**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Características biológicas e suscetibilidade a herbicidas de cinco
espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus***

Saul Jorge Pinto de Carvalho

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Fitotecnia**

Piracicaba

2006

Saul Jorge Pinto de Carvalho
Engenheiro Agrônomo

Características biológicas e suscetibilidade a herbicidas de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*

Orientador:
Prof. Dr. PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2006

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

Carvalho, Saul Jorge Pinto de

Características biológicas e suscetibilidade a herbicidas de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* / Saul Jorge Pinto de Carvalho. - - Piracicaba, 2006.
96 p.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Biologia vegetal 2. Caruru 3. Germinação 4. Herbicidas 5. Plantas daninhas I. Título

CDD 632.58

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

Aos meus pais, Antonio Carlos e Marisa,
e a minha querida irmã, Anita

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- À Deus pela minha existência e à minha família (Antonio Carlos, Marisa e Anita), por todas as ocasiões em que me apoiaram e estiveram presentes ao meu lado;
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, em especial ao Departamento de Produção Vegetal, pela oportunidade concedida para realização deste trabalho;
- Ao Professor Dr. Pedro Jacob Christoffoleti pela orientação, amizade, colaboração, oportunidade e pelas suas contribuições à minha formação profissional;
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela bolsa concedida, em nível de mestrado;
- À Denise Coelho Mendes, por toda a dedicação, companhia e paciência;
- À minha querida avó, Juracy Cardoso Jorge, pela amizade, dedicação e carinho;
- Aos amigos, Engenheiros Agrônomos, Ramiro Fernando López Ovejero, Marcelo Nicolai e Murilo Sala Moreira, por todo o auxílio e companheirismo;
- À Eng^a. Agr^a. M.Sc. Helena Maria Carmignani Pescarin Chamma, por todo auxílio e amizade oferecidos durante a minha vida esalqueana;
- Aos amigos e companheiros na Ciência das Plantas Daninhas: André Alves, Thiago Dantas, Bianca Martins, Daniela Ribeiro, Júlio Frare, Renata Rossin, Marcel Melo, Luis Gustavo Scarpari, Diego Schmidt, Iracema Degaspari, José Augusto Buissa, Marcelo Francisco, Walter Bordignon Neto, Ana Carolina Dias; e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
Referências.....	12
2 INFLUÊNCIA DA LUZ E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE CINCO ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO <i>Amaranthus</i>	13
Resumo.....	13
Abstract.....	13
2.1 Introdução.....	14
2.2 Material e Métodos.....	16
2.3 Resultados e Discussão.....	18
2.4 Conclusões.....	23
Referências.....	24
3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE CINCO ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO <i>Amaranthus</i>	26
Resumo.....	26
Abstract.....	26
3.1 Introdução.....	27
3.2 Material e Métodos.....	29
3.3 Resultados e Discussão.....	32
3.4 Conclusões.....	44
Referências.....	45
4 ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE CINCO PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO <i>Amaranthus</i> USANDO DIMENSÕES LINEARES DO LIMBO FOLIAR.....	48
Resumo.....	48
Abstract.....	48
4.1 Introdução.....	49
4.2 Material e Métodos.....	51
4.3 Resultados e Discussão.....	54

4.4 Conclusões.....	61
Referências.....	61
5 COMPETIÇÃO DE PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO <i>Amaranthus</i> COM PLANTAS DE FEIJOEIRO.....	64
Resumo.....	64
Abstract.....	64
5.1 Introdução.....	65
5.2 Material e Métodos.....	67
5.3 Resultados e Discussão.....	70
5.4 Conclusões.....	78
Referências.....	78
6 SUSCETIBILIDADE DIFERENCIAL DE PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO <i>Amaranthus</i> AOS HERBICIDAS TRIFLOXYSULFURON-SODIUM E CHLORIMURON-ETHYL.....	81
Resumo.....	81
Abstract.....	81
6.1 Introdução.....	82
6.2 Material e Métodos.....	83
6.3 Resultados e Discussão.....	86
6.4 Conclusões.....	92
Referências.....	93
7 CONCLUSÕES GERAIS.....	95

RESUMO

Características biológicas e suscetibilidade a herbicidas de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*.

As espécies de plantas classificadas no gênero *Amaranthus* são frequentemente encontradas infestando áreas agrícolas brasileiras, contudo existem poucos trabalhos que avaliaram as características biológicas e o controle destas espécies. Assim sendo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de analisar a germinação, o crescimento e o desenvolvimento, estimar a área foliar, a competitividade e a suscetibilidade a herbicidas de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. As espécies de *Amaranthus* estudadas foram: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha). O experimento que avaliou a germinação foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e os demais em casa-de-vegetação do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, Piracicaba – SP, no período compreendido entre março e dezembro de 2005. Com relação à germinação, constatou-se que variações na disponibilidade de luz e temperatura interferem em todas as espécies de *Amaranthus*, em que as maiores taxas de germinação foram obtidas em condição de fotoperíodo com alternância de temperatura (8h-luz-30°C / 16h-escuro-20°C). Em condições menos favoráveis, *A. viridis* e *A. hybridus* obtiveram maiores taxas de germinação que as demais espécies. Em geral, *A. deflexus* e *A. spinosus* foram as espécies de plantas daninhas que apresentaram os menores índices de velocidade de germinação. Sobre o crescimento e desenvolvimento, constatou-se que *A. deflexus* foi a espécie com ciclo vegetativo mais curto, menor acúmulo de massa seca e área foliar; por outro lado, *A. retroflexus* e *A. hybridus* foram aquelas que alcançaram os maiores valores para estas variáveis. A estimativa de área foliar demonstrou que a equação linear passando pela origem ($Ar=a.(C.L)$) foi adequada para ajustar a relação entre as medidas lineares do limbo e a área foliar real de todas as espécies. Com relação à competição, concluiu-se que a cultura do feijoeiro é melhor competidora que todas as espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* que foram utilizadas neste trabalho, quando cultivadas em igualdade de proporções. *A. deflexus* e *A. viridis* foram as espécies com a fenologia menos afetada pela competição com o feijoeiro; a competição intraespecífica foi a mais prejudicial à cultura do feijoeiro, o que sugere que os danos causados pelas plantas daninhas estão mais relacionados com as altas densidades em que estas ocorrem do que com a habilidade competitiva intrínseca das espécies. O controle químico obtido para as espécies de *Amaranthus* avaliadas neste trabalho demonstrou diferenças de suscetibilidade aos herbicidas aplicados em pós-emergência, principalmente ao trifloxysulfuron-sodium e ao chlorimuron-ethyl, em que *A. deflexus* foi a espécie menos suscetível, seguido por *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. hybridus* e *A. retroflexus*.

Palavras-chave: Caruru; Biologia; Manejo; Competição; Suscetibilidade diferencial

ABSTRACT

Biological characteristics and herbicide susceptibility of five weed species of the *Amaranthus* genus.

