é outro fator de extrema importância na delimitação dos parâmetros competitivos. Ronchi et al. (2003) observaram, por exemplo, que a espécie *Bidens pilosa* acumula 5,53, 11,19 e 5,32 vezes mais nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, em relação à cultura do cafeeiro, com acúmulo máximo da massa de matéria seca no estádio de pré-florescimento. Já para a soja, Pitelli, Durigan e Benedetti (1983) também constataram maior aporte de fósforo e potássio na massa de matéria seca de *Cyperus rotundus* em relação à cultura, o que evidencia o alto potencial destas espécies na absorção de nutrientes do solo.

Além disso, conforme Rajcan e Swaton (2001), os mecanismos de competição entre plantas parecem ocorrer muito antes do que se sabia até pouco tempo. Os autores constataram que sinais do ambiente, como a detecção diferencial pelas plantas da luz na região do vermelho (660-670 nm) e vermelho distante (730-740 nm) permite a alteração da capacidade competitiva entre plantas. Assim, determinações fisiológicas juntamente com algumas análises bioquímicas

podem favorecer no esclarecimento dos mecanismos e período de competição das plantas daninhas nas culturas. A determinação, por exemplo, da atividade da nitrato redutase (NR) (EC 1.6.6.1.), enzima chave no metabolismo do nitrogênio em plantas, pode colaborar com os estudos de competição. Sabe-se que sua atividade é estimulada pela intensidade e duração luminosa, assim como, pode responder a diferentes teores de água no solo (SUNG, 1993). Mais recentemente, os teores de carboidratos além de outros fatores ambientais também foram identificados como agentes na ativação dessa enzima (XU; ZHOU, 2004).

Desta forma, verifica-se a existência de estreita relação entre a fisiologia das plantas e sua capacidade de competição com as demais, permitindo que por meio deste estudo se avalie o comportamento das espécies *Alternanthera tenella, Tridax procumbens* e *Digitaria ciliaris* no cultivo com a soja, em condições normais ou quando submetidas a curto período de deficiência hídrica. Essas espécies, especialmente, *A. tenella* e *T. procumbens* têm sido identificadas, atualmente, como plantas daninhas de elevada ocorrência na região sudeste e centro oeste, embora poucas informações encontram-se ainda disponíveis sobre sua capacidade de competição. *D. ciliaris*, todavia, é de ocorrência comum no país, embora sua significativa importância na redução produtiva da cultura também justifica o seu estudo para o desenvolvimento de estratégias no manejo desta planta daninha.

Bibliografia consultada

AGRAWAL, A.A. Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. **Science**, Washington, v.294, p.321-326, 2001.

ALTIERI, M.A. Increasing biodiversity to improve insect pest management in agroecosystems. In: The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its roles in sustainable agriculture - **In: ECOLOGICAL FOUNDATIONS OF SUSTAINABLE AGRICULTURE** (WEFSA, 1), 1991, Wallingford, UK, **Proceedings…** Wallingford: Cab International, 1991. p.165-182.

BAUMANN, D.T.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M.J. Competition and crop performance in a leek–celery intercropping system. **Crop Science**, Madison, v.41, p.764-774, 2001.

BAUMANN, D.T.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M.J. Intercropping system optimization for yield, quality, and weed suppression combining mechanistic and descriptive models. **Agronomy Journal**, Stanford, v.94, p.734-742, 2002.

BAZZAZ, F.A.; CARLSON, R.W. Photosynthetic acclimation to variability in the light environment of early and late succession plants. **Oecologia**, Heidelberg, v.54, p.313-316, 1982.

CHAO, W. S.; HORVATH, D. P.; ANDERSON, J. V.; FOLEY, M. E.; Potential model weeds to study genomics, ecology, and physiology in the 21st century. **Weed Science**, Lawrence, v.53, p.929-937, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.12, n.1, p.13-20, 1994.

COLQUHOUN, J.; BOERBOOM, C.M.; BINNING, L.K.; STOLTEMBERG, D.E.; NORMAN, J.M. Common lambsquarters photosynthesis and seed production in three environments. **Weed Science**, Lawrence, v.49, p.334-339, 2001.

CONFALONE, A.E.; COSTA, L.C.; PEREIRA, C.R. Crescimento e captura de luz em soja sob estresse hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.27-31, 1998.

CONNOLLY, J.; WAYNE, P.; BAZZAZ, F.A. Interspecific competition in plants: how well do current methods answer fundamental questions? **American Midland Naturalist,** Notre Dame**,** v.157, n.2, p.107-125, 2001.

DE WITT, C.T.; Van Den BERG, J.P. Competition between herbage plants. **Netherland Journal Agriculture Science**, Wageningen, v.13, n.2, p.212-221, 1965.

ERASMO, E.A.L.; BIANCO, S.; PITELLI R.A. Estudo sobre o crescimento de fedegoso. **Planta Daninha**, Viçosa, v.15, n.2, p.170-179, 1997.

FAOSTAT - **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (Statistical Databases), 2008. Disponível em: http://faostat.fao.org/faostat. Acesso em: 17 set.2008.

GIBSON, K.D.; FISCHER, A.J.; FOIN, T.C. Shading and the growth and photosynthetic responses of *Ammannia coccinnea*. **Weed Research**, Oxford, v.41, p.59-67, 2001.

JONES JÚNIOR, R.E.; WALKER, R.H. Effect of interespecific interference, light intensity, and soil moisture on soybean (*Glycine max*), common cockbleur (*Xanthium strumarium*), and sicklepod (*Senna obtusifolia*) water uptake. **Weed Science**, Lawrence, v.41, n.4, p.534-540, 1993.

KROPFF, M.J.; WEAVER, S.E.; SMITS, M.A. Use of ecophysiological models for crop-weed interference: relations amongst weed density, relative time of weed emergence, relative leaf area, and yield loss. **Weed Science**, Lawrence, v.40, n.2, p.296-301, 1992.

MECKEL, L.D.; EGLI, B.; PHILLIPS, R.E.; RADCLIFFE, D.; LEGGETT, J.E. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.4, p.647-650, 1984.

MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Desenvolvimento e partição de assimilados em *Glycine max* crescida sob quatro densidades de fluxo radiante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.9, p.1081-1087, 1989.

MESCHEDE, D.K.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; SCAPIM, C.A. Período anterior à interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, p.239-246, 2004.

MONACO, T.A.; JOHNSON, D.A.; CREECH, J.E. Morphological and physiological responses of the invasive weed *Isatis tinctoria* to contrasting light, soil-nitrogen and water. **Weed Research**, Oxford, v.45, p.460-466, 2005.

MORTENSEN, D.A.; BASTIAANS, L.; SATTIN, M. The role of ecology in the development of weed management systems: an outlook. **Weed Research**, Oxford, v.40, p.49-62, 2000.

MYERS, C.V.; ANDEERSON, R.C. Seasonal variation in photosynthetic rates influences success of an invasive plant, garlic mustard (*Alliaria petiolata*). **American Midland Naturalist**, Notre Dame, v.150, n.2, p.231-245, 2003.

OERKE, E.C.; DEHNE, H.W. Safeguarding production losses in major crops and the role of crop protection. **Crop Protection**, Guildford, n.3, p.275-285, 2004.

PATTERSON, D.T. Shading responses of purple and yellow nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). **Weed Science**, Lawrence, v.30, p.25-30, 1982.

PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C.; BENEDETTI, N.J. Estudo de competição inter e intra-específica envolvendo *Glycine max* (L.) Merrill e *Cyperus rotundus* (L.), em condições de casa de vegetação. **Planta Daninha**, Viçosa, v.6, n.2, p.129-137, 1983.

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**, Viçosa, v.22, n.2, p.211-216, 2004.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. Associations of weeds and crops. 2nd Ed. In: **Weed ecology - implications for management**. New York: John Willey & Sons, 1997. p.163-214.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.S. **Weed ecology:** implications for vegetations management. New York: John Willey, 1984, 265 p.

RAJCAN, I.; SWANTON, C.J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.71, p.139-150, 2001.

RÖHRIG, M.; STÜTZEL, H. Dry matter production and partitioning of *Chenopodium album* in contrasting competitive environments. **Weed Research**, Oxford, v.41, p.129-142, 2001.

RONCHI, C.P.; TERRA, A.A.; SILVA, A.A; FERREIRA, L.R. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.217-227, 2003.

SCOTT, H.D.; GEDDES, R.D. Plant water stress of soybean (*Glycine max*) and common cockbleur (*Xanthium pensylvanicum*): a comparison under field conditions. **Weed Science**, Lawrence, v.27, p.285-289, 1979.

SINDAG. **Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola**. Disponível em http://www.sindag.com.br/dados_mercado.php.Acesso em: 02 jun.2006.

SPITTERS, C.J.T. An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. 1-Estimation of competition effects. **Netherlands Journal of Agricultural Sci**ence, Wageningen, v.31, p.1-11, 1983.

SULTAN, S.E. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. **Evolution and Development**, Bloomington, v.5, p.25-33, 2003.

SUNG, F.J.M. Waterlogging effect on nodule nitrogenase and leaf nitrate reductase activities in soybeans. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.35, p.183-189, 1993.

VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; MEROTTO, JR. A. Período anterior ao dano no rendimento econômico (PADRE): nova abordagem sobre os períodos de interferência entre plantas daninhas e cultivadas. **Planta Daninha**,Viçosa, v.23, n.3, p.387-396, 2005.

VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M. Análise de crescimento de biótipos de leiteira (*Euphorbia heterophylla*) resistentes e susceptível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, Viçosa, v.18, p.427-433, 2000.

VITTA, J.I.; SATORRE, E.H. Validation of weed: crop competition model. **Weed Research**, Oxford, v.39, p.259-269, 1999.

WRIGHT, S.R.; COBLE, H.D.; RAPER JÚNIOR, C.D.; RUFTY JÚNIOR, T.W. Comparative responses of soybean (*Glycine max*), sicklepod (*Senna obtusifolia*), and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to root and aerial temperatures. **Weed Science**, Lawrence, v.47, n.2, p.167-174, 1999.

XU, Z.; ZHOU, G. Research advance in nitrogen metabolism of plant and its environmental regulation. **Chinese Journal of Applied Ecology**, Shenyang, v.15 n.3, p.511 -516, 2004.

2 INTERAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DE TRÊS PLANTAS DANINHAS COM SOJA EM SÉRIES SUBSTITUTIVAS: EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Interference interactions of three weeds and soybean in a replacement series study: effect of water stress

Resumo

Devido ao aumento nos períodos e na duração da deficiência hídrica em muitas regiões agrícolas, assim como, a sua importância na interferência de plantas daninhas, avaliaram-se as diferentes interações competitivas de soja com três espécies de plantas, sob condições normais de crescimento ou com deficiência hídrica (DH). Realizaram-se três experimentos em condições controladas de câmara de crescimento, cada um composto por uma espécie de planta daninha (*Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* ou *Digitaria ciliaris*) juntamente com a cultura, nos quais se avaliaram os efeitos do conteúdo de água no solo e da composição de plantas nos vasos, na capacidade competitiva individual de cada espécie e sua interação. Utilizou-se o sistema de séries substitutivas, abrangendo o monocultivo de cada espécie e a mistura na proporção de 50% entre a planta daninha e a cultura. A produção de massa de matéria seca (MMS), evapotranspiração e fotossíntese líquida (FL) das plantas foram combinadas com os índices de rendimento médio relativo de massa de matéria seca por planta (Rcd e Rdc) e total (RMMSt), além dos coeficientes de agrupamento (kcd e kdc), para avaliação das relações competitivas. A massa de matéria seca de soja foi superior à das plantas daninhas, quando cultivada sem DH. Porém, em condições de deficiência, a MMS da cultura foi reduzida em todos os experimentos, sendo inclusive menor que a MMS de *D. ciliaris*. O efeito da DH também foi significativo na redução da FL das plantas na maioria dos experimentos, com diminuição na duração de área foliar e na eficiência no uso de água. Os índices Rcd, Rdc, kcd e kdc comprovam a maior competição intra-específica para soja, embora a DH tenha favorecido a competição interespecífica. A análise conjunta das variáveis revela maior tolerância das plantas daninhas à DH em relação à soja, com alteração das interações entre espécies. Todavia, a partir dos resultados, não é possível distinguir os efeitos da deficiência hídrica das demais relações competitivas de cada planta daninha com a cultura.

Palavras-chave: *Glycine max*; Competição; Água; *Alternanthera tenella*; *Tridax procumbens*; *Digitaria ciliaris*

Abstract

Due to the increasing at periods and on lack water extent in many farm regions as its substance value on interference of weeds, differences at competitive interactions into soybean and three weeds were evaluated, with or without water stress (WS) growth conditions. Three experiments were carried out into growth chamber conditions control, being each one composed by a weed (*Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* or *Digitaria ciliaris*) joins with the crop, which soil water condition and pots plant composition effects were evaluated on competitiveness of individual species and its interaction. Replacement series system was used, holding monoculture of each species and the ratio of 50% between weed and soybean. Dry mass (DM),

evapotranspiration and net photosynthesis of plants were joined with relative yield (Rcw and Rwc) and total relative yield (RYT), as well the crowding coefficient (kcw and kwc), in order to evaluate the competitive relations. Soybean DM was higher than DM of weeds, when growth without WS. Otherwise, DM of soybean was reduced in all of trials under WS, being less than *D. ciliaris* DM. Water stress effect decreased net photosynthesis of plants at major of the experiments, with reduction on leaf area duration and on water use efficiency. Rcw, Rwc, kcw and kwc index attest higher intraspecific competition to soybean, although WS contributed to interespecific competition. Variables joint analyse showed higher weeds WS tolerance in relation to soybean, with different species interactions. Otherwise, hereby results, it was not possible distinguish the WS effects from others competitive relations of each weed with crop.

Keywords: *Glycine max*; Competition; Water; *Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens*, *Digitaria ciliaris*

2.1 Introdução

A competição de plantas daninhas por recursos do meio (água, luz e nutrientes) é freqüentemente relatada como causa direta na redução produtiva das culturas, embora a limitação destes recursos possua efeitos distintos entre as espécies. Para a soja, por exemplo, verifica-se que a competição por luz representa o principal fator competitivo pelas plantas daninhas (PIKE; STOLLER; WAX, 1990; KING; PURCELL, 1997). No entanto, outros fatores como água e nutrientes estão envolvidos na delimitação da capacidade competitiva, a qual pode variar em função da espécie, da sua plasticidade e das condições ambientais que ocorrem durante o seu crescimento.

O efeito da deficiência hídrica na produtividade de soja, por exemplo, está constantemente relacionado com o seu período de ocorrência durante o ciclo da cultura. Sabe-se que a baixa disponibilidade de água no período vegetativo possui pouco efeito na definição produtiva da espécie (COSTA; CONFALONE; PEREIRA, 1999), sendo que o maior acúmulo de massa de matéria seca nas plantas ocorre entre o início do florescimento e o enchimento de grãos. No entanto, quando há presença de plantas daninhas, a qual é comum no início do estabelecimento da cultura, a relação entre a demanda hídrica e a capacidade de tolerar a deficiência hídrica pode ser alterada. Nesta condição, presume-se que o efeito da deficiência deva ser proporcional ao potencial da espécie competidora na absorção e na eficiência no uso de água.

Apesar de escassas, algumas pesquisas têm demonstrado que determinadas plantas daninhas podem ser mais competitivas sob deficiência hídrica em relação à cultura. Já outras, podem apresentar igual ou menor capacidade de competição que as plantas cultivadas.

Desmodium tortuosum, por exemplo, demonstra maior efeito competitivo com a soja em condições de baixa disponibilidade de água, em relação à ausência de deficiência (GRIFFIN et al., 1989). O mesmo não ocorre com *Ambrosia artemisiifolia*, pois Coble, Williams e Ritter (1981) verificaram que em anos de veranico, o período crítico de controle dessa espécie era menor em relação aos anos com precipitação pluviométrica normal, representando maior agressividade de *A. artemisiifolia* em condições normais de suprimento de água.

Todavia, poucos resultados definem com precisão a disputa dos recursos entre espécies, sendo difícil isolar os fatores durante a competição, principalmente em relação à interpretação dos efeitos da deficiência hídrica, os quais podem interferir nas taxas fotossintética e de crescimento (FLEXAS et al, 2004), na sinalização celular e, segundo Bray (2002) na expressão gênica de plantas.

Considerando três espécies (*Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* e *Digitaria ciliaris*) com significativos efeito e incidência, atualmente, nas lavouras de soja do sudeste e centro-oeste do Brasil, buscou-se estudar o efeito competitivo destas plantas daninhas com a cultura, avaliando-se se a deficiência hídrica imposto altera as interações de interferência de cada espécie com a soja. Admitindo-se a especificidade de resposta das plantas a deficiência, espera-se, por meio de séries substitutivas, evidenciar suas alterações competitivas e contribuir, posteriormente, em programas de manejo e controle destas espécies.

2.2 Material e Métodos

Os experimentos foram instalados individualmente em câmara de crescimento, cujas condições de temperatura, umidade relativa do ar e incidência de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram parcialmente controladas. As temperaturas mínima e máxima variaram entre 18 e 30 ^{o}C, respectivamente. A duração do dia foi padronizado para 14 horas de luz e 10 horas na sua ausência, sendo a RFA incidente de, aproximadamente, 800 μmol(fótons).m^{-2}.s^{-1} (medição realizada a 15 cm da fonte luminosa). A umidade relativa do ar permaneceu entre o intervalo de 50 e 80%, considerando a sua ocorrência, mínima e máxima ao meio-dia (12 horas) e no início da manhã (6 horas), respectivamente.

Para cada experimento, utilizaram-se vasos cilíndricos de 4 L (15 cm de diâmetro por 30 cm de altura e, aproximadamente, 140 g), preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo, o qual foi peneirado e permaneceu incubado para correção da acidez, com pH próximo a 6,0 ao final deste período. No momento da instalação, a massa total dos vasos (vaso + solo seco + água +

plântulas) foi aferida, permitindo a correção posterior do conteúdo de água. Foram utilizados 900 ml de água em cada vaso para que o solo atingisse a sua capacidade de saturação (valores previamente calculados). A densidade total foi estabelecida em duas plantas por vaso, seja em monocultivo ou na mistura (50% de cada espécie), utilizando-se o método substitutivo para determinação da interação competitiva intra e interespecífica.

O controle da irrigação foi realizado diariamente pela pesagem individual dos vasos, sendo considerado como base para reposição de água, o conteúdo evapotranspirado em cada vaso. Para estabelecimento da deficiência hídrica, os vasos sorteados não foram irrigados até que os mesmos atingissem 50% da massa de água inicialmente adicionada, ou seja, 450 mL de água por vaso. Posteriormente, o controle de água dos vasos com deficiência hídrica foi realizado pela aferição da demanda evapotranspiratória. A redução do teor de água iniciou aos 20 dias após o transplante (DAT), sendo mantida até 40 DAT. Posteriormente, todos os vasos foram supridos normalmente com água.

Para a instalação dos experimentos, as sementes de soja (cultivar BRS 232 – ciclo semiprecoce) e das plantas daninhas foram pré-germinadas em espuma fenólica e imediatamente transferidas para os vasos, para garantir a uniformidade das plântulas e assegurar igual período de estabelecimento de ambas. As plantas foram irrigadas com solução nutritiva previamente calculada para o suprimento nutricional adequado de soja. Todas as demais espécies de plantas daninhas receberam a mesma solução nutritiva, sendo sua condutividade elétrica alterada de 0,9 $mS.cm^{-1}$ aos 15 DAT para 1,2 $mS.cm^{-1}$, mantendo-se até o final dos experimentos.

Cada experimento foi organizado em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se o esquema fatorial de composição dos tratamentos, os quais foram distribuídos em três níveis para o fator composição de plantas (monocultivo de soja, mistura soja + planta daninha e monocultivo da planta daninha) e dois níveis para o fator deficiência hídrica (sem ou com deficiência), totalizando seis tratamentos em cada experimento. Foram utilizadas três repetições para as amostragens destrutivas, incluindo área foliar (AF) e massa de matéria seca total de cada planta aos 50 (florescimento da cultura), 70 dias após transplante e ao final dos experimentos, assim como, a massa de matéria seca total por vaso (MMSTv). Os valores de AF foram utilizados para os cálculos de duração de área foliar (DAF), sendo considerado importante na produção de massa de matéria seca final de plantas, principalmente mantidas em competição. Neste caso, considera-se que a maior DAF permite maior interceptação luminosa e, conseqüentemente, maior

aporte na assimilação de carbono. Avaliações não destrutivas também foram realizadas a partir das análises de fotossíntese líquida (FL) e transpiração (TR) das plantas aos 35 e 50 DAT, utilizando-se duas repetições por tratamento. A estimativa do uso eficiente de água ($\mu mol(CO_2).mmol^{-1}(H_2O)$) durante os experimentos foi obtida pelo quociente entre as médias de FL e TR de cada planta, aos 35 DAT.

Todos os dados, juntamente com a demanda evapotranspiratória das plantas, foram utilizados para interpretação dos resultados. Calcularam-se ainda, os coeficientes de agrupamento relativo kcd e kdc, os quais representam, respectivamente, os coeficientes de competição da espécie "c" em relação à espécie "d" e a competição da espécie "d"em relação à espécie "c", por meio das equações (1) e (2) propostas por De Wit (1960):

$$Kcd=\frac{1-Pc}{\frac{MMSc}{MMScm}-Pc} \quad (0 \leq Pc \leq 1) \tag{1}$$

$$Kcd=\frac{1-Pd}{\frac{MMSd}{MMSdm}-Pd} \quad (0 \leq Pd \leq 1) \tag{2}$$

em que Pc é a proporção de plantas da espécie "c"e Pd é a proporção de plantas da espécie "d", ambas em competição. MMSc e MMScm representam as produções de massa de matéria seca por planta da espécie "c" (cultura) em competição e em monocultivo, assim como, MMSd e MMSdm representam as massas de matéria seca por planta da espécie "d" (planta daninha) em competição e em monocultivo, respectivamente. Para isto, assume-se que os coeficientes kcd e kdc não se alteram em função da variação entre as proporções das espécies "c" e "d", conforme pressuposição apresentada por De Wit (1960), assumindo-se Pc=Pd=0,5.

A partir destes coeficientes, foi possível calcular os rendimentos médios relativos de massa de matéria seca para a cultura (Rcd) e para cada espécie de planta daninha (Rdc), a partir das equações (3) e (4), também propostas por De Wit (1960):

$$Rcd=\frac{Kcd.Pc}{Kcd+Pd} \tag{3}$$

$$Rdc=\frac{Kdc.Pd}{Kdc+Pc} \tag{4}$$

O rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) foi calculado pela soma dos rendimentos (Rcd e Rdc) obtidos em cada experimento, ao final do ciclo da cultura.

As análises de FL foram realizadas com equipamento portátil IRGA Infrared Gas Analyser, LI-6400 (LI-COR), em folhas totalmente expandidas e na ausência de qualquer anormalidade visual. As folhas amostradas foram divididas em três extratos, sendo avaliada uma folha por extrato. A média das análises serviu como variável para representar a FL das plantas. Para as plantas daninhas, especialmente *A. tenella* e *D. ciliaris*, não foi possível a divisão amostral por extrato foliar, tomando-se a média das folhas superiores expostas à radiação luminosa. Todas as medições ocorreram entre 9:00 e 11:00 horas do dia, com fonte luminosa fixada para a emissão de 800 μmol(fótons).$m^{-2}.s^{-1}$, sendo realizadas as leituras com coeficiente de variação do equipamento ($\Delta CO_2 + \Delta H_20$) inferior a 1%.

Os dados referentes à MMSTv, MMSc e MMSpd foram submetidos à análise da variância, sendo que quando significativa, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para a comparação das médias. Utilizou-se ainda o teste "t" para testar as diferenças relativas dos índices RMMSt, Rcd, Rdc, kcd e kdc, assim como, das demais comparações em condições normais ou em deficiência hídrica temporária. A hipótese testada de nulidade foi que as médias de cada índice obtido entre as duas condições hídricas propostas fossem iguais [$H_o=(\mu_1-\mu_2)=0$].

2.3 Resultados e Discussão

A partir das análises realizadas, verifica-se que as espécies em competição com soja apresentaram respostas distintas e que as suas diferenças, sob condições de deficiência hídrica (DH), representam habilidades divergentes para cada espécie.

Ao analisarmos o experimento de *A. tenella* em competição com soja (Tabela 1), verifica-se efeito significativo da interação somente para a massa de matéria seca de soja (MMSc ($g.pl^{-1}$)), sendo o efeito da deficiência não efetivo na redução da massa de matéria seca total (MMSTv ($g.vaso^{-1}$)) e da massa de matéria seca da planta daninha (MMSpd ($g.pl^{-1}$)). Estes resultados indicam, previamente, menor tolerância da cultura em relação à *A. tenella*, sob condições de DH, mesmo que a capacidade competitiva interespecífica da soja tenha sido menor em relação à intra-específica, conforme resultados de MMSc (Tabela 2).

Os dados de MMST e MMSc permitem melhor compreensão do efeito competitivo entre e dentre as espécies (Tabela 2). Pode-se verificar que a MMST na presença de soja é maior em relação à MMST produzida nos vasos somente com a planta daninha, sem influência da deficiência neste parâmetro. Já para a avaliação da MMSc, observa-se redução sob condições de DH somente na presença de *A. tenella*, condição na qual a soja foi menos tolerante ao estresse.

O mesmo pode ser observado para a interação competitiva entre soja e *Tridax procunbens* (Tabela 1). Para está espécie, o período de DH entre 20 e 40 DAT também não interferiu na produção de MMSpd, permitindo atribuir, assim como, para *A. tenella*, maior tolerância à planta daninha ao mesmo nível de estresse avaliado para a cultura de soja, sem interferência na produção de MMSpd (dados não mostrados) ao final da sua competição com soja. Em contrapartida, verifica-se relevante redução na MMSc, em condição conjunta de DH e em competição com *T. procumbens* (Tabela 2).

Diferente do constatado para *A. tenella* e *T. procumbens*, verifica-se a interação dos fatores, composição de plantas e DH, no experimento com *Digitaria ciliaris*, para a variável MMSTv (Tabela 1). Sob estresse, a MMSTv nos vasos em mistura (soja + *D. ciliaris*) foi menor em relação à ausência da DH, permitindo constatar que esta planta daninha possui significativa influência na interação competitiva com soja (Tabela 2). Este efeito pode ser claramente observado para a variável MMSc, a qual foi reduzida de 51.85 $g.p^{-1}$ para 29.14 $g.p^{-1}$, na presença da planta daninha e sob DH. Na ausência da DH, não se observaram reduções da MMSTv nos monocultivos da cultura, assim como, para *D. ciliaris*.

Tabela 1 - Sumário das análises estatísticas da variância para cada experimento (T: soja: *A. tenella*; P: soja: *T. procumbens* e C: soja: *D. ciliaris*) e suas variáveis analisadas de massa de matéria seca aos 90 dias após o transplante

Variáveis	Fontes de variação	valor F		
		T	P	C
MMSTv	Composição de plantas (CP)	5,288**	24,078***	88,043***
	Deficiência hídrica (DH)	1,847 ns	2,836ns	58,958***
	CP x DH	0,788 ns	0,512ns	76,179***
MMSc	Composição de plantas (CP)	259,850***	71,665***	18,558**
	Deficiência hídrica (DH)	34,277***	7,761**	105,022***
	CP x DH	7,568**	3,492*	152,493***
MMSpd	Composição de plantas (CP)	27,975**	55,032***	113,346***
	Deficiência hídrica (DH)	0,418ns	0,433ns	1,881ns
	CP x DH	0,175ns	1,100ns	0,508ns

MMSTv: Massa de matéria seca total – $g.vaso^{-1}$ (vaso: ±140 g (m) e 40 cm^3 (v)); MMSc: Massa de matéria seca de soja – $g.pl^{-1}$; MMSpd: Massa de matéria seca da planta daninha – $g.pl^{-1}$; Composição de plantas: 100% soja, 50% soja + 50% planta daninha e 100% planta daninha. ns - não significativo; * significativo (P<0.1); ** significativo (P<0.05) *** significativo (P<0.001).

Tabela 2 - Massa de matéria seca total (MMSTv) por vaso e massa de matéria seca de soja por planta (MMSc) obtidas em câmara de crescimento, ao final do período de competição (90 dias após o transplante), com cada espécie de planta daninha (PD)

Cultivo	Soja - *Alternanthera tenella*				
	MMSTv (g.vaso^{-1})			MMSc (g.pl^{-1})	
	Soja	Soja + PD	PD	Soja	Soja + PD
CDH	61,65 (4,10)a	60,31 (4,35)a	51,58 (7,98)b	32,36 (0,80)b	50,98 (1,69)a*
SDH				29,29 (1,68)b	42,49 (2,31)a
	Soja – *Tridax procumbens*				
	MMSTv (g.vaso^{-1})			MMSc (g.pl^{-1})	
	Soja	Soja + PD	PD	Soja	Soja + PD
SDH	35,08 (2,38)a	32,62 (3,28)a	23,44 (3,32)b	17,92 (1,51)b	30,17 (3,51)a*
CDH				17,16 (0,61)b	24,57 (1,55)a
	Soja - *Digitaria ciliaris*				
	MMSTv (g.vaso^{-1})			MMSc (g.pl^{-1})	
	Soja	Soja + PD	PD	Soja	Soja + PD
SDH	72,58 (1,11)a	71,44 (2,97)a*	76,16 (3,11)a	36,29 (0,55)b	51,85 (3,23)a*
CDH	74,99 (1,13)a	45,09 (1,17)b	72,51 (2,88)a	37,49 (0,56)a	29,14 (0,95)b

MMSTv: g.vaso^{-1} (vaso: +140 g (m) e 40 cm^3 (v)) MMSc: g.p^{-1}; Médias seguidas por uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); * Diferença significativa pelo teste "t" na coluna (P<0,05). Valores entre parênteses representam os desvios-padrão da média.

A partir das análises de massa de matéria seca, buscou-se relacionar o efeito da DH e a interação entre as plantas daninhas e soja, com as taxas de fotossíntese líquida (FL) obtidas em cada experimento. No primeiro, não foi possível constatar efeito da DH em soja, assim como, para *A. tenella*, embora se verifique a redução na FL para a planta daninha quando mantida em competição com a cultura (Figura 1). Estes dados destacam, novamente, a maior capacidade competitiva intra-específica de soja, ou seja, a cultura apresenta maior competição por recursos entre plantas da mesma espécie.

A ausência do efeito da deficiência na FL de soja e a sua discordância em relação à MMSc podem representar o efeito da complexidade de regulação da DH em outras variáveis das plantas, como a manutenção da sua área foliar, o aumento na utilização dos recursos, ou mesmo, a capacidade de regulação do sistema fotossintético por outros *feedbacks*. Entretanto, verifica-se

que a DH também não reduziu a FL da planta daninha em monocultivo (Figura 1). A dificuldade de controle diário da severidade da deficiência pode representar a causa da resposta obtida, pois embora fosse esperado que a DH reduzisse a FL das plantas, o mesmo não ocorreu neste experimento. Além disso, sabe-se que dependendo da severidade, período e duração que a DH ocorre, pouco ou nenhum efeito é constatado na FL das plantas. Conforme Isoda e Isoda (2005), a soja pode se adaptar a deficiência hídrica ou excesso de radiação pela movimentação ou tropismo foliar, reduzindo a incidência de radiação luminosa, e pela redução do fluxo xilemático, o qual tem conseqüências diretas na condutância estomática e taxa transpiratória. Os mesmos autores avaliaram a resposta de soja sob redução de 50% da demanda evapotranspiratória, não obtendo efeito significativo na FL, embora as plantas tenham apresentado redução na condutância estomática, na taxa transpiratória e mesmo, na área foliar ao final do experimento.

Apesar das taxas de FL serem similares entre os tratamentos (CDH e SDH), durante ou após a submissão da deficiência hídrica, tanto a massa de matéria seca por planta de soja como de *A. tenella* foram menores ao final do experimento para os tratamentos com DH. Este efeito pode representar outros custos energéticos envolvidos na manutenção das taxas de fotossíntese líquida, ou mesmo, as alterações na ontogenia foliar, permitindo que as plantas respondam aos requerimentos energéticos em diferentes estádios fenológicos, sob condições ambientais diversas. Conforme McCoy et al. (1990), a elongação celular é mais sensivelmente afetada pela deficiência hídrica em relação ao potencial de assimilação de carbono, sendo que, sob deficiência hídrica, as relações de mobilização dos recursos entre fonte e dreno são alteradas. Folhas de soja consideradas como fonte, reduzem a mobilização dos recursos para as folhas e demais órgãos dreno da planta, permitindo maior acúmulo dos recursos em folhas de armazenamento.

Efeito significativo da deficiência hídrica foi observado, todavia, nas análises de FL de soja e *T. procumbens* (Figura 2), assim como para o experimento com *D. ciliaris* (Figura 3). Verifica-se significativo decréscimo na FL de soja, em monocultivo ou em competição com *T. procumbens*. Já a planta daninha só reduziu sua FL em monocultivo, sem demonstrar efeito sob condições de competição com a soja. Após o término do estresse, as taxas de FL aumentaram, embora não tenham se igualado à FL das plantas não submetidas à deficiência. Estes dados confirmam a redução de MMSc sob DH, assim como, a menor MMSc em monocultivo em relação à MMSc obtida em competição com *T. procumbens*. Similar ao ocorrido para *A. tenella*, a competição entre plantas de soja foi maior em relação à competição com a planta daninha,

embora a deficiência hídrica tenha favorecido à planta daninha em competição.