Plant species classified in the *Amaranthus* genus are frequently found infesting brazilian agricultural areas, although there are few researches that evaluated the biological characteristics and the control of these species. Therefore, this work was conducted with the objective of analyzing the germination, the growth and the development, estimating the leaf area, the competitiveness and the susceptibility to herbicides of five weed species of the *Amaranthus* genus. The species of *Amaranthus* studied were: *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* and *A. viridis*. The experiment that evaluated the germination was conducted in the Laboratory of Seed Analyses and the others in the greenhouse of the Crop Science Department of ESALQ/USP, Piracicaba – SP, in the period comprehended between March to December 2005. About the germination, it was established that variation in the availability of light and temperature interferes in all the species of *Amaranthus* and the highest levels of germination were obtained in condition of photoperiod with alternating temperature (8h-light-30°C / 16h-dark-20°C). In less favorable conditions, *A. viridis* and *A. hybridus* obtained higher germination levels than all the other species. In general, *A. deflexus* and *A. spinosus* were the weed species that presented the lowest rates of germination speed. About the growth and development, it was observed that *A. deflexus* was the species with shortest vegetative cycle, the lowest dry mass and leaf area accumulation; however, *A. retroflexus* and *A. hybridus* were the species which reached the highest values for these variables. The leaf area estimation showed that the linear equation crossing the origin ($Ar=a.(C.L)$) was adequate to adjust the correlation between the linear blade dimensions and the real leaf area for all the species. About competition, it was concluded that the crop of common bean is more competitive than all the weed species of the *Amaranthus* genus that were studied in this work, when grown in equivalent proportion; *A. deflexus* and *A. viridis* were the species which phenology was less affected by the competition with common bean; the intraspecific competition was the most damaging to the crop of common bean, what suggests that the damages caused by the weeds are more connected with its high density of infestation than the intrinsic competitive ability of the species. The control obtained for the *Amaranthus* species evaluated in this research presented differences of susceptibility to post-emergence applied herbicides, mainly to trifloxysulfuron-sodium and chlorimuron-ethyl, which *A. deflexus* was the least susceptible species, followed by *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. hybridus* and *A. retroflexus*.

Keywords: Pigweed; Biology; Management; Competition; Differential susceptibility

1 INTRODUÇÃO

Em função da presença indesejável nos ambientes de produção agrícola, determinadas espécies de plantas recebem a denominação de plantas daninhas. Para Lorenzi (2006), planta daninha é qualquer vegetal que cresce onde não é desejado, enquadrando como tal, inclusive, a tigüera de culturas que vegetam espontaneamente em lavouras subseqüentes. Deuber (2003), por sua vez, relaciona a nomenclatura de plantas daninhas com os prejuízos causados por estas. Pitelli e Pitelli (2004) definem plantas daninhas com as plantas que infestam espontaneamente as áreas de ocupação humana e que não são utilizadas como alimentos, fibras ou forragem, sendo consideradas como indesejáveis.

Sabe-se que qualquer planta, seja cultivada ou infestante, extrai do ambiente seu suprimento de água, luz, gás carbônico e nutrientes, além de ocupar um determinado espaço físico, necessário para o seu perfeito desenvolvimento (PITELLI, 1985; DEUBER, 2003). Neste sentido, as plantas cultivadas são semeadas ou plantadas em cada local, com espaçamentos entre linhas e densidades pré-estabelecidas, de maneira que seja obtido o melhor desenvolvimento para a espécie, ou seja, o máximo potencial produtivo. Contudo, a distribuição espacial parte do pressuposto que as plantas cultivadas serão as únicas espécies vegetais presentes no local. Assim, a ocorrência de outras espécies de plantas na lavoura, já existentes no local ou introduzidas, causa um desequilíbrio na relação existente entre os componentes de produção do meio e a produtividade agrícola final (DEUBER, 2003).

Assim sendo, dentre os fatores bióticos presentes em um sistema agrícola, as plantas daninhas são um dos principais componentes que interferem negativamente sobre as culturas. Os efeitos negativos causados pelas plantas daninhas se manifestam sobre a quantidade e a qualidade da produção agrícola, consequência da competição pelos recursos de crescimento oferecidos pelo ambiente, da alelopatia ou por serem agentes que hospedam pragas e doenças, permitindo a multiplicação destas. Lorenzi (2006) estima que, no Brasil, as perdas ocasionadas às culturas agrícolas pela interferência das plantas daninhas estejam em torno de 20 – 30%.

A presença e conseqüente competição das plantas daninhas com as culturas agrícolas remontam à antiguidade. Desde muito tempo, provavelmente desde a descoberta da agricultura, o homem convive com a comunidade infestante. Inicialmente, o controle era realizado por meio do arranquio manual, posteriormente por capina com enxadas e, mais recentemente, por implementos agrícolas. O manejo químico, por meio de herbicidas, é uma tecnologia bastante recente, com pouco mais de meio século de uso (CHRISTOFFOLETI; CARVALHO; NICOLAI, 2005).

A aplicação de herbicidas para o controle das plantas daninhas proporciona agilidade e eficiência ao sistema de produção, sendo que a aplicação destes defensivos popularizou-se principalmente após a viabilização dos custos. As vantagens da aplicação de herbicidas nas lavouras agrícolas são diversas, contudo também existem pontos negativos, pois o manejo de herbicidas exige do agricultor a plena conscientização da necessidade de equilibrar os possíveis danos à cultura e ao ambiente com o controle satisfatório das plantas daninhas.

Deste modo, o conhecimento das características biológicas das plantas daninhas favorece a escolha da forma e do momento em que a intervenção química deve ser utilizada. As infestantes apresentam padrões de germinação, emergência, crescimento e competição complexos e, por vezes, bastante diferentes entre as espécies de modo que as medidas de manejo precisam ser adequadas a estas características, com o objetivo de obter o melhor controle, com o menor custo e impacto ambiental.

Segundo Fernández (1982), uma das maiores limitações que existem para a implantação de programas de manejo integrado de plantas daninhas é a carência de conhecimentos básicos sobre a biologia e ecologia destas plantas. O manejo efetivo das plantas daninhas, por meio de um sistema de manejo integrado, deve estar baseado em conhecimentos sólidos sobre biologia, uma vez que o grau de interferência das plantas daninhas sobre as culturas está diretamente relacionado com características próprias da comunidade infestante, tais como: composição específica, densidade e distribuição (BLEASDALE, 1960).

Dentre as espécies de plantas daninhas que são comumente encontradas nas áreas de produção agrícola, destacam-se aquelas classificadas no gênero *Amaranthus* (carurus). No Brasil, existem cerca de 10 espécies deste gênero de plantas que têm

importância como plantas daninhas, dentre elas, destacam-se: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. lividus* (caruru-folha-de-cuia), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha).

Segundo Kissmann e Groth (1999), no mundo, existem cerca de 60 espécies de *Amaranthus*, das quais cerca de 20 têm importância como plantas daninhas; sendo identificados como infestantes das mais diversas culturas. As plantas daninhas do gênero *Amaranthus* são espécies com ciclo fotossintético do tipo C₄, o que lhes proporciona maior eficiência na produção de carboidratos, principalmente quando comparadas com culturas tipicamente C₃, como a soja, o feijão e o algodão. Para Kissmann e Groth (1999), em algumas regiões do Brasil, os carurus são problemáticos, pois competem com as culturas desde suas fases iniciais de crescimento, consequência do rápido crescimento. Ainda, as espécies de maior porte dificultam a colheita mecanizada e também podem ocorrer efeitos negativos sobre a qualidade da produção.

Embora sejam encontradas com facilidade em muitas áreas agrícolas brasileiras, são poucos os trabalhos nacionais que avaliaram as características biológicas ou a susceptibilidade a herbicidas das plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Os conhecimentos sobre a biologia das espécies auxiliam na predição dos padrões de germinação, crescimento, competitividade e, conseqüentemente, auxiliam na escolha das medidas de manejo mais eficientes a serem utilizadas nas áreas agrícolas, principalmente quando da existência de comunidades com mistura de espécies (mais de uma espécie de caruru).

Assim sendo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de analisar a germinação, o crescimento e desenvolvimento, estimar a área foliar, a competitividade com a cultura do feijoeiro e a susceptibilidade a herbicidas de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*: *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* e *A. viridis*.

Referências

BLEASDALE, J.K.A. Studies on plant competition. In: HARPER, J.L. (Ed.). **The biology of weeds**. Oxford - UK: Backwell Scientific, 1960. p. 133-142.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M. Hora certa. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 7, n. 76, p. 18-24, 2005.

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: fundamentos**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 452 p.

FERNÁNDEZ, O.A. Manejo integrado de malezas. **Planta Daninha**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 69-75, 1982.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1999. v. 2, 978 p.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 6.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 339 p.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas infestantes em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 26-32, 1985.

PITELLI, R.A.; PITELLI, R.L.C.M. Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 29-55.

2 INFLUÊNCIA DA LUZ E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE CINCO ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO *Amaranthus*

Resumo

As espécies de plantas daninhas possuem exigências distintas para o desenvolvimento de seu processo germinativo, tornando o conhecimento destas exigências uma importante ferramenta para o planejamento adequado de programas de manejo. Assim sendo, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de regimes de luz e temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. O experimento foi conduzido durante o ano de 2005 em câmara de germinação do Laboratório de Análise de Sementes da ESALQ/USP – Piracicaba – SP, e constou de uma combinação fatorial entre quatro tratamentos e cinco espécies de plantas daninhas. As espécies de plantas daninhas estudadas foram: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha). Os tratamentos utilizados foram: fotoperíodo (8h-luz / 16h-escuro) com alternância de temperatura (8h-30°C / 16h-20°C); fotoperíodo com temperatura constante (25°C); escuro com alternância de temperatura; e escuro com temperatura constante. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Avaliou-se a germinação (%) aos 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 Dias Após Instalação (DAI); bem como, calculou-se o índice de velocidade de germinação (IVG) das espécies. Os dados foram submetidos à aplicação do teste 'F' sobre a análise da variância, seguido do emprego de regressões não-lineares ou teste de Tukey a 5% de probabilidade. Constatou-se que os regimes de luz e temperatura interferem na germinação de todas as espécies, em que as maiores taxas de germinação foram obtidas em condição de fotoperíodo com alternância de temperatura (8h-luz-30°C / 16h-escuro-20°C). Em condições menos favoráveis, *A. viridis* e *A. hybridus* apresentaram maiores IVG que as demais espécies. Em geral, *A. deflexus* e *A. spinosus* foram as espécies de plantas daninhas que apresentaram os menores IVG.

Palavras-chave: Caruru; Velocidade de germinação; Biologia; Sementes

Abstract

Light and temperature influence on the germination of five weed species of the *Amaranthus* genus

Weed species have distinct requirements for the development of their germination process, being the knowledge of these requirements an important tool for the adequate planning of management programs. This work was carried out with the objective of evaluating the influence of light and temperature regimes on the germination of five

Amaranthus weed species. The experiment was conducted during the year of 2005 in a germination chamber of the Laboratory of Seed Analyses at ESALQ/USP – Piracicaba – SP, Brazil, and it was constituted by a factorial combination of four treatments and five weed species. The weed species studied were: *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* and *A. viridis*. The treatments used were: photoperiod (8h-light / 16h-dark) with alternate temperature (8h-30°C / 16h-20°C); photoperiod with constant temperature (25°C); dark with alternate temperature; and dark with constant temperature. The experimental design adopted was randomized blocks with four replicates. Percentage germination was evaluated at 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14 Days After Installation (DAI); as well, the speed of germination rate was calculated for the species. Data were submitted to 'F' test on variance analyses, followed by non-linear regressions or Tukey's test (5% probability). It was observed that light and temperature regimes interfere in the germination of all *Amaranthus* species, which the biggest germination rates were obtained in condition of photoperiod and alternate temperature (8h-light-30°C / 16h-dark-20°C). In less favorable conditions, *A. viridis* and *A. hybridus* obtained the highest germination rates compared to the other species. In general, *A. deflexus* and *A. spinosus* were the species that presented the smallest speed of germination rate.

Keywords: Pigweed; Speed of germination; Biology; Seeds

2.1 Introdução

Segundo Fernández (1982), uma das maiores limitações à implantação de programas de manejo integrado de plantas daninhas é a carência de conhecimentos sobre a biologia e ecologia destas plantas. Estes conhecimentos são considerados essenciais para o desenvolvimento de sistemas de manejo viáveis econômica e ambientalmente (BHOWMIK, 1997); uma vez que o grau de interferência das plantas daninhas sobre as culturas está diretamente relacionado com características próprias da comunidade infestante, tais como: composição específica, densidade e distribuição espacial (BLEASDALE, 1960).

O banco de sementes dos agro-ecossistemas comumente contém densidades variáveis e geralmente elevadas de sementes de diversas espécies de plantas daninhas (FORCELLA et al., 1992; CHRISTOFFOLETI; CAETANO, 1998). Assim, o conhecimento de aspectos relacionados aos fluxos de emergência, causas de dormência e a profundidade máxima que possibilita a germinação das plantas daninhas permitem a correta adoção das práticas de manejo, por exemplo, a aplicação de meios

mecânicos, associados ou não a métodos químicos de controle (BRIGHENTI; VOLL; GAZZIERO, 2003).