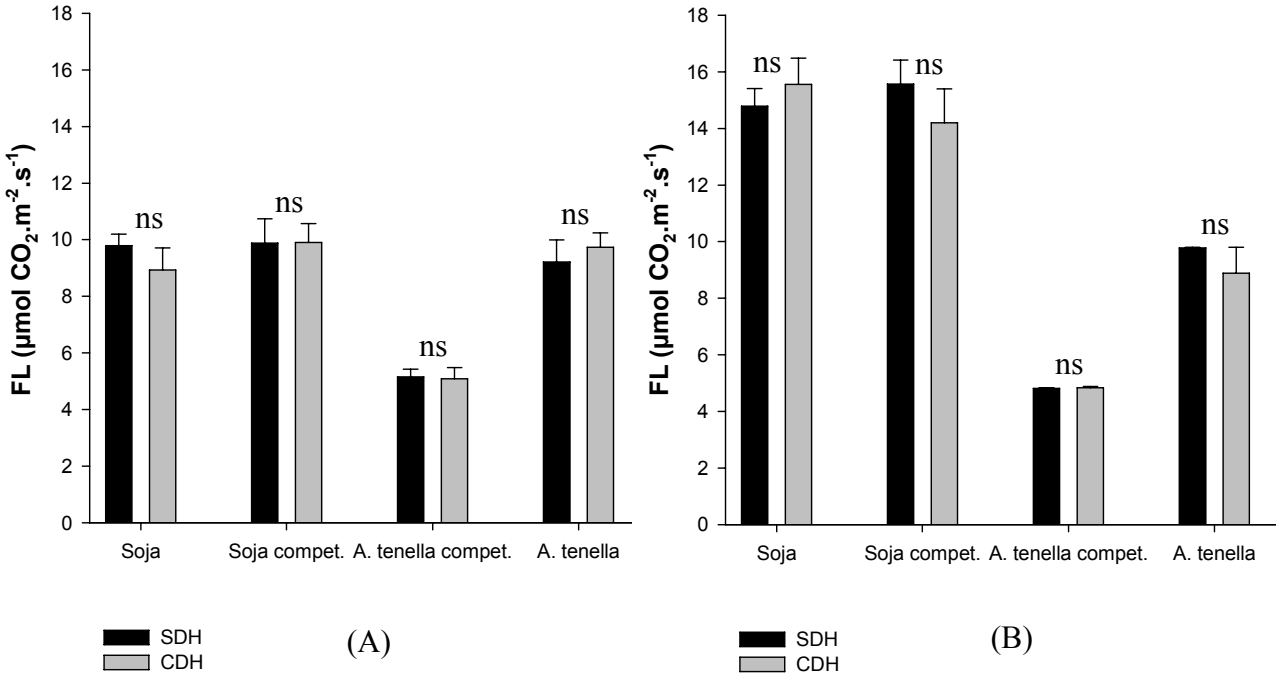

Figura 1 - Estimativas da taxas de fotossíntese líquida (FL) obtidas a partir de plantas de soja e *Alternanthera tenella* cultivadas em câmara de crescimento, em monocultivo ou em competição, sob condições normais (SDH) ou com deficiência hídrica temporária (CDH). (A) 35 dias após o transplante (DAT); (B) 50 DAT. A deficiência hídrica foi estabelecida entre os 20 e 40 DAT. ns - diferença não significativa entre os tratamentos SDH e CDH pelo teste "t" (P>0,05)

Para o experimento com *D. ciliaris*, verifica-se novamente redução das taxas de FL em monocultivo, tanto para a soja como para a planta daninha submetidas à DH (Figura 3). Diferente das demais espécies, a FL de *D. ciliaris* em competição com soja foi similar a observada para a cultura, representando ser superior à mesma quando em monocultivo, o que era esperado pelo fato de possuir ciclo fotossintético C_4, com resposta maior à radiação em relação à soja (C_3). Em condições de competição e deficiência hídrica, as reduções em FL foram significativas para soja e *D. ciliaris*, com recuperação parcial do potencial fotossintético após o término do estresse.

Considerando a variação entre as taxas de FL das espécies e sua sensibilidade de resposta à DH em cada experimento, acredita-se que as estimativas de duração de área foliar e do uso eficiente de água aos 35 e 50 DAT podem demonstrar melhor a tolerância de cada planta daninha a deficiência hídrica, assim como sua capacidade de competição com a soja (Tabela 3).

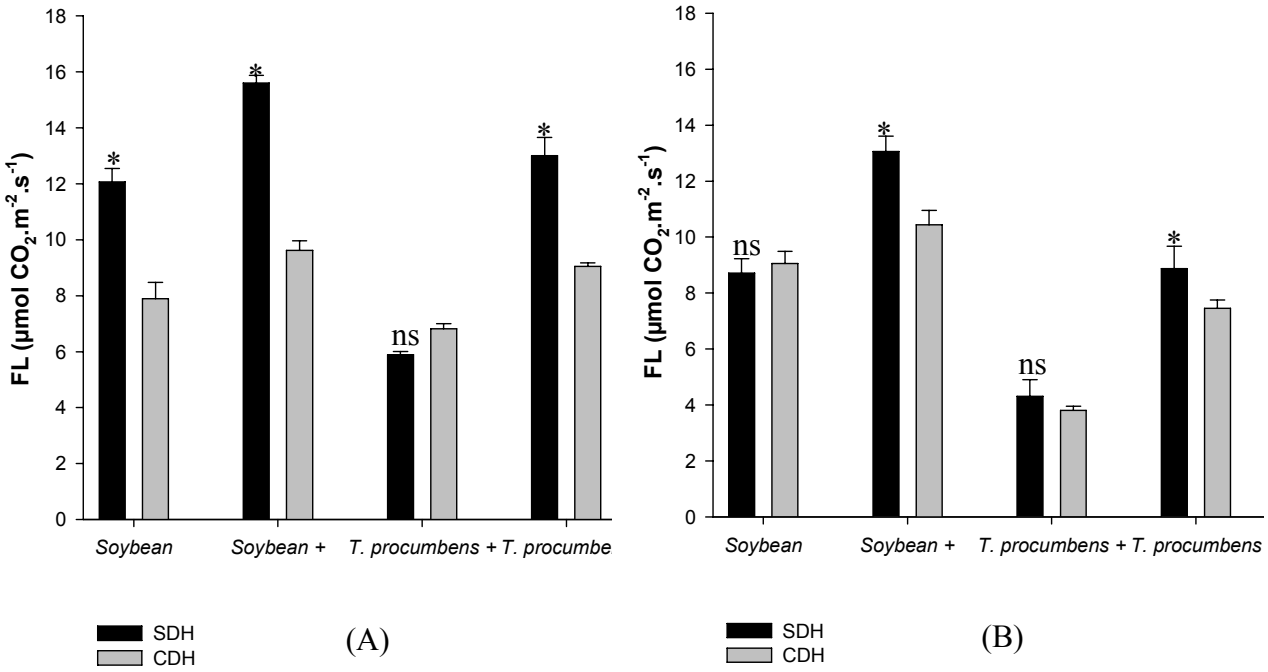

Figura 2 - Estimativas das taxas de fotossíntese líquida (FL) obtidas a partir de plantas de soja e *Tridax procumbens* cultivadas em câmara de crescimento, em monocultivo ou em competição, sob condições normais (SDH) ou com deficiência hídrica temporária (CDH). (A) 35 dias após o transplante (DAT); (B) 50 DAT. A deficiência hídrica foi estabelecida entre os 20 e 40 DAT. ns - não significativo; * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH pelo teste "t" (P<0,05)

Verifica-se que, sob condições de deficiência hídrica, a DAF para a soja manteve-se constante para a maioria dos experimentos, tanto em monocultivo como em competição com as plantas daninhas, embora a DAF para soja tenha sido maior em condições de competição com as plantas daninhas *A. tenella* e *T. procumbens*, em relação ao seu monocultivo (Tabela 3). Porém, para o experimento 3, a DAF de soja foi similar, tanto em monocultivo como em competição com a planta daninha, ressaltando o elevado potencial de competição de *D. ciliaris* com a cultura.

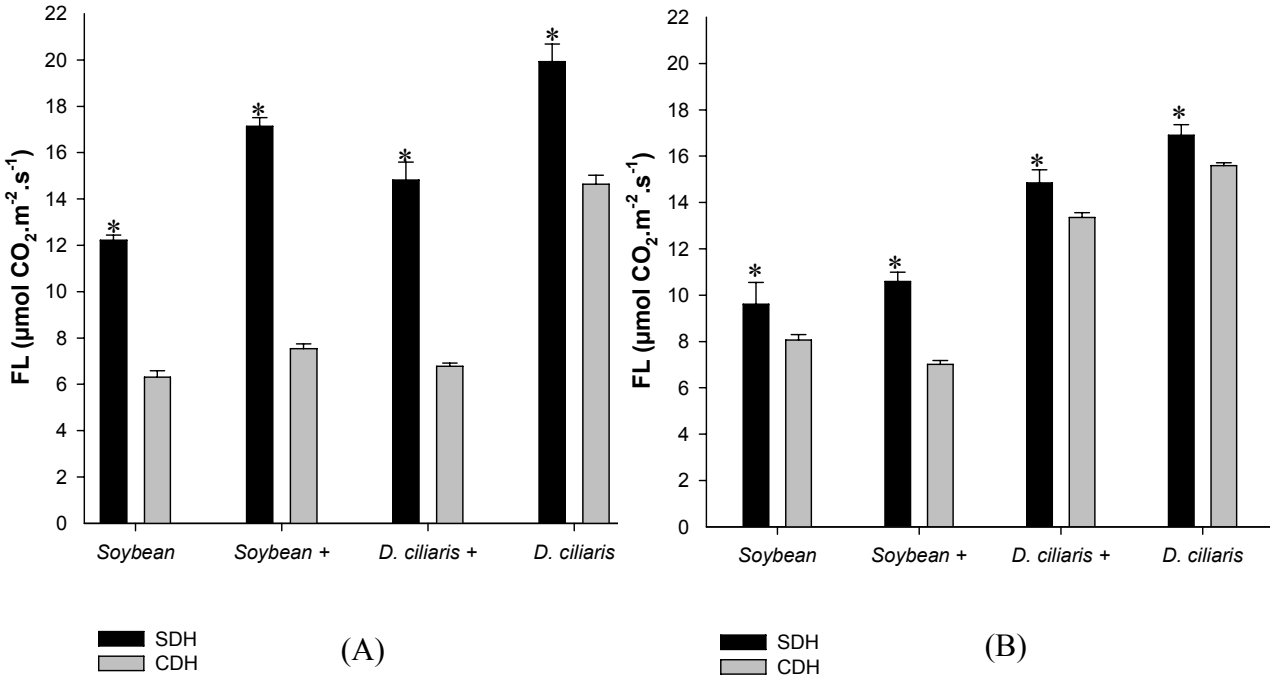

Figura 3 - Estimativas da taxas de fotossíntese líquida (FL) obtidas a partir de plantas de soja e *Digitaria ciliaris* cultivadas em câmara de crescimento, em monocultivo ou em competição, sob condições normais (SDH) ou com deficiência hídrica temporária (CDH). (A)-35 dias após o transplante (DAT); (B)-50 DAT. A deficiência hídrica foi estabelecida entre os 20 e 40 DAT. ns - não significativo; * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH pelo teste "t" (P<0,05)

A ausência do efeito da deficiência hídrica na DAF de soja em monocultivo está de acordo com os dados de MMSc final para os experimentos de *A. tenella* e *T. procumbens*, ilustrado anteriormente (Tabela 2). Estes dados corroboram com as observações obtidas por Costa, Confalone e Pereira (1999), os quais verificaram que a deficiência hídrica na fase vegetativa de soja não interfere na interceptação de radiação durante o florescimento e enchimento de grãos, permitindo inclusive maior eficiência no uso da radiação pela cultura. Apesar das variações entre cultivares, estudos comprovam que a soja possui elevado potencial de ajuste osmótico e redução da sua condutância estomática sob deficiência hídrica, permitindo a manutenção do seu turgor foliar (JAMES; LAWN; COOPER, 2008).

Porém, o mesmo efeito da deficiência sobre a DAF para a soja, em competição com as plantas daninhas, afetou a MMSc final, permitindo-se inferir que as relações competitivas estabelecidas com as plantas daninhas interferem na eficiência de assimilação fotossintética da

cultura. Além disso, constata-se que não é possível evidenciar o efeito competitivo das plantas daninhas sob deficiência, somente pelas avaliações das taxas de FL, visto que o efeito compensatório da cultura sob estresse, em monocultivo ou competição, não é o mesmo.

Em relação às plantas daninhas, a maioria apresentou DAF inferior à soja em condições de competição com a cultura, com exceção de *D. ciliaris* (Tabela 3). *T. procumbens* demonstrou redução da DAF de 0,65 para 0,50 dias, podendo-se sugerir pouca tolerância a deficiência hídrica. Porém, o efeito da deficiência não interferiu na sua massa de matéria seca total ao final do experimento (Tabela 2), devendo-se incluir outros parâmetros na sua avaliação.

Observações do UEA para soja, aos 35 DAT em monocultivo, indicam que a planta mantém a sua eficiência durante a deficiência hídrica, embora altere particularmente a mesma quando em competição com cada planta daninha (Tabela 3). Aos 50 DAT, após o restabelecimento normal da fertirrigação, os efeitos iniciais da deficiência hídrica temporária não são mais evidenciados para soja em competição com *A. tenella* e *D. ciliaris*, permanecendo apenas no experimento com *T. procumbens*.

Para *A. tenella*, pode-se verificar que o UEA da planta daninha sob deficiência iguala-se ao da soja aos 35 DAT, tornando-a mais competitiva com a cultura e reforçando seu potencial de tolerância ao baixo conteúdo de água no solo. O mesmo pode ser observado para *T. procumbens*. Em contrapartida, o UEA de *D. ciliaris* é reduzido bruscamente sob condições de deficiência. Mesmo assim, a redução no UEA durante o período de estresse não interferiu na sua produção de massa de matéria seca final. Em gramíneas, como *D. ciliaris*, a deficiência hídrica pode inibir a capacidade fotossintética, mesmo em espécies C_4 com maior resistência à difusão do CO_2 (KAISER, 1987), reduzindo, conseqüentemente, o UEA. Todavia, a sua elevada eficiência durante a maior parte do ciclo parece compensar o efeito constatado para o seu UEA sob estresse. Na ausência de deficiência hídrica, o UEA da planta daninha manteve-se elevado, sendo superior ao da cultura.

Tabela 3 - Duração de área foliar (DAF) e estimativa do uso eficiente de água (UEA aos 35 e 50 DAT), avaliados em cada experimento competitivo de *Alternanthera tenella*, *Tridax procumbens* e *Digitaria ciliaris* com soja, realizados em câmara de crescimento

Composição	DAF (dias)		UEA (µmol(CO_2).mmol^{-1}(H_2O))			
	50 - 70 DAT		35 DAT		50 DAT	
	SDH	CDH	SDH	CDH	SDH	CDH
Experimento 1 (Soja: *A. tenella*)						
Soja	0,73 b		2,72 b	2,84 b	6,49 a	
Soja +[1]	1,07 a		3,47 a	3,91 a*	6,44 a	
A. tenella +	0,42 b		2,36 b	3,21 ab*	4,18 b	
A. tenella	0,46 b		3,62 a	3,24 ab	4,46 ab	
Experimento 2 (Soja: *T. procumbens*)						
Soja	0,58 b	0,53 b	6,68 a	6,45 a	5,25 b	5,74 a
Soja +	0,76 a	0,77 a	6,70 a**	4,62 b	6,27 a*	4,26 b
T. procumbens +	0,32 c	0,27 c	3,61 b	4,49 b**	1,12 c*	0,83 d
T. procumbens	0,65 b*	0,50 b	4,44 b	4,47 b	1,44 c	1,34 c
Experimento 3 (Soja: *D. ciliaris*)						
Soja	1,07 ab*	0,79 b	4,46 d	4,94 b	6,26 a	
Soja +	1,20 ab*	0,85 b	5,78 c*	5,44 a	5,25 b	
D. ciliaris +	0,88 b*	0,19 c	7,16 b**	2,76 c	2,67 c	
D. ciliaris	1,49 a	1,35 a	8,19 a**	3,04 c	2,85 c	

SDH: sem deficiência hídrica; CDH: com deficiência hídrica. Médias seguidas por uma mesma letra (coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); ** Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH (na linha) pelo teste "t" (P<0,05); * teste "t"(P<0,10). [1] +: com competição.

As estimativas de UEA aos 50 DAT demonstram a recuperação parcial ou total das espécies submetidas à deficiência, excluindo-se o experimento com *T. procumbens*, no qual, a soja e a planta daninha ainda demonstram menor UEA em relação às demais sem DH. Neste caso, apesar das condições de temperatura, luz e umidade manterem-se iguais durante a realização dos experimentos, acredita-se que a variação nos estádios de desenvolvimento de cada planta daninha pode interagir nas respostas fisiológicas de crescimento da soja, sobretudo sob deficiência hídrica.

As análises dos resultados de produção de massa de matéria seca e apresentação dos diagramas de rendimento relativo (Rcd e Rdc) e rendimento médio relativo total (RMMSt) em séries substitutivas, facilita a interpretação competitiva para cada espécie. Nestes diagramas, linhas côncavas e convexas indicam que a espécie possui menor ou maior potencial de captura e ou uso dos recursos em relação à outra espécie, respectivamente, enquanto que linhas retas indicam semelhanças competitivas.

Por meio da análise de Rcd entre soja e *A. tenella* (Figura 4), verifica-se que a cultura possui vantagem competitiva quando em crescimento com a planta daninha. O maior desenvolvimento de soja as expensas da redução de *A. tenella* poder ser observado, comparativamente, entre as linhas convexa e côncava do diagrama. Isto sugere que o crescimento de uma planta de soja, considerando o mesmo período de emergência, pode reduzir tanto quanto possível, o crescimento de uma planta de *A. tenella*. A mesma tendência das curvas pode ser observada em plantas mantidas sob condição temporária de deficiência hídrica (Figura 5), apesar de se perceber a atenuação na divergência entre as linhas.

A linha tracejada, que expressa o RMMSt, evidencia que ambas as espécies possuem o mesmo nicho de competição, ou seja, possuem demandas similares pelos recursos do meio (Figuras 4 e 5). Isto pode ser considerado quando a soma de Rcd e Rdc não difere de 1,0, conforme constatado entre soja e *A. tenella*. Em casos de RMMSt ser superior, a interpretação seria de que as espécies competem por diferentes recursos do meio. Já RMMSt inferiores a 1,0 indicariam a ocorrência de interferência antagônica entre as espécies, quando em competição (DE WIT; GOUDRIAAN, 1978).

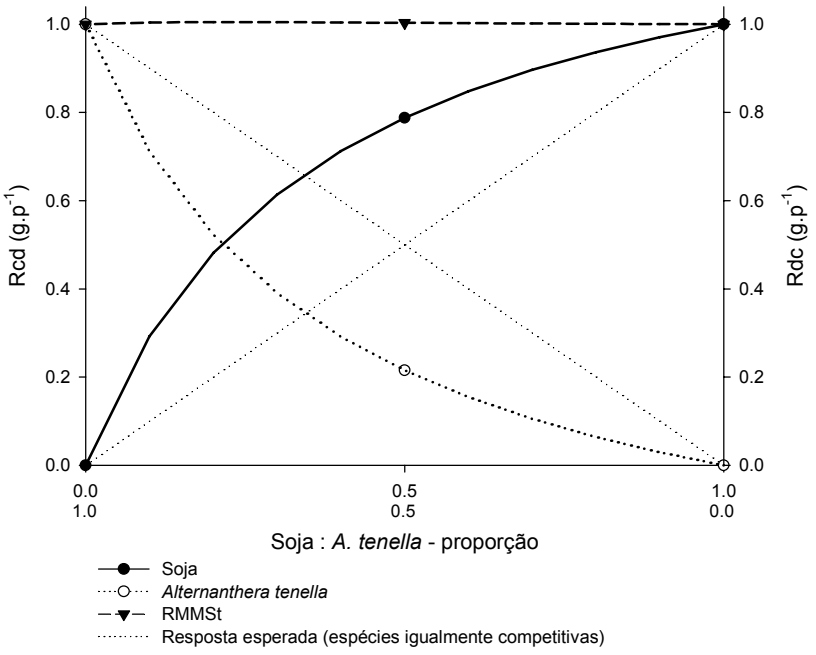

Figura 4 - Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Alternanthera tenella* obtidos em câmara de crescimento, sem deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *A. tenella* em monocultura ou em competição, em séries substitutivas

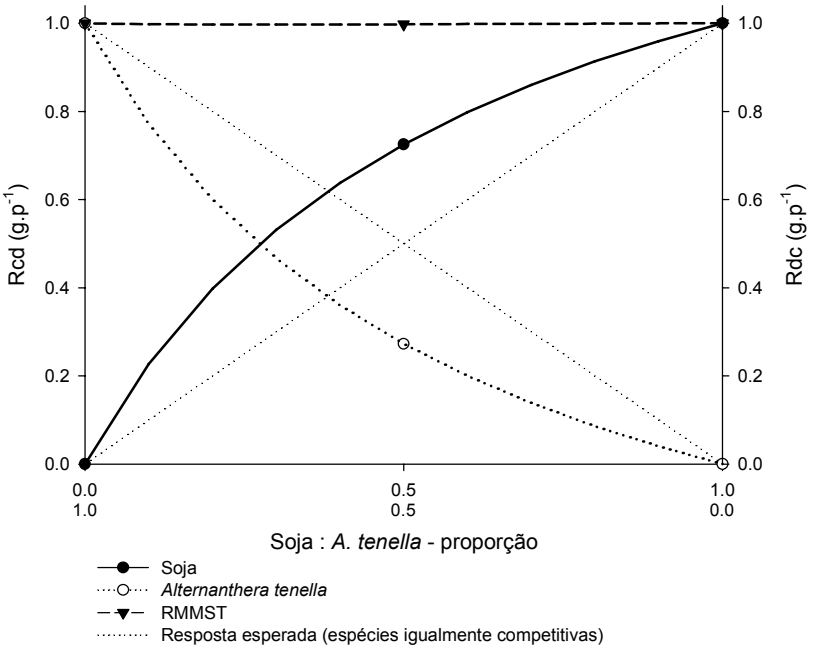

Figura 5 - Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Alternanthera tenella* obtidos em câmara de crescimento,com deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *A. tenella* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas

Comportamento similar foi observado para a segunda espécie (Figuras 6 e 7). A acentuada convexidade da curva de Rcd da cultura expressa seu efeito altamente competitivo com *T. procumbens*, embora o mesmo seja reduzido em condições de deficiência hídrica. Observações de RMMSt também representam a competição de soja e *T. procumbens* pelos mesmos recursos, com ou sem a condição de deficiência.

Nos diagramas de soja com *D. ciliaris*, apesar da cultura possuir maior efeito competitivo, considerando o mesmo período de emergência e na ausência da deficiência hídrica (Figura 8), os resultados foram totalmente distintos em comparação ao tratamento sob estresse por água (Figura 9), o que confirma a interação dos efeitos de deficiência e composição de plantas relatada anteriormente. Sob deficiência, o efeito da competição soja e *D. ciliaris* reduziu a fitomassa e o rendimento relativo de ambas as espécies, conforme se verifica pela concavidade das curvas de Rcd e Rdc (Figura 9). Neste caso, o RMMSt foi inferior a 1,0, ou seja, as espécies demonstraram antagonismo em competição, sendo possível a interferência por ação alelopática.

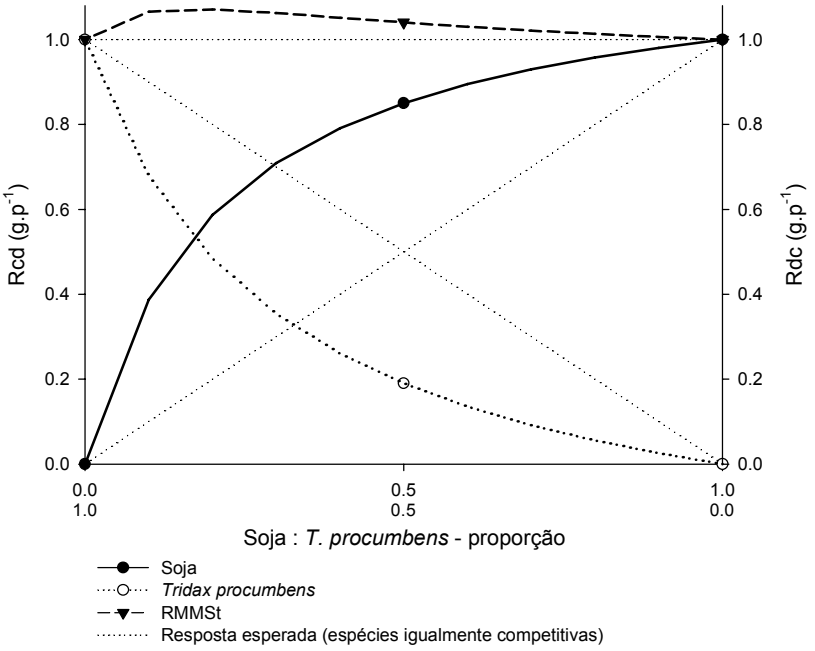

Figura 6 - Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Tridax procumbens* obtidos em câmara de crescimento, sem deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *T. procumbens* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas

Entre os relatos encontrados, Rice (1974) identificou três substâncias exsudadas pelo sistema radical de *D. ciliaris* capazes de inibir o desenvolvimento de bactérias relacionadas à fixação do nitrogênio e sua nitrificação no solo. Posteriormente, Dayaday e Pons (1978) comprovaram a ação alelopática de *D. ciliaris* no crescimento de milho, com interferência somente pela porção radical da planta daninha. Em condições de cultivo em campo, os efeitos alelopáticos podem confundir-se com a competição por recursos do meio, principalmente nitrogênio e luz.

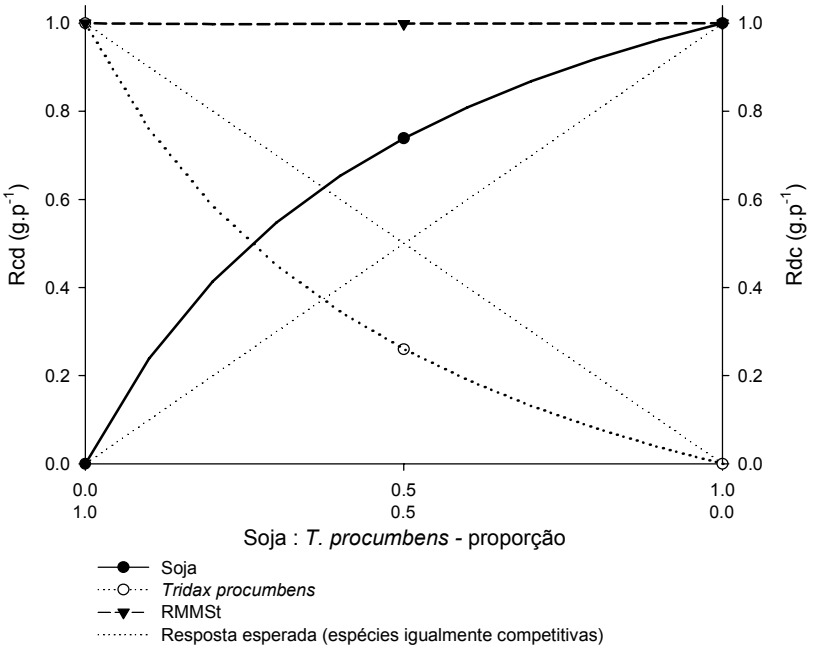

Figura 7 - Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Tridax procumbens* obtidos em câmara de crescimento, com deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *T. procumbens* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas

Para confirmação das evidências, analisaram-se comparativamente os índices de rendimento relativo (Rcd e Rdc) e coeficientes de agrupamento (kcd e kdc) obtidos para soja e para cada espécie de planta daninha (Tabela 4). Verifica-se, inicialmente, que tanto para *A. tenella* como para *T. procumbens*, a deficiência hídrica não afeta os seus índices de Rdc e kdc, podendo-se considerar estas espécies como tolerantes ao período de estresse determinado, sob condições de competição com a cultura. Todavia, observa-se que os Rcd, assim como, os kcd calculados para a soja foram inferiores sob deficiência hídrica em relação aos mesmos obtidos na ausência do estresse por água. Cabe salientar que os coeficientes de agrupamento relativo indicam o quanto a espécie interfere sobre o espaço relativo de outra. Ao mesmo tempo, assume-se que estes são independentes da densidade de semeadura, considerando que o RMMSt não difere de 1,0, conforme confirmando neste estudo para *A. tenella* e *T. procumbens*.

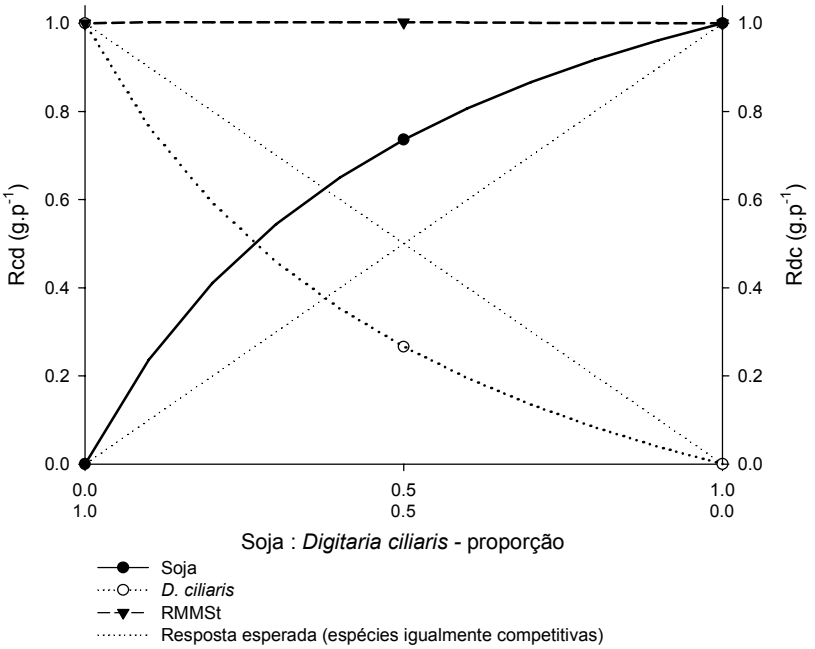

Figura 8 - Rendimento Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Digitaria ciliaris* obtidos em câmara de crescimento, sem deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *D. ciliaris* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas

As análises comparativas de RMMSt, Rcd, Rdc, kcd e kdc para o experimento com *D. ciliaris* comprovam o efeito da deficiência em todos os índices calculados, assim como, a interferência antagônica de *D. ciliaris* na produção de massa de matéria seca de soja (Tabela 4). Além disso, confirma-se a redução de fitomassa de ambas, cultura e planta daninha, em competição sob deficiência hídrica.

Por meio dos resultados e análises realizados, verifica-se que a soja apresenta elevada capacidade competitiva com as plantas daninhas, sendo seu potencial intra-específico de competição superior ao interespecífico.

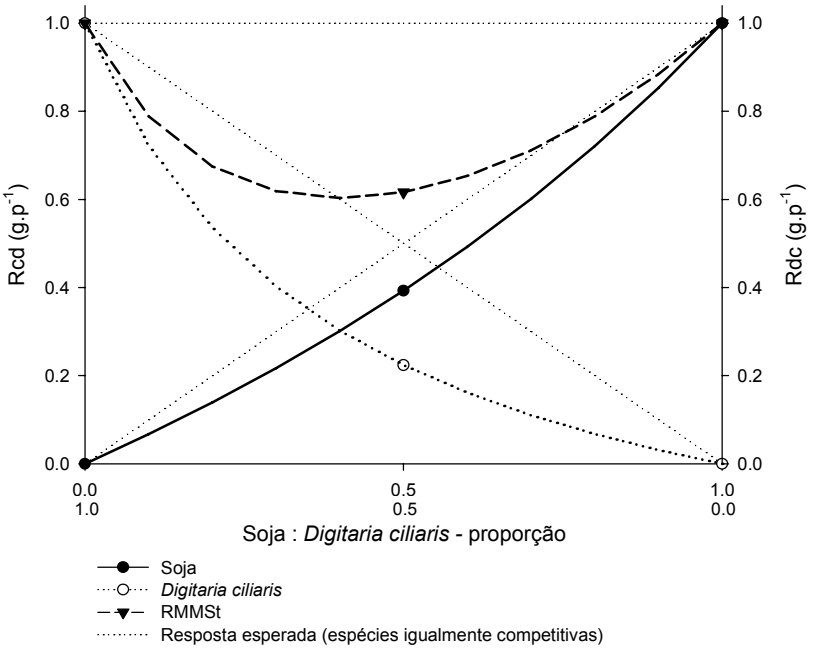

Figura 9 - Rendimentos relativos médios de massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$) da cultura (Rcd) e da planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) de soja e *Digitaria ciliaris* obtidos em câmara de crescimento, com deficiência hídrica, calculados a partir da massa de matéria seca de soja e *D. ciliaris* em monocultura ou em mistura, em séries substitutivas

Tabela 4 - Comparação dos rendimentos relativos de massa de matéria seca estimados para a soja (Rcd) e para cada planta daninha (Rdc), assim como, o rendimento médio relativo de massa de matéria seca total (RMMSt) e seus coeficientes de agrupamento, kcd e kdc, em relação ao estabelecimento da deficiência hídrica entre o vigésimo e quadragésimo dia após o transplante

Coeficientes	Soja: *A. tenella*		Soja: *T. procumbens*		Soja: *D. ciliaris*	
	SDH	CDH	SDH	CDH	SDH	CDH
RMMSt	1,04 (0,03)	0,99 (0,022)	1,04 (0,08)	0,98 (0,01)	0,97 (0,06)*	0,62 (0,04)
Rcd	0,79 (0,03)*	0,73 (0,06)	0,84 (0,03)*	0,72 (0,04)	0,71 (0,05)*	0,40 (0,03)
Rdc	0,25 (0,02)	0,27 (0,05)	0,20 (0,08)	0,26 (0,05)	0,26 (0,01)*	0,22 (0,01)
Kcd	3,77 (0,58)*	2,76 (0,77)	5,49 (1,44)*	2,56 (0,48)	2,59 (0,67)*	0,67 (0,01)
Kdc	0,34 (0,03)	0,38 (0,09)	0,26 (0,14)	0,36 (0,09)	0,35 (0,02)*	0,28 (0,01)

SDH: Sem deficiência hídrica; CDH: Com deficiência hídrica. * Diferença significativa calculada pelo teste t (P< 0,1), entre os índices com e sem deficiência hídrica, de cada experimento. Valores entre parênteses representam os desvios-padrão das médias, intervalo de confiança de 95%.