Uma das formas de avaliar as características da emergência das plantas daninhas é comparar a sequência de germinação relativa, bem como a taxa de germinação das diferentes espécies (STECKEL et al., 2004). A germinação das sementes é regulada pela interação das condições ambientais e seu estado de aptidão fisiológica, em que cada espécie de planta exige um conjunto de requerimentos ambientais necessários para a germinação de suas sementes, tais como: disponibilidade de água, luz, temperatura e profundidade de enterrio. Caso as condições não sejam as ideais as sementes podem permanecer viáveis nos solos por longos períodos (CARMONA, 1992; KOGAN, 1992; STECKEL et al., 2004).

Dentre as espécies de plantas daninhas, aquelas pertencentes ao gênero *Amaranthus* são frequentemente encontradas infestando as áreas agrícolas, em que populações com misturas constituídas por duas ou mais espécies, são comuns (HORAK; LOUGHIN, 2000). Ainda, a problemática causada pelas plantas daninhas do gênero *Amaranthus* pode ser agravada, visto que apresentam alta viabilidade e produção de sementes (superior a 200.000 em plantas de grande porte), extenso período de germinação, relativamente rápido crescimento e dificuldade de identificação das diferentes espécies quando a aplicação dos herbicidas é mais eficaz (AHRENS; WAX; STOLLER, 1981; KISSMANN; GROTH, 1999; HORAK; LOUGHIN, 2000).

O conhecimento das características biológicas bem como a habilidade de prever a germinação das sementes das plantas daninhas do gênero *Amaranthus* sob diferentes condições ambientais são informações importantes, com diversas aplicações nos sistemas de manejo como, por exemplo, a predição do momento ótimo para a aplicação de herbicidas em pós-emergência (GUO; AL-KHATIB, 2003). Assim sendo, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da luz (fotoperíodo ou escuro) e da temperatura (alternância ou constância) na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, durante o ano de 2005. Constitui-se de um esquema fatorial entre quatro tratamentos envolvendo diferentes condições de luz e temperatura e cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. As espécies de plantas daninhas estudadas foram: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha).

Os propágulos de todas as espécies de plantas daninhas foram adquiridos comercialmente ou coletados em diversas localidades do Estado de São Paulo. Previamente, todas as amostras foram submetidas a testes de germinação com o objetivo escolher quais amostras seriam utilizadas no trabalho. A escolha baseou-se em níveis mínimos de 60% de germinação em condições controladas (8h-luz-30°C / 16h-escuro-20°C). As amostras escolhidas das espécies *A. hybridus*, *A. spinosus* e *A. viridis* foram aquelas adquiridas comercialmente. As amostras de *A. deflexus* e *A. retroflexus* escolhidas haviam sido coletadas em infestações presentes em área da ESALQ/USP, Piracicaba – SP (*A. deflexus*) e em área agrícola do município de Miguelópolis – SP (*A. retroflexus*). No experimento, foram utilizadas sementes de *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. viridis*; e frutos de *A. deflexus* e *A. spinosus*, respeitando-se a principal forma de dispersão das espécies.

Os tratamentos utilizados foram: fotoperíodo com alternância de temperatura; fotoperíodo com temperatura constante; escuro com alternância de temperatura; e escuro com temperatura constante. O fotoperíodo utilizado foi de 8h-luz e 16h-escuro; a alternância de temperatura foi de 8h-30°C e 16h-20°C e a temperatura constante foi de 25°C. Para a condição de fotoperíodo com alternância de temperatura o tratamento constou da associação de 8h-luz-30°C e 16h-escuro-20°C.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, o que correspondeu a 80 parcelas. Os blocos foram organizados nas prateleiras da câmara de germinação. As parcelas constituíram-se de caixas plásticas transparentes (0,11 x 0,11 x 0,03 m) contendo 50 sementes ou frutos das respectivas

espécies de *Amaranthus*, duas folhas de papel mata-borrão (0,105 x 0,105 m) e o volume de água aplicado correspondeu a duas vezes e meia a massa total do papel seco. A condição de escuro foi obtida envolvendo-se as caixas plásticas com papel alumínio logo após instalação.

Para os tratamentos com fotoperíodo, avaliou-se a germinação percentual das sementes aos 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 Dias Após Instalação (DAI); bem como, calculou-se o índice da velocidade de germinação (IVG) das espécies, para cada repetição, de modo a permitir a aplicação de um teste de comparações múltiplas. O cálculo do índice de velocidade de germinação foi baseado em Maguire (1962), eq. (1):

$$IVG = \sum \left(\frac{NSG}{DAI} \right) \quad (1)$$

Em que, *NSG* é o número não-acumulado de sementes germinadas por 100 sementes, em cada data de avaliação.

Para os tratamentos em condição de escuro, avaliou-se a germinação (%) apenas aos 14 DAI, de modo a evitar a entrada de luz nas parcelas, o que poderia comprometer os resultados. Para esta condição não foi possível calcular o IVG. Considerou-se germinada toda a semente que apresentasse comprimento de radícula superior a 2,0 mm (CARVALHO et al., 2004; STECKEL et al., 2004).

Os resultados foram inicialmente submetidos à análise da variância com aplicação do teste F. Em seguida, os tratamentos com níveis qualitativos (espécies e tratamentos) foram comparados com a aplicação do teste de Tukey (5% de probabilidade) sobre a decomposição fatorial, enquanto que os tratamentos com níveis quantitativos (avaliações) foram ajustadas ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico proposto por Streibig (1988), eq. (2):

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b} \right)^c \right]} \quad (2)$$

Em que: y é a variável resposta de interesse, x é o número de dias acumulados e a , b , e c são parâmetros estimados da equação, de tal forma que a é a amplitude existente entre o ponto máximo e o ponto mínimo da variável; b corresponde ao número de dias necessários para a ocorrência de 50% de resposta da variável e c é a declividade da curva ao redor de b .

2.3 Resultados e Discussão

A aplicação do teste F sobre a análise da variância indicou a significância das causas de variação relacionadas às espécies, aos tratamentos e, principalmente, às interações destes, para todas as variáveis. A significância da interação indica a existência de pelo menos uma espécie com comportamento diferente das demais em pelo menos um tratamento. A germinação percentual das diferentes espécies, quando submetidas aos diferentes regimes de luminosidade e temperatura, está apresentada na Tabela 1.

A condição de fotoperíodo com alternância de temperatura foi a mais adequada para o desenvolvimento do processo germinativo das cinco espécies de *Amaranthus*, não ocorrendo diferenças interespecíficas significativas para este tratamento. A exceção foi *A. viridis*, para o qual este tratamento não diferenciou da combinação do escuro com alternância de temperatura (Tabela 1). Este resultado pode estar relacionado com a condução de testes iniciais de seleção das amostras, os quais padronizaram a qualidade de germinação destas, contribuindo para maior validação dos demais resultados obtidos.

Para as condições menos favoráveis de germinação, *A. viridis* e *A. hybridus* foram as espécies que mantiveram os maiores níveis de germinação percentual, sempre significativamente maiores que os demais. O pior tratamento, para todas as espécies, foi a combinação de escuro com temperatura constante, exceto, também, para *A. viridis* para o qual este tratamento não diferenciou da combinação de fotoperíodo com temperatura constante (Tabela 1). Vale ressaltar que, mesmo para a condição menos favorável, *A. viridis* e *A. hybridus* ainda apresentaram níveis razoáveis

de germinação, bastante superiores às demais espécies do gênero e também a outras espécies como, por exemplo, *Chloris polydactyla* (CARVALHO et al., 2005). Esta característica pode favorecer o desenvolvimento das espécies *A. viridis* e *A. hybridus* em diferentes condições de ambiente.

Tabela 1 – Influência da luz (fotoperíodo de 8h-luz / 16h-escuro) e da temperatura na germinação (%) de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, avaliada aos 14 DAI. Piracicaba – SP, 2005

Espécies	Alternância entre 20 - 30°C		Constância a 25°C	
	Fotoperíodo	Escuro	Fotoperíodo	Escuro
<i>A. deflexus</i>	67,8 A a	27,8 B b	34,5 B b	4,5 B c
<i>A. hybridus</i>	76,0 A a	53,0 A b	50,0 A b	36,0 A c
<i>A. retroflexus</i>	76,5 A a	38,0 B b	32,0 B b	12,5 B c
<i>A. spinosus</i>	76,5 A a	34,5 B b	23,5 B b	5,5 B c
<i>A. viridis</i>	69,0 A a	63,0 A a	49,5 A b	43,5 A b
CV(%) = 13,55 F_(esp x trat) = 9,04* DMS_(linha) = 11,08 DMS_(coluna) = 11,80				

* Valor de F significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna ou minúsculas iguais na linha, não diferem entre si ao teste Tukey, com 5% de significância.

Os resultados obtidos neste trabalho estão em concordância com Taylorson e Hendricks (1969) e Gallagher e Cardina (1998), que também observaram a importância da luz e da temperatura no processo de germinação de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Gallagher e Cardina (1998), por exemplo, observaram que a necessidade de *A. retroflexus* por luz foi mais pronunciada a 20°C que a 30°C. Os dados da Tabela 1, por sua vez, sugerem que os efeitos da luz e da temperatura podem ser aditivos, visto que a condição de escuro com temperatura constante obteve a pior germinação; as condições de fotoperíodo com temperatura constante ou escuro com alternância de temperatura obtiveram germinações intermediárias; e a combinação de fotoperíodo com alternância de temperatura promoveu a melhor germinação.

Na Tabela 2 estão apresentados os parâmetros do modelo logístico proposto por Streibig (1988), ajustados para cada espécie de *Amaranthus* quando submetida às duas

condições de temperatura de germinação. Estes parâmetros foram utilizados na elaboração das Figuras 1 e 2.

Na Figura 1 está representada a germinação das espécies em função do tempo, em condição de fotoperíodo com alternância de temperatura. Nota-se que as porcentagens finais obtidas para cada espécie estão bastante próximas e, conforme foi discutido anteriormente, não apresentaram diferenças estatísticas; no entanto, a forma das curvas apresenta diferenças entre as espécies. A análise conjunta da Figura 1 e da Tabela 2, principalmente em função do parâmetro *b* do modelo, que corresponde ao número de dias necessários à obtenção de 50% de resposta da variável, caracteriza dois grupos com velocidade de germinação diferentes, em que *A. viridis*, *A. retroflexus* e *A. hybridus* germinaram mais rapidamente que *A. spinosus* e *A. deflexus*.

Tabela 2 – Parâmetros do modelo logístico¹ e coeficiente de determinação (R^2) obtidos para a germinação das espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* em condição de fotoperíodo (8h – luz / 16h – escuro) e dois regimes térmicos. Piracicaba – SP, 2005

Espécie	Parâmetros			R²
	a	b	c	
Fotoperíodo com alternância de temperatura (8h – 20° / 16h - 30°C)				
<i>A. deflexus</i>	69,830	6,040	-3,411	0,998
<i>A. hybridus</i>	76,879	2,407	-2,305	0,999
<i>A. retroflexus</i>	79,981	2,074	-2,460	0,998
<i>A. spinosus</i>	79,576	4,848	-4,580	0,999
<i>A. viridis</i>	69,743	1,091	-2,177	0,995
Fotoperíodo com temperatura constante em 25°C				
<i>A. deflexus</i>	37,736	6,136	-2,817	0,997
<i>A. hybridus</i>	51,669	1,851	-1,717	0,999
<i>A. retroflexus</i>	26,075	2,302	-2,776	0,993
<i>A. spinosus</i>	23,599	5,144	-3,864	0,999
<i>A. viridis</i>	50,027	1,116	-2,515	0,994

¹ Modelo: $y = a/(1+(x/b)^c)$

Figura 1 – Germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* em condição de fotoperíodo (8h – luz / 16h – escuro) com alternância de temperatura (20 – 30°C). $DMS_{(espécies)} = 9,96$. Piracicaba – SP, 2005

A germinação mais rápida de *A. viridis*, *A. retroflexus* e *A. hybridus* pode estar relacionada com a forma predominante de dispersão das espécies e de sua aplicabilidade neste experimento, basicamente por meio de sementes; enquanto que *A. deflexus* e *A. spinosus*, em geral, se disseminam por meio de frutos. Possivelmente, a embebição do pericarpo dos frutos com posterior embebição das sementes é um processo mais lento que o simples estímulo direto ao tegumento das sementes.

Na Figura 2 está representada a germinação das espécies em condição de fotoperíodo com temperatura constante. Neste caso, são observadas diferenças significativas na porcentagem final de germinação das espécies, conforme o que também é apresentado na Tabela 1. Ainda, a interpretação conjunta do parâmetro *b* da Tabela 2 e da Figura 2 caracteriza as espécies *A. viridis* e *A. hybridus* como as mais aptas a germinar nesta condição, diferenciando-se, inclusive, de *A. retroflexus*.

Figura 2 – Germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* em condição de fotoperíodo (8h – luz / 16h – escuro) com temperatura constante (25°C). $DMS_{(espécies)} = 8,11$. Piracicaba – SP, 2005

Os índices de velocidade de germinação calculados para as cinco espécies de plantas daninhas quando germinadas em condição de alternância ou constância de temperatura estão apresentados na Tabela 3. Estes dados corroboram a discussão anterior, em que a ordem de velocidade de germinação, para a condição de alternância de temperatura, foi: *A. viridis* > *A. retroflexus* = *A. hybridus* > *A. spinosus* = *A. deflexus*. Para a condição de temperatura constante, a ordem da velocidade de germinação foi: *A. viridis* > *A. hybridus* > *A. retroflexus* = *A. deflexus* = *A. spinosus*. Dentre os tratamentos, todas as espécies de plantas daninhas apresentaram maiores índices de velocidade de germinação em condição de fotoperíodo com alternância de temperatura.