Todavia, *A. tenella* demonstra relativa tolerância em função da deficiência hídrica

imposto, permitindo o aumento da sua competitividade com a soja. Isto pode ser confirmado pela manutenção na duração de área foliar, ausência de redução na massa de matéria seca ao final do experimento, assim como, sua capacidade de aproveitamento de água em condições de deficiência hídrica. Sua tolerância ao estresse e a plasticidade de resposta podem estar vinculadas à elevada espessura e teor de cera cuticular, além da alta densidade tricomática evidenciada por Ferreira et al. (2003). Além disso, está espécie é considerada de ciclo fotossintético intermediário (GOWIK et al., 2006), com elevado potencial de assimilação de carbono, sendo possível, ainda, maior competição quando sua germinação anteceder a da cultura. Outra espécie do mesmo gênero, *Alternanthera philoxeroides*, planta daninha comum em países tropicais e subtropicais, possui semelhanças com *A. tenella* avaliada neste estudo. Segundo Wilson et al. (2007) a rápida capacidade de crescimento após a remoção da parte aérea ou tolerância a ambientes agressivos também contribui na permanência e proliferação de *A. philoxeroides* em áreas agrícolas.

Para *T. procumbens*, não foi evidente sua tolerância a deficiência hídrica, embora não se constataram diferenças entre os índices Rdc e kcd estimados com ou sem deficiência hídrica. A espécie também demonstrou similaridade entre os UEA estimados em condições normais ou na redução da disponibilidade de água (monocultivo), com aumento na sua eficiência de uso de água em competição com soja, sob deficiência hídrica temporária. Apesar das observações do efeito alelopático desta espécie sobre a cultura do arroz (HOLM et al., 1997), nenhum indicativo foi constatado no seu cultivo com soja, conforme os diagramas de RMMSt apresentados.

O experimento com *D. ciliaris* e os resultados obtidos para está espécie indicam elevado potencial competitivo com a soja, considerando sua alta produção de massa de matéria seca, elevada taxa fotossintética e duração de área foliar. Todavia, considerando o mesmo período de emergência, a soja manteve sua dominância competitiva intra-específica em detrimento à interespecífica, já evidenciada para os demais experimentos.

Sob deficiência hídrica, a interação competitiva da cultura com *D. ciliaris* foi a que apresentou maior divergência nos parâmetros avaliados, em relação ao monocultivo das mesmas. Diferente do constatado para o cultivo sem deficiência hídrica, a diminuição do conteúdo de água no solo reduziu a massa de matéria seca final de ambas, soja e planta daninha. Conforme as análises de variância (Tabela 2) e os diagramas de rendimento relativo (Figuras 8 e 9) entre soja e *D. ciliaris*, estas espécies apresentam interação diferencial, com fortes indícios de efeito alelopático da planta daninha.

Considerando as variáveis estudadas e suas relações competitivas entre as espécies, conclui-se que as plantas daninhas avaliadas possuem, em geral, maior tolerância a deficiência hídrica temporária. As relações competitivas entre soja e cada espécie alteraram-se sob limitação do conteúdo de água do solo, principalmente para *D. ciliaris*.

Apesar dos resultados das análises e comparações realizadas, não foi possível distinguir se o efeito competitivo foi somente por água. Admite-se que um simples fator, como a disponibilidade hídrica, não é suficiente para predizer a interferência entre espécies. Estudos futuros devem avaliar os efeitos de diferentes níveis de deficiência hídrica e de radiação no desenvolvimento e crescimento radicular destas espécies, assim como, sua influencia no potencial de extração de nutrientes do solo. Acredita-se que a maior parte da capacidade de tolerância ao estresse hídrica das plantas daninhas está vinculada a morfologia e área superficial específica do sistema radicular, devendo-se incluir estas variáveis em análises futuras.

Referências

BRAY, E. Abscisic acid regulation of gene expression during water deficit stress in the era of the Arabidopsis genome. **Plant Cell and Environmental**, Oxford, v.5, p.153-161, 2002.

COBLE, H.D.; WILLIAMS, F.M.; RITTER, R.L. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Lawrence, n.29, p.339-342, 1981.

COSTA, L.C.; CONFALONE, A.; PEREIRA, C.R. Effect of water stress on the efficiency of capture of water and radiation by soybean**. Tropical Science**, London, v.39, p.91-97, 1999.

DAYADAY, F.A.; PONS, T.L. The competition of crabgrass *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel with maize (*Zea mays* L.) and the possible role of allelopathy. **USM Research Journal,** Mississippi, n.1, v.1, p.1-10, 1978.

DE WIT, C.T. **On competition**. Institute for biological and chemical research on field crops and herbage, n.66.8 - Wageningen, Netherland, 1960. 82p.

DE WIT, C.T.; GOUDRIAAN, J. Interference of plants In: DE WIT, C. T.; GOUDRIAAN, J. **Simulation of ecological processes** chapter 4 Local: WUR-Wageningen, 1978. p.31-48.

FERREIRA, E.A.; PROCÓPIO, S.O.; SILVA, E.A.M.; SILVA, A.A.; RUFINO, R.J.N. Estudos

anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. *Amaranthus deflexus, Amaranthus spinosus, Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophylla*, **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.263-271, 2003.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; LORETO, F.; CORNIC, G.; SHARKEY, T. D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C_3 plants. **Plant Biology**, Wageningen, n.6, p.269-279, 2004.

GOWIK, U.; ENGELMANN, S.; BLÄSING, O.E.; RAGHAVENDRA, A.S.; WESTHOFF, P. Evolution of C_4 phosphoenolpyruvate carboxylase in the genus Alternanthera: gene families and the enzymatic characteristics of the C_4 isozyme and its orthologues in C_3 and C_3/C_4 Alternantheras. **Planta,** Berlin, v.223, p.359-368, 2006.

GRIFFIN, B.S.; SHILLING, D.G.; BENNETT, J.M.; CURREY, W.L. The influence of water stress on the physiology and competition of soybean (*Glycine max*) and Florida Beggarweed (*Desmodium tortuosum*), **Weed Science**, Lawrence, v.37, p.544-551, 1989.

HOLM, L.; DOLL, J.; HOLM, E.; PANCHO, J.; HERBERGER, J. **World weeds**: natural histories and distribution. New York: John Wiley, 1997. 1129 p.

ISODA, I.; ISODA, A. Adaptive responses of soybean and cotton to water stress. I-Transpirations changes in relation to stomatal area and stomatal conductance. **Plant Products Science**, Fukuoka, v.8, n.1, p.16-26, 2005.

JAMES, A.T.; LAWN, R.J.; COOPER, M. Genotypic variation for drought stress response traits in soybean. II. Inter-relations between epidermal conductance, osmotic potential, relative water content, and plant survival. **Australian Journal of Agriculture Research**, Melbourne, v.59, n.7, p.670-678, 2008.

KAISER, W.M. Effect of water stress on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, Madison, v.71, p.142-49, 1987.

KING, C.A.; PURCELL, L.C. Interference between Hemp Sesbania (*Sesbania exaltata*) and Soybean (*Glycine max*) in Response to Irrigation and Nitrogen. **Weed Science**, Lawrence, v.45, n.1 p.91-97, 1997.

McCOY, E.L.; BOERSMA, L.; EKASINGH, M. Net carbon allocation in soybean seedlings as influenced by soil water stress at two soil temperatures. **Botanical Gazette,** Chicago, v.151, n.4, p.497-505, 1990.

PIKE, D.R.; STOLLER, E.W.; WAX, L.M. Modeling soybean growth and canopy apportionment in weed-soybean (*Glycine max*) competition. **Weed Science**, Lawrence, v.38, p.522-527, 1990.

RICE, E.L. Impact of allelopathy in agriculture. Allelopathy. University of Oklahoma, 1974. 196p.

WILSON, J.R.U.; YEATES, A.; SCHOOLER, S.; JULIEN, M.H. Rapid response to shoot removal by the invasive wetland plant, alligator weed (*Alternanthera philoxeroides*). **Environmental Experimental of Botany**, Oxford, v.60, p.20-25, 2007.

3 COMPETIÇÃO DE *Alternanthera tenella* COM SOJA E SUA RESPOSTA SOB CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Competition of *Alternanthera tenella* with soybean and its response under water stress conditions

Resumo

Considerando as diferentes habilidades de uso dos recursos e a plasticidade de resposta das espécies sob condições de deficiência hídrica, o estudo avaliou as relações competitivas entre soja e *Alternanthera tenella* Colla e suas alterações, em monocultivo ou competição, sob condições parcialmente controladas. O experimento foi realizado em vasos mantidos em câmara de crescimento durante 90 dias. As análises foram compostas pelas avaliações de massa de matéria seca total (MMST) e particionada de cada planta, área foliar (AF), trocas gasosas, atividade da nitrato redutase (NR), assim como, pelos teores de macronutrientes da planta daninha e da cultura. Utilizou-se o sistema de séries substitutivas, abrangendo o monocultivo de cada espécie e a sua mistura na proporção de 50%. Os resultados revelam maior competição intra-específica de soja, com produção superior de MMST em relação a *A. tenella*, sem alterações na distribuição entre a massa de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos de soja. As taxas de fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática também foram maiores para a cultura, assim como a AF, a atividade da NR e o acúmulo total de macronutrientes. Sob condições de deficiência, a planta daninha demonstrou maior tolerância que a soja na maioria dos parâmetros avaliados, principalmente em relação à MMST e ao acúmulo de fósforo, potássio e magnésio. As análises revelam alterações competitivas entre as espécies sob condições de deficiência hídrica, sendo sugerido a inclusão deste fator no manejo de *A. tenella*, fundamentalmente em áreas com reduzida disponibilidade de água no solo durante o cultivo de soja.

Palavras-chave: *Glycine max*; Apaga-fogo; Água; Competição intra-específica e interespecífica

Abstract

Considering the differences in the resources use ability and the response plasticity of species under water stress, this study evaluated soybean and *A. tenella* competitive relations and its adjustments, on monoculture or competition, in partial control conditions. The experiment was carried out in pots holding on growth chamber during 90 days. The analyses were the total dry mass (TDM) and its partition of each plant, foliar area (FA), gas exchange, nitrate reductase activity (NRA), as well the macronutrients amounts of weed and crop. Substitutive series system was used, including the monoculture of each species, and also its mixture at the ratio of 50%. The outcomes show higher intraspecific competition of soybean, with greater TDM in relation to *A. tenella*, without alterations at distribution among dry weight of root, stem, leaves and soybean fruits. The net photosynthesis, transpiration and stomatic conductance ratio were higher also to the crop, as well its FA, NRA and total storage of macronutrients. Under water stress, the weed showed upper tolerance than soybean for major of evaluating parameters, mainly in relation to TDM and phosphorus, potassium and magnesium accumulated. The results reveal competitiveness change between the species under water stress, being suggested its inclusion in

A. tenella management, essentially in areas with less soil water available during soybean growth.

Keywords: *Glycine max*; Slender joyweed; Water; Intraspecific and interespecific competition

3.1 Introdução

A capacidade de competição das plantas daninhas pode ser medida pelo seu potencial de redução na produtividade das culturas, cujo controle, nas últimas décadas, ficou restrito à aplicação de herbicidas, como medida prática e econômica para diminuir sua incidência e proliferação. Porém, o controle cultural destaca-se como a principal ação contra a interferência de plantas daninhas, sendo fundamental o reconhecimento das características competitivas da cultura. Entre elas, a velocidade de emergência e crescimento iniciais, a capacidade de utilização dos recursos do meio e, principalmente, a sua habilidade de incorporação desses recursos na produção de fitomassa.

A partir do conceito de manejo integrado de plantas daninhas, o qual deve combinar métodos preventivos e curativos de controle (BAUMANN; BASTIAANS; KROPFF, 2001), verifica-se que a sua caracterização ecológica e ecofisiológica são essenciais na integração dos métodos de controle. Norris (1992) ressalta, todavia, que os estudos enfatizam o efeito da densidade e da duração do período competitivo das plantas daninhas, sendo as definições de controle não efetivas nos programas de manejo. Nesse sentido, novas estratégias devem estar focadas na biologia destas espécies e na sua interação com as culturas.

Entre alguns estudos, Patterson e Flint (1983) avaliaram as características ecofisiológicas de diversas plantas daninhas em comparação com a soja. Os mesmos constataram que as diferenças de fitomassa estavam positiva e diretamente relacionadas com a duração de área foliar. Porém, apresentaram correlação inversa com a taxa de assimilação líquida. Assim, a competição por luz e a absorção de nutrientes pode ser decisiva na interferência entre as espécies (KING; PURCELL, 1997), embora a eficiência de conversão em fitomassa seja distinta, o que impede generalizações em relação ao nicho de competição (SPITTERS, 1983). Portanto, embora os recursos sejam os mesmos, a sua limitação para o crescimento das espécies pode ser diferente.

As especificidades competitivas das plantas daninhas também estão relacionadas com a eficiência de aproveitamento e extração de água do solo. Logo, mesmo que a capacidade de competição da cultura seja maior que a planta daninha, as respostas obtidas em condições de deficiência hídrica podem ser diferentes (SADEGHI et al., 2007), necessitando-se de estudos que

viabilizem a compreensão da variabilidade entre espécies. O tempo de duração e a profundidade de competição no solo por água também pode interferir no desempenho da cultura. Sadeghi et al. (2007), por exemplo, constataram que a fitomassa total de milho junto a *Panicum dichotomiflorum* Michx foi maior em relação àquela constatada para o monocultivo de milho. Dalley et al. (2006) observaram, porém, que o conteúdo volumétrico de água no solo, em várias profundidades, foi menor na presença de plantas daninhas em relação a área com plantio de milho somente, enfatizando a maior eficiência de absorção e aproveitamento de água pelas plantas daninhas.

Entre as diversas espécies de ocorrência no Brasil, a *Alternanthera tenella* L. (Colla) tem destacado-se como planta daninha presente em muitos cultivos agrícolas (FREITAS et al., 2006; SALGADO et al., 2007; PETTER et al., 2008). Apesar dos poucos registros, esta espécie causa elevados prejuízos às culturas (NEPUMOCENO et al., 2007), principalmente na colheita mecanizada, quando seus ramos e frutos dificultam a operação e reduzem o rendimento por área. Sua ocorrência e distribuição estão relacionadas, fundamentalmente, ao cultivo de soja nas regiões sul, sudeste e centro-oeste, apresentando elevada capacidade de disseminação e dificuldades no seu controle.

A. tenella é considerada dicotiledônea com ciclo fotossintético intermediário C_3/C_4 (GOWIK et al., 2006), permitindo sua adaptação a ambientes quentes com baixa ou elevada umidade e, conseqüentemente, significativa plasticidade. Além disso, possui reconhecida tolerância a períodos de baixa precipitação pluviométrica, podendo ser atribuída a sua elevada espessura cuticular e ao teor de cera epicuticular (FERREIRA et al., 2003). Recentemente, a identificação de um novo vírus também foi associada a *A. tenella*, sendo comum sua ocorrência nos cultivos com soja. Apesar de não ter sido confirmada a sua transmissão para a cultura, outras espécies de plantas daninhas foram passíveis a infecção, devendo-se estar atento a sua ocorrência (ALMEIDA et al., 2007).

Diante disto, o objetivo deste estudo foi avaliar a relação competitiva entre a soja e *A. tenella* por meio de variáveis como massa de matéria seca, atividade da nitrato redutase (NR) (EC 1.6.6.1.), trocas gasosas e absorção de nutrientes de ambas espécies em condições normais de cultivo ou quando submetidas a curto intervalo de deficiência hídrica. A hipótese sugerida neste estudo está baseada nas diferenças de resposta de cada espécie sob condições de estresse, sendo esperado que as relações competitivas intra e interespecíficas estabelecidas alterem-se

distintamente quando os recursos do meio forem limitantes. Neste caso, se as relações de competição são alteradas, o manejo integrado de controle deve considerar, além da planta daninha, as suas habilidades competitivas em situações de variação da disponibilidade de recursos do meio.

3.2 Material e Métodos

Os resultados foram obtidos em experimento instalado em câmara de crescimento sob condições controladas de temperatura, umidade relativa do ar e incidência de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), no Laboratório de Fisiologia de Plantas Cultivadas sob Condições de Estresse, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ/USP, São Paulo.

A oscilação térmica diária variou entre 25 e 30°C durante o período diurno e entre 18 e 22 ^{o}C durante o período noturno, sendo estabelecidas 14 horas de luz (diurno) e 10 horas na sua ausência (noturno). A RFA incidente foi de aproximadamente 800 µmol(fótons).m^{-2}.s^{-1} (medição realizada a 15 cm da fonte luminosa).

O cultivo da soja (BRS 232 – semiprecoce) e *Alternanthera tenella* foi realizado em vasos de 30 cm de altura e 15 cm de diâmetro (40 cm^{3} (v) e $\pm$140 g (m)) preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo. O mesmo foi coletado na profundidade de 40 cm sendo posteriormente peneirado e corrigido quanto ao seu pH, possuindo inicialmente 1,7% de matéria orgânica, 4,55 mg.dm^{-3} de fósforo e 0,7; 11,0; 4,0; 3,0 e 28,0 mmol$_{c}$.dm^{-3} de K^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, Al^{+3} e H^{+}+Al^{+3}, respectivamente, com saturação de bases de 35,9%. Em cada vaso foram cultivadas duas plantas, seguindo-se o método substitutivo para determinação da competição. A soja e a planta daninha foram mantidas em monocultivo ou cultivadas no mesmo vaso, sendo a massa total (vaso + solo + água + semente) aferida no momento do seu preenchimento para posterior correção do teor de água. Inicialmente, todos os vasos foram completados com água destilada para que se alcançasse a capacidade de saturação, correspondendo ao conteúdo de 0,204 g(água).g^{-1}(solo).

Para cada vaso contendo 4,4 kg de solo seco ao ar foram adicionados 900 mL de água. Após, o adição de água foi monitorada diariamente utilizando-se o método de pesagens. Durante a condução do experimento, o pequeno incremento de fitomassa, em casa período avaliado, não foi considerado na pesagem dos vasos, o qual resultou em pequena diferença na estimativa de água evapotranspirada, subestimando a quantia adicionada.

Para a instalação do experimento, as sementes de soja e da planta daninha foram pré-

germinadas em espuma fenólica e imediatamente transferidas para os vasos, para que o período de estabelecimento de ambas fosse o mesmo. As plantas foram irrigadas com solução nutritiva (Tabela 5), permitindo o crescimento adequado das espécies.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, os quais foram distribuídos em três níveis para o fator composição de plantas (monocultivo de soja, mistura soja + planta daninha e monocultivo da planta daninha) e dois níveis para o fator deficiência hídrica (com ou sem a deficiência). Para isso, estabeleceu-se a densidade de duas plantas por vaso, tanto em monocultivo como em competição, na proporção de 50% de cada espécie. A deficiência hídrica (DH) foi estabelecida entre o vigésimo e o quadragésimo dia após o transplante. Os vasos sorteados não foram irrigados até alcançarem 50% da massa inicial de água adicionada em cada vaso. Após atingir o limite estipulado, o conteúdo de água foi corrigido pela demanda evapotranspiratória. Utilizaram-se três repetições para as análises destrutivas e duas para as não destrutivas.

Tabela 5 - Composição da solução nutritiva utilizada no cultivo de soja e *Alternanthera tenella* em monocultivo e em competição

$MgSO_4$	$CaNO_3$	KNO_3	MKP	Fe-EDTA	Composto com Micronutrientes
		$mg.L^{-1}$			B(2%), Cu(0,8%), Mo(0,32%), Mn(3,2%), Zn(2,0%)
290	500	175	434	1,62	15,0 $mg.L^{-1}$

Condutividade elétrica: $\pm$ 1,2 $mS.cm^{-1}$

As avaliações consistiram das análises de área foliar e massa de matéria seca particionada em raiz, caule, folhas e frutos aos 20, 35, 50, 70 e 90 dias após o transplante (DAT). Foram ainda incluídas as análises de trocas gasosas em cada período acima, as curvas de saturação luminosa e a atividade da enzima nitrato redutase (NR) (EC 1.6.6.1.) aos 35 DAT, assim como, os teores de macronutrientes de cada porção das plantas e seu acúmulo na massa de matéria seca total, no momento do florescimento da cultura (50 DAT).

As determinações de trocas gasosas foram realizadas com equipamento portátil IRGA Infrared Gas Analyser, LI-6400 (LI-COR), em folhas previamente selecionadas. Foram consideradas somente as folhas totalmente expandidas, distribuídas no terço superior, médio e

inferior das plantas. Para a planta daninha, não foi possível a divisão amostral por extrato, utilizando-se os valores médios obtidos nas folhas expandidas do terço superior das plantas. As medições de fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática foram realizadas entre 9:00 e 11:00 horas, em cada período de coleta para avaliação da massa de matéria seca. Para as curvas de saturação por luz, manteve-se o mesmo padrão foliar anteriormente descrito. A intensidade luminosa estabelecida seguiu o fluxo inicial crescente de RFA de 800 a 2000 $\mu mol(fótons).m^{-2}.s^{-1}$ e a partir desse, o fluxo decresceu até 0 $\mu mol(fótons).m^{-2}.s^{-1}$. Todas as leituras foram realizadas com coeficiente de variação do equipamento ($\Delta CO_2 + \Delta H_20$) inferior a 1%.

A determinação enzimática da nitrato redutase (NR) foi realizada em folhas completamente expandidas, homogeneamente amostradas do terço superior, médio e inferior da soja, cuja média serviu para comparação dos tratamentos. Para a planta daninha, incluíram-se as amostras somente do terço superior, pois seu hábito de crescimento dificultou a separação em extratos. A determinação da NR baseia-se na produção de $N\text{-}NO_2^-$ durante a incubação de discos foliares na presença de $R\text{-}NO_3$. A NR é uma metaloflavina proteína (Mo e Fe) que catalisa a redução de NO_3^- a NO_2^-, universalmente presente nas plantas superiores, conforme reação:

$$NO_3^- + NAD(P)H + H^+ \longrightarrow NO_2^- + NAD(P) + H_2O$$

A atividade da NR foi determinada por meio da quantificação espectrofotométrica do teor de nitrito presente na amostra. Para isso, folhas completamente expandidas foram coletadas após três horas de luz dentro da câmara de crescimento. Em seguida, amostraram-se discos foliares até completar 100 mg (+ 0,02). Os mesmo foram colocados em tubos de ensaio com 5 mL de solução de K_2HPO_4 0,05 M pH 7,5 e KNO_3 0,05 M em propanol a 1%. Após 30 minutos em Banho-maria a 37 ºC foi determinado o teor de nitrito formado conforme descrito por Nicholas et al. (1976). As medidas das densidades óticas das amostras foram feitas a 540 nm e os valores, posteriormente, calculados a partir da curva padrão. A quantificação em µmol de $N\text{-}NO_2^-$ por grama de massa de matéria fresca por hora ($\mu mol.g^{-1}.h^{-1}$) foi realizada por meio da comparação das absorbâncias obtidas com a curva padrão de $N\text{-}NO_2^-$.

Os macronutrientes foram analisados a partir da amostragem realizada aos 50 DAT, quando a soja atingiu seu florescimento (R_2). Após o corte, as plantas foram separadas entre caule e folha, sendo as raízes coletadas posteriormente, procedendo-se a lavagem de todo o material com água destilada. As frações da parte aérea e raiz foram mantidas em estufa de ar ventilado a

65 ºC durante 48 horas. Em seqüência, as amostras foram pesadas e trituradas em moinho do tipo Wiley com peneira de 20 mesh. Na extração dos nutrientes, utilizou-se a digestão sulfúrica para a análise de nitrogênio (N) e a digestão nitro-perclórica para os demais minerais.

A determinação do N seguiu o procedimento de Kjeldahl, no qual se baseia na transformação do N amoniacal em amônia, sendo fixada pelo ácido bórico e, posteriormente, titulada com H_2SO_4 até nova formação de $(NH_4)SO_4$ na presença de indicador ácido/base. O fósforo total (P) foi determinado pelo método colorimétrico do metavanadato a 420 nm, com a formação de composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 N. Para o enxofre (S), seguiu-se o princípio da determinação turbidimétrica do sulfato, pela precipitação do S pelo cloreto de bário na forma de sulfato de bário. A medida da turbidez foi avaliada em colorímetro também a 420 nm. O potássio (K) foi determinado utilizando-se fotometria de chama de emissão e para os demais cálcio (Ca) e magnésio (Mg), utilizou-se a espectrofotometria de absorção atômica.

As quantidades totais de cada nutriente foram estimadas, multiplicando-se os teores encontrados nas análises pela fitomassa total avaliada aos 50 DAT. Ao final do experimento, avaliou-se ainda, a fitomassa total de cada fração, juntamente com a produção ($g.pl^{-1}$) da cultura.

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, sendo que quando significativo, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para a comparação das médias. Para as variáveis avaliadas no tempo, realizou-se o ajuste das médias amostrais em função da sua significância do modelo ($P<0,05$) e efeito biológico. O critério para considerar as diferenças hipotéticas entre as curvas com ou sem deficiência hídrica, foi que ocorressem, no mínimo, diferenças significativas pelo teste "t" em dois pontos das curvas, ou seja, em mais de um ponto de coleta. Para as análises dos resultados referentes à cultura e à planta daninha cultivadas no mesmo vaso (em competição), optou-se pela separação do esquema fatorial ao invés de se utilizar as médias entre as plantas ou o total por vaso, representando melhor o objetivo proposto pelo estudo.

3.3 Resultados e Discussão

A partir dos resultados obtidos pelas avaliações da demanda evapotranspiratória (ET) de soja e *A. tenella* (Figura 10), verifica-se maior consumo de água pela cultura em relação à planta daninha. Observa-se que durante a maior parte do cultivo, até 80 DAT, a ET da cultura manteve-se acima daquela observada para *A. tenella*, ou mesmo, para o seu cultivo em competição com a

planta daninha. Entretanto, a partir deste período, com a redução de área foliar da soja, *A. tenella* aumentou sua ET, atingindo valores próximos aos constatados para a cultura, em monocultivo ou em competição (Figura 10). A ET total pela cultura variou entre 7,9 e 9,2 L água.planta^{-1}, em competição com *A. tenella* e em monocultivo, respectivamente. Já quando submetidas à deficiência hídrica, os valores de ET totais foram de 6,7 a 6,85 L de água por planta.

Para a planta daninha em monocultivo, a ET total estimada foi cerca de 50% menor em relação à soja. Em condições de deficiência hídrica temporária, não foram constatadas diferenças significativas (P>0,05) de ET para mais de um ponto de amostragem, sendo a demanda evapotranspiratória representada pela mesma curva (Figura 10). Mesmo em competição com a cultura, a ET foi menor para os vasos em que *A. tenella* foi cultivada com a soja, ressaltando o menor consumo de água por esta espécie.

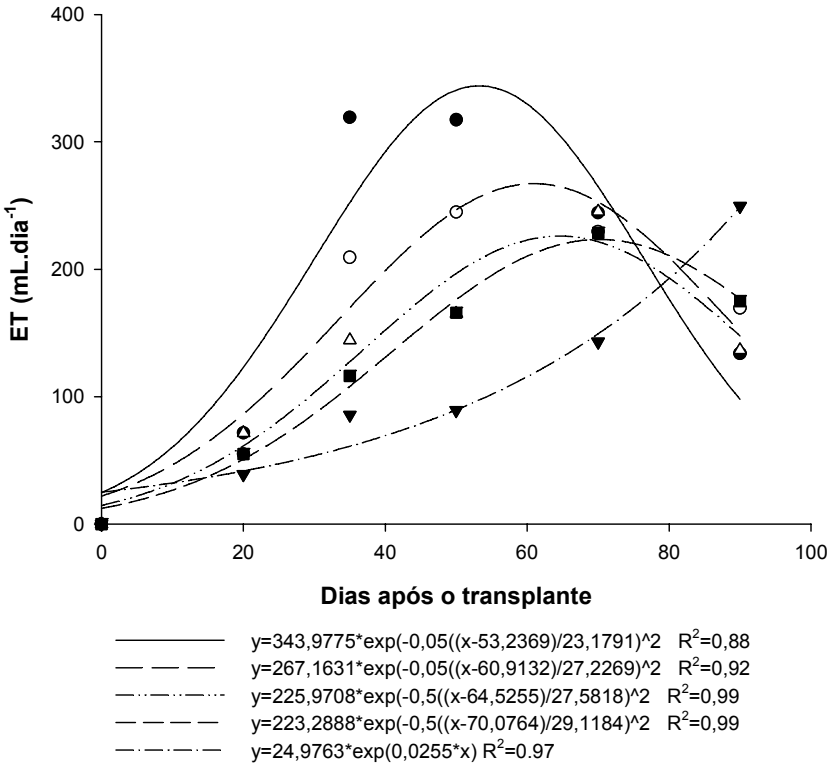

Figura 10 - Estimativas das curvas de evapotranspiração (ET) para os vasos em monocultivo de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou em competição (S+A), em câmara de crescimento, submetidas (CDH) ou não (SDH) a deficiência hídrica, em função do tempo (dias). ● (SDH); o +A (SDH); Δ S (CDH); ■ S+A (CDH); ▼ A (CDH e SDH – não significativos pelo teste "t" (P>0,05). A deficiência foi estabelecida entre 20 e 40 dias após o transplante

A maior demanda ET da soja está diretamente relacionada com a sua elevada área foliar (AF) em relação à planta daninha, conforme verificado na maioria das amostragens realizadas durante a condução do experimento (Figura 11). Observa-se ainda que, a cultura, na presença da planta daninha, apresentou os maiores valores de AF, mesmo quando submetida à deficiência por água, ressaltando o maior efeito competitivo intra-específico de soja em relação à planta daninha.

Todavia, verificam-se reduções de AF para todos os tratamentos com deficiência hídrica, com exceção da planta daninha em monocultivo, cujas curvas de resposta com ou sem a redução do conteúdo de água no solo não diferiram estatisticamente (P>0,05). Em geral, os experimentos em séries substitutivas demonstram que a cultura é mais competitiva que as plantas daninhas (VILÀ et al., 2004), pois o efeito dessas se deve geralmente a sua densidade total e grau de infestação e não à habilidade de competição.

Por meio das observações de AF, verifica-se ainda que, em competição com a cultura, *A. tenella* mantêm baixo incremento foliar durante o ciclo da soja, com intensificação no acúmulo de AF somente a partir dos 70 dias após o transplante, cuja AF de soja reduz-se continuamente. Na ausência da competição com a cultura, *A. tenella* apresenta AF similar a da soja em monocultivo, embora os picos de máxima AF não sejam os mesmos. Observa-se que a planta daninha atingiu sua máxima AF cerca de 80 dias após o transplante, sendo a mesma considerada de ciclo perene.

A área foliar, assim como, o seu período de contribuição na assimilação de carbono para as plantas estão diretamente relacionados com o potencial de competição entre as espécies, principalmente em termos de aproveitamento da radiação fotossintética (WORTMANN, 1993). Logo, admite-se que a capacidade competitiva das plantas é, geralmente, proporcional a sua área foliar e ao potencial de incorporação de massa de matéria seca (MMS), mesmo que a distribuição de fotoassimilados possa se alterar em função da competição interespecífica. Além destas variáveis, a altura (KROPFF; VAN LAAR, 1993), assim como, a área foliar específica (POORTER, 1990) também devem ser consideradas na avaliação das habilidades de competição.

Observando-se a massa de matéria seca total e sua partição entre os tratamentos, constata-se que na ausência da deficiência hídrica, a soja apresenta, em geral, maior MMS de raiz, folhas e frutos em relação a *A. tenella*, assim como, maior MMS total por planta (Tabela 6). Em contrapartida, a redução na disponibilidade de água diminui as MMS de raiz e total de soja, principalmente em monocultivo, sendo neste caso, semelhantes às constatadas para *A. tenella*,

também em monocultivo. Para reforçar o efeito da deficiência sobre a cultura (monocultivo e competição), observam-se reduções significativas (P<0,05) de MMS de raiz e total em relação aos tratamentos sem deficiência hídrica.

Para a planta daninha, não se verificam reduções de MMS por efeito da deficiência hídrica, para nenhuma porção da planta, apesar de *A. tenella* apresentar menor MMS em relação à soja, na maioria das porções avaliadas, incluindo a MMS total (Tabela 6). A elevada MMS de caule constatada para *A. tenella* em monocultivo destaca seu potencial de propagação relatado em condições de campo, sendo difícil o seu controle quando a porção caulinar não for totalmente eliminada. A porção da MMS de caule representou cerca de 50% da MMS total da planta daninha, tanto em monocultivo como em competição com soja.