Outros autores também observaram o efeito do ambiente na germinação de espécies de *Amaranthus* (GALLAGHER; CARDINA, 1998; GUO; AL-KHATIB, 2003; STECKEL et al., 2004). Em geral, os trabalhos evidenciam maiores níveis e velocidades de germinação destas plantas daninhas em condição de alternância de temperatura, sobretudo quando a alternância foi realizada ao redor de 20, 25 ou 30°C, inclusive para as espécies *A. hybridus* e *A. retroflexus* (ENGELHARDT; VINCENTE;

SILBERSCHMIDT, 1962; ORYOKOT et al., 1997; GUO; AL-KHATIB, 2003; STECKEL et al., 2004). Foi observado ainda, que *A. spinosus* foi mais sensível que *A. hybridus* e *A. retroflexus* à condição de temperatura constante (STECKEL et al., 2004).

Tabela 3 – Índice de velocidade de germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* em condição de fotoperíodo (8h – luz / 16h – escuro) e dois regimes térmicos. Piracicaba – SP, 2005

Regimes Térmicos			
Espécies	Alternância entre 20 - 30°C		Constância em 25° C
<i>A. deflexus</i>	10,4 C a		5,5 CD b
<i>A. hybridus</i>	24,7 B a		18,4 B b
<i>A. retroflexus</i>	26,8 B a		8,4 C b
<i>A. spinosus</i>	13,5 C a		4,0 D b
<i>A. viridis</i>	31,4 A a		22,9 A b
CV(%) = 10,72	F _(esp x trat) = 17,64*	DMS _(linha) = 2,58	DMS _(coluna) = 3,68

* Valor de F significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna ou minúsculas iguais na linha, não diferem entre si ao teste Tukey, com 5% de probabilidade.

2.4 Conclusões

Os resultados obtidos neste experimento demonstraram que as espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* respondem diferentemente aos efeitos da luz e da temperatura, em que as maiores taxas de germinação foram obtidas em condição de fotoperíodo com alternância de temperatura (8h-luz-30°C / 16h-escuro-20°C). Em condições menos favoráveis, *A. viridis* e *A. hybridus* obtiveram maiores taxas de germinação que as demais espécies. Em geral, *A. deflexus* e *A. spinosus* foram as espécies que apresentaram os menores índices de velocidade de germinação. Estes resultados podem auxiliar na previsão da germinação-emergência de plantas daninhas em áreas agrícolas, principalmente em sistemas de produção que utilizam palhada na superfície do solo como semeadura direta, cultivo mínimo ou colheita de cana-de-açúcar sem queima prévia.

Referências

AHRENS, W.H.; WAX, L.M.; STOLLER, E.W. Identification of triazine-resistant *Amaranthus* spp. **Weed Science**, Champaign, v. 29, n. 3, p. 345-348, 1981.

BHOWMIK, P.C. Weed biology: importance to weed management. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 3, p. 349-356, 1997.

BLEASDALE, J.K.A. Studies on plant competition. In: HARPER, J.L. (Ed.). **The biology of weeds**. Oxford - UK: Backwell Scientific, 1960. p. 133-142.

BRIGHENTI, A.M.; VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P. Biologia e manejo do *Cardiospermum halicacabum*. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 21, n. 2, p. 229-237, 2003.

CARMONA, R. Problemática e manejo de banco de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, Brasília, v. 10, n. 1/2, p. 5-16, 1992.

CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Influência da luz, temperatura e profundidade da semente no solo sobre a germinação e emergência do capim-branco (*Chloris polydactyla*). **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 11-15, 2005.

CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; MOYSÉS, T.C.; CHAMMA, H.M.C.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Identificação de biótipos de *Bidens* spp. resistentes aos inibidores da ALS através de teste germinativo. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 22, n. 3, p. 411-417, 2004.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; CAETANO, R.S.X. Soil seed banks. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. esp., p. 74-78, 1998.

ENGELHARDT, M.; VINCENTE, M.; SILBERSCHMIDT, K. The stimulating effect of light and potassium nitrate on the germination of seeds of *Amaranthus hybridus* L. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 1-7, 1962.

FERNÁNDEZ, O.A. Manejo integrado de malezas. **Planta Daninha**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 69-75, 1982.

FORCELLA, F.; WILSON, R.G.; RENNER, K.A.; DEKKER, J.; HARVEY, R.G.; ALM, D.A.; BUHLER, D.D.; CARDINA, J. Weed seedbanks of the U.S. corn-belt: magnitude, variation, emergence and application. **Weed Science**, Champaign, v. 40, n. 4, p. 636-644, 1992.

GALLAGHER, R.S.; CARDINA, J. Phytochrome-mediated *Amaranthus* germination. I. effect of seed burial and germination temperature. **Weed Science**, Lawrence, v. 46, n. 1, p. 48-52, 1998.

GUO, P.; AL-KHATIB, K. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmerii*), and common waterhemp (*A. rudis*). **Weed Science**, Lawrence, v. 51, n. 6, p. 869-875, 2003.

HORAK, M.J.; LOUGHIN, T.M. Growth analysis of four *Amaranthus* species. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, n. 3, p. 347-355, 2000.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1999. v. 2, 978p.

KOGAN, M.A. **Malezas: ecofisiologia y estrategias de control**. Santiago: Pontificia Universidad Catolica, 1992. 402 p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Chicago, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

ORYOKOT, J.O.E.; MURPHY, S.D.; THOMAS, A.G.; SWANTON, C.J. Temperature- and moisture-dependent models of seed germination and shoot elongation in green and redroot pigweed (*Amaranthus powellii*, *A. retroflexus*). **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 4, p. 488-496, 1997.

STECKEL, L.E.; SPRAGUE, C.L.; STOLLER, E.W.; WAX, L.M. Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* species. **Weed Science**, Lawrence, v. 52, n. 2, p. 217-221, 2004.

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, Oxford - UK, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

TAYLORSON, R.B.; HENDRICKS, S.B. Action of phytochrome during prechilling of *Amaranthus retroflexus* L. seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 44, n. 2, p. 821-825, 1969.