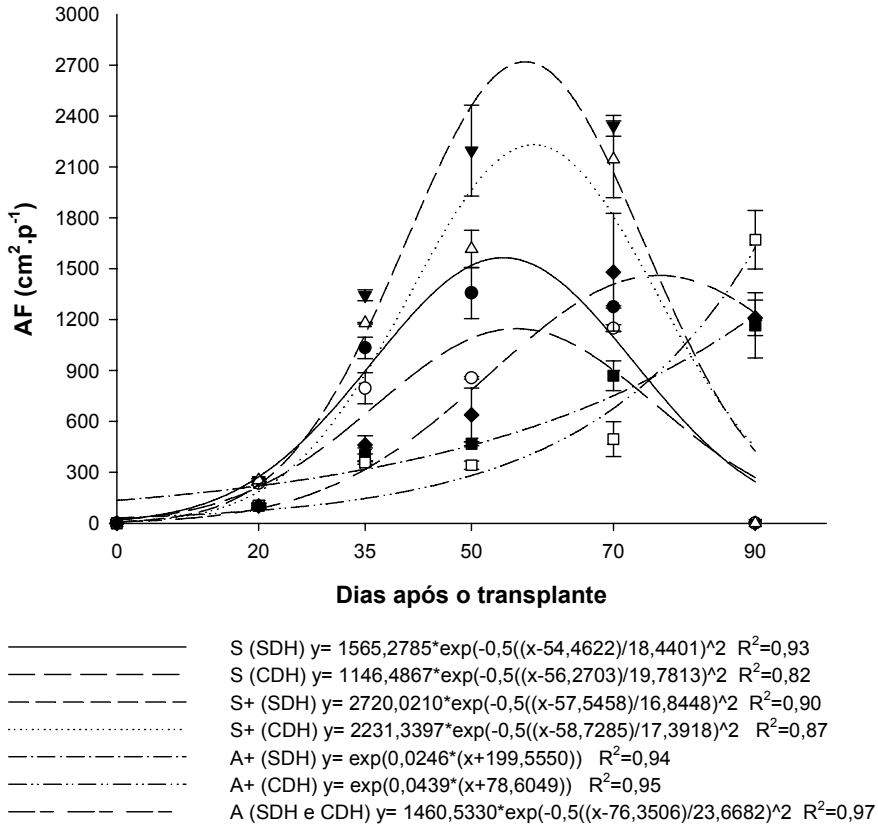

Figura 11 - Estimativas das curvas de área foliar (AF) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em função do tempo (dias). ● S (SDH); o S (CDH); ▼ S+ (SDH); Δ S+ (CDH); ■ A+ (SDH); □ A+ (CDH) ♦ A (SDH e CDH – não significativos pelo teste "t" P>0,05)

Tabela 6 - Massa de matéria seca particionada de soja e *Alternanthera tenella* em monocultivo, assim como em competição (soja + e *A. tenella* +) cultivadas em câmara de crescimento, sem (SDH) e com deficiência hídrica (CDH), aos 90 dias após o transplante

Partição	Cultivo	Massa de matéria seca ($g.pl^{-1}$)			
		Soja	Soja +	*A. tenella* +	*A. tenella*
Raiz	SDH	6,47 (0,49) a*	4,86 (0,50) ab*	2,74 (0,98) bc	3,22 (0,90) c
	CDH	3,78 (0,82) a	2,50 (1,45) a	2,61 (0,36) a	3,43 (0,99) a
Caule	SDH	7,63 (0,58) b*	10,83 (0,62) a	5,35 (0,79) c	11,99 (1,11) a
	CDH	5,44 (1,57) c	8,33 (3,82) ab	5,95 (1,56) bc	11,28 (1,51) a
Folhas	SDH	6,29 (1,64) b	14,29 (1,34) a	4,14 (0,57) c	4,91 (0,87) c
	CDH	9,97 (0,19) b*	15,20 (0,77) a	5,15 (1,65) c	5,97 (3,23) c
Frutos	SDH	11,95 (1,17) b	21,00 (2,96) a	0,70 (0,59) d	5,39 (2,43) c
	CDH	10,10 (0,83) b	16,46 (3,81) a	0,48 (0,11) d	5,40 (0,64) c
Total	SDH	32,35 (0,80) b*	50,98 (1,69) a*	12,94 (2,20) d	25,51 (3,32) c
	CDH	29,29 (1,68) b	42,49 (2,30) a	14,20 (3,49) c	26,07 (5,34) b

Linhas seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).* Diferença significativa na coluna pelo teste "t"entre os tratamentos SDH e CDH (P<0,05). Valores entre parênteses representam os desvios-padrão da média.

A competição interespecífica de soja sobre *A. tenella* pode ser constatada, principalmente, nas reduções de MMS de caule e frutos da planta daninha, cujo efeito deve ser considerado nos programas de manejo.

Por meio das avaliações de fotossíntese líquida (FL), verifica-se que a cultura apresenta FL superior a *A. tenella* na maioria das avaliações, inclusive sob deficiência hídrica (Figura 12). Embora a planta daninha possua ciclo fotossintético intermediário, o rápido desenvolvimento inicial da cultura permite que a mesma atinja altura superior à planta daninha (dados não apresentados) desde o início do seu estabelecimento. Logo, admite-se que o sombreamento da planta daninha pela soja reduz a FL de *A. tenella* e retarda o seu crescimento.

Em comparação as taxas de FL obtidas com e sem deficiência hídrica, não se verificam diferenças significativas (P>0,05) tanto para a cultura como para *A. tenella*, sendo o efeito da deficiência não efetivo na redução de FL (Figura 12). Todavia, observam-se alterações na transpiração (Tr) e condutância estomática (Cn), principalmente para a cultura em condições de competição.

Constata-se a redução da Tr de soja cultivada com *A. tenella* sob deficiência hídrica, em relação ao seu cultivo com 100% de disponibilidade de água (Figura 13). O mesmo foi verificado por Isoda e Isoda (2005), os quais verificaram o efeito da deficiência hídrica somente na transpiração e na condutância estomática de soja, sem interferência na fotossíntese líquida da cultura.

Já para a planta daninha, a Tr não foi alterada em função da deficiência hídrica, mantendo-se a mesma, tanto em monocultivo como em competição com a cultura (Figura 13). A manutenção da Tr da planta daninha, mesmo em condições de deficiência, confirma sua tolerância a baixa disponibilidade de água no solo, apresentando-se como uma vantagem competitiva perante a cultura, mesmo em curtos períodos de estresse hídrica.

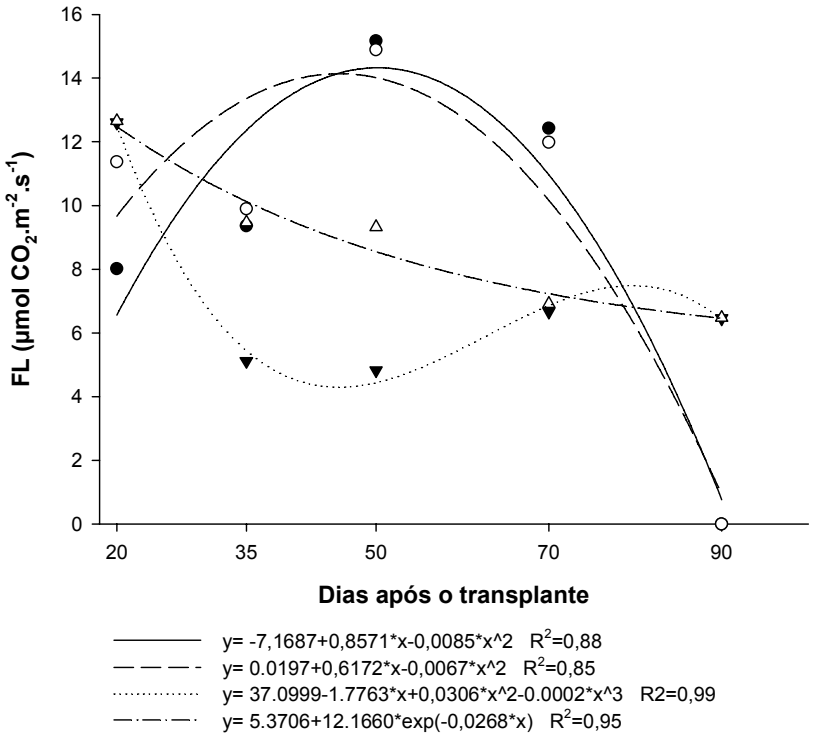

Figura 12 - Estimativas das curvas de fotossíntese líquida (FL) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em função do tempo (dias). ● S (CDH e SDH); o S+ (CDH e SDH); ▼ A+ (CDH e SDH); Δ A (CDH e SDH). As curvas representam os valores médios entre os tratamentos com e sem deficiência hídrica, quando não significativos pelo teste "t" P>0,05). Dados obtidos com 800 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa

Já para a planta daninha, a Tr não foi alterada em função da deficiência hídrica, mantendo-se a mesma, tanto em monocultivo como em competição com a cultura (Figura 13). A manutenção da Tr da planta daninha, mesmo em condições de deficiência, confirma sua tolerância a baixa disponibilidade de água no solo, apresentando-se como uma vantagem competitiva perante a cultura, mesmo em curtos períodos de estresse hídrica.

As análises de Cn expressam melhor a tolerância da cultura, assim como, de *A. tenella*, em relação à redução do conteúdo de água no solo (Figura 14). Verifica-se que, em monocultivo ou em competição, a Cn da soja foi reduzida em função da deficiência hídrica, embora se mantivesse superior a constatada para a planta daninha. Para *A. tenella*, o efeito da deficiência parece não interferir na sua Cn, especialmente em monocultivo. A redução da Cn entre os 20 e 35 DAT da planta daninha é atribuída, principalmente, ao aumento da AF da cultura e, conseqüentemente, menor disponibilidade de radiação para *A. tenella*. Este efeito pode ser visualizado observando-se o comportamento similar entre a Cn e a FL. Durante a maior parte do período de competição, a FL e a Cn de soja foram superiores à planta daninha, atingindo valores máximos próximo aos 50 DAT, momento em que ocorreu o início do florescimento da cultura. A partir deste estádio, a FL, juntamente com a Cn e a AF da cultura decrescem. Em contrapartida, a FL, a Cn e a AF da planta daninha apresentam sensível incremento, estando relacionados com a maior interceptação luminosa por *A. tenella*.

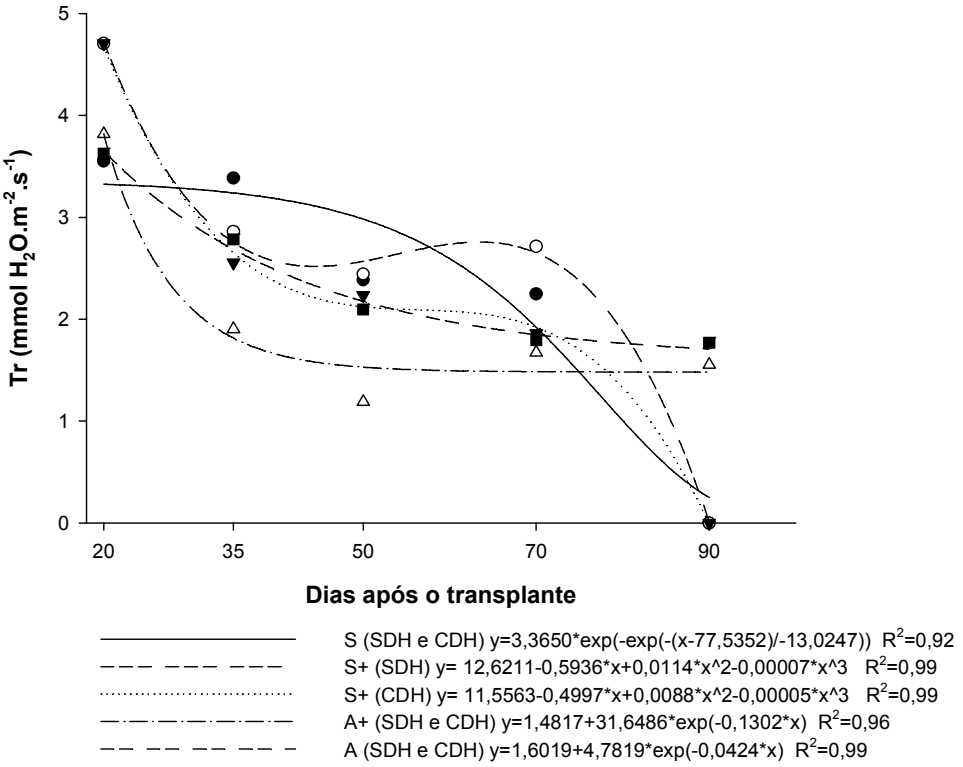

Figura 13 - Estimativas das curvas de transpiração (Tr) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em função do tempo (dias). ● S (SDH e CDH); o S+ (SDH); ▼ S+ (CDH); ■ A+ (SDH e CDH); Δ A (SDH e CDH). As curvas representam os valores médios entre os tratamentos CDH e SDH, quando não significativos pelo teste "t" P>0,05). Dados obtidos com 800 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa

O efeito da deficiência hídrica também foi testado por meio das curvas de resposta de cada espécie em relação à radiação luminosa. É possível constatar que a cultura torna-se sensível a deficiência somente em competição com a planta daninha e que *A. tenella*, independente do seu cultivo, não apresenta efeito na sua FL sob redução da disponibilidade de água no solo (Figura 15), confirmando os resultados anteriormente apresentados. Sob baixa disponibilidade de água, a resposta ao aumento na intensidade luminosa é menor para a soja, pois possivelmente a dissipação da energia torna-se comprometida.

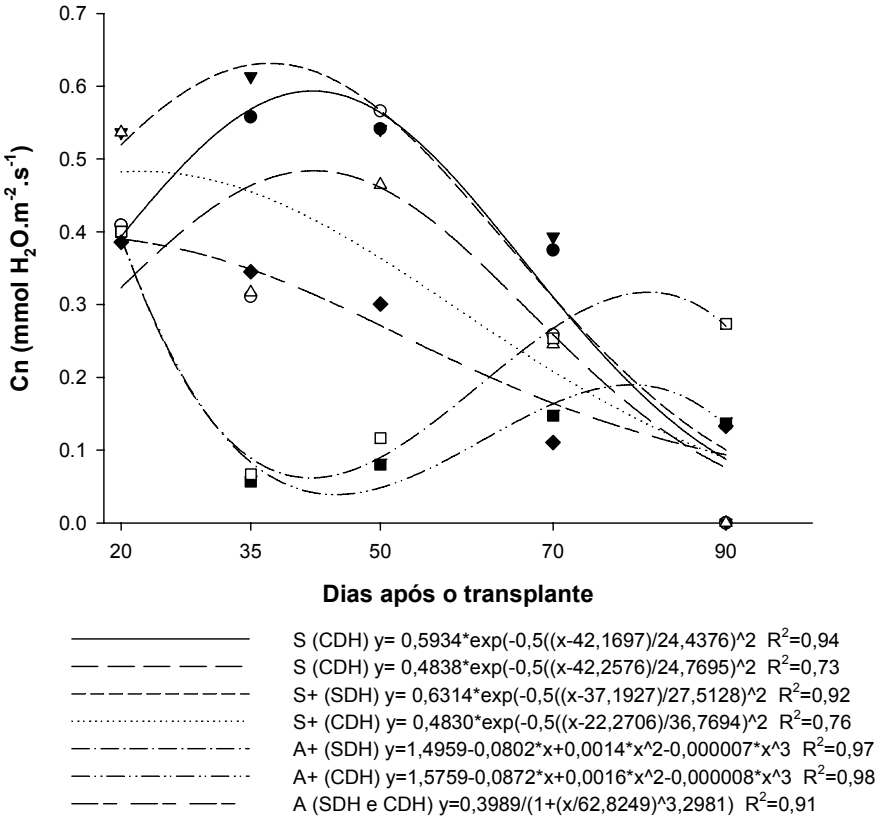

Figura 14 - Estimativas das curvas de condutância estomática (Cn) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em função do tempo (dias). ● S (SDH); o S+ (CDH); ▼ S+ (SDH); Δ S+ (CDH); ■ A+ (SDH); □ A+ (CDH) ♦ A (SDH e CDH – não significativo pelo teste "t" P>0,05)

Conforme se observa neste estudo, embora a competitividade possa estar correlacionada à eficiência fotossintética no aproveitamento da energia luminosa, entre espécies C_3 ou intermediárias, por exemplo, muitos outros fatores estão envolvidos, não sendo possíveis conclusões diretas a partir de correlações com um fator específico.

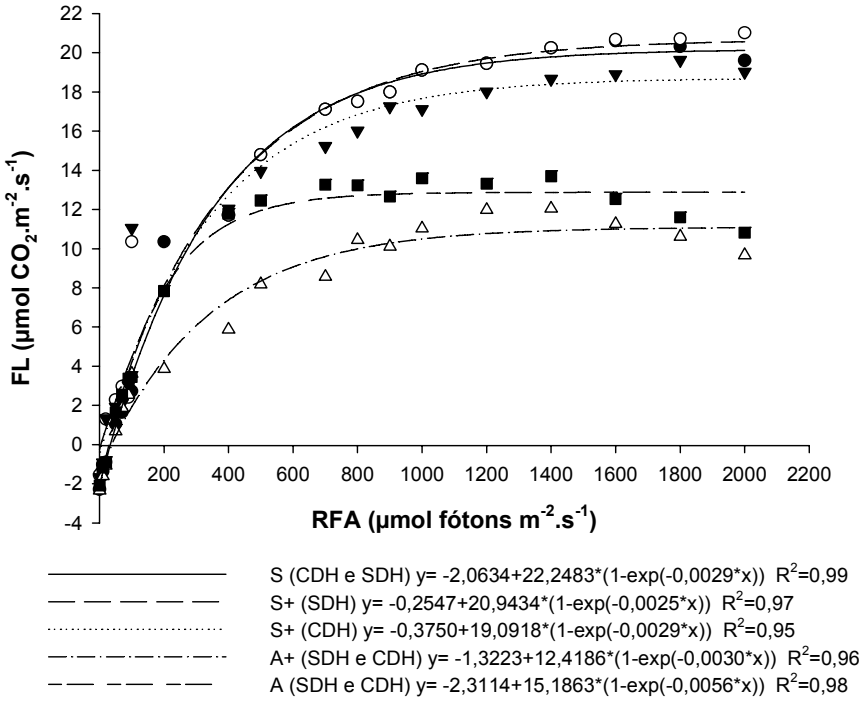

Figura 15 - Estimativas das curvas de fotossíntese líquida (FL) para os monocultivos de soja (S) e *Alternanthera tenella* (A) ou sua competição (S+ e A+), em câmara de crescimento, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH), em resposta a radiação fotossinteticamente ativa (PAR). ● S (SDH e CDH); o S+ (SDH); ▼ S+ (CDH); Δ A+ (SDH e CDH); ■ A (SDH e CDH). As curvas representam os valores médios entre os tratamentos CDH e SDH, quando não significativos pelo teste "t" P>0,05)

As análises da atividade da nitrato redutase (NR) revelam baixa ação da enzima para *A. tenella* em comparação à da soja (Figura 16), enfatizando metabolismo diferencial do nitrogênio, principalmente pela planta daninha possuir ciclo fotossintético intermediário, com alterações na ciclagem do N. Além disso, sabe-se que algumas espécies possuem atividade da NR concentrada no sistema radicular ao invés das folhas, não necessitando de ação direta da luz para sua ativação. Apesar de não ter sido testado, supõe-se que a planta daninha concentra sua atividade enzimática no sistema radical, embora deva ser avaliado para maiores conclusões.

Conforme esperado, a deficiência hídrica reduziu significativamente (P<0,05) a atividade da enzima para a cultura (Figura 16). Diversos trabalhos demonstram os efeitos da luz (DUKE; DUKE, 1984) suprimento de nitrato (AHMAD et al., 2007) e da deficiência hídrica (ZHELYUK et al., 1985) na redução da NR. Estes eventos estão associados aos processos de conversão e

ciclagem de aminoácidos, regulando a expressão gênica de enzimas-chave e sua atividade na planta. Apesar de ocorrer variações entre espécies e cultivares, Xu e Zhou (2004) relatam que a deficiência hídrica reduz a atividade da NR embora aumente a atividade de proteinases, apresentando ação direta na regulação do metabolismo de nitrogênio nas plantas.

Sob condições de competição com *A. tenella*, verifica-se a redução na atividade da NR da cultura (Figura 16). Este efeito pode estar associado à pronunciada competitividade da planta daninha durante o período de estresse (20 – 40 DAT), principalmente em relação à absorção de água e nutrientes.

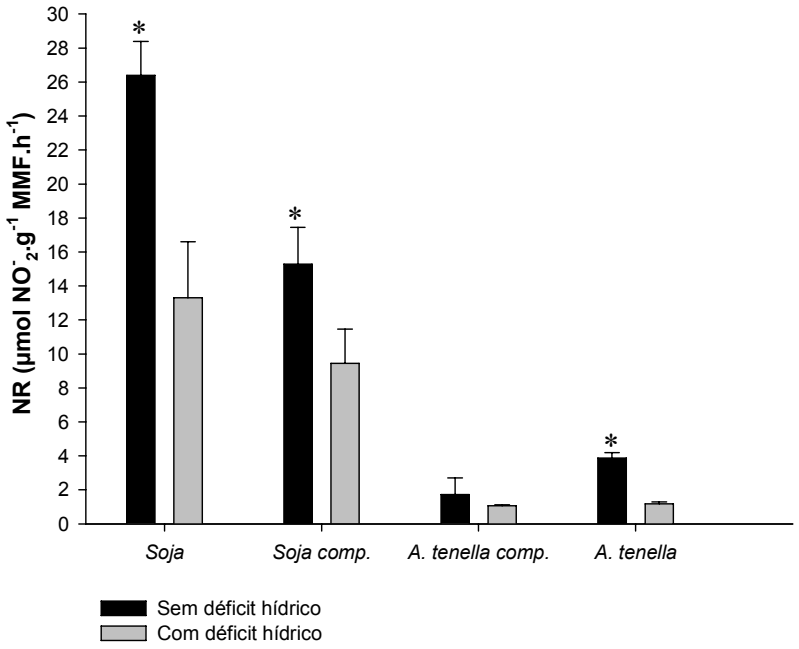

Figura 16 - Atividade da enzima Nitrato Redutase - NR (µmol(NO_2^-).g^{-1}(massa de matéria fresca).h^{-1}) de soja e *Alternanthera tenella* cultivadas em câmara de crescimento, submetidas ou não à deficiência hídrica, avaliada aos 35 dias após emergência. * Diferença significativa entre os tratamentos com e sem deficiência hídrica (P<0,05)

As análises de macronutrientes (g.kg^{-1}(massa de matéria seca)) revelam vantagens no acúmulo de K e Mg de folhas e caules para a planta daninha em relação à soja, principalmente quando as plantas foram submetidas a deficiência hídrica. Teores de P em folhas de *A. tenella* também foram superiores aos constatados para a soja em condições de estresse. Tais resultados enfatizam a habilidade competitiva de *A. tenella* sob baixa disponibilidade de água no solo. Em geral a disponibilidade de P está associada à movimentação difusiva deste nutriente no solo,

sendo influenciada, entre outros fatores, pelo conteúdo de água disponível (SINGH et al., 2006) Além disso, algumas pesquisas demonstram que teores de P elevado nas folhas permitem maior tolerância da planta a ciclos de deficiência hídrica, permitindo maior condutância estomática nas folhas (ACKERSON, 1985).

Tanto o K como o Mg também estão associados à maior tolerância de plantas a deficiência hídrica. Thalooth, Tawfik e Mohamed (2006) relatam os efeitos positivos da adubação foliar com K e Mg na redução dos níveis de estresse por deficiência hídrica. Sabe-se que o K é essencial na manutenção do potencial osmótico das plantas e desempenha função fundamental na abertura e fechamento estomático. Já o Mg está ligado a diversos processos fisiológicos e bioquímicos, fundamentalmente na formação da clorofila e ativação de enzimas de síntese protéica (MALAVOLTA, 2006). O mesmo pode atuar como catalisador em muitos processos oxidativos, participando nas atividades de reconstituição de membranas. Todavia, teores totais médios de macronutrientes de soja, em monocultivo ou competição, foram maiores que aqueles constatados para a planta daninha, estando vinculados à maior massa de matéria seca apresentada para a cultura aos 50 DAT.

Verifica-se, também, que a soja reduz seu potencial de assimilação e acúmulo para a maioria dos nutrientes quando submetida ao período de deficiência hídrica (Tabela 7). Em contrapartida, os teores de macronutrientes para *A. tenella* mantiveram-se inalterados sob efeito da deficiência, ressalvando novamente a tolerância desta planta daninha à escassez por água.

A partir das análises e resultados obtidos, *A. tenella* apresenta-se como espécie altamente competitiva com a soja em condições de deficiência hídrica, mesmo que este ocorra somente no início do estabelecimento da cultura. Isto é evidenciado pela baixa demanda evapotranspiratória, pela inalterância nas taxas de trocas gasosas (FL, Tr e Cn) e, principalmente, pelo maior acúmulo de macronutrientes atenuadores dos efeitos da deficiência hídrica (P, K e Mg). Apesar da maior competição intra-específica de soja, a presença de *A. tenella* durante o ciclo da cultura pode representar sérias reduções nos índices de produtividade, conforme já relatado por Nepumoceno et al. (2007). Este efeito também é atribuído ao maior crescimento da planta daninha ao final do período de competição, podendo dificultar os procedimentos de colheita e comprometer os cultivos posteriores.

Tabela 7 - Quantidades de macronutrientes primários particionadas (g.kg^{-1} massa de matéria seca) e totais por planta (mg.pl^{-1}) de soja e *Alternanthera tenella*, cultivadas em câmara de crescimento, com (CDH) e sem deficiência hídrica (SDH), aos 50 dias após o transplante (DAT)

Partição	Cultivo	Soja	Soja +	*A. tenella* +	*A .tenella*
			N		
Raiz	SDH	15,38 (5,14) a	24,79 (0,13) a	22,76 (1,00) a	25,35 (2,94) a
	CDH	22,33 (0,80) a	29,61 (13,09) a	23,89 (1,26) a	18,64 (6,01) a
Caule	SDH	15,19 (4,21) a	17,42 (0,10) a	18,79 (1,27) a	16,57 (1,07) a
	CDH	14,87 (4,27) a	20,34 (0,27) a	19,78 (2,27) a	19,12 (2,41) a
Folha	SDH	28,71 (0,33) d	41,47 (0,06) b	49,88 (0,33) a	36,55 (0,20) c
	CDH	29,84 (12,62) a	45,01 (5,61) a	46,80 (3,87) a	46,43 (4,54) a
Total	SDH	402,89 (25,51) b*	689,06 (7,78) a*	69,21 (7,68) c	105,62 (12,47) c
	CDH	263,61 (43,20) b	463,38 (20,23) a	65,62 (13,94) c	100,09 (28,19) c
			P		
Raiz	SDH	2,36 (0,56) a	2,85 (0,14) a	3,68 (0,36) a	2,47 (0,54) a
	CDH	3,55 (1,45) a	3,19 (0,88) a	3,11 (0,51) a	2,02 (0,086) a
Caule	SDH	2,21 (0,06) a	2,05 (0,10) a	2,90 (0,07) a	3,39 (0,76) a
	CDH	2,22 (0,75) a	2,45 (0,29) a	3,34 (0,42) a	2,95 (0,73) a
Folha	SDH	2,60 (0,78) a	2,44 (1,00) a	3,76 (0,25) a	3,28 (0,04) a
	CDH	2,05 (0,35) b	2,07 (0,26) b	3,97 (0,86) a	3,06 (0,43) a
Total	SDH	45,69 (2,22) a*	53,70 (10,99) a	6,88 (1,00) b	12,76 (0,60) b*
	CDH	27,11 (2,29) b	36,59 (3,31) a	7,32 (0,35) c	8,91 (0,27) c
			K		
Raiz	SDH	32,76 (0,73) a	25,57 (2,17) a	42,52 (17,43) a	25,06 (1,45) a
	CDH	27,11 (4,36) a	27,62 (6,54) a	32,25 (8,71) a	19,92 (8,72) a
Caule	SDH	41,49 (1,44) c	42,11 (2,90) c	115,46 (2,52) a	97,99 (2,90) b
	CDH	40,98 (3,63) c	35,33 (0,01) c	113,41 (1,46) a	85,16 (12,34) b
Folha	SDH	30,30 (4,36) b	29,68 (3,63) b	74,37 (4,35) a	45,60 (13,07) b
	CDH	30,19 (1,44) b	33,28 (1,02) b	65,64 (2,17) a	47,60 (18,88) ab
Total	SDH	684,40 (10,78) b*	790,11 (48,28) a*	173,26 (21,72) c	260,80 (7,77) c
	CDH	382,58 (49,64) a	488,53 (35,47) a	162,77 (32,02) b	189,18 (74,69) b

Linhas seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).* Diferença significativa na coluna entre os tratamentos SDH e CDH (P<0,05). Valores entre parênteses representam os desvios-padrão da média. [1] +: com comprtição.

Tabela 8 - Quantidades de macronutrientes secundários particionadas (g.kg^{-1} massa de matéria seca) e totais por planta (mg.pl^{-1}) de soja e *Alternanthera tenella*, cultivadas em câmara de crescimento, com (CDH) e sem deficiência hídrica (SDH), aos 50 dias após o transplante (DAT)

Partição	Cultivo	Soja	Soja +[1]	*A. tenella* +	*A. tenella*
			Ca		
Raiz	SDH	4,00 (0,27) ab	3,65 (0,54) b	4,69 (0,15) a	3,56 (0,19) b
	CDH	3,13 (0,74) a	3,15 (0,31) a	4,06 (0,81) a	3,76 (0,08) a
Caule	SDH	2,88 (0,07) a	3,10 (0,08) a	2,44 (0,31) a	2,58 (0,19) a
	CDH	3,16 (0,07) a	3,37 (0,23) a	4,12 (2,28) a	2,63 (0,43) a
Folha	SDH	5,82 (1,55) b	5,84 (0,07) b	7,63 (0,65) ab	9,77 (0,04) a
	CDH	5,54 (0,50) b	5,73 (0,23) b	9,93 (1,98) a	9,22 (0,35) ab
Total	SDH	83,98 (19,03) a	103,63 (1,29) a*	10,53 (0,83) b	23,80 (2,66) b
	CDH	49,77 (11,79) a	62,14 (3,12) a	13,24 (1,28) b	18,19 (1,96) b
			Mg		
Raiz	SDH	10,45 (1,46) a	16,54 (4,78) a	8,77 (1,26) a	10,29 (0,68) a
	CDH	12,62 (0,76) a	15,96 (1,27) a	10,56 (3,66) a	9,43 (0,83) a
Caule	SDH	6,58 (0,20) b	7,03 (0,17) b	9,39 (1,28) b	16,77 (2,83) a
	CDH	7,30 (0,71) b	8,00 (0,05) b	12,63 (0,29) a	13,54 (0,67) a
Folha	SDH	9,70 (1,11) c	10,00 (0,23) c	29,10 (0,87) b	38,96 (1,35) a
	CDH	9,98 (0,45) b	10,16 (0,41) b	30,25 (2,89) a	39,77 (3,30) a
Total	SDH	163,68 (26,24) b	215,76 (13,15) a*	38,27 (5,33) d	104,52 (11,04) c
	CDH	109,85 (16,07) b	155,38 (0,71) a	40,90 (3,84) d	78,18 (8,28) c
			S		
Raiz	SDH	2,38 (0,17) a	3,19 (0,03) a	3,41 (0,92) a	1,78 (0,07) a
	CDH	3,00 (1,10) a	3,55 (0,18) a	3,11 (1,03) a	3,39 (1,20) a
Caule	SDH	1,00 (0,02) b	0,92 (0,02) b	1,92 (0,36) a	1,77 (0,06) a
	CDH	0,91 (0,12) b	1,01 (0,11) b	2,69 (0,61) a	2,30 (0,40) a
Folha	SDH	1,73 (0,25) b	2,16 (0,30) b	3,30 (0,31) a	2,81 (0,31) ab
	CDH	1,98 (0,16) a	1,97 (0,29) a	2,86 (0,38) a	3,05 (0,66) a
Total	SDH	29,69 (0,44) b*	40,21 (3,51) a*	5,53 (0,75) c	8,96 (1,75) c
	CDH	20,48 (0,82) b	28,17 (0,57) a	5,95 (1,67) c	8,69 (1,17) c

Linhas seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).* Diferença significativa na coluna entre os tratamentos SDH e CDH (P<0,05). Valores entre parênteses representam os desvios-padrão da média. [1] +: com competição.

Conforme constatado, as relações de competição entre as espécies alteraram-se em função da deficiência hídrica. A planta daninha mostrou-se mais competitiva quando ocorreu redução na disponibilidade de água no solo, sendo necessária a incorporação desta habilidade de competição de *A. tenella* nos programas de manejo integrado utilizados nas áreas com predominância desta espécie.

Referências

ACKERSON, R.C. Osmoregulation in cotton in response to water stress. **Plant Physiology**, Rockville, v.77, p.309-312, 1985.

AHMAD, S.; FAZLI, I.S.; JAMAL, A.; IQBAL, M.; ABDIN, M.Z. Interactive effect of sulfur and nitrogen on nitrate redutase and ATP-sulfurylase activities in relation to seed yield from *Psoralea corylifolia* L. **Journal of Plant Biology**, New York, v.50, n.3, p.351-357, 2007.

ALMEIDA, A.M.R.; FUKUSHIGUE, C.Y.; SARTORI, F.; BINNECK, E.; MARIN, S.R.R.; INOUE-NAGATA, A.K.; CHAGAS, C.M.; SOUTO, E.R.; MITUTI, T. Natural infection of *Alternanthera tenella* (Amaranthaceae) by a new potyvirus, Brief Report. **Archives Virology**, Netherlands, v.152, p.2095-2099, 2007.

BAUMANN, D.T.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M.J. Competition and crop performance in a leek–celery intercropping system. **Crop Science**, Madison, v.41, p.764-774, 2001.

DALLEY, C.D.; BERNARDS, M.L.; KELLS, M.J. Effect of water removal timing and row spacing on soil moisture in corn (*Zea mays*), **Weed Ecology**, Washington, v.20, n.2, p.399-409, 2006.

DUKE, S.H.; DUKE, S.O. Light control of extractable nitrate redutase activity in higher plants. **Physiologia Plantarum**, Madison, v.62, n.3, p.485-493, 1984.

FERREIRA, E.A.; PROCÓPIO, S.O.; SILVA, E.A.M.; SILVA, A.A.; RUFINO, R.J.N. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. IV - *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus spinosus, Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.263-271, 2003.

FREITAS, R.S.; BERGER, P.G.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.C.; CECON, P.R.; SILVA, M.P. Manejo de plantas daninhas na cultura do algodoeiro em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24 n.2, p.339-346, 2006.

GOWIK, U.; ENGELMANN, S.; BLÄSING, O.E.; RAGHAVENDRA, A.S.; WESTHOFF, P. Evolution of C_4 phosphoenolpyruvate carboxylase in the genus *Alternanthera*: gene families and

the enzymatic characteristics of the C_4 isozyme and its orthologues in C_3 and C_3/C_4 Alternantheras. **Planta**, Berlin, v.223, p.359-368, 2006.

GUTIERREZ-BOEM, F.H.; GRANT, T.W. Leaf area development in soybean as affected by phosphorus nutrition and water deficit. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.24, n.11, p.1711-1729, 2001.

ISODA, I.; ISODA, A. Adaptive responses of soybean and cotton to water stress. I-Transpirations changes in relation to stomatal area and stomatal conductance. **Plant Production Science**, Tokio, v.8, n.1, p.16-26, 2005.

KING, C.A.; PURCELL, L.C. interference between hemp sesbania (*Sesbania exaltata*) and soybean (*Glycine max*) in response to irrigation and nitrogen. **Weed Science**, Lawrence, v.45, n.1, p.91-97, 1997.

KROPFF, M.J.; VAN LAAR, H.H. **Modelling crop-weed interactions**. CAB International, Wallingford, 1993, 274p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª. ed. Piracicaba: Potafos, 1997, 319p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba:Editora Ceres, 2006, 638 p.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S.; PAVANI, M.C.M.D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.1, p.43-50, 2007.

NICHOLAS, J.C.; HARPER, J.E.; HAGEMAN, R.H. Nitrate reductase activity in soybeans (*Glycine max* L. Merrill). I. Effects of light and temperature. **Plant Physiology**, Rockville, v.58, p.731-735, 1976.