3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE CINCO ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO *Amaranthus*

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar o crescimento e o desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, em condições não-competitivas. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, Piracicaba – SP, entre setembro e dezembro de 2005; quando foram realizadas oito avaliações periódicas de crescimento, espaçadas em 10 dias, iniciando-se aos 20 Dias Após Semeadura (DAS). As espécies de plantas daninhas estudadas foram: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha). As variáveis avaliadas por planta foram: área foliar; massa seca das raízes, ramos, folhas e flores + frutos; e massa seca total; obtendo-se, a partir desta última, as taxas de crescimento absoluto e relativo. Também foram avaliadas as etapas fenológicas de desenvolvimento das plantas. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com três repetições e os dados foram submetidos à análise da variância, com aplicação do teste F, seguido de teste de Tukey (5%) ou de regressões não-lineares para os níveis quantitativos. *A. deflexus* foi a espécie com ciclo vegetativo mais curto, menor acúmulo de massa seca e área foliar; por outro lado, *A. retroflexus* e *A. hybridus* foram aquelas que alcançaram os maiores valores para estas variáveis. Dentre as cinco espécies, *A. viridis* apresentou a melhor adaptabilidade ecológica para as condições em que o experimento foi conduzido, pois, além de acumular grande quantidade de massa seca e área foliar, apresentou rápido desenvolvimento vegetativo e crescimento absoluto. Estes resultados sugerem que *A. viridis* é uma espécie com alto potencial competitivo com as culturas agrícolas, proporcionado pela rápida captura dos recursos de crescimento fornecidos pelo ambiente durante os estádios iniciais de crescimento.

Palavras-chave: Caruru; Competição; Massa seca; Área foliar

Abstract

Growth and development of five weed species of the *Amaranthus* genus

The objective of this research was to analyze the growth and the development of five weed species of the *Amaranthus* genus, under non-competitive conditions. The experiment was carried out in the greenhouse of the Crop Science Department of ESALQ/USP, Piracicaba – SP, between September and December 2005, when eight periodic evaluations of growth were taken, every 10 days, starting at 20 Days After Seeding (DAS). The weed species studied were: *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* and *A. viridis*. The variables evaluated per plant were: leaf area;

dry weight of roots, stems, leaves and flowers + fruits and also total dry weight; obtaining, from the last variable, the absolute and relative growth rates. There were also evaluated the phenological stages timing of the plants. The experimental design adopted was randomized blocks with three replicates. Data were submitted to variance analyses, with the application of F test, followed by Tukey's test (5%) for qualitative variables or non-linear regressions for quantitative levels of treatments. *A. deflexus* was the species with the shortest vegetative cycle, the lowest accumulated dry weight and leaf area; while *A. retroflexus* and *A. hybridus* were those species which reached the highest values in these variables. Among the five species, *A. viridis* presented the best ecological adaptability for the conditions which the experiment was conducted, once, besides high accumulation of dry weight and leaf area, it presented fast vegetative development and absolute growth rate. These results suggest that *A. viridis* is a species with a high potential to compete with the crops, due to its rapid capture of the growth resources available by the ambient during its initial growth stages.

Keywords: Competition; Dry weight; Leaf area; Pigweed

3.1 Introdução

No mundo, existem cerca de 60 espécies de plantas classificadas botanicamente como pertencentes ao gênero *Amaranthus* (carurus) e aproximadamente 10 destas têm importância como plantas infestantes das lavouras brasileiras (KISSMANN; GROTH, 1999). Os carurus estão presentes em grande parte das áreas agrícolas do Brasil, e dentre as espécies de maior ocorrência destacam-se: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. lividus* (caruru-folha-de-cuia), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha).

As espécies de carurus que infestam as culturas agrícolas brasileiras são plantas anuais, reproduzidas exclusivamente por sementes ou frutos e, de modo geral, são de difícil identificação prática no campo. Em algumas espécies de caruru uma planta de grande porte pode produzir quantidades superiores a 200.000 sementes (KISSMANN; GROTH, 1999; LORENZI, 2000). Nas áreas agrícolas, os carurus podem ser caracterizados como plantas de difícil manejo, devido ao extenso período de germinação do banco de sementes, rápido crescimento e desenvolvimento, elevada produção de sementes viáveis, longa viabilidade de suas sementes no solo, e dificuldade na identificação das diferentes espécies no campo, sobretudo quando a aplicação dos herbicidas é mais necessária (HORAK; LOUGHIN, 2000).

A interferência negativa dos carurus no crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas cultivadas varia em função da espécie presente, densidade e tempo de emergência em relação à cultura (ALDRICH, 1987; KLINGAMAN; OLIVER, 1994; KNEZEVIC; HORAK; VANDERLIP, 1997). O hábito de crescimento agressivo e a elevada produção de sementes promovem aos carurus alta competitividade com as culturas por água, luz e nutrientes (MURPHY et al., 1996; KNEZEVIC; HORAK; VANDERLIP, 1997). Estas plantas daninhas reduzem o rendimento e a qualidade do produto colhido, além de prejudicarem o processo de colheita (KLINGAMAN; OLIVER, 1994; KNEZEVIC; HORAK; VANDERLIP, 1997; ROWLAND; MURRAY; VERHALEN, 1999).

Estudos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas fornecem informações sobre os diferentes estádios fenológicos e padrões de crescimento vegetal. Estes resultados permitem a análise do comportamento das plantas perante os fatores ecológicos, bem como sua ação sobre o ambiente, principalmente quanto a sua interferência sobre outras plantas, o que pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas de manejo integrado de plantas daninhas (LUCCHESI, 1984; BIANCO et al., 1995).

Segundo Benincasa (1988), o uso de análises de crescimento é um dos meios mais simples e precisos para inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos para o crescimento vegetal. Mediante esse tipo de análise, torna-se possível o conhecimento da cinética de produção de biomassa das plantas, sua distribuição e eficiência ao longo da ontogenia. Neste sentido, Radosevich; Holt e Ghera (1997) afirmam que a produção de massa seca total bem como o acúmulo da área foliar são reconhecidos como processos básicos do crescimento vegetal.

A habilidade de predição de estádios fenológicos, tais como florescimento, desenvolvimento e dispersão de sementes de plantas daninhas pode auxiliar no desenvolvimento das práticas de manejo (GHERA; HOLT, 1995). Ainda, as características de crescimento de determinada espécie oferecem um importante indicador de sua habilidade competitiva (HOLT; ORKUTT, 1991). Assim sendo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar características de crescimento e desenvolvimento, em condições não-competitivas, de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* com ocorrência nas áreas agrícolas brasileiras.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, em Piracicaba – SP (22°42’30”S, 47°38’00”W), entre os meses de setembro e dezembro de 2005. As espécies de plantas daninhas estudadas foram: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha).

Os propágulos das espécies *A. hybridus*, *A. spinosus* e *A. viridis* foram adquiridos comercialmente, enquanto que os propágulos de *A. deflexus* e *A. retroflexus* foram coletados em infestações presentes em área da ESALQ/USP – Piracicaba – SP (*A. deflexus*) e em áreas agrícolas dos municípios de Miguelópolis e Guará – SP (*A. retroflexus*). As espécies foram taxonomicamente identificadas e seus propágulos foram acondicionados em sacos de papel, em local seco, à temperatura ambiente até o início da instalação dos experimentos. No experimento, foram utilizadas sementes de *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. viridis*; e frutos de *A. deflexus* e *A. spinosus*, respeitando-se a principal forma de dispersão das espécies.