NORRIS, R.F. Have ecological and biological studies improved weed control strategies? In: INTERNATIONAL **ANNALS** WEED CONTROL CONGRESS, v.1, p.7-33, 1992.

PACHECO, L.P.; BUENO, A.F. Associações entre o herbicida glyphosate e inseticidas na cultura da soja roundup ready®. **Planta Daninha**,Viçosa, v.25, n.2, p.389-398, 2007.

PATTERSON, D.T.; FLINT, E.P. Comparative water relations, photosynthesis, and growth of soybean (*Glycine max*) and seven associated weeds. **Weed Science**, Lawrence, v.31, p.522-527, 1983.

PETTER, F.A.; PROCÓPIO, S.O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BARROSO, A.L.L.; PACHECO, L.P.; BUENO, A.F. Associações entre o herbicida glyphosate e inseticidas na cultura da soja roundup ready®. **Planta Daninha**,Viçosa, v.25, n.2, p.389-398, 2007.

POORTER, H. **Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences**. In: LAMBERS, H.; CAMBRIDGE, M.L.; KONINGD, H.; PONS, T.L. (Ed.). Causes and consequences of variation in growth and productivity of higher plants, The Hague: SPB Academic Publishers 1990. p.45-68.

SADEGHI, A.M.; STARR, J.L.; TEASDALE, J.R.; ROSECRANCE, R.C.; ROWLAND, R.A. Real-time soil profile water content as influenced by weed-corn competition. **Soil Science**, Baltimore, v.172, n.10, p.759-769, 2007.

SALGADO, T.P.; SALLES, M.S.; MARTINS, J.V.F.; ALVES, P.L.C.A. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca, **Planta Daninha**,Viçosa, v.25, n.3, p.443-448, 2007.

SINGH, V.; PALLAGHY, C.K.; SINGH, D. Phosphorus nutrition and tolerance of cotton to water stress I. Seed cotton yield and leaf morphology. **Field Crops Research, Amsterdam,** v.96, p.191-198, 2006.

SPITTERS, C.J.T. An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. 1-Estimation of competition effects. **Netherlands Journal Agricultural Science**, Amsterdam, v.31, p.1-11, 1983.

THALOOTH, A.T.; TAWFIK, M.M.; MOHAMED, H.M. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of Mungbean plants grown under water stress conditions. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.2, n.1, p.37-46, 2006.

VILÀ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, Dordrecht, v.6, n.1, p.59-69, 2004.

WORTMANN, C.S. Contribution of bean morphological characteristics to weed suppression. **Agronomy Journal**, Stanford, v.85, p.840-843, 1993.

XU, Z.; ZHOU, G. Research advance in nitrogen metabolism of plant and its environmental regulation, **Chinese Journal of Applied Ecology**, Shenyang, v.15 n.3, p.511-516, 2004.

ZHELYUK, V.M.; OVRUTSKAYA, Z.G.; MOLDOVAN, N.I.; ZAVERYUKHIN, V.I. Nitrate redutase and nitrogenase activity in leaves and nodules of soybean with different levels of water supply. **Fiziologiya i Biokhimiya Kul'turnykh-Rastenii**, Moscow, v.7, n.1, p.34-39, 1985.

4 ANÁLISES DE CRESCIMENTO DE *Tridax procumbens* E SOJA E SUA RELAÇÃO COMPETITIVA SOB CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA TEMPORÁRIA

Tridax procumbens and soybean growth analysis and its competitive relation under temporary water deficit conditions

Resumo

Devido à ausência na caracterização competitiva de diversas espécies daninhas e suas habilidades sob condições edafoclimáticas desfavoráveis, avaliou-se o potencial de competição de *Tridax procumbens* cultivada com soja, comparando-se os resultados obtidos em condições normais de cultivo ou sob redução da disponibilidade hídrica no solo. O cultivo foi realizado em condições parcialmente controladas, em câmara de crescimento, utilizando-se o sistema de séries substitutivas, o qual abrangeu os monocultivos das espécies e a sua competição, fixando-se o número total em duas plantas por vaso (4 L). As avaliações incluíram parâmetros de crescimento e partição de fotoassimilados das espécies, entre eles, altura, área foliar e área foliar específica, razões de massa de matéria seca de raiz, caule e folha, taxas de assimilação e fotossíntese líquida e atividade de nitrato redutase aos 20, 50 e 70 dias após o transplante, bem como os teores de macronutrientes das espécies. Verificaram-se menores demanda evapotranspiratória, duração e área foliar, assim como, taxa de assimilação líquida para *T. procumbens*, com conseqüentes aumentos na área foliar específica e na razão de área foliar durante o ciclo de cultivo. Mesmo sob deficiência hídrica temporária, a soja apresentou maiores altura, área foliar e massa de matéria seca total. A taxa de fotossíntese líquida de soja foi significativamente superior à planta daninha, embora *T. procumbens* tenha superado a cultura no início do seu cultivo. A atividade da nitrato redutase também foi maior para a soja, em todos os períodos de coleta. Pelas análises minerais, a planta daninha demonstrou alteração na partição destes, principalmente com concentração de K e Mg em folhas e caules, respectivamente. Por meio das comparações entre os tratamentos com e sem deficiência hídrica, não foi possível distinguir completamente o efeito entre a disponibilidade de água e a competição por demais recursos do meio entre soja e *T. procumbens*. Embora se verifique maior competição intra-específica da cultura, sugere-se a condução de estudos em campo ou demais pesquisas com o objetivo de separar a competição entre a parte aérea e radicular desta espécie.

Palavras-chave: *Glycine max*; Erva-de-touro; Séries substitutivas; Evapotranspiração; Competição

Abstract

Due to poor competitive characterization of several weeds and its ability under unfavourable climatic and soil conditions, the competition potential of *Tridax procumbens* and soybean growth was evaluated, making the comparisons between normal and water stress conditions. The experiment was done with partial control conditions into growth chamber, using a replacement series system, which was enclosed the monoculture and the competition of species, establishing two plants total per pot (4 L). The assessments included growth and photoassimilates partition measures of species, including height, leaf area and specific leaf area, dry matter ratios of root, stem and leaf, assimilation rates and net photosynthesis, and nitrate reductase activity at

20, 50 and 70 days after the transplant as well as macronutrients levels. There were slight evapotranspiration demand, length and leaf area as well as net assimilation rate to *T. procumbens*, with consequent increases in specific leaf area and leaf area ratio during the course of cultivation. Even with temporary water stress, soybean showed higher height, leaf area and total dry matter. Net photosynthesis rate of soybean were significantly higher than the weed, although *T. procumbens* has overtaken the crop at the beginning of its crop growing. Nitrate reductase activity was also higher for soybean in all sampling periods. From mineral analysis, the weed showed changes on its partition, mainly at K and Mg concentration in leaves and stems, respectively. By comparisons between treatments with and without water stress, it was not possible distinguish completely between water availability and competition effects from other resources on soybean and *T. procumbens* growth. Although there is a greater intra-specific crop competition, more field studies and other researches are suggested including differences on competition between roots and shoot parts.

Keywords: *Glycine max*; Coatbuttons; Replacement series; Evapotranspiration; Competition

4.1 Introdução

O uso de herbicidas e a implementação de técnicas de controle de plantas daninhas têm proporcionado praticidade e rapidez na redução da interferência de diversas espécies nas culturas. Apesar da sua contribuição no avanço das pesquisas com plantas daninhas, a extensa utilização destes produtos é questionada, fundamentalmente pelo seu impacto no ambiente (GIUDICE et al., 2008; SANYAL; SHRESTHA, 2008), pelo aumento nos casos e estudos de resistência (ROUX; REBOUD, 2004) e pela dependência externa dos produtores no controle das espécies (NGOWI et al., 2007). Sobre estes aspectos, alguns pesquisadores reconheceram que o manejo de plantas daninhas deveria estar focado em um sistema integrado de ações, cujos benefícios fossem maximizados e que os resultados tornassem-se duradouros.

Principalmente a partir da década de 70, o manejo integrado de plantas daninhas passou a ser freqüentemente discutido, com aumento significativo nas publicações relacionadas ao seu conceito, técnicas e aplicabilidade (DONALD et al., 1991). Entretanto, esta expansão não ocorreu de forma homogênea, ficando restrita aos grandes centros e a países mais desenvolvidos. No Brasil, por exemplo, a ciência das plantas daninhas esteve, por muito tempo, focada em estudos relacionados a herbicidas, doses e períodos de controle. Todavia, sabe-se que a implementação do manejo integrado não pode ser realizada sem informações básicas da biologia e ecologia das plantas daninhas em seus agro-ecossistemas. Ao mesmo tempo, durante o controle de determinada espécie, torna-se indispensável a atenção às demais espécies de menor ocorrência na área, as quais podem dominar o espaço livre biológico tornando-se novo problema de controle (MORTENSEN et al., 2000).

A espécie *Tridax procumbens*, por exemplo, tem sido utilizada como fonte alimentar (SINGH et al., 2007) e estudada no tratamento medicinal em animais de outros países (MOHAMMED et al., 2008). No Brasil, porém, o aumento da sua ocorrência em áreas de cultivo de soja tem demandado maior atenção no seu controle, sendo considerada planta daninha comum entre as regiões sul e centro-oeste do país (GUIMARÃES et al., 2004a; 2004b). Apesar da carência de informações, suspeita-se que está espécie tenha proliferado-se nos cultivos anuais da região centro-oeste, pela redução da interferência de outras plantas daninhas e, fundamentalmente, pela sua maior tolerância ao glyphosate em cultivos de soja transgênica (GRAZZIERO, 2005), deixando-se de utilizar outros herbicidas com diferentes espectros de ação. Embora a maioria dos trabalhos com *T. procumbens* esteja relacionado com suas propriedades medicinais, está espécie também está presente em áreas agrícolas de outros países, sendo responsável pela redução produtiva nas lavouras, inclusive em soja (JEYABAL et al., 2001). A capacidade de disseminação das suas sementes pelo vento contribui para sua proliferação em diferentes áreas, dificultando o controle da espécie.

Neste sentido, as análises dos parâmetros de crescimento de plantas daninhas, especialmente para *T. procumbens*, e sua relação competitiva com as culturas são de fundamental importância na determinação de táticas e no manejo desta espécie, mesmo quando focados no uso de herbicidas (ERASMO; BIANCO; PITELLI, 1997; CHRISTOFFOLETI, 2001). Mais recentemente, modelos baseados no acúmulo e partição de massa de matéria seca das plantas também têm sido propostos e validados para algumas culturas, em função da importância deste conhecimento na redução da competição e no aumento da produtividade (BAUMANN; BASTIAANS; KROPFF, 2001).

Em condições de estresse por adversidades climáticas, as análises dos componentes de produção de massa de matéria seca, área foliar e assimilação líquida de carbono tornam-se ainda mais importantes, pois as decisões de controle de plantas daninhas dificilmente consideram as variações da disponibilidade de luz, água e nutrientes, ou mesmo, as alternâncias de temperatura no decorrer dos cultivos. Dentre estas, a maior freqüência de deficiência hídrica nos últimos anos demanda maior atenção nos estudos de biologia e competição de plantas daninhas, pois a disponibilidade de água está diretamente relacionada às taxas de crescimento e eficiência competitiva de plantas por este e demais recursos. Considerações em relação ao potencial competitivo sob condições normais de cultivo ou sob estresses bióticos ou abióticos também

complementam as características de cada espécie, podendo variar conforme a rapidez e plasticidade de adaptação das plantas ao ambiente.

Considerando necessária a avaliação da capacidade competitiva de *Tridax procumbens* junto à soja, o objetivo do estudo foi avaliar as diferenças de resposta do monocultivo de cada espécie e da sua competição, sob condições normais de fornecimento de água ou com deficiência hídrica temporária no início de desenvolvimento das plantas.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi instalado em câmara de crescimento, modelo E15 (Conviron®), com área e altura úteis de 1,4 m^2 e 1,17 m, respectivamente. As condições de temperatura e umidade relativa do ar foram controladas, respeitando as condições ótimas estabelecidas para a cultura da soja. As temperaturas permaneceram entre 25 e 30°C no período diurno, e entre 18 e 22 ^{o}C durante o período noturno. A oscilação térmica no decorrer de 24 horas foi gradualmente alterada com expectativa de melhor representar as condições normalmente constatadas a campo. O fotoperíodo estabelecido foi constante durante todo o ciclo da cultura, com 14 horas de luz e 10 horas na sua ausência. A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente, medida a 15 cm das lâmpadas, foi cerca de 800 μmol(fótons)$m^{-2}.s^{-1}$.

As sementes de *Tridax procumbens* foram adquiridas de empresa especializada, sendo pré-selecionadas para garantir maior uniformidade. A variedade de soja cultivada foi de ciclo semi-precoce, BRS 232, a qual é pouco sensível ao fotoperíodo. Tanto as sementes de soja, como as da planta daninha foram inicialmente selecionadas para determinar os períodos necessários entre a semeadura e o início da germinação. A soja apresentou germinação superior a 50% após seis dias da semeadura. Já para a planta daninha, isto ocorreu aos quatro dias. A partir destes testes, foi possível determinar o número de sementes necessárias para a realização do experimento, assegurando maior uniformidade entre os períodos de germinação das espécies.

Para instalação, as sementes de *T. procumbens* e soja foram pré-germinadas em espuma fenólica e as plântulas imediatamente transferidas para vasos cilíndricos de 4 L (15 cm diâmetro x 30 cm altura, com aproximadamente 140 g.). Os mesmos foram preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo previamente peneirado e com pH próximo a 4,5. Por meio de sua análise química, constataram-se teores de 1,7% de matéria orgânica, 4,55 $mg.dm^{-3}$ de fósforo e 0,7; 11,0; 4,0; 3,0 e 28,0 $mmolc.dm^{-3}$ de K^+, Ca^{+2}, Mg^{+2}, Al^{+3} e H^++Al^{+3}, respectivamente, com saturação de bases de 35,9%. Foram cultivadas duas plantas por vaso, permanecendo sempre a mesma

densidade, em monocultivo ou competição, sendo a massa total (vaso + solo + água + plântulas) aferida no momento do seu preenchimento.

A padronização do número de plantas por vaso baseou-se no sistema experimental de séries substitutivas, o qual permite distinguir qual das espécies é mais ou menos tolerante às variações impostas pelo ambiente, sendo avaliado neste estudo, o efeito da deficiência hídrica. Deve-se ressaltar que, em experimentos realizados em séries substitutivas, o aumento da população não interfere qualitativamente na dinâmica competitiva entre as espécies, ou seja, a dominância de uma espécie sobre a outra dificilmente se altera em função do tamanho da população (COUSENS; O'NEILL, 1993). Além disso, há divergência entre a composição dos tratamentos e a comparação dos resultados, pelo fato de compararem-se diferentes médias amostrais de plantas provindas de uma mesma unidade experimental (CONNOLLY, 1986).

A adubação foi realizada por meio da adição diária de solução nutritiva (Tabela 1), a qual foi utilizada como controle no estabelecimento da deficiência hídrica. A redução do fornecimento de água foi realizada a partir do completo estabelecimento das plantas, aos 20 dias após o transplante (DAT), sendo mantida até 40 DAT. Os teores de água no solo foram diariamente monitorados pelo método de pesagem, sendo admitidos 50% (com deficiência hídrica) e 100% (sem deficiência hídrica) da quantidade de água inicialmente adicionada no momento da instalação do experimento. Para cada vaso contendo 4,4 kg de solo seco ao ar foram adicionados 900 mL de água iniciais, correspondendo a capacidade de saturação previamente determinada de 0,204 g água.g^{-1} solo. Durante a condução do experimento, o pequeno incremento de fitomassa, em casa período avaliado, não foi considerado na pesagem dos vasos, o qual resultou em pequena diferença na estimativa de água evapotranspirada, subestimando a quantia adicionada.

Tabela 9 - Composição da solução nutritiva utilizada no cultivo de soja e *Alternanthera tenella* em monocultivo e em competição

$MgSO_4$	$CaNO_3$	KNO_3	MKP	Fe-EDTA	Composto com Micronutrientes
		mg.L^{-1}			B(2%), Cu(0,8%), Mo(0,32%), Mn(3,2%), Zn(2,0%)
290	500	175	434	1,62	15,0 mg.L^{-1}

Condutividade elétrica: $\pm$ 1,2 mS.cm^{-1}

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo os tratamentos

composto pela combinação dos três sistemas de cultivo (soja em monocultivo, soja + planta daninha em competição e planta daninha em monocultivo) com duas condições de disponibilidade de água no solo (com ou sem deficiência hídrica temporária), em esquema fatorial com total de 10 repetições. Para as análises dos resultados referentes à cultura e à planta daninha cultivadas no mesmo vaso (em competição), optou-se pela separação do esquema fatorial ao invés de se utilizar as médias entre as plantas ou o total por vaso, representando melhor o objetivo proposto. A comparação entre as médias dos tratamentos com (CDH) e sem deficiência hídrica (SDH) foi realizada pelo teste "t" (P=0,05).

Análises de crescimento

As análises de crescimento foram compostas pela partição de massa de matéria seca de raiz, caule, folha e fruto das espécies, aos 20, 50 e 70 dias após o transplante. Calcularam-se também as relações de massa de matéria seca de cada porção avaliada na massa de matéria seca total das plantas. A área foliar (AF) foi determinada utilizando-se integrador de área foliar, LI-Cor modelo LI 3100. A partir dos valores de AF foram calculados o índice de área foliar (IAF), a área foliar específica (AFE) e a razão de área foliar (RAF) no monocultivo de soja e *T. procumbens* ou em competição (Tabela 9). Incluíram-se ainda as análises da taxa de assimilação líquida e da duração de área foliar entre os intervalos propostos de coleta.

Tabela 10 - Representação das equações e unidades utilizadas nas análises de crescimento de soja e *T. procumbens*

Parâmetro avaliado / Equação	Unidade
Altura de planta	cm
Massa de matéria seca total (MMST)=R+C+Fl+F, em que R, C, Fl e F representam a massa de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos, respectivamente	g
Razão de massa de matéria seca de raiz (RMMSR)=MMSR/MMST	$g.g^{-1}$
Razão de massa de matéria seca de caule (RMMSC)=MMSC/MMST	$g.g^{-1}$
Razão de massa de matéria seca de folha (RMMSFl)=MMSFl/MMST	$g.g^{-1}$
Área foliar (AF)	cm^2
Índice de área foliar (IAF)=AF/Área vaso	-
Área foliar específica (AFE)=AF/Fl	$dm^2.g^{-1}$
Razão de área foliar (RAF)=AF/MMST	$dm^2.g^{-1}$
Duração de área foliar (DAF)=$IAF_i + IAF_{i-1}/(\Delta T*2)$, sendo ΔT o intervalo, em dias, entre as avaliações	dias
Taxa de assimilação líquida (TAL)=$(MMST_2/AF_2 - MMST_1/AF_1)*\{[\alpha/(\alpha-1)]/(T_2-T_1)\}$, em que $\alpha=(\ln MMST_2 - \ln MMST_1)/(\ln AF_2 - \ln AF_1)$	$g.dm^{-2}.dia^{-1}$

Fotossíntese líquida (FL)

Para a determinação da FL (µmol(CO_2).m^{-2}.s^{-1}) de soja e *T. procumbens*, utilizou-se equipamento portátil de medição de trocas gasosas - Infrared Gas Analyser (IRGA), LI-6400 (LI-COR). As medições foram realizadas em folhas totalmente expandidas, distribuídas no terço superior, médio e inferior das plantas, com objetivo de representar melhor a FL média da planta. Para *T. procumbens*, optou-se pela amostragem das folhas totalmente expandidas na porção superior da planta, em virtude da dificuldade de separação das folhas em extratos. As medições foram realizadas aos 20, 50 e 70 DAT, entre 9:00 e 11:00 horas, com padronização da radiação fotossinteticamente ativa de 800 µmol(fótons).m^{-2}.s^{-1}. Todas as leituras foram realizadas com coeficiente de variação do equipamento ($\Delta CO_2 + \Delta H_20$) inferior a 1%.

Determinação da NR

Utilizou-se a comparação da atividade da enzima nitrato redutase (NR) (EC 1.6.6.1.) para observar a capacidade de assimilação de nitrogênio entre as espécies e sua resposta em condições de deficiência hídrica. A atividade da NR é estimulada pela intensidade e duração luminosa (NICHOLAS et al., 1976), assim como, responde a diferentes teores de água no solo (SUNG, 1993). Sua determinação foi realizada em laboratório, por meio da medição indireta da sua atividade, estimando-se a concentração de N-NO_2^- presente na solução de NO_3^- incubada com discos foliares de soja e *T. procumbens* (NICHOLAS et al., 1976). As coletas foram realizadas aos 20, 50 e 70 DAT, coletando-se amostras foliares representativas do terço superior, médio e inferior das plantas. As análises foram realizadas imediatamente após as coletas, sempre no período da manhã, após três horas de exposição à luz na câmara de crescimento.

Análises dos teores de macronutrientes

Para a avaliação dos teores de macronutrientes, realizou-se a amostragem realizada aos 50 DAT. As plantas de soja e *T. procumbens* foram cortadas rente ao solo e separadas entre caule e folha, sendo as raízes coletadas, posteriormente, procedendo-se a lavagem de todo o material com água destilada. Após a coleta, as frações foram mantidas em estufa de ar ventilado a 65ºC durante 48 horas para determinação da massa de matéria seca e dos macronutrientes. As amostras foram trituradas em moinho do tipo Wiley com peneira de 20 mesh, com posterior extração por meio de digestão sulfúrica para as análises de nitrogênio (N) e de digestão nitro-perclórica para os demais minerais.

As determinações de N, fósforo total (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e

magnésio (Mg) foram de acordo com as técnicas descritas por Malavolta et al. (1997). As quantidades totais de cada nutriente foram estimadas, multiplicando-se os teores encontrados nas análises pela massa de matéria seca total avaliada aos 50 DAT.

Análises estatísticas

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, conforme interesse de comparação entre os tratamentos, sendo que quando significativo, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para a comparação das médias. Utilizou-se ainda o teste "t" para testar as diferenças relativas entre as variáveis com ou sem deficiência hídrica temporária. Para as análises dos resultados referentes à cultura e à planta daninha cultivadas no mesmo vaso (em competição), optou-se pela separação do esquema fatorial ao invés de se utilizar as médias entre as plantas ou o total por vaso, representando melhor o objetivo proposto.

4.3 Resultados e Discussão

Verifica-se que o cultivo de soja e *Tridax procumbens* em competição apresentou maior demanda evapotranspiratória em relação à planta daninha em monocultivo, inclusive aos 50 e 70 DAT (Figura 17). Quando comparado ao monocultivo de soja, observa-se similaridade na evapotranspiração acumulada (ET) entre os tratamentos, atribuindo-se a soja o maior consumo de água em relação à planta daninha. Observa-se, também, que após a deficiência hídrica (DH) as relações entre a ET das espécies e entre os tratamentos permaneceram constantes, supondo-se que as relações de crescimento entre soja e *T. procumbens* foram mantidas durante o período avaliado. A menor demanda evapotranspiratória da planta daninha está de acordo com os valores de massa de matéria seca total (MMST) e área foliar (AF) demonstrados posteriormente para *T. procumbens*.

Conforme as variáveis altura e MMST observa-se que a soja possui maior desenvolvimento inicial que *T. procumbens*, conferindo vantagens competitivas para a cultura em relação à planta daninha (Tabela 10). A diferença de altura entre as espécies no início do seu crescimento permite o estabelecimento rápido da cultura e, conseqüentemente, maior interceptação da radiação luminosa, embora houvesse a diminuição nas diferenças de altura entre soja e *T. procumbens* durante o ciclo de desenvolvimento, principalmente em comparação ao monocultivo da planta daninha.

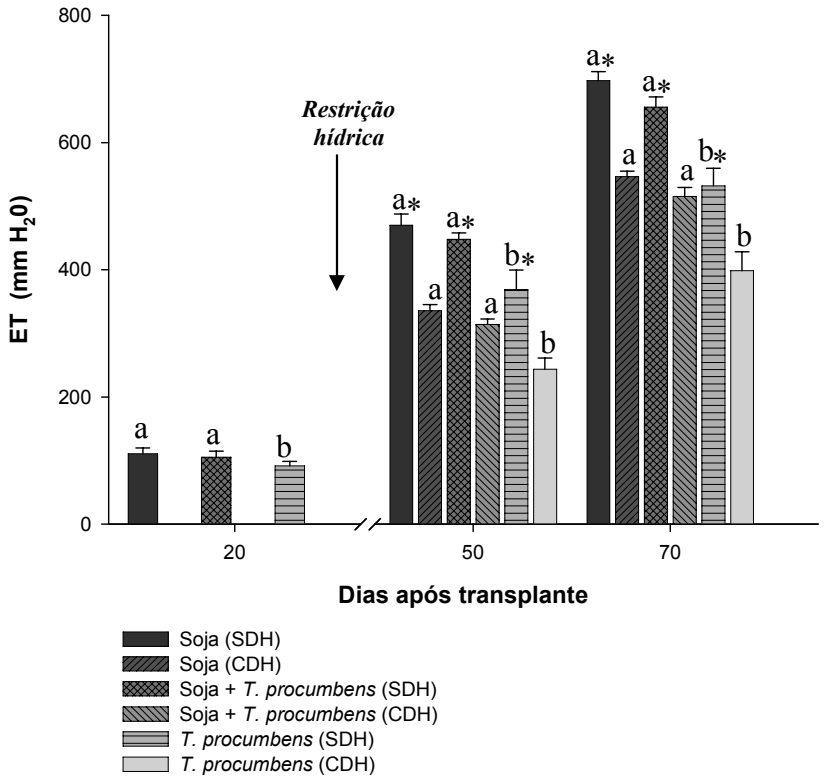

Figura 17 - Evapotranspiração acumulada (ET – mm H_2O) de soja e *Tridax procumbens*, em monocultivo ou competição, cultivadas em câmara de crescimento em condições normais de disponibilidade hídrica (SDH) aos 20 dias após o transplante (DAT), ou após a deficiência hídrica (CDH) temporária, aos 50 e 70 DAT. Colunas representando os tratamentos SDH ou CDH seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * Diferenças significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05)

As análises comparativas entre os tratamentos sem (SDH) e com (CDH) deficiência hídrica, para cada composição de planta, comprovam que a DH não interferiu na altura das plantas (P>0,05), embora o seu efeito tenha minimizado as diferenças de MMST entre soja e *T. procumbens*. A MMST da planta daninha em competição com a cultura e sob DH foi reduzida em média 22% em relação à ausência da deficiência. Todavia, a redução para a soja foi 100% maior, cerca de 42% da MMST obtida no tratamento sem DH. Em ambos os casos, as diferenças entre os tratamentos com e sem DH não foram estatisticamente comprovadas (P>0,05). Por meio das comparações de MMST aos 20 e 70 DAT (Tabela 10), verifica-se ainda que o efeito competitivo intra-específico da cultura foi maior em relação ao interespecífico, sendo constatada maior MMST para soja em competição com a planta daninha do que em monocultivo.

Tabela 11 - Variáveis de crescimento e alocação de fitomassa de soja e *T. procumbens* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária

Composição de plantas	Restrição hídrica	Altura cm	MMST $g.pl^{-1}$	RMMSR	RMMSC $g.g^{-1}$	RMMSFl
				20 DAT		
Soja	SDH	25,60 a	1,43 b	0,215 c	0,297 a	0,489 a
Soja +		24,10 a	2,31 a	0,273 b	0,251 ab	0,476 a
T. procumbens +		10,10 b	1,54 b	0,346 a	0,205 b	0,449 a
T. procumbens		8,75 b	1,03 c	0,242 bc	0,261 ab	0,496 a
				50 DAT		
Soja	SDH	102,50 a	12,04 a	0,335 a	0,295 b	0,370 ab
Soja +		102,20 a	12,39 a	0,148 b	0,373 ab	0,478 a
T. procumbens +		60,50 b	2,76 b	0,087 b	0,531 a	0,366 ab
T. procumbens		83,50 ab	6,03 b	0,122 b	0,530 a	0,283 b*
Soja	CDH	95,50 a	8,47 a	0,315 a	0,296 a	0,389 a
Soja +		99,00 a	8,73 a	0,144 ab	0,394 a	0,462 a
T. procumbens +		60,00 b	2,26 b	0,073 b	0,484 a	0,435 a
T. procumbens		85,00 ab	3,74 ab	0,128 ab	0,487 a	0,355 a
				70 DAT		
Soja	SDH	98,00 a	14,59 b	0,135 a	0,258 b	0,376 a
Soja +		104,00 a	22,16 a	0,113 ab	0,273 b	0,374 a
T. procumbens +		59,50 b	3,11 d	0,056 c	0,545 a	0,399 a
T. procumbens		96,40 ab	8,82 c	0,081 bc	0,560 a	0,326 a
Soja	CDH	103,50 a	15,17 a	0,072 a	0,218 b	0,434 a
Soja +		97,00 a	17,57 a	0,099 a	0,265 b	0,350 a
T. procumbens +		45,00 b	2,08 b	0,105 a	0,485 a	0,396 a
T. procumbens		98,50 a	5,38 b	0,110 a	0,506 a	0,368 a

[a)] SDH- Sem deficiência hídrica; CDH- Com deficiência hídrica entre 20 e 40 dias após o transplante (DAT). MMST- Massa de matéria seca total; RMMSR- Razão de massa de matéria seca de raiz; RMMSC- Razão de massa de matéria seca de caule; RMMSFl- Razão de massa de matéria seca de folha. * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" ($P<0,05$).

Sabendo-se das prováveis diferenças na distribuição de fotoassimilados entre as espécies, observa-se, por meio das análises das razões de massa de matéria seca de raiz (RMMSR), caule

(RMMSC) e folhas (RMMSFl), que a planta daninha em competição, investe, inicialmente (20 DAT), mais fotoassimilados para a formação do seu sistema radicular (Tabela 10). Para as demais porções, os valores de RMMSC e RMMSFl da cultura e da planta foram similares (P>0,05). Aos 50 e 70 DAT, constata-se, principalmente, o aumento na porção de caule de *T. procumbens*, representando cerca de 50% da massa de matéria seca da planta daninha, tanto em competição como em monocultivo. Por ser a maior fração da planta, admite-se que o maior efeito competitivo de *T. procumbens* estaria associado à incorporação de fotoassimilados ao sistema caulinar. Todavia, devido à menor altura desta espécie em relação à soja, esse efeito seria pouco efetivo na competição com a cultura, podendo estar associado, fundamentalmente, à especificidade de reprodução desta planta daninha por porções caulinares, com emissão de novas raízes a partir do contato do caule com o solo. Em relação à RMMSFl, tanto a soja como a planta daninha investem cerca de 40% de fotoassimilados para as folhas, embora aos 70 DAT, parte dos fotoassimilados já estão sendo utilizados para a formação de grãos na cultura. Verifica-se ainda, que a DH não interferiu na distribuição da massa de matéria seca da cultura e da planta daninha, tanto em condições de monocultivo como em competição, com exceção para a RMMSFl de *T. procumbens* em monocultivo, aos 50 DAT.

O efeito competitivo da parte aérea entre as espécies fica mais evidente quando se observa a razão entre o somatório de massa de matéria seca de caule e folha (A) em relação à massa de matéria seca de raiz (R) (Figura 18). Verifica-se que, na ausência da planta daninha, a relação A/R permanece constante até os 50 DAT, ou seja, há partição homogênea de fotoassimilados entre a parte aérea e radicular (Figura 18-a), com incremento na incorporação de fotoassimilados para a parte aérea a partir do início do florescimento (50 DAT). Esta alteração na relação R/A é decorrente do início da formação de grãos pela cultura, os quais são capazes de acumular grandes quantidades de fotoassimilados, em acordo com o modelo de Wolswinkel (1985), no qual se utiliza o termo “força de dreno” para qualificar a prioridade de incorporação de fotoassimilados nas plantas. Porém, em competição com *T. procumbens*, verifica-se o aumento linear da relação A/R (Figura 18-b), podendo-se admitir que a cultura favorece a incorporação de fotoassimilados na parte aérea devido à competição inicial da planta daninha com a sua porção superior de massa de matéria seca, a qual pode ser constatada pela semelhança entre as espécies para RMMSC e RMMSFl apresentadas aos 20 DAT (Tabela 10).

Para *T. procumbens*, verifica-se ainda que as relações A/R, tanto em competição (Figura

18-c) como em monocultivo (Figura 18-d) são crescentes desde o período inicial, atingindo valores elevados ao final do ciclo de cultivo (90 DAT). Este efeito está relacionado à alta capacidade competitiva de soja por luz dentro da câmara de crescimento. Conforme o modelo de partição de Brouwer (1983), o qual introduziu o conceito de "equilíbrio funcional", as plantas investem grande parte de seus fotoassimilados para a porção menos favorecida, ou sob maior competição, conforme observado também para as relações de RMMSFl da planta daninha (Tabela 10). Nesse modelo, estabelece-se um equilíbrio entre a porção aérea e radicular das plantas. As raízes teriam seu crescimento limitado pelo suprimento de carbono das folhas, enquanto que as folhas reduziriam o crescimento pela limitação de água e nutrientes fornecidos pelas raízes. Segundo Marcelis (1993), existem vários modelos de alocação de massa de matéria seca, embora nenhum explique totalmente as variações entre os estádios fenológicos das plantas ou a influência de condições do ambiente. Mesmo os modelos, cuja explicação possua base hormonal, há limitação pela insuficiência de informações, principalmente quando há competição entre espécies.

Mesmo em monocultivo da planta daninha, admite-se que a soja exerceu efeito competitivo na parte área de *T. procumbens*, justificando-se pelas diferenças de altura e área foliar. Já o efeito da DH na relação A/R parece pouco evidente, embora se saiba que a limitação hídrica interfere geralmente na porção superior das plantas, não comprometendo o sistema radicular sob curto período de submissão à DH (GOWING et al., 1990). A diferença de resposta das plantas à DH na parte aérea e radicular está relacionada à alteração nos teores de ácido abscísico (ABA) e etileno demonstrado por Sharp (2002). Conforme o autor, o aumento na concentração de ABA endógeno sob condições de deficiência hídrica limita a produção de etileno, cujo balanço destes hormônios permite o controle do crescimento da porção aérea e radicular das plantas.

A elevada competição da parte aérea de soja com a planta daninha pode ser evidenciada na significativa diferença ($P<0,05$) em área foliar (AF) e IAF entre a cultura e *T. procumbens* cultivadas no mesmo vaso (Tabela 11). Todavia, por meio das avaliações de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) (Tabela 11), verifica-se que *T. procumbens* tende a aumentar a sua capacidade de competição pelo incremento de AFE e RAF durante seu cultivo com soja. Segundo Feng et al. (2007), a AFE está inversamente correlacionada com os custos de formação de massa de matéria seca das folhas, sendo que os maiores valores verificados para *T.*

procumbens aos 50 e 70 DAT podem auxiliar na competição da espécie, principalmente sob alta restrição luminosa.

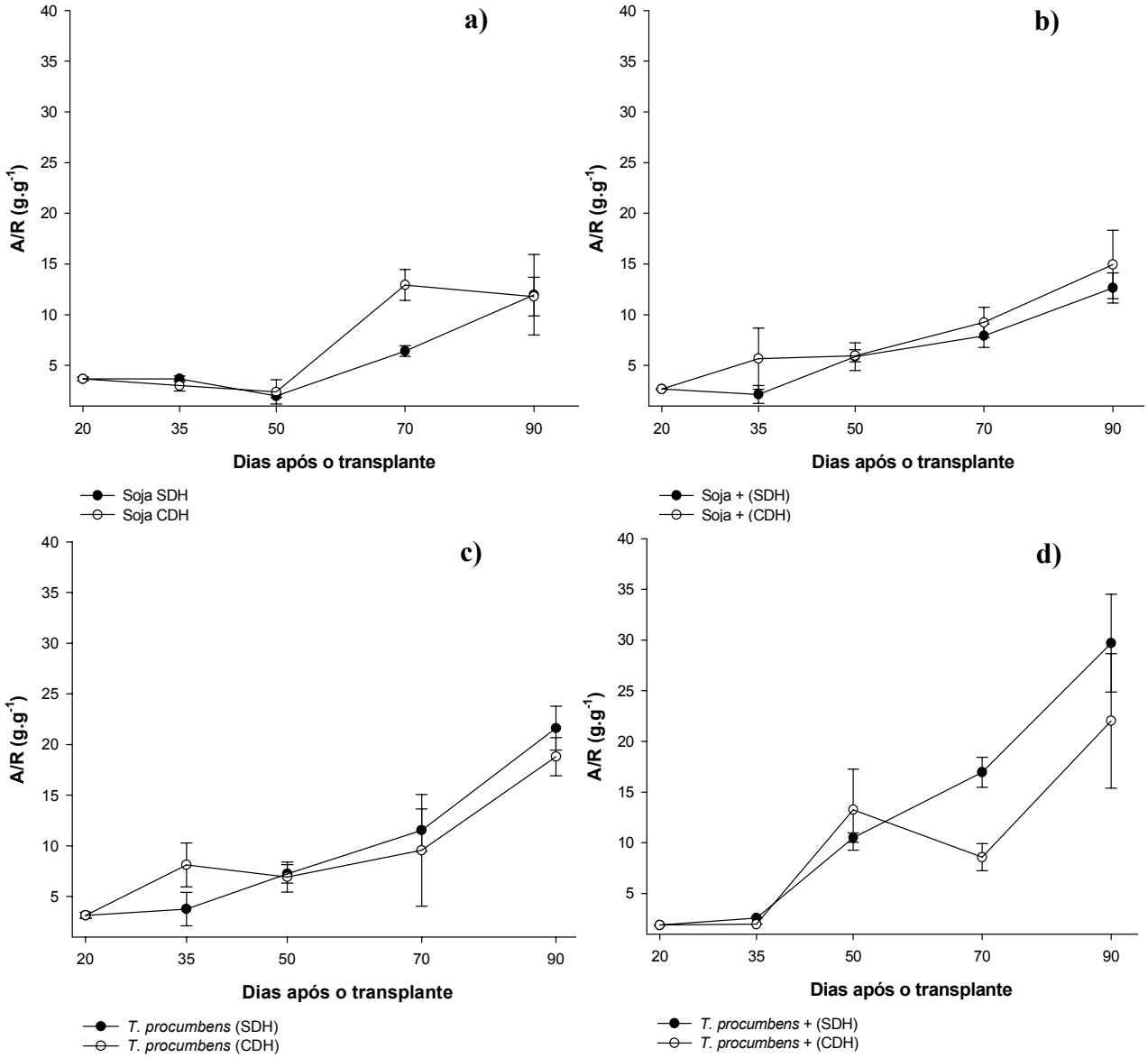

Figura 18 - Relação entre a massa de matéria seca da parte aérea e raiz (A/R) de soja e *Tridax procumbens* em monocultivo ou competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária. a) soja em monocultivo; b) soja em competição; c) *T. procumbens* em monocultivo; d) *T. procumbens* em competição

Tabela 12 - Parâmetros de crescimento foliar e de assimilação líquida de carbono de soja e *T. procumbens* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária

Composição de plantas	Restrição Hídrica[a]	AF (cm^2)	IAF	AFE	RAF
			20 DAT		
				($dm^2.g^{-1}$)	
Soja	SDH	147,03 b	1,66 b	210,02 ab	102,68 ab
Soja +		367,42 a	4,16 a	334,45 a	159,72 a
T. procumbens +		101,28 b	1,15 b	146,89 b	65,77 b
T. procumbens		106,96 b	1,21 b	210,38 ab	103,81 ab

Composição de plantas	Restrição Hídrica[a]	AF (cm^2)	IAF	AFE [b]	RAF	DAF (dias)	TAL ($g.dm^{-2}.dia^{-1}$)
				50 DAT			
				($dm^2.g^{-1}$)			
Soja	SDH	1102,64 b	12,48 b	248,05 b	91,63 b	0,23 b	0,070 a
Soja +		1372,15 a	15,53 a	232,32 b	111,38 ab	0,33 a	0,045 ab
T. procumbens +		506,93 c	5,74 c	502,09 a	183,73 a	0,11 c	0,020 b
T. procumbens		923,10 b*	10,45 b*	597,31 a	157,74 ab	0,19 b*	0,050 ab
Soja	CDH	834,69 ab	9,45 ab	261,09 a	102,12 a	0,18 ab	0,060 a
Soja +		1177,42 a	13,33 a	293,82 a	136,32 a	0,29 a	0,030 ab
T. procumbens +		438,22 b	4,96 b	454,06 a	193,20 a	0,10 b	0,015 b
T. procumbens		656,72 ab	7,43 ab	530,26 a	180,39 a	0,14 ab	0,030 ab

Composição de plantas	Restrição Hídrica[a]	AF (cm^2)	IAF	AFE	RAF	DAF (dias)	TAL ($g.dm^{-2}.dia^{-1}$)
				70 DAT			
				($dm^2.g^{-1}$)			
Soja	SDH	975,29 bc	11,04 bc	178,49 b*	66,81 b	0,58 b	0,010 b*
Soja +		1347,99 ab	15,26 ab	162,65 b	60,79 b	0,77 a	0,035 a
T. procumbens +		639,02 c	7,23 c	523,22 a	208,98 a	0,32 c	0,005 b
T. procumbens		1400,42 a*	15,85 a*	488,50 a	158,83 a	0,65 b*	0,015 ab
Soja	CDH	1068,72 ab	12,10 ab	132,31 b	70,67 b	0,53 b	0,040 a
Soja +		1571,95 a	17,79 a	256,07 b	89,53 b	0,77 a	0,032 a
T. procumbens +		540,82 b	6,12 b	696,42 a	260,16 a	0,27 c	0,002 b
T. procumbens		1118,00 a	12,65 a	651,95 a	233,58 a	0,50 b	0,0001 ab

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna (comparações dentre tratamentos SDH ou CDH) não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH, dentro de cada composição de plantas, pelo teste "t"(P<0,10). [a)] SDH- Sem deficiência hídrica; CDH- Com deficiência hídrica temporária entre 20 e 40 dias após o transplante (DAT). AF- Área foliar; IAF- Índice de área foliar; AFE- Área foliar específica; RAF- Razão de área foliar; DAF- Duração de área foliar, calculada para os intervalos 20-50 e 50-70 DAT; TAL- Taxa de assimilação líquida. [b] Diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,1).

Conforme Feng (2008), plantas com elevadas taxas de saturação fotossintética, RMMSFl e AFE apresentam vantagens competitivas sobre demais espécies, com valores inferiores para estas variáveis. Comparativamente com soja, *T. procumbens* apresentou maior AFE, RAF e similar RMMSFl, mesmo após a submissão à DH, aos 70 DAT. Todavia, a duração de área foliar (DAF) da planta daninha manteve-se menor durante o ciclo de cultivo em relação à soja, sendo justificada pela maior AF e altura da cultura e, conseqüentemente, maior sombreamento de *T.*

procumbens. O efeito negativo do sombreamento na DAF é constantemente relatado nos experimentos de competição (PATTERSON, 1980) ou em estudos de aclimatação de plantas (JURAIMI et al., 2004), possuindo efeito direto no rendimento de grãos (KUMUDINI et al., 2001).

Neste estudo, a taxa de assimilação líquida (TAL) da cultura também foi aparentemente maior que a planta daninha, embora com diferença estatística (P<0,05) somente para o tratamento em competição, aos 70 DAT (Tabela 11). Plantas com alta taxa de assimilação líquida e ou elevada RAF tendem a apresentar rápido crescimento inicial, com melhor aproveitamento do espaço e interceptação da radiação luminosa. Comparativamente, tanto a cultura como a planta daninha apresentaram vantagens competitivas relacionadas à parte aérea. Entretanto, a significativa diferença (P<0,05) de AF parece ser responsável pela supressão de *T. procumbens* pela cultura. As diferenças nas taxas de fotossíntese líquida (FL) auxiliam na interpretação dos resultados (Figura 19).

Apesar da maior FL de *T. procumbens* aos 20 DAT, a cultura conseguiu compensar sua menor assimilação fotossintética inicial ao longo do cultivo, com valores de FL superiores á planta daninha aos 50 e 70 DAT. Mesmo após ser submetida à deficiência hídrica, a cultura mantém a FL, não apresentando diferenças (P>0,05) para os tratamentos em monocultivo ou em competição. Para a planta daninha em competição, o efeito da DH mantém-se aos 50 e 70 DAT, embora este efeito deva ser resultado também das demais vantagens competitivas relatadas para a cultura, já que a DH ocorreu somente entre 20 e 40 DAT. Em monocultivo, tanto a soja como a planta daninha apresentam taxas de FL similares, com redução das mesmas aos 70 DAT. Logo, acredita-se que as elevadas taxas de FL, juntamente com o rápido desenvolvimento inicial e maior DAF garantiram a soja alta TAL, apresentando, conseqüentemente, maior MMST ao final do ciclo de cultivo.

Por meio das avaliações da atividade da enzima nitrato redutase (NR) também se verifica maior potencial de assimilação de nitrogênio pela cultura (Figura 20), embora esta conclusão não seja totalmente válida, pois algumas espécies apresentam diferenças no metabolismo do nitrogênio ou mesmo, podem concentrar a atividade da NR no sistema radicular, exportando N via xilema na forma reduzida. As maiores taxas de evapotranspiração da cultura também podem influenciar nas diferenças obtidas. Sabe-se, também, que a expressão da NR, assim como, o ajuste da sua atividade estão vinculados a inúmeras variações ambientais e metabólicas. Isto

permite que as plantas evitem as perdas energéticas para geração de poder redutor ou o acúmulo excessivo de NO_2^- ou NH_4^+ capaz de danificar o sistema celular.

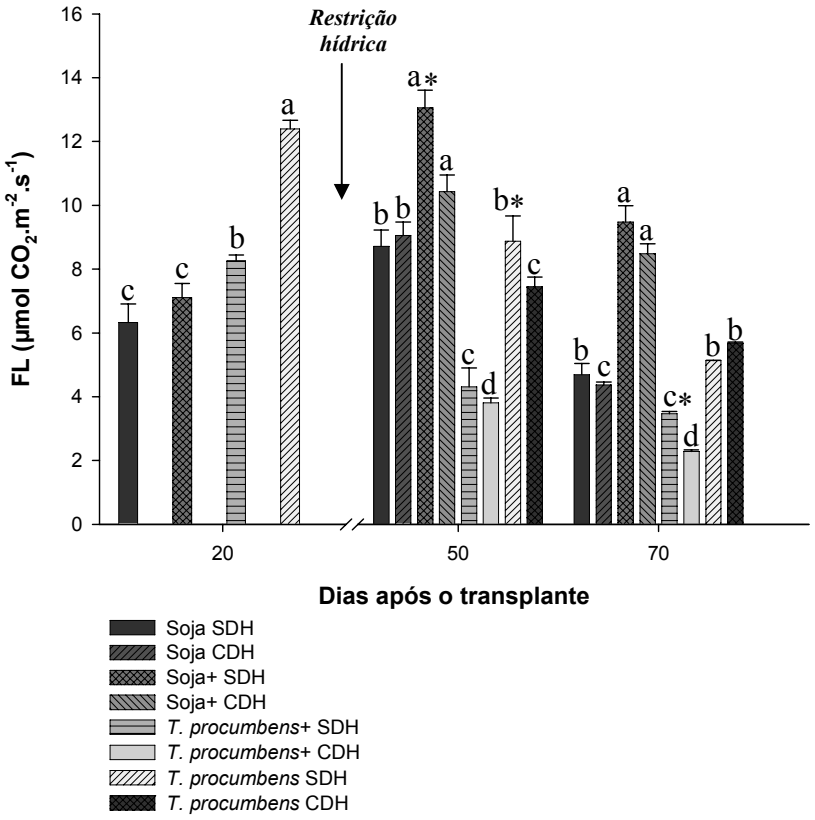

Figura 19 - Fotossíntese líquida (FL) em amostras foliares de soja e *T. procumbens* em monocultivo ou competição (+), em condições normais de disponibilidade hídrica (20 dias após o transplante - DAT) ou após deficiência hídrica temporária (50 e 70 DAT), estabelecida entre 20 e 40 DAT. Colunas representando os tratamentos SDH ou CDH seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * Diferenças significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05)

A intensidade luminosa, por sua vez, está diretamente envolvida na modulação da NR transcrita, podendo reduzir a atividade da NR para a planta daninha. Sabe-se que a expressão quantitativa dos genes que codificam a NR em tecidos foliares é proporcional ao aumento na radiação. Logo, considerando o elevado efeito competitivo da cultura na parte aérea da planta daninha, admite-se que a menor intercepção de radiação por *T. procumbens* tenha colaborado para a menor atividade da NR, sendo este efeito já confirmado em outras pesquisas (PEREIRA-NETTO; MAGALHÃES; PINTO, 1998; OLIVEIRA et al., 2005).

Aos 50 e 70 DAT, a atividade da NR da cultura manteve-se maior em relação à planta

daninha sob condições normais de disponibilidade hídrica. Para os tratamentos submetidos à DH, a NR foi menor somente para o monocultivo da cultura (70 DAT), não se evidenciando a manutenção do efeito da DH para os demais tratamentos. Conforme Plhak (2003), a redução da NR sob deficiência hídrica está relacionada à menor transpiração das plantas, com conseqüente redução no influxo de nitrato para as folhas, o qual regula a necessidade de ativação da NR. Entretanto, apesar da reconhecida ação da DH sobre a NR, a rapidez na modulação da enzima e o curto período de DH são responsáveis pela ausência do efeito aos 50 e 70 DAT (Figura 20).

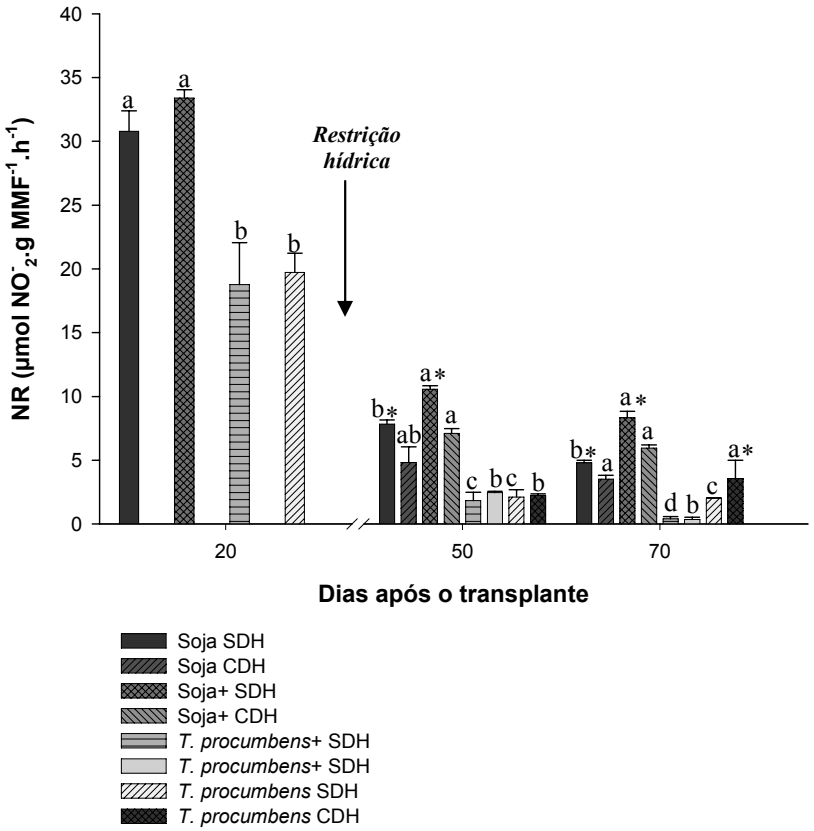

Figura 20 - Atividade da enzima nitrato redutase (NR - µmol(NO_2^-).g^{-1} massa de matéria fresca. h^{-1}) em amostras foliares de soja e *T. procumbens* em monocultivo ou competição (+), em condições normais de disponibilidade hídrica (20 DAT) ou após deficiência hídrica temporária (50 e 70 DAT), estabelecida entre 20 e 40 DAT. * Diferenças significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05)

A redução geral na atividade da NR a partir da avaliação aos 20 DAT é justificada pela maior atividade fotossintética e metabólica das plantas no início do cultivo, com tendência de plantas e folhas jovens apresentarem maiores teores desta enzima, conforme reportado por Harper

et al. (1972).

Por meio das análises de macronutrientes, verifica-se que a soja tende a apresentar maiores teores de N e P em relação a *T. procumbens*, para as porções de raiz, caule e folha (Tabela 12). Principalmente em monocultivo, os teores destes nutrientes foram menores para a planta daninha, embora a mesma tenha apresentado concentrações elevadas de K, Ca e Mg em caule e de Ca e Mg em folhas. Sob competição com soja, os teores particionados de S e Mg de *T. procumbens* e a cultura foram similares.

Para os tratamentos com deficiência hídrica, observa-se variação significativa ($P<0,05$) entre os teores de macronutrientes, principalmente para a planta daninha em competição com a cultura. Verificam-se incrementos nos teores de P e K foliares, assim como, para os teores de S, Ca e Mg na porção caulinar de *T. procumbens*. Constata-se também que estas alterações ocorreram somente em condições de competição e sob deficiência hídrica, podendo-se admitir a ocorrência de efeito aditivo entre a competição com soja e a menor disponibilidade de água no solo. Além disso, observou-se já que a demanda evapotranspiratória pela cultura foi maior em relação à planta daninha, cujos efeitos da deficiência podem ter sido intensificados.

Portanto, considerando que as concentrações totais de macronutrientes para *T. procumbens* não diferiram entre os tratamentos com ou sem deficiência hídrica, tanto em competição como em monocultivo, e que não foram constatadas variações significativas na massa de matéria seca total da planta daninha para estes tratamentos, pode-se admitir que as diferenças específicas nos teores de S, Ca e Mg em caule e P e K em folhas são decorrentes do efeito competitivo da cultura. Em competição e com menor disponibilidade hídrica, ocorreu a alteração na distribuição destes minerais, favorecendo a sua concentração na porção aérea das plantas daninhas.

Em relação aos elevados teores de K em folhas, sabe-se que este mineral desempenha importante função na manutenção do potencial osmótico celular, regulando a abertura e fechamento estomático, o que poderia auxiliar na regulação da condutância estomática sob condições de baixa disponibilidade hídrica. O acúmulo de Mg em *Ulmus pumila* L., por exemplo, foi relatado recentemente por Bosu e Wagner (2007) em plantas submetidas à deficiência hídrica, as quais apresentaram maior tolerância à deficiência em relação as demais espécies testadas. González et al. (2002), também constataram o aumento da concentração de K, Mg e Cl em porções foliares (estipulas) de *Pisum sativum*, com aumento do potencial osmótico. Logo,

verifica-se que a variação entre a concentração de sais e a sua distribuição em diferentes porções da planta ou folha são específica, podendo variar ainda conforme as demais condições ambientais. Para os incrementos nos teores de P e S em raiz, assim como de Ca em caule, não foram encontrados relatos que auxiliassem na justificativa do ocorrido, reconhecendo-se a necessidade de maior aprofundamento nestes estudos.

As diferenças no acúmulo total de macronutrientes para soja podem ser atribuídas às diferenças de produção de massa de matéria seca total de soja, embora as mesmas não tenha sido significativas ($P<0,05$) aos 50 DAT.

Conforme análises realizadas, verifica-se que a espécie *T. procumbens* possui características extremamente distintas em relação à cultura e que sua resposta em função da deficiência hídrica difere da observada para a soja. Apesar da sua menor demanda evapotranspiratória, a planta daninha apresentou reduções na área e duração de área foliar, assim como, no IAF quando se restringiu a disponibilidade de água em monocultivo. Variações também na distribuição de macronutrientes, principalmente K e Mg em caule e folhas, ressaltam a adaptação de *T. procumbens* sob condições de competição e de deficiência hídrica.

Em competição com soja, verificaram-se reduções na altura, AF, DAF e FL da planta daninha em relação ao seu monocultivo. Neste caso, admite-se que as variações entre os tratamentos com e sem deficiência hídrica também tenham sido influenciadas pela competição da cultura, embora não seja possível diferenciar, quantitativamente, quanto deste efeito é atribuído ao processo competitivo (parte aérea e radicular) e quanto representa a deficiência hídrica. Pelas demais comparações de TAL e A/R verifica-se a modulação da planta daninha sob condições sub-ótimas de cultivo permitindo, porém, seu crescimento e reprodução, pois foi constatado o florescimento e frutificação de *T. procumbens* tanto em competição como em monocultivo.

O maior potencial competitivo de soja com a espécie *T. procumbens* foi evidente na maioria das avaliações. Mesmo assim, devido à reconhecida capacidade de reprodução via brotação caulinar e a facilidade de distribuição anemófila das sementes, a planta daninha pode rapidamente espalhar-se pela área, sendo necessário atenção nos procedimentos anuais de controle. Apesar das contribuições fornecidas neste trabalho, sabe-se que a habilidade competitiva e as ações de controle devem estar fortemente caracterizadas pela interação prática da pesquisa, devendo-se realizar experimentos similares em condições de cultivo em campo.

Tabela 13 - Teores de macronutrientes particionados em raiz, caule e folha ($g.kg^{-1}$) e totais ($mg.planta^{-1}$) em soja e *T. procumbens* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária

Composição de plantas		N	P	K	S	Ca	Mg
		$g.kg^{-1}$(massa de matéria seca)					
				Raiz			
Soja	SDH	25,10 a	4,43 a*	27,11 ab*	5,24 a	7,96 a	3,80 a
	CDH	24,05 A	3,15 A	19,92 C	3,69 A	8,18 A	3,29 AB
Soja +	SDH	14,00 a	3,79 a	20,95 b	3,00 ab	8,78 a	4,13 a
	CDH	26,45 A	3,03 A	21,20 C	4,06 A	8,51 A	9,09 A
T. procumbens+	SDH	7,00 b	1,91 b	30,71 a	2,59 b	10,43 a	4,69 a*
	CDH	5,70 B	3,41 A*	32,25 A	4,35 A*	7,68 A	3,72 AB
T. procumbens	SDH	12,25 b	1,39 b	25,06 ab	3,53 ab	9,88 a	1,01 b
	CDH	7,75 B	2,09 B*	24,55 B	3,47 A	7,93 A	1,06 B
				Caule			
Soja	SDH	15,38 a	2,98 a	33,79 b	0,87 ab	6,86 b	0,63 b
	CDH	17,74 A	3,07 A	38,93 B	1,26 B	8,77 C*	3,72 B*
Soja +	SDH	17,32 a	3,10 a	36,87 b	1,23 a	7,96 b	1,41 b
	CDH	16,66 A	2,71 A	36,87 B	1,06 B	7,68 C	1,79 B
T. procumbens+	SDH	11,65 b	3,00 a	75,91 a*	1,26 a	7,14 b	3,62 ab
	CDH	12,40 B	2,48 A	41,50 B	2,78 A*	20,58 A*	8,15 A*
T. procumbens	SDH	11,51 b	2,47 b	75,91 a	0,56 b	15,64 a	6,88 a
	CDH	8,34 B	1,89 B	69,75 A	0,68 B	11,80 B	3,93 B
				Folha			
Soja	SDH	53,70 b*	3,15 ab	32,25 b	2,33 a	9,06 b	5,81 b
	CDH	48,74 A	3,21 A	37,39 B	2,33 AB	10,70 B	4,15 B
Soja +	SDH	76,05 a*	3,57 a	37,39 ab	2,42 a	10,98 b	3,80 b
	CDH	39,81 A	2,85 A	32,25 B	3,08 A	10,91 B	5,25 B
T. procumbens+	SDH	28,56 c*	2,28 b	43,04 a	3,01 a*	20,03 ab	7,31 b
	CDH	14,11 B	3,11 A*	74,37 A*	1,37 B	11,25 AB	5,22 B
T. procumbens	SDH	28,47 c	2,51 ab	44,58 a	2,47 a	24,15 a	10,91 a
	CDH	21,10 B	1,93 B	42,01 B	2,33 AB	26,89 A	10,07 A
				Total ($mg.p^{-1}$)			
Soja	SDH	394,50 a	42,41 a*	372,30 a	34,61 a	96,16 a	44,01 a
	CDH	269,49 A	26,68 A	271,34 A	20,93 A	78,95 A	32,36 A
Soja +	SDH	557,06 a*	42,38 a*	429,83 a*	25,30 a	117,56 a	36,25 a
	CDH	251,80 A	24,77 A	284,42 A	21,23 A	81,44 A	38,82 A
T. procumbens+	SDH	47,69 b	7,17 b	162,03 b	5,52 b	33,21 b	13,86 b
	CDH	49,17 B	6,54 B	125,01 A	5,35 B	35,41 B	15,04 B
T. procumbens	SDH	95,27 b	13,32 b	333,17 a	8,45 b	98,22 b	41,12 a*
	CDH	48,99 B	6,93 B	194,97 A	6,05 B	53 ,15 B	22,02 B

Médias seguidas por mesma letra minúscula (comparação entre tratamentos SDH) e maiúscula (comparação entre tratamentos CDH) na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * Diferença significativa (P<0,05) pelo teste "t", entre os tratamentos SDH e CDH, para a mesma composição de plantas. SDH e CDH representam os cultivos sem e com deficiência hídrica temporária, respectivamente, estabelecida entre 20 e 40 DAT.

Referências

BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; CARVALHO, L.B. Estimativa da área foliar de *Tridax procumbens* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.2, p.247-250, 2004.

BOSU, P.P.; WAGNER, M.R. Effects of induced water stress on leaf trachoma density and foliar nutrients of three elm (*ulmus*) species: implications for resistance to the elm leaf beetle. **Environmental Entomology**, Lexington, v.36, n.3, p.595-601, 2007

BROUWER, R. Functional equilibrium: sense or nonsense? **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 31, p.335-348, 1983.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e susceptível aos herbicidas inibidores de ALS. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.1, p.75-84, 2001.

CONOLLY, J. On difficulties with replacement series methodology in mixture experiments. **Journal Applied of Ecology**, London, n.23, p.125-137, 1986.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology,** Champaign, v.5, n.3, p.664-673, 1991.

ERASMO, E.A.L.; BIANCO, S.; PITELLI, R.A. Estudo sobre o crescimento de fedegoso. **Planta Daninha**, Viçosa, v.15, n.2, p.170-179, 1997.

FENG, Y.L.; CAO, K.F.; ZHANG, J.L. Photosynthetic characteristics, dark respiration, and leaf mass per unit area in seedlings of four tropical species grown under three irradiances. **Photosynthetica**, Praga, v.42, p.431-437, 2004.

GIUDICE, B.D.; MASSOUDIEH, A.; HUANG, X.; YOUNG, T.M. A stochastic simulation procedure for selecting herbicides with minimum environmental impact. **Environmental Science of Technology**, Washington, v.42, n.2, p.354-360, 2008.

GOWING, D.J.G.; DAVIES, W.J.; JONES, H.G. A positive root-sourced signal as an indicator of soil drying in apple, *Malus* x *domestica* Borkh. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, n.41, p.1535-1540, 1990.

GUIMARÃES, S.C.; SOUZA, I.F.; PINHO, E.V.R.V. Viabilidade de sementes de erva-de-touro, sob diferentes condições de armazenamento. **Planta Daninha,** Viçosa**,** v.22, n.2, p.231-238, 2004.

JARAIMIM, A.S.; DRENNAN, D.S.H.; ANUAR, N. The effects of shading on the growth, development and partitioning of biomass in bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. **Journal of Biological Science**, Bethesda, v.4, n.6, p.756-762, 2004.

JEYABAL, A.; PALANIAPPAN, S.P.; CHELLIAH, S. Efficacy of metribuzin and trifluralin on weed management in soybean (*Glycine max*). **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v.46, n.2, p.339-342, 2001.

KUMUDINI, S.; HUME, D.J.; CHU, G. Genetic improvement in short season soybeans: i. dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration. **Crop Science**, Madison, v.41, p.391-398, March-April, 2001.

MATZNER, S.L.; RICHARDS, J.H. Sagebrush (*Artemisia tridentata* Nutt.) roots maintain nutrient uptake capacity under water stress. **Journal of Experimental of Botany**, Oxford, v.47, n.301, p.1045-1056, 1996.

MOHAMMED, S.P.; SUNDARAMARI, M.; PUNNIAMURTHY, N.; RAMANATHAN, A.; DHARMASEELAN, S. Clinical evaluation of *Tridax procumbens* leaf paste in the treatment of septic wound in cattle. **Indian Journal of Field Veterinary,** New Delhi, v.3, n.4, p.43-45, 2008.

NGOWI, A.V.F.; MBISE, T.J.; IJANI, A.S.M.; LONDON, L.; AJAYI, O.C. Smallholder vegetable farmers in Northern Tanzania: Pesticides use practices, perceptions, cost and health effects. **Crop Protection,** Guildford**,** v.26, n.11, p.1617-1624, 2007.

NICHOLAS, J.C.; HARPER, J.E.; HAGEMAN, R.H. Nitrate reductase activity in soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) 1- Effects of light and temperature. **Plant Physiology**, Rockville, v.58, p.731-735, 1976.

OLIVEIRA, M.A.J. Atividade da redutase de nitrato em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.515-522, 2005.

PEREIRA-NETTO, A.B.; MAGALHÃES, A.C.N. de; PINTO, H.S. Nitrate reductase activity in field-grown *Pueraria lobata* (Kudzu) in Southeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p.1971-1975, 1998.

PLHAK, F. Nitrogen supply through transpiration mass flow can limit nitrogen nutrition of plants. **Plant Soil and Environment,** Praga, v.49, p.473-479, 2003.

ROUX, F.; REBOUD, X. Herbicide resistance dynamics in a spatially heterogeneous environment. **Crop Protection**, Guildford, v.26, n.3, p.335-341, 2007.

SANYAL, D.; SHRESTHA, A. Direct effect of herbicides on plant pathogens and disease development in various cropping systems. **Weed Science**, Lawrence, v.56, n.1, p.155-160, 2008.

SHARP, R.E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, n.25, p.211-222, 2002.

SINGH, D.A.P.; KUMAR, P.; SARAVANAKUMAR, V.R. Production performance of white giant rabbits fed with *Tridax procumbens*. **Indian Veterinary Journal**, New Delhi, v.84, n.11, p.1212-1213, 2007.

SUNG, F.J.M. Waterlogging effect on nodule nitrogenase and leaf nitrate reductase activities in soybeans. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.35, p.183-189, 1993.

WOLSWINKEL, P. Phloem unloading and turgor-sensitive transport: factors involved in sink control of assimilate partitioning. **Physiologia Plantarum**, Madison, v.65, p.331-339, 1985.

5 INFLUÊNCIA DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NAS CARACTERÍSTICAS COMPETITIVAS DE *Digitaria ciliaris* e SOJA

Water stress influences on *Digitaria ciliaris* and soybean competitiveness features

Resumo

A competição entre plantas por recursos está relacionada à capacidade que as mesmas possuem na sua captação e uso, podendo variar conforme a espécie e o ambiente no qual estão competindo. Com intuito de avaliar a adaptação de soja e *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel em competição, e principalmente, a resposta das espécies sob deficiência hídrica temporária, realizou-se um experimento em câmara de crescimento com três composições de plantas (soja; soja e *D. ciliaris* e somente *D. ciliaris*), em sistema de séries substitutivas. As características de competição, assim como o efeito da deficiência foram testados por meio das avaliações de crescimento, partição da massa de matéria seca da parte aérea e raízes, e a taxa de assimilação líquida das espécies. Foram avaliadas também a atividade de nitrato redutase e a partição de macronutrientes, juntamente com as avaliações de fotossíntese liquida das espécies. Verificou-se que a soja apresenta maior competição intra-específica e maior adaptação, em geral, à deficiência hídrica. Todavia, a planta daninha demonstrou diversas alterações nos seus parâmetros de crescimento quando submetida à restrição hídrica, com aumento nos parâmetros área foliar específica e razão de área foliar, além da concentração de K e Mg foliares. Em competição com soja e sob deficiência, a planta daninha também reduziu significativamente ($P<0,05$) a massa de matéria seca da cultura. Para ambas as espécies, a deficiência hídrica interferiu na taxa de fotossíntese líquida, principalmente quando mantidas em competição. Em geral, constatou-se que a restrição no conteúdo de água do solo afeta distintamente as espécies e, fundamentalmente interfere nos mecanismos de competição entre soja e *Digitaria ciliaris*. Neste sentido, orienta-se para a continuidade dos estudos em condições naturais de cultivo, devendo-se considerar a restrição hídrica como fator importantíssimo no manejo desta espécie na cultura da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*; Capim colchão; Água; Séries substitutivas; Competição

Abstract

Resources plant competition is linked to the capacity of gathering and use them, may vary by species and environment which they are competing. In order to evaluate soybean and *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel adaptation in competition, and particularly, species response under temporary water stress, there was a trial chamber with three plants composition (soybean, soybean and *D. ciliaris* and only *D. ciliaris*) in substitutive series system. Competition characteristics, as well as water stress effects were tested by growth assessments, shoots and roots dry matter, and net assimilation rate of species. Nitrate reductase activity was also assessed including nutrients partition and net photosynthesis of species. It was found that soybean has further intra-specific competition and greater WS customization. However, weed has several changes in its growth parameters when subjected to water restriction, with increase on specific leaf area and LAR parameters, as well K and Mg leaf concentration. With soybean competition and WS, *D. ciliaris* also reduced significantly ($P<0.05$) crop dry mass. For both species, WS affects net photosynthesis rate, mainly when kept in competition. In general, it was noticed that

water content restriction in soil affects the species separately and also it interfere on competition between soybean and *Digitaria ciliaris*. In this sense, it is oriented towards studies in natural growth conditions, should be considered water restriction as a major factor for this species management in soybean.