Em 01/09/2005, as sementes ou frutos das cinco espécies de carurus foram colocados para germinar em caixas plásticas, com capacidade para 2 L, preenchidas com substrato comercial (casca de *Pinus* + turfa + vermiculita). No estágio de folhas cotiledonares plenamente expandidas, ou seja, estágio 10 (HESS et al., 1997), as espécies foram transplantadas para vasos onde permaneceram até o final do experimento. Assim sendo, o transplante de *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. viridis* foi realizado aos 7 dias após a semeadura (DAS), enquanto o transplante de *A. spinosus* e *A. deflexus* se deu aos 10 DAS. Foram transplantadas duas plantas por vaso, contudo, no instante da primeira avaliação, realizada aos 20 DAS, efetuou-se o desbaste da planta menos desenvolvida.

As parcelas experimentais constaram de vasos plásticos com capacidade para 2,8 L, preenchidos com mistura de substrato comercial e vermiculita, na proporção de 2:1, respectivamente. Três dias antes do início dos transplantes, as parcelas foram adubadas com fertilizante comercial completo que forneceu as seguintes doses de

nutrientes (mg parcela⁻¹): N a 600; P₂O₅ a 600; K₂O a 800; Ca a 44; S a 160; Mg a 16; Zn a 2; B a 2; Fe a 4 e Mn a 1,2. Aos 35 DAS, realizou-se adubação complementar com sulfato de amônio nas doses de 315 e 360 mg parcela⁻¹ de N e S, respectivamente. Os vasos foram irrigados sempre que se julgou necessário, sem a ocorrência de deficiência hídrica.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com oito tratamentos e três repetições. Durante todo o experimento foram realizadas oito avaliações de crescimento (tratamentos), espaçadas em 10 dias, exceto para a primeira avaliação que foi realizada aos 20 DAS, totalizando 90 dias de ciclo. Inicialmente, avaliou-se a fenologia de toda a população remanescente para cada espécie, utilizando-se a escala proposta por Hess et al. (1997). O estágio fenológico foi definido quando 50% + 1 do total de plantas remanescentes apresentavam determinada característica de desenvolvimento.

Em seguida, para cada avaliação, três plantas (repetições) foram aleatoriamente amostradas pelo método destrutivo, passaram por lavagem em água corrente, sobretudo para a retirada do substrato remanescente nas raízes e, em seguida, tiveram suas variáveis analisadas. A área foliar (cm² planta⁻¹) das plantas amostradas foi obtida com auxílio do medidor de área modelo LICOR LI-3100 (LI-COR, inc., Lincoln, Nebraska, EUA). O material amostrado foi secado em estufa a 70°C por 72h, quando foi mensurada, também, a massa seca (g planta⁻¹) das raízes (*Mrz*), dos ramos (*Mrs*), das folhas (*Mf*), das inflorescências (flores + frutos, *Mi*) e total (*Mt*).

Em cada avaliação, com os valores primários da variável massa seca total, pôde-se calcular a taxa de crescimento absoluto (*G*, g dia⁻¹), a partir da fórmula: $G_M = (Mt_2 - Mt_1) / (t_2 - t_1)$; onde *Mt*₂ e *Mt*₁ são as massas secas de duas amostras sucessivas e *t*₂ e *t*₁ são os dias decorridos entre as duas observações. Com os mesmos dados, calculou-se também a taxa de crescimento relativo (*R*, g g⁻¹ dia⁻¹), a partir da fórmula: $R_M = (LnMt_2 - LnMt_1) / (t_2 - t_1)$ (CALBO; SILVA; TORRES, 1989; HUNT, 1990; AGUILERA; FERREIRA; CECON, 2004).

Aos 60 DAS, as três plantas amostradas, de cada espécie, também foram avaliadas quanto ao comprimento da haste principal (m), comprimento da inflorescência terminal (m), número de ramificações primárias (oriundas da haste principal), número de

ramificações secundárias (oriundas das ramificações primárias) e número de folhas.

A análise estatística dos dados foi realizada por meio da aplicação do teste F na análise da variância. As espécies foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade. As variáveis quantitativas, relacionadas com o crescimento das plantas, foram analisadas por meio de regressões não-lineares.

As variáveis massa seca das raízes, ramos, inflorescências (flores + frutos) e total e o crescimento relativo foram ajustadas ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico, adaptado de Streibig (1988), eq. (2):

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]} \quad (2)$$

Em que: y é a variável resposta de interesse, x é o número de dias acumulados e a , b , e c são parâmetros estimados da equação, de tal forma que a é a amplitude existente entre o ponto máximo e o ponto mínimo da variável; b corresponde ao número de dias necessários para a ocorrência de 50% de resposta da variável e c é a declividade da curva ao redor de b .

A área foliar, a massa seca das folhas e o crescimento absoluto foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico, adaptado de López-Ovejero (2006), eq. (3):

$$y = 4a \cdot \frac{\exp\left[-\left(\frac{x-b}{c}\right)\right]}{\left[1 + \exp\left[-\left(\frac{x-b}{c}\right)\right]\right]^2} \quad (3)$$

Em que: y é a variável de interesse, x é o número de dias acumulados e a , b e c são parâmetros estimados da equação, de tal forma que a é a amplitude existente entre o ponto máximo e o ponto mínimo, b é o número de dias acumulados correspondente ao ponto máximo da curva e c é a inclinação da curva.

3.3 Resultados e Discussão

A fenologia das espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* pode ser observada na Tabela 4. Optou-se pela descrição da forma mais completa, desde que em concordância com a escala fenológica adotada (HESS et al., 1997), o que por vezes proporcionou a existência simultânea de dois valores. Aos 20 DAS, constatou-se desenvolvimento vegetativo semelhante para todas as espécies de plantas daninhas, no entanto *A. hybridus*, *A. spinosus* e *A. viridis* estavam pouco mais desenvolvidas que *A. deflexus* e *A. retroflexus*. Aos 40 DAS, as estruturas reprodutivas já estavam visíveis em todas as espécies (emissão da inflorescência - estágio 50), com destaque para *A. deflexus* cujo florescimento encontrava-se em estado mais avançado que as demais.

A espécie com ciclo reprodutivo mais lento foi *A. retroflexus*, porém, aos 80 e 90 DAS, constatou-se plena maturação e dispersão das sementes ou frutos e início de senescência de todas as plantas daninhas (estádios 80 e 90). Mesmo para as espécies com ciclo mais lento (*A. retroflexus*), o intervalo de 50 dias entre a semeadura e o florescimento (estádio 60) pode ser considerado relativamente curto (Tabela 4).

Tabela 4 – Aplicação da escala fenológica proposta por Hess et al. (1997) nas cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, em função dos Dias Após Semeadura (