Keywords: *Glycine max*; Crabgrass; Water; Replacement series; Competition

5.1 Introdução

O estresse por escassez de água é, sem dúvida, um dos fatores que mais contribui para a redução no crescimento e produtividade das culturas (WAHBI; SINCLAIR, 2007), seja ele causado por veranicos ou pela competição de plantas daninhas. No entanto, comparativamente, as culturas demonstram, geralmente, menor tolerância à deficiência hídrica (SCOTT; GUEDES, 1979), principalmente quando este ocorre no período reprodutivo, favorecendo ainda mais a competição por plantas daninhas.

Apesar da importância da água no processo competitivo, poucos trabalhos descrevem a influência da deficiência hídrica nas características competitivas entre espécies (GRIFFIN et al., 1989; JONES JÚNIOR; WALKER, 1993; CARSON et al., 1999). Todavia, sabe-se que, entre as diversas características que condicionam a tolerância de plantas à deficiência hídrica, estão a espessura e cerosidade do limbo foliar, a sensibilidade ao fechamento estomático, a densidade, pilosidade e volume radicular, entre outros. Patterson e Flint (1983) verificaram, por exemplo, que *Sida spinosa* L. apresenta alta sensibilidade estomática, iniciando o fechamento do estômato a 1,0 MPa, enquanto a soja inicia o mesmo somente aos 1,6 MPa. Outro exemplo é o estudo de Griffin et al. (1989), no qual foram constatadas maior área foliar e massa de matéria seca para soja em relação à *Desmodium tortuosum*, quando supridas adequadamente com água. Porém, a mesma planta daninha superou a cultura quando cultivada sob limitação hídrica.

Além das características morfo-anatômicas (LASKOWSKI, 2000), as diferenças nas atividades enzimática e hormonal de espécies permitem maior ou menor tolerância à deficiência hídrica e, conseqüentemente, flexibilidade de adaptação sob condições competitivas. A enzima nitrato redutase (NR), uma das principais enzimas responsáveis pelo metabolismo do N em plantas, pode ser utilizada como biomarcador para plantas sob estresse, como a deficiência hídrica. Plantas com baixa disponibilidade hídrica apresentam redução na atividade da NR, como conseqüência do menor fluxo xilemático e disponibilidade de nitrato – substrato (AZCÓN et al. 1996), assim como, redução da atividade fotossintética, fonte de energia redutora para ativação

da NR (SUBRAMANIAN; CHAREST, 1998).

Por sua vez, o efeito competitivo intra e interespecífico também interfere na absorção e aproveitamento de água. Dependendo ainda da espécie, a deficiência hídrica pode pronunciar-se distintamente entre a parte aérea e radicular das plantas (SHARP, 2002), proporcionando maior ou menor competição. Além disso, as respostas adaptativas à deficiência hídrica entre espécies também difere, conforme constatado por Isoda e Isoda (2005). Em estudo comparativo entre soja e algodão, os autores verificaram o decréscimo na área estomática de algodoeiro submetido à deficiência. Porém, nas mesmas condições, a soja apresentou redução somente na densidade estomática, sem interferência na sua área. O estudo revelou ainda que a soja adaptou-se ao menor conteúdo de água pela redução na sua taxa transpiratória, apresentando menor condutância estomática. Já para o algodão, a taxa transpiratória foi mantida em virtude do seu elevado fluxo xilemático.

Entre as espécies de maior ocorrência em lavouras de soja *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel merece destaque por ser de difícil controle, apresentando resistência a herbicidas inibidores da ACCase (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006) e também pela sua competitividade, com redução média de 23% da produtividade da cultura (FLECK; CANDEMIL, 1995). Esta espécie caracteriza-se ainda pela baixa tolerância à deficiência hídrica e ao sombreamento, embora seja de difícil controle após o perfilhamento. Sabe-se também que *D. ciliaris* possui ação alelopática no crescimento radicular do milho (DAYADAY; PONS, 1978), embora nenhum estudo tenha sido realizado no Brasil que comprove seu efeito nessa e demais culturas.

A partir das constatações realizadas e com o intuito de aprimorar a compreensão da competição entre espécies, o presente estudo objetivou avaliar o efeito competitivo de *Digitaria ciliaris* com soja em condições de restrição hídrica, comparando-se os resultados obtidos com a ausência da deficiência hídrica.

5.2 Material e Métodos

O estudo foi realizado em condições parcialmente controladas, em câmara de crescimento, modelo E15 (Conviron®), com área interna equivalente a 1,4 m^2 e altura de 1,17 m. Durante o experimento, as temperaturas máxima e mínima foram respectivamente de 30°C e 18°C, com variação gradual no decorrer de 24 horas, com o objetivo de representar as condições normalmente constatadas a campo. Para o controle fotoperiódico, as plantas foram submetidas a 14 horas de luz, com radiação fotossinteticamente ativa incidente de 800 μmol(fótons).m^{-2}.s^{-1}

(medição a 15 cm das lâmpadas). Para o tempo restante (10 horas), as plantas permaneceram no escuro constante.

Utilizou-se sementes pré-selecionadas de *Digitaria ciliaris*, assim como da cultura, cuja variedade de soja cultivada foi de ciclo semi-precoce, BRS 232, pertencente a Embrapa. Esta variedade possui pouca sensibilidade ao fotoperíodo, com peso médio de 1000 grãos de 180 g. As sementes de soja e *D. ciliaris* foram avaliadas para determinação do(s) período(s) necessário(s) entre a semeadura e o início da germinação. A soja apresentou germinação superior a 50% após seis dias da semeadura. Já para a planta daninha, isto ocorreu aos quatro dias. A partir deste teste foi possível determinar o número de sementes necessárias para a realização do experimento, assegurando também maior uniformidade entre os períodos de germinação das espécies.

As sementes foram pré-germinadas e as plântulas posteriormente transferidas para vasos cilíndricos de 4 L (15 cm diâmetro x 30 cm altura, com aproximadamente 140 g.). Os mesmos foram preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo previamente peneirado e com pH corrigido para aproximadamente 6,0. Por meio de sua análise química, constataram-se teores de 1,7% de matéria orgânica, 4,55 $mg.dm^{-3}$ de P e 0,7; 11,0; 4,0; 3,0 e 28,0 $mmolc.dm^{-3}$ de K, Ca, Mg, Al e H+Al, respectivamente, com saturação de bases de 35,9%. A densidade por vaso foi mantida em duas plantas por vaso, em monocultivo ou competição, sendo a massa total (vaso + solo + água + plântula) aferida no momento do seu preenchimento.

A padronização do número de plantas por vaso baseou-se no sistema experimental de séries substitutivas, o qual permite concluir sobre a capacidade de competição intra e interespecífica das espécies. Para uso desse sistema, deve-se assegurar de que a densidade utilizada por vaso seja correspondente a densidade de máxima produção de massa de matéria seca por área. Sendo assim, o aumento na população de plantas não interfere qualitativamente na dinâmica competitiva entre as espécies, ou seja, a dominância de uma espécie sobre a outra não se altera com o aumento na densidade (COUSENS; O'NEILL, 1993).

A adubação foi realizada com solução nutritiva para permitir maior homogeneidade de distribuição no vaso, previamente calculada para o suprimento nutricional adequado de soja. A mesma possuiu 290, 500, 175, 434 e 1,62 $mg.L^{-1}$ de MgSO4, CaNO3, KNO3, MKP e Fe-EDTA respectivamente, além de solução com micronutrientes (B (2%), Cu (0,8%), Mo (0,3%), Mn (3,2%) e Zn(2%)) na concentração de 15 $mg.L^{-1}$. A condutividade elétrica medida na solução correspondeu a aproximadamente 1,2 $mS.cm^{-1}$, sendo utilizada durante todo o ciclo de cultivo

O estabelecimento da deficiência hídrica ocorreu a partir do completo estabelecimento das plantas, aos 20 dias após o transplante (DAT), sendo mantida até 40 DAT. Os teores de água no solo foram diariamente monitorados pelo método de pesagem, sendo admitidos 50% (com deficiência hídrica) e 100% (sem deficiência hídrica) da quantidade de água inicialmente adicionada no momento da instalação do experimento. Para cada vaso contendo 4,4 kg de solo seco ao ar foram adicionados 900 mL de água iniciais, correspondendo a capacidade de saturação previamente determinada de 0,204 g água.g^{-1} solo. Durante a condução do experimento, o pequeno incremento de fitomassa, em casa período avaliado, não foi considerado na pesagem dos vasos, o qual resultou em pequena diferença na estimativa de água evapotranspirada, subestimando a quantia adicionada.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo os tratamentos composto pela combinação de três sistemas de cultivo (soja em monocultivo, soja + planta daninha em competição e planta daninha em monocultivo) com duas condições de disponibilidade de água no solo (com ou sem deficiência hídrica temporária), em esquema fatorial com total de 10 repetições.

Análises de crescimento

Para avaliação das análises de crescimento, fez-se a separação das porções de massa de matéria seca de raiz, caule, folha e fruto das espécies, aos 20, 35, 50, 70 e 90 dias após o transplante. Calcularam-se também as relações de massa de matéria seca de cada porção avaliada na massa de matéria seca total das plantas. A área foliar (AF) foi determinada utilizando-se integrador de área foliar, LI-COR modelo LI 3100, calculando-se a partir de AF o índice de área foliar (IAF), a área foliar específica (AFE) e a razão de área foliar (RAF) para soja e *D. ciliaris* em monocultivo e em competição. Estimaram-se também a taxa de assimilação líquida (TAL) e a duração de área foliar (DAF) aos 50 e 70 DAT, por meio das equações 5 e 6:

$$TAL = \frac{\left(\frac{MMST_i}{AF_i} - \frac{MMST_{i-1}}{AF_{i-1}}\right) \cdot \frac{\alpha}{(\alpha - 1)}}{T_i - T_{i-1}} \tag{5}$$

sendo que:

$$\alpha = \frac{\ln(\mathrm{MMST_i}) - \ln(\mathrm{MMST_{i-1}})}{\ln(\mathrm{AF_i}) - \ln(\mathrm{AF_{i-1}})} \tag{6}$$

em que $MMST_{i-1}$ e $MMST_i$ representam, respectivamente, as massas de matéria seca nos tempos T_{i-1} e T_i; e AF_{i-1} e AF_i representam, respectivamente, as áreas foliares de soja e *D. ciliaris* nos tempos T_{i-1} e T_i.

$$DAF=\frac{IAF_i + IAF_{i-1}}{2.\Delta T} \quad (7)$$

em que IAF_i e IAF_{i-1} representam os índices de área foliar calculados a partir da área (cm^2) do vaso nos tempos T_i e T_{i-1}, respectivamente e ΔT é o intervalo, em dias, entre as avaliações.

Fotossíntese líquida (FL)

A FL das plantas foi determinada utilizando-se equipamento portátil de medição de trocas gasosas - Infrared Gas Analyser (IRGA), LI-6400 (LI-COR). Os resultados foram expressos em $\mu mol(CO_2).m^{-2}.s^{-1}$, a partir das medições em folhas totalmente expandidas, distribuídas no terço superior, médio e inferior das plantas. Para *D. ciliaris*, não foi possível a separação das folhas por extrato, amostrando-se as folhas totalmente expandidas na porção superior da planta. As estimativas foram realizadas aos 20, 35, 50, 70 e 90 DAT, sendo realizadas entre 9:00 e 11:00 horas. A radiação fotossinteticamente ativa foi fixada para 800 $\mu mol(fótons).m^{-2}.s^{-1}$ e as leituras somente foram realizadas com coeficiente de variação do equipamento ($\Delta CO_2 + \Delta H_2O$) inferior a 1%.

Determinação da NR

A determinação da atividade da enzima nitrato redutase (NR - EC 1.6.6.1.) foi realizada em laboratório aos 50 DAT, por meio da medição indireta (método espectrofotométrico) da sua atividade com base na concentração de $N\text{-}NO_2^-$. Para isso, 5,0 mL de solução padrão composta por K_2HPO_4 0,05 M pH 7,5 e KNO_3 0,05 M em propanol a 1% foram incubados com discos foliares de soja e *D. ciliaris*. Após 30 minutos em Banho-maria a 37ºC, o teor de $N\text{-}NO_2^-$ formado foi estimado conforme descrito por Nicholas et al. (1976). A coleta das folhas de soja foi realizada no terço superior, médio e inferior das plantas, com exceção de *D. ciliaris*, para a qual foram coletadas apenas folhas do terço superior. As análises foram realizadas imediatamente após as coletas, sempre no período da manhã, após três horas de exposição das plantas à luz na câmara de crescimento.

Análises de macronutrientes

Os teores de macronutrientes foram analisados em amostras coletadas aos 50 DAT. A soja e planta daninha foram cortadas rente ao solo e fracionadas em caule e folha. As raízes foram

separadas do solo em água, procedendo-se a lavagem posterior de todo o material com água destilada. As frações da parte aérea e raiz foram mantidas em estufa de ar ventilado a 65ºC durante 48 horas. Em seqüência, as amostras foram pesadas e trituradas em moinho do tipo Wiley com peneira de 20 mesh. Na extração dos nutrientes, utilizou-se a digestão sulfúrica para a análise de nitrogênio (N) e a digestão nitro-perclórica para os demais minerais. Todos os nutrientes avaliados (N, P, S, K, Ca e Mg) foram determinados conforme as técnicas descritas por Malavolta et al. (1997). A quantificação de cada nutriente foi calculada por estimativa dos teores verificados no material vegetal fracionado. O total de cada nutriente foi estimado por meio da multiplicação dos teores das análises pela massa de matéria seca total avaliada aos 50 DAT.

Análises estatísticas

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, conforme interesse de comparação entre os tratamentos, sendo que quando significativo, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para a comparação das médias. Utilizou-se ainda o teste "t" para testar as diferenças relativas entre as variáveis com ou sem deficiência hídrica temporária. Para as taxas de fotossíntese líquida avaliadas no tempo, realizou-se o ajuste das médias amostrais em função da significância do modelo ($P<0,05$) e efeito biológico. Na análise dos resultados referentes à cultura e à planta daninha cultivadas no mesmo vaso (em competição), optou-se pela separação do esquema fatorial ao invés de se utilizar as médias entre as plantas ou o total por vaso, representando melhor o objetivo proposto.

5.3 Resultados e Discussão

Os resultados de consumo de água das espécies revelam maior demanda hídrica para a soja em relação à planta daninha, mesmo após o período de deficiência hídrica (Fig. 21). Observa-se que a redução no volume de irrigação entre 20 e 40 dias após o transplante (DAT) diminuiu consideravelmente o volume de água evapotranspirado e que o maior período de consumo hídrico para soja e *D. ciliaris* ocorreu após os 50 DAT, correspondendo ao período logo após o florescimento da cultura.

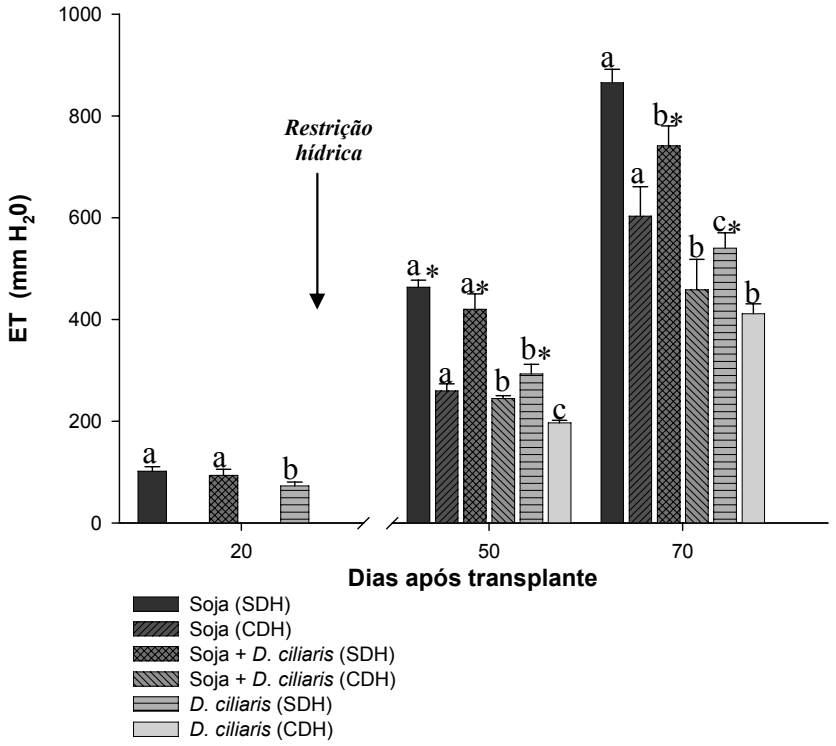

Figura 21 - Evapotranspiração acumulada (ET) de soja e *Digitaria ciliaris*, em monocultivo ou competição, cultivadas em câmara de crescimento em condições normais de disponibilidade hídrica (SDH) aos 20 dias após o transplante (DAT), ou após a deficiência hídrica (CDH) temporária, aos 50 e 70 DAT. Colunas representando os tratamentos SDH ou CDH seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * Diferenças significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05)

A partir das avaliações de massa de matéria seca (MMS) das espécies, observa-se a tendência de redução da massa de raiz em relação à massa total da planta, com o aumento no período de cultivo e na ausência da deficiência hídrica (SDH) (Fig. 22-a). Porém, em condições de deficiência (CDH), verifica-se um pico na fração da massa de matéria seca de raiz (MMSR), resultante da diminuição no crescimento da parte superior das plantas e ou maior drenagem de fotoassimilados para a sua porção radicular. Para a cultura, a principal variação na fração de MMSR ocorreu nos estádios iniciais de cultivo, comparando-se ao monocultivo e à competição com *D. ciliaris* sob deficiência hídrica (DH) temporária. Principalmente para *D. ciliaris*, nota-se o aumento proporcional de MMSR de $\pm$ 0,16 $g.g^{-1}$ aos 20 DAT para aproximadamente 0,33 $g.g^{-1}$ aos 50 DAT (Figura 22-a).

Efeito similar de redução no crescimento da porção superior das plantas também foi

relatado por Sharp e Davies (1989) para outras culturas, os quais verificaram que o processo de re-hidrataçao é muito mais evidente pela parte superior das plantas que o sistema radicular. Além disso, Westgate e Boyer (1985) avaliaram os potencias hídricas de diversas porções em plantas de milho e demonstraram maior sensibilidade da parte superior da cultura à DH. Conforme constatado, enquanto a expansão celular de caules e folhas foi cessada em -0,5 e -1,0 MPa, o sistema radicular ainda manteve seu crescimento a -1,4 MPa.

Em relação à porção caulinar, pouca ou nenhuma alteração na distribuição da massa de matéria seca de caule (MMSC) foi evidente entre os tratamentos CDH e SDH. Observa-se que a porção caulinar para a soja é crescente até o florescimento e início de enchimento de grãos. A partir deste período, ocorre o decréscimo na MMSC, com possível transferência das reservas armazenadas no mesmo para os grãos. Em relação a *D. ciliaris*, entretanto, ocorre acréscimos na fração caulinar em função do tempo, independente do efeito da DH ou da competição com soja (Fig. 22-b). Verifica-se ainda, que ao final do cultivo da cultura, a fração de caule representa mais de 40% da massa de matéria seca total (MMST) da planta daninha, constituindo-se fonte de armazenamento de reservas para a espécie.

Para as avaliações da porção foliar (Figura 23-a), observa-se que ambas, soja e planta daninha, apresentam redução na relação entre a MMS foliar e total da planta em função do tempo. Apesar do decréscimo da relação para *D. ciliaris*, ressalta-se a elevada contribuição foliar na MMST no início do seu estabelecimento (>60%) (Figura 3-a), coincidindo com o período de maior competição com a cultura em condições de campo. Este fato evidencia a necessidade de controle inicial desta planta, principalmente pelo seu rápido crescimento e altíssima competição com a cultura da soja.

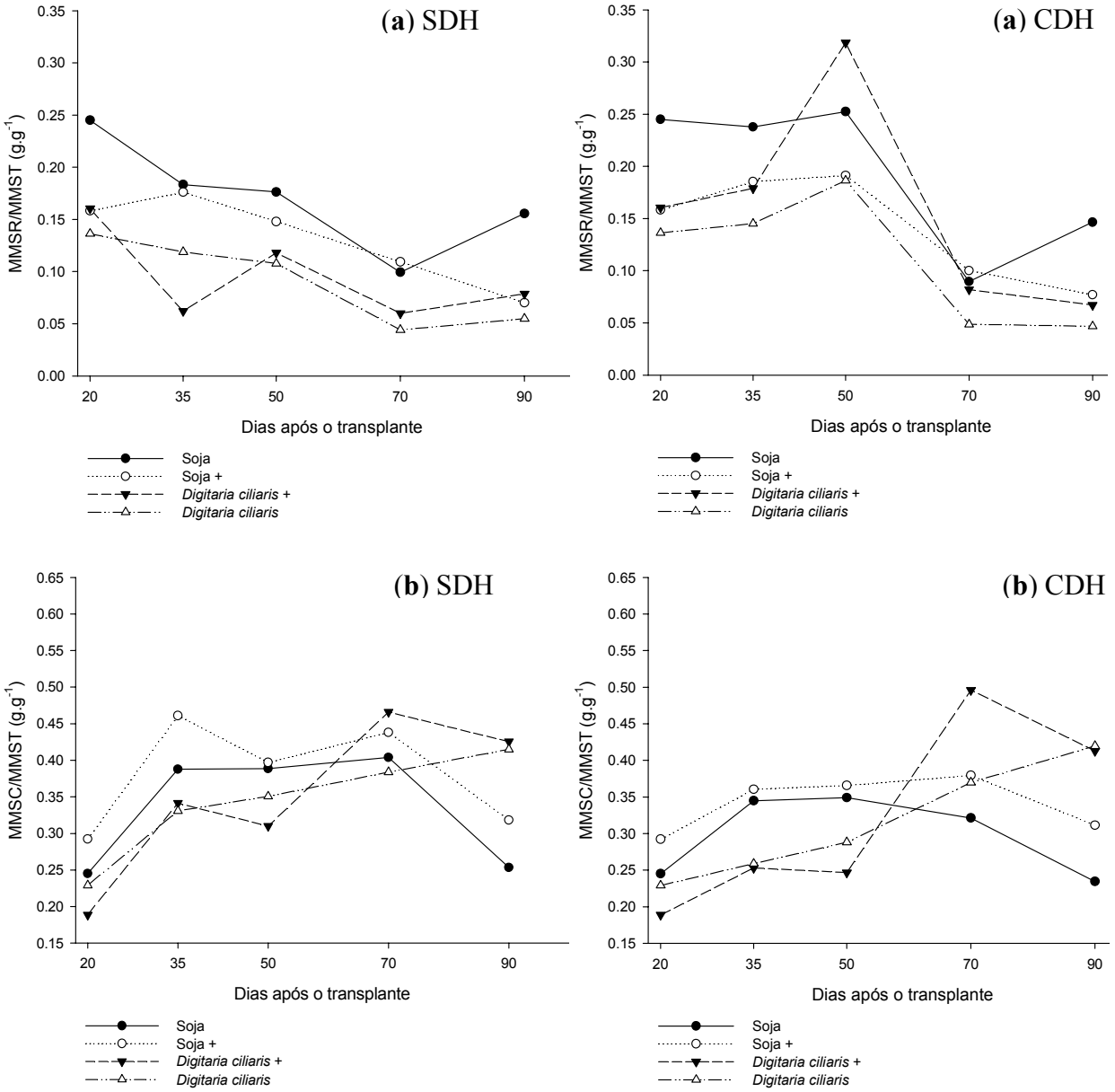

Figura 22 - Razão entre a massa de matéria seca de raiz (MMSR – **a**) e caule (MMSC – **b**) em relação à massa de matéria seca total (MMST) de plantas de *Digitaria ciliaris* e de soja em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento, em condições normais de disponibilidade hídrica (SDH) ou submetidas à deficiência hídrica (CDH), entre 20 e 40 dias após o transplante

Observando-se a distribuição da massa de matéria seca de frutos (MMSF), principalmente para a cultura (Figura 23-b), verifica-se a interferência da planta daninha no acúmulo de MMSF, fundamentalmente quando as plantas foram submetidas à DH. A diferença na razão entre a MMSF e MMST para a soja foi relativamente maior sob baixa disponibilidade hídrica, enquanto

que o inverso foi constatado para a *D. ciliaris*, ou seja, a cultura poderia competir mais com a planta daninha se o suprimento hídrico não fosse limitante.

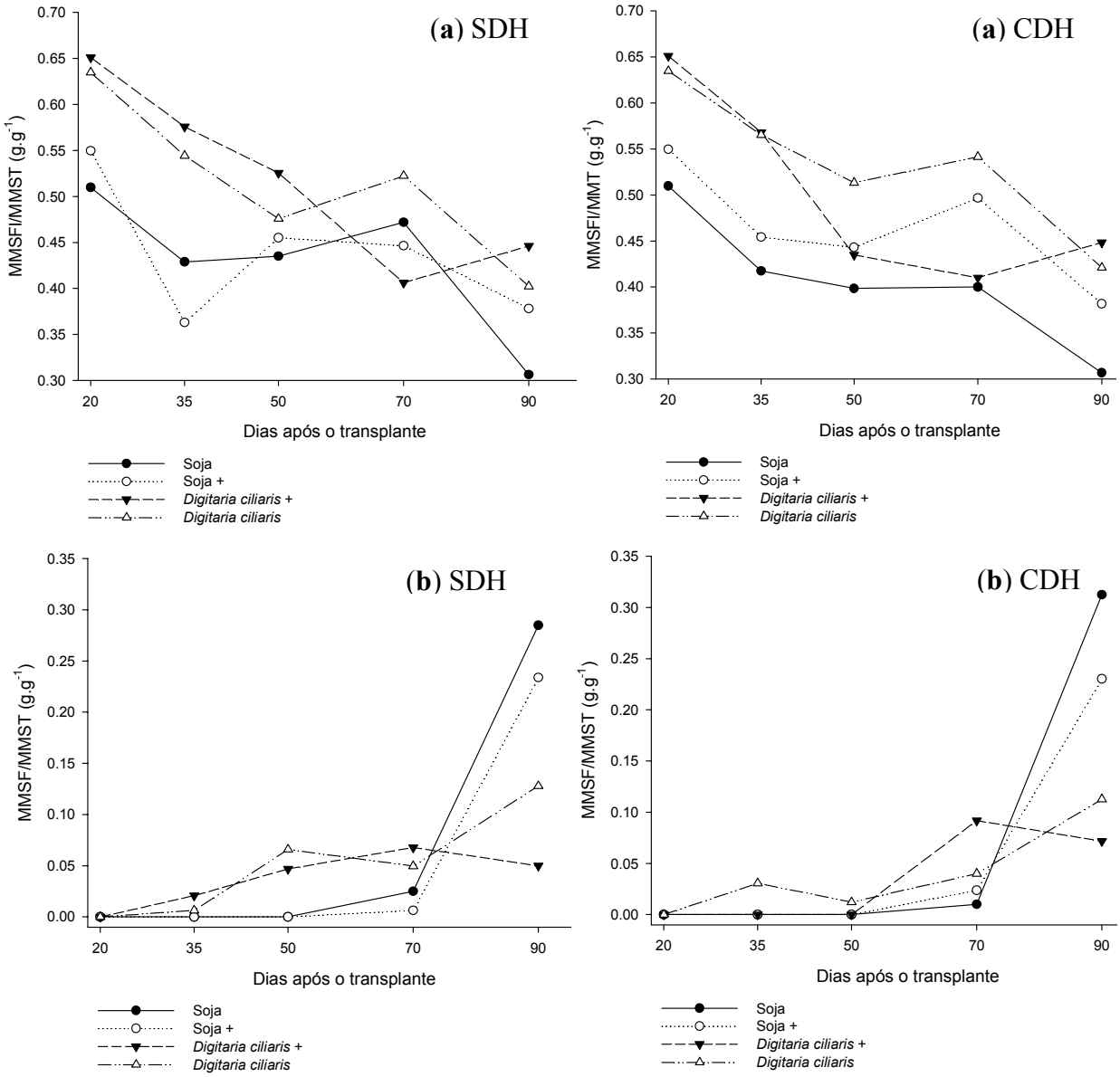

Figura 23 - Razão entre a massa de matéria seca de folha (MMSFl - **a**) e fruto (MMSF - **b**) em relação à massa de matéria seca total (MMST) de *Digitaria ciliaris* e de soja em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento, em condições normais de disponibilidade hídrica (SDH) ou submetidas à deficiência hídrica (CDH), entre 20 e 40 dias após o transplante

Maior efeito competitivo de *D. ciliaris* em condições de DH pode ser observado na

distribuição da MMST das plantas (Fig. 24), ao final do período de cultivo. Verifica-se elevada diferença entre a MMST para a cultura quando submetida ou não à DH, enquanto que o efeito da DH para a planta daninha é pouco evidente, embora significativo (P<0,05). Observa-se, ainda, que a DH temporária não interferiu na MMST da cultura, quando a mesma permaneceu em monocultivo. Todavia, a combinação da competição de *D. ciliaris* com o deficiência reduziu bruscamente a MMST de soja. Este efeito pode corroborar os estudos realizados por Dayaday e Pons (1978), os quais identificaram a interferência de *D. ciliaris* em milho por meio da ação de compostos alelopáticos exsudados pela planta daninha, reduzindo o sistema radicular da cultura.

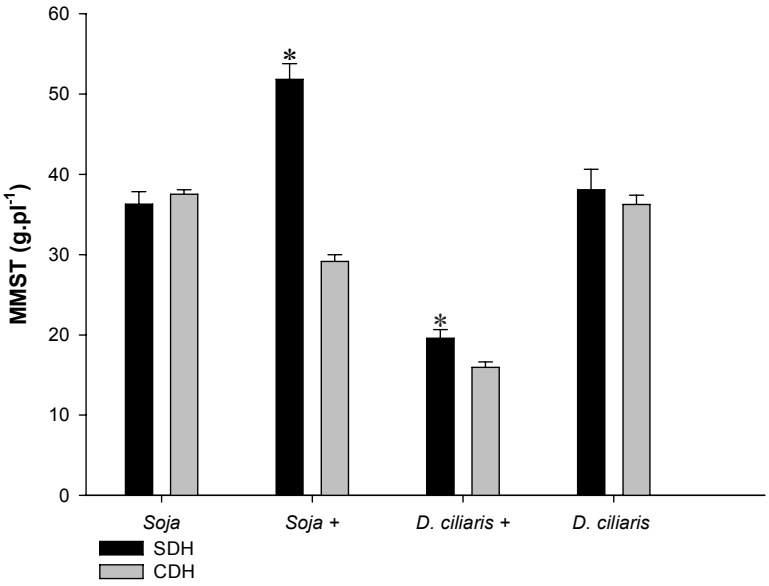

Figura 24 - Massa de matéria seca total de soja e *Digitaria ciliaris*, em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento, sob condições normais de suprimento hídrica (SDH) ou com deficiência hídrica temporária (CDH), aos 90 dias após o transplante. * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05)

A interferência alelopática de plantas daninhas é comum em cultivos sob condições controladas, entretanto sua distinção em condições de campo torna-se difícil pela sobreposição do efeito competitivo. Segundo relatos, espécies do gênero Digitaria costumam interferir no crescimento de outras espécies. Conforme Ito et al. (1987), prévio efeito inibitório de *D. adscendes* foi observado na emergência de outras plantas, incluindo também menor massa de matéria fresca de pepino e menor nodulação em soja. Já Chou (1989) avaliou a fitotoxicidade de

gramíneas subtropicais, entre elas *D. decumbens*, verificando a inibição no desenvolvimento de *Brachiaria mutica* por *D. decumbens*.

O efeito competitivo de *D. ciliaris* e soja também foi avaliado por meio dos parâmetros de área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), duração (DAF) e taxa de assimilação líquida (TAL).

Aos 20 DAT não se observam diferenças em AF embora a planta daninha apresente elevado aumento em seu índice de área foliar (IAF), quando em monocultivo (Tabela 12). As avaliações iniciais revelam também a vantagem competitiva de *D. ciliaris* em relação à soja, na captação dos recursos e aproveitamento dos mesmos, com significativos ($P<0,05$) AFE e RAF quando em competição com a cultura. Porém, aos 50 DAT, as diferenças entre soja e planta daninha deixam de existir e a cultura iguala-se a planta daninha, em termos de AF, IAF e demais parâmetros avaliados na ausência da deficiência hídrica (Tabela 12).

Quando submetidas à DH, o efeito competitivo entre plantas altera-se completamente, principalmente para *D. ciliaris* em competição com soja. Verifica-se drástica redução na AF e IAF de *D. ciliaris*, com baixos DAF e TAL. Estes efeitos ocorreram fundamentalmente pelo sombreamento da planta daninha pela cultura, sendo comprovado pelo significativo ($P<0,05$) aumento na AFE e RAF. Sabe-se que estes parâmetros indicam a razão entre a área foliar e a massa de matéria seca de folhas e total da planta, respectivamente. Sob sombreamento, as folhas tendem a ser mais finas e delgadas, com diminuição na incorporação de fotoassimilados pela planta e redução no custo energético de assimilação. Está adaptação da planta daninha em condições de sombreamento permite seu crescimento, embora lento, com baixo custo de manutenção.

A distinção dos efeitos dos tratamentos com e sem deficiência hídrica foi evidenciada, principalmente, no cultivo da cultura em competição com *D. ciliaris*, observando-se menor tolerância da planta daninha à redução do conteúdo de água no solo em relação à cultura (Tabela 12). Verifica-se aos 50 DAT, significativa ($P<0,05$) redução em área foliar, IAF, DAF e TAL para *D. ciliaris* em competição com soja e submetida à deficiência. Resultados similares foram observados aos 70 DAT, com baixo incremento em área foliar para a planta daninha. Apesar disso, verifica-se maior TAL para a *D. ciliaris* sob DH, sendo a maior parte do carbono assimilado, incorporado na porção caulinar da planta daninha (Tabela 12), conforme apresentado anteriormente. Já a soja é reconhecida como tolerante à DH, possuindo alta capacidade de ajuste

osmótico e recuperação dos efeitos da deficiência, quando este ocorrer nos estádios iniciais de seu crescimento (COSTA et al., 1999).

Tabela 14 - Parâmetros de crescimento foliar e de assimilação líquida de carbono de soja e *D. ciliaris* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas ou não à deficiência hídrica temporária

Composição de plantas	Restrição Hídrica [a]	AF (cm^2)	IAF	AFE [b] ($dm^2.g^{-1}$)	RAF [b] ($dm^2.g^{-1}$)	DAF (dias)	TAL ($g.dm^{-2}.dia^{-1}$)
				20 DAT			
Soja	SDH	279,60 a	3,16 b	331,82 b	169,12 b		
Soja + *D. ciliaris*	SDH	319,04 a	3,61 ab	311,05 b	171,05 b		
D. ciliaris + *D. ciliaris*	SDH	203,14 a	2,30 b	576,12 a	376,95 a		
	SDH	253,04 a	5,73 a	461,23 ab	292,73 ab		
				50 DAT			
		AF (cm^2)	IAF	AFE ($dm^2.g^{-1}$)	RAF ($dm^2.g^{-1}$)	DAF (dias)	TAL ($g.dm^{-2}.dia^{-1}$)
Soja	SDH	1523,68 a*	17,24 a*	313,66 a	136,55 a	0,34 a*	0,042 a
Soja + *D. ciliaris*	SDH	1827,45 a	20,6 a	358,85 a	168,99 a	0,40 a	0,037 a
D. ciliaris + *D. ciliaris*	SDH	1578,30 a*	17,86 a*	331,31 a	174,04 a	0,34 a*	0,039 a*
	SDH	1154,50 a	26,13 a	280,83 a	134,82 a	0,53 a	0,039 a
Soja	CDH	772,03 a	8,74 b	306,04 b	122,11 b	0,20 bc	0,032 a
Soja + *D. ciliaris*	CDH	1021,05 a	11,56 b	301,54 b	132,99 b	0,25 b	0,031 a
D. ciliaris + *D. ciliaris*	CDH	350,25 b	3,96 c	449,77 a	193,63 a	0,10 c	0,016 b
	CDH	937,60 a	21,22 a	277,16 b	141,51 b	0,45 a	0,034 a
				70 DAT			
		AF (cm^2)	IAF	AFE ($dm^2.g^{-1}$)	RAF ($dm^2.g^{-1}$)	DAF (dias)	TAL ($g.dm^{-2}.dia^{-1}$)
Soja	SDH	2287,98 a	25,89 ab	226,40 a	107,18 a	1,07 ab*	0,027 a
Soja + *D. ciliaris*	SDH	2423,15 a	27,42 ab	254,51 a	113,79 a	1,20 ab*	0,024 a
D. ciliaris + *D. ciliaris*	SDH	1556,89 a*	17,62 b	195,65 a	77,87 a	0,88 b*	0,035 a*
	SDH	1483,92 a	33,59 a	121,34 a	64,05 a	1,49 a	0,061 a
Soja	CDH	2029,14 a	22,97 a	246,65 a	140,11 a	0,79 b	0,032 b
Soja + *D. ciliaris*	CDH	1990,69 a	22,53 a	265,28 a	128,72 a	0,85 b	0,026 b
D. ciliaris + *D. ciliaris*	CDH	350,62 b	3,97 b	177,66 a	40,75 b	0,19 c	0,096 a
	CDH	1459,05 a	33,03 a	178,20 a	95,71 ab	1,35 a	0,040 b

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna (comparações dentre tratamentos SDH ou CDH) não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). * Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH, dentro de cada composição de plantas, pelo teste "t"(P<0,10). [a)] SDH- Sem deficiência hídrica; CDH- Com deficiência hídrica temporária entre 20 e 40 dias após o transplante (DAT). AF- Área foliar; IAF- Índice de área foliar; AFE- Área foliar específica; RAF- Razão de área foliar; DAF- Duração de área foliar, calculada para os intervalos 20-50 e 50-70 DAT; TAL- Taxa de assimilação líquida. [b] Diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,1).

As análises de fotossíntese líquida (FL) auxiliam na interpretação dos resultados, sendo possível identificar a elevada taxa fotossintética de *D. ciliaris* nos estádios iniciais de crescimento (Fig. 25), alcançando a máxima taxa entre 35 e 50 DAT. Por meio da FL de soja, verifica-se também a sua maior capacidade competitiva intra-específica em relação á interespecífica, com

taxas fotossintéticas menores quando em monocultivo em relação à competição com a planta daninha (Fig. 25). Observa-se ainda a elevada atividade fotossintética de *D. ciliaris* ao final do ciclo da cultura (90 DAT), principalmente em monocultivo, permitindo a continuidade de crescimento da espécie com contribuição para o banco de sementes do solo.

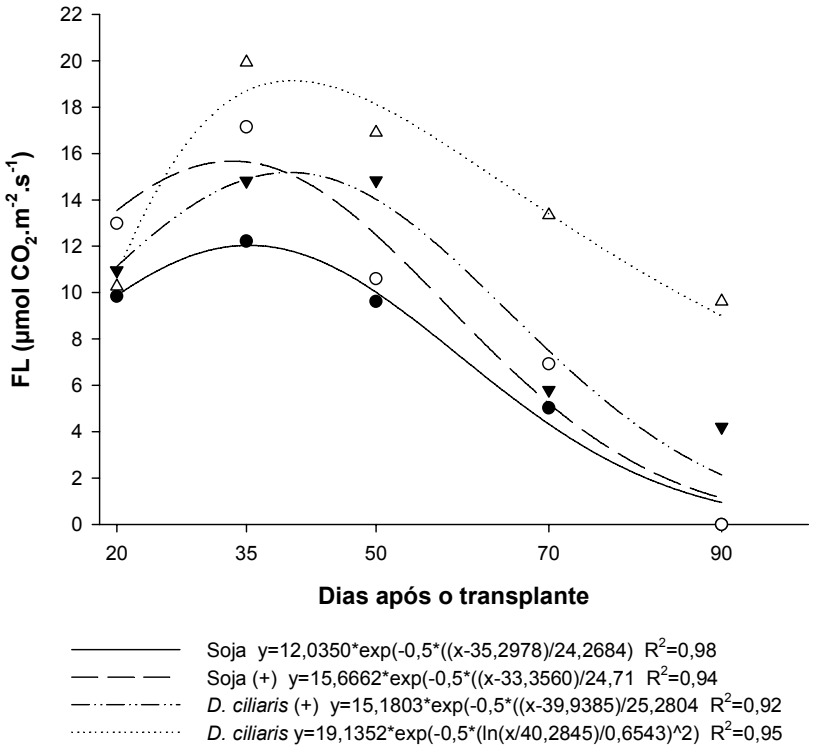

Figura 25 - Estimativas das curvas de fotossíntese líquida (FL) para os monocultivos de soja e *Digitaria ciliaris* ou em competição, soja (+) e *D. ciliaris* (+), em câmara de crescimento, sem deficiência hídrica, em função do tempo (dias). ● Soja; o Soja (+); ▼ *D. ciliaris* (+); Δ *D. ciliaris*. Análises de FL com 800 µmol.m^{-2}.s^{-1} de radiação fotossinteticamente ativa

A deficiência hídrica parece influenciar na FL das plantas, apresentando distribuição completamente distinta em relação aos tratamentos sem DH (Fig. 26). Principalmente aos 35 DAT, quando as plantas estavam sob restrição hídrica, a taxa fotossintética de soja e *D. ciliaris* apresentaram decréscimo acentuado. A maior redução foi constatada para FL de soja em competição com *D. ciliaris*, cuja taxa reduziu de 17,14 µmol(CO_2).m^{-2}.s^{-1} para 7,54 µmol(CO_2). m^{-2}.s^{-1} aos 35 DAT. A planta daninha em competição com a cultura também reduziu bruscamente a taxa de FL. Neste sentido, verifica-se que o cultivo de soja e *D. ciliaris* no mesmo vaso, juntamente com a DH temporária interferem no processo competitivo normalmente estabelecido

entre estas espécies, conforme evidenciado anteriormente pela MMST das plantas.

A hipótese sugerida neste caso seria de que sob DH, a ação alelopática da planta daninha sobre a cultura seria maior, ou pelo aumento na exsudação radicular ou pelo menor conteúdo de água no solo, favorecendo a concentração dos exsudados. Todavia, nenhuma extração ou análise da solução do solo foi realizada para comprovação, sugerindo-se a continuidade destes estudos.

Mesmo sob DH, observa-se também que a FL de *D. ciliaris* manteve-se maior em relação à da cultura, sendo já previsto pelo fato da gramínea apresentar ciclo fotossintético C_4, com maior potencial para saturação luminosa.

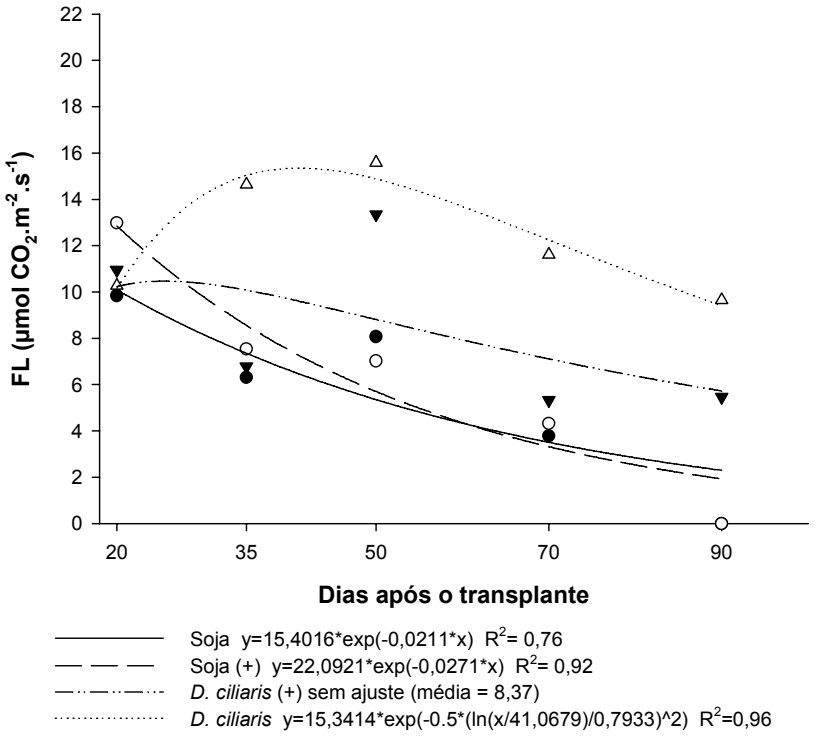

Figura 26 - Estimativas das curvas de fotossíntese líquida (FL) para os monocultivos de soja e *Digitaria ciliaris* ou sua competição, soja (+) e *D. ciliaris* (+), em câmara de crescimento, com deficiência hídrica (DH), em função do tempo (dias). ● Soja; o Soja (+); ▼ *D. ciliaris* (+); Δ *D. ciliaris*. DH entre 20 e 40 DAT. Análises de FL com 800 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa

Por meio das análises de nitrato redutase (NR), verifica-se que a cultura apresenta atividade enzimática bem superior a da planta daninha (Fig. 27). Mesmo após o período de estresse, a atividade da NR de soja manteve-se superior a *D. ciliaris*, embora a cultura apresente maior diferença entre os tratamentos com e sem deficiência hídrica. A atividade da NR nas

plantas está relacionada com a facilidade de aproveitamento e acúmulo de nitrogênio (N) das espécies. A soja, por ser espécie com aprimoramento genético avançado, possui grande potencial de absorção (simbiótica e assimbiótica), acúmulo e ciclagem deste elemento na planta, sendo a atividade da enzima favorecida pela quantidade de N absorvido e translocado para as folhas. Está enzima também é encontrada nas raízes das plantas, podendo para algumas espécies, estar concentrada totalmente no sistema radicular. Entretanto, acredita-se que para *D. ciliaris* isto não ocorra e que o processo de redução do N esteja concentrado na parte superior da planta.

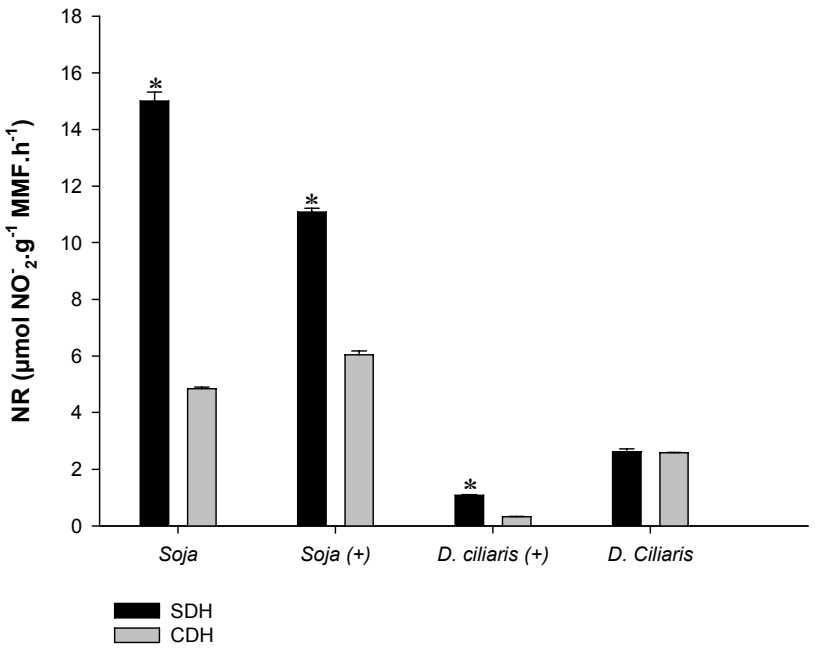

Figura 27 - Atividade da enzima nitrato redutase (NR - µmol(NO_2^-).g^{-1}(massa de matéria fresca).h^{-1}) em amostras foliares de soja e *D. ciliaris* em monocultivo ou em competição (+), aos 50 DAT, com (CDH) ou sem deficiência hídrica (SDH) temporária.* Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH, pelo teste "t" (P<0,05)

Observa-se também que o efeito da DH para a soja em monocultivo foi mais pronunciado em relação à soja cultivada com *D. ciliaris*, enfatizando novamente a maior competição intra-específica. Estes dados estão de acordo com os demais apresentados, nos quais se verifica maior demanda por água pela soja em relação à planta daninha, agravando o processo competitivo.

Para finalizar a análise do processo competitivo entre as espécies, analisou os teores absorvidos e acumulados de macronutrientes pela cultura e planta daninha, constatando-se, em geral, maior aporte de nutrientes pela soja (Tabela 15 e 16). Para N, por exemplo, verificam-se altos teores do nutriente para a cultura, principalmente para as porções de folha e raiz, confirmando a alta atividade enzimática encontrada para NR. A planta daninha, todavia, apresenta valores próximos à cultura somente na porção caulinar, mesmo após as observações da maior atividade fotossintética para *D. ciliaris* durante o ciclo de cultivo. Os teores de P também parecem predominar na cultura, fundamentalmente na porção radical da soja. Já para a *D. ciliaris*, não se observam acúmulos específicos deste macronutriente.

Os teores totais encontrados para a planta daninha são elevados, equiparando-se aos estimados para a soja, com exceção do N e P (Tabela 15). Para os macronutrientes K, Ca, Mg e S, verifica-se elevado potencial de absorção e sua incorporação na fitomassa de *D. ciliaris*, embora a deficiência hídrica tenha reduzido significativamente ($P<0,05$) a absorção da maioria destes nutrientes. Apesar da baixa absorção de K, Ca, Mg e S totais para a planta daninha mantida sob limitação hídrica, verifica-se maior acúmulo de K e S para caules e folhas, assim como de Mg para folhas. Os teores destes elementos foram superiores inclusive aos constatados para a soja, podendo-se inferir que está maior concentração destes macronutrientes está relacionada à adaptação da planta daninha sob baixo conteúdo de água no solo.

A partir do conjunto de análises obtidas no cultivo de soja e *Digitaria ciliaris*, pode-se sintetizar que a planta daninha é extremamente competitiva com a cultura, fundamentalmente pelos elevados valores de área foliar iniciais, massa de matéria seca total ao final do período de cultivo e fotossíntese líquida evidenciados durante o ciclo da cultura. Apesar da sua menor demanda evapotranspiratória, a planta daninha apresentou redução em muitos parâmetros de crescimento quando submetida à deficiência hídrica, demonstrando-se pouco tolerante ao mesmo. Todavia, sob restrição hídrica, *D. ciliaris* também apresentou forte interferência no crescimento e desenvolvimento da soja, recomendando-se a realização de estudos específicos com a finalidade de comprovar sua exsudação radicular e efeito alelopático na cultura.

Tabela 15 - Teores de macronutrientes particionados (g.kg^{-1} massa de matéria seca) e totais por planta (mg.pl^{-1}) de soja e *Digitaria ciliaris* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas (CDH) ou não à deficiência hídrica (SDH) temporária

Partição	Cultivo	Soja	Soja (+)	*D. ciliaris* (+)	*D. ciliaris*
			N		
Raiz	SDH	22,47 (1,1) a	22,71 (1,1) a*	13,21 (0,3) b	19,59 (2,0) a
	CDH	24,36 (0,9) b	27,62 (0,7) a	11,98 (0,5) d	20,01 (0,1) c
Caule	SDH	16,42 (1,9) ab	19,30 (1,2) a*	17,98 (3,1) a	13,78 (0,2) b
	CDH	13,97 (0,2) a	14,86 (1,2) a	15,67 (0,7 a	12,97 (2,9) a
Folha	SDH	40,85 (2,5) a	38,77 (1,9) a*	28,61 (2,1) b*	27,71 (0,8) b
	CDH	41,70 (0,2) b	47,09 (0,5) a	27,67 (0,3) d	35,46 (0,1) c
Total	SDH	318,23 (92,0) a	319,96 (27,7) a	200,54 (13,2) b*	172,74 (31,1) c
	CDH	176,07 (13,5) b	242,56 (9,7) a	35,61 (3,7) c	169,70 (36,0) b
			P		
Raiz	SDH	8,71 (0,5) a*	4,25 (0,1) b	1,85 (0,1) c	1,19 (0,1) c
	CDH	5,76 (0,2) a	4,73 (0,4) b	1,77 (0,1) c	1,22 (0,2) c
Caule	SDH	3,37 (0,2) a	2,80 (0,1) ab	2,3 (0,1) b	1,59 (0,4) b
	CDH	2,53 (0,2) a	2,55 (0,2) a	2,53 (0,2) a	2,11 (0,6) a
Folha	SDH	3,72 (1,2) a	2,71 (0,2) ab	2,37 (0,2) b*	1,62 (0,1) b
	CDH	2,66 (0,1) a	2,66 (0,1) a	1,89 (0,1) b	2,06 (0,4) b
Total	SDH	49,43 (7,0) a*	32,32 (5,6) ab	19,75 (1,5) bc*	12,40 (0,9) c
	CDH	21,71 (3,5) a	23,23 (0,7) a	3,64 (0,4) c	12,37 (2,0) b
			K		
Raiz	SDH	40,98 (2,2) a	19,41 (2,2) b*	9,14 (0,7) c	1,43 (0,2) d
	CDH	35,85 (5,1) a	28,14 (0,1) a	6,57 (1,5) b	0,92 (0,7) b
Caule	SDH	27,63 (0,7) b	32,76 (0,7) b*	49,71 (5,7) a	24,55 (5,1) b
	CDH	28,65 (2,2) b	24,03 (5,8) b	57,93 (5,8) a	37,90 (8,0) b
Folha	SDH	26,09 (1,5) b	24,55 (2,2) b	49,20 (6,5) a	40,47 (7,3) ab
	CDH	33,79 (0,7) a	30,71 (2,2) a	52,80 (11,6) a	53,82 (8,7) a
Total	SDH	329,79 (79,0) a	303,61 (79,1) a	382,53 (26,9) a*	243,22 (60,4) a
	CDH	208,20 (32,7) a	213,46 (2,0) a	71,68 (18,9) b	253,13 (32,1) a

Planta coletadas aos 50 dias após o transplante (DAT). Linhas seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH, dentro de cada composição de plantas, pelo teste "t"(P<0,05). Valores entre parênteses representam os desvios-padrão da média.

Tabela 16 - Teores de macronutrientes secundários particionados (g.kg^{-1} massa de matéria seca) e totais por planta (mg.pl^{-1}) de soja e *Digitaria ciliaris* em monocultivo ou em competição (+), cultivadas em câmara de crescimento e submetidas (CDH) ou não à deficiência hídrica (SDH) temporária

Partição	Cultivo	Soja	Soja (+)	*D. ciliaris* (+)	*D. ciliaris*
			Ca		
Raiz	SDH	13,72 (4,7) a	13,45 (6,6) a	14,54 (7,4) a	16,47 (0,58) a
	CDH	11,80 (1,2) ab	12,35 (0,4) a	8,78 (0,8) b	13,45 (1,2) a
Caule	SDH	17,56 (3,9) a	9,60 (0,4) b	8,23 (1,6) b	9,06 (1,2) b
	CDH	8,78 (1,6) a	8,51 (1,2) a	9,88 (2,3) a	10,98 (0,1) a
Folha	SDH	11,25 (1,2) a	16,47 (0,8) a	14,27 (4,7) a	10,43 (0,8) a
	CDH	12,62 (0,8) ab	17,84 (1,2) a	12,35 (2,7) ab	11,25 (1,2) b
Total	SDH	159,31 (48,3) a	147,40 (16,2) a	106,29 (1,5) a*	86,06 (25,2) a
	CDH	70,34 (1,2) b	102,90 (7,4) a	18,95 (0,9) c	75,02 (6,4) b
			Mg		
Raiz	SDH	8,76 (0,7) a	7,61 (0,1) a	4,77 (0,8) b	3,42 (0,1) b*
	CDH	9,52 (0,1) a	7,87 (0,5) b	4,39 (0,1) c	2,71 (0,2) d
Caule	SDH	5,17 (1,3) ab	2,94 (0,4) b	4,72 (0,2) ab*	5,88 (0,4) a
	CDH	3,01 (0,7) b	2,30 (0,3) b	5,93 (0,2) a	5,66 (0,5) a
Folha	SDH	5,12 (0,3) b	5,50 (0,7) b	10,38 (2,2) a	9,87 (0,9) ab
	CDH	5,27 (1,1) b	6,44 (0,2) b	6,72 (0,4) b	10,08 (1,2) a
Total	SDH	65,13 (13,1) a	53,37 (3,0) a*	68,36 (17,1) a*	61,88 (17,1) a
	CDH	35,50 (5,0) a	39,92 (2,6) a	10,41 (0,8) b	48,57 (12,2) a
			S		
Raiz	SDH	6,55 (0,6) a	4,89 (0,1) ab	4,42 (0,2) b	6,41 (0,7) a*
	CDH	5,61 (0,7) a	4,77 (0,1 a	4,62 (0,7) a	3,69 (1,0) a
Caule	SDH	1,14 (0,6) b	1,08 (0,2) b	3,04 (0,2) a	2,29 (0,2) ab
	CDH	2,25 (0,1) b	1,06 (0,1) c	3,11 (0,1) a	2,31 (0,1) b
Folha	SDH	2,09 (0,3) a	1,77 (0,1) a	2,08 (0,1) a	1,84 (0,3) a
	CDH	1,62 (0,01) a	1,78 (0,2) a	1,86 (0,1) a	1,89 (0,4) a
Total	SDH	27,99 (6,2) a	22,05 (5,5) a	23,23 (2,2) a	20,27 (3,3) a*
	CDH	15,85 (6,9) a	16,25 (0,4) a	5,52 (0,2) a	15,47 (4,9) a

Planta coletadas aos 50 dias após o transplante (DAT). Linhas seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). Diferença significativa entre os tratamentos SDH e CDH, dentro de cada composição de plantas, pelo teste "t"(P<0,05). Valores entre parênteses representam os desvios-padrão da média.

O maior acúmulo de macronutrientes, especialmente K e Mg foliares também destacam a capacidade de adaptação de *D. ciliaris* às condições de deficiência hídrica, principalmente em competição com outras culturas, devendo-se reconsiderar sua capacidade de adaptação à deficiência hídrica. Apesar da redução no seu crescimento, a planta daninha apresentou outros mecanismos de proteção, principalmente em competição, permitindo sua sobrevivência e reprodução ao final do ciclo de cultivo.

Em relação à cultura, admite-se sua maior capacidade de competição intra-específica,

fundamentalmente pelas avaliações dos índices de área foliar, área foliar específica e duração de área foliar. Os altos teores de nitrato redutase também garantem à cultura maior aporte de nitrogênio, sendo confirmado pelos teores totais apresentados pelas análises de macronutrientes.
Em geral, a planta daninha também se demonstrou eficiente na captação de nutrientes do solo e na incorporação destes na fitomassa da planta, representando alto efeito competitivo quando apresentar o mesmo período de germinação. Os valores totais da maioria dos macronutrientes de *D. ciliaris* cultivada sem restrição hídrica foram similares aos encontrados para a cultura, ressaltando-se especial atenção no controle desta espécie nos estádios iniciais de competição. Para isso, recomenda-se a confirmação destes resultados obtidos em condições reais de campo, admitindo-se a adaptação das espécies as condições normais de cultivo.

Referências

AZCÓN, R.; GÓMEZ, M.; TOBAR, R.M. Physiological and nutritional responses by *Lactuca sativa* L. to nitrogen sources and mycorrhizal fungi under drought conditions. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, n.22, p.156-161, 1996.

CARSON, K. H. et al. *Triticum aestivum* and *Lolium multiflorum* interaction during drought. **Weed Science**, Lawrence, v.47, n.4, p.440-445, 1999.

CHOU, C.H. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. IV - Comparative phytotoxic nature of leachate from four subtropical grasses. **Journal of Chemical Ecology**, Amsterdam, n.15, p.2149-2159, 1989.

COSTA, L.C.; CONFALONE, A.; PEREIRA, C.R. Effect of water stress on the efficiency of capture of water and radiation by soybean. **Tropical Science**, London, v.39, p.91-97, 1999.

COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density-dependence of replacement series experiments. **Oikos**, n.66, p.347-352, 1993.

DAYADAY, F. A.; PONS, T. L. The competition of crabgrass *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel with maize (*Zea mays* L.) and the possible role of allelopathy. **USM Research Journal**, Mississipi, n.1, v.1, p.1-10, 1978.

FLECK, N.G.; CANDEMIL, C.R.G. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, n.25, p.27-32, 1995.

GRIFFIN, B.S.; SHILLING, D.G.; BENNET, J.M.; CURREY, W.L. The influence of water stress on the physiology and competition of soybean (*Glycine max*) and Florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*). **Weed Science**, Lawrence, v.37, p.544-551, 1989.

ISODA, I.; ISODA, A. Adaptive responses of soybean and cotton to water stress. I-Transpirations changes in relation to stomatal area and stomatal conductance. **Plant Production Science**, Tokio, v.8, n.1, p.16-26, 2005.

ITO, M.; KOBAYASHI, H.; UEKI, K. Allelopathic potential of *Digitaria adscendens*: inhibitory effects of previously grown soil on growth and emergence. In: Asian-pacific, Weed Science Society Conference Taipei, 11., 1987, China. **Proceedings…** China, 1987. p.607-612.

JONES JÚNIOR, R.E; WALKER, R.H. Effect of interspecific interference, light intensity, and soil moisture on soybean (*Glycine max*), Common cocklebur (*Xanthium strumarium*), and Sicklepod (*Cassia obtusifolia*) water uptake. **Weed Science**, Lawrence, v.41, n.4, p.534-540, 1993.

LASKOWSKI, L.E. Características anatómicas de la hoja y el tallo del semeruco (*Malpighia emarginata* DC.) cultivado en las localidades del Estado Lara. **Bioagro**, Barquisimeto, Venezuela, n.12, v.2, p.33-40, 2000.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; PENCKOWSKI, L.H.; PODOLAN, M.J.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Alternativas de manejo químico da planta daninha *Digitaria ciliaris* resistente aos herbicidas inibidores da ACCase na cultura de soja. **Planta daninha**, Viçosa, v.24, n.2, p.407-414, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba, Brasil: Potafos, 1997, 319p.

NICHOLAS, J.C.; HARPER, J.E.; HAGEMAN, R.H. Nitrate reductase activity in soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) 1- Effects of light and temperature. **Plant Physiology**, Rockville, v.58, p.731-735, 1976.

PATTERSON, D.T.; FLINT, E.P. Comparative water relations, photosynthesis, and growth of soybean (*Glycine max*) and seven associated weeds. **Weed Science**, Lawrence, n.31, p.522-527, 1983.

SCOTT, H.D.; GEDDES, R.D. Plant water stress of soybean (*Glycine max*) and common cockbleur (*Xanthium pensylvanicum*): a comparison under field conditions. **Weed Science**, Lawrence, n.27, p.285-289, 1979.

SHARP, R. E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, n.25, p.211-222, 2002.

SHARP, R. E.; DAVIES, W. J. Regulation of growth and development of plants growing with a restricted supply of water. In: Hamlyn, G. J.; Flowers, T. J.; Jones, M.B. **Plants under stress** - Society for experimental Biology (Seminar Series). 1989, 268p. 1989, p.71-94.

SUBRAMANIAN, K.S.; CHAREST, C. Arbuscular mycorrhizae and nitrogen assimilation in maize after drought and recovery, **Physiologia Plantarum**, Madison, n.102, p.285-296, 1998.

WAHBI, A.; SINCLAIR, T.R. Transpiration response of Arabidopsis, maize, and soybean drying of artificial and mineral soil. **Environmental and Experimental Botany**, n.59, p.188-192, 2007.

WESTGATE, M.E.; BOYER, J.S. Osmotic adjustment and the inhibition of leaf, root, stem and silk growth at lower water stress potentials in maize. **Planta**, Berlin, n.164, p.540-549, 1985.

Considerações finais e Conclusões

- A competição entre soja e as espécies foi distinta, com predominância dos efeitos competitivos de cada planta daninha e sua capacidade de adaptação ao ambiente;
- A cultura apresentou maior competição intra-específica em todos os experimentos, com redução do seu efeito supressor em condições de deficiência hídrica;
- A maioria das plantas daninhas avaliadas demonstrou maior tolerância ao baixo conteúdo de água no solo, com destaque para *Alternanthera tenella*;
- A redução do conteúdo de água interferiu na maioria dos parâmetros avaliados para soja e para as plantas daninhas, fundamentalmente na fotossíntese líquida, em especial na atividade da nitrato redutase de soja e na partição de macronutrientes para as plantas daninhas;
- Entre as plantas daninhas avaliadas, *Digitaria ciliaris* demonstrou-se altamente competitiva com a cultura, incluindo-se ainda a possibilidade de efeito alelopático em soja;
- Por meio dos resultados, orienta-se para a inclusão do efeito da deficiência hídrica temporária nos programas de análise de controle de plantas daninhas em soja;
- Devido à complexidade do processo competitivo entre plantas, torna-se difícil a sua distinção entre os diversos mecanismos de cada espécie, sugerindo-se a realiazação de mais estudos nesta linha de pesquisa, incluindo-se especificações em relação ao sistema radicular e nutricional das plantas.

ANEXOS

ANEXO 1

Quadro 1. Programação da Câmara de Crescimento (Conviron E-15)

Hora	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Fluorescente*	Incandescente
00:00	20	75	0	0
06:00	18	75	8	8
07:00	20	75	8	8
08:00	24	70	8	8
10:00	26	60	8	8
12:00	30	50	8	8
14:00	30	50	8	8
16:00	28	60	8	8
18:00	26	70	8	8
19:00	26	75	8	8
20:00	26	75	8	8
20:01	24	75	8	8
21:00	24	75	0	0
22:00	22	75	0	0
22:59	20	75	0	0

* 0 – desligado; 1 a 8 – ligado com diferentes intensidades luminosas. 8 – Todas as lâmpadas ligadas.

ANEXO 2

Quadro 2. Estádios fenológicos: soja e plantas daninhas

DAT	Soma térmica[1]	Experimento 1		Experimento 2		Experimento 3	
		Soja[2]	*A. tenella*[3]	Soja	*T. procumbens*[3]	Soja	*D. ciliaris*[3]
20	260	V_4	19	V_3	36	V_4	22
35	455	V_9	24	V_7	51	V_9	33
50	650	R_2	33	R_2	60	R_2	55
70	910	R_5	40	R_5	71	R_5	71
90	1170	R_8	71	R_8	79	R_8	81

[1] Temperatura base considerada para o cálculo: 10˚C

[2] O estádio fenológico (Escala de Fehr e Caviness, 1977) se refere ao estádio predominante das plantas, independente do efeito dos tratamentos (competição e monocultivo, com ou sem deficiência hídrica).

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stage of soybean development. Ames, Iowa: Iowa State University, Cooperative Extension Service, 1977. 11p. (Special report, 80).

[3] Escala BBCH de acordo com Hess et al. (1997) para as três plantas daninhas utilizadas nos experimentos: *Alternanthera tenella* Colla.; *Tridax procumbens* L.; e *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel.

HESS, M.; BARRALIS, G.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; EGGERS, T.H.; HACK, H.; STAUSS, R. Use of the extended BBCH scale: general for the description of the growth stages of mono- and dicotyledonous weed species. Weed Research, v.37, p.433-441, 1997.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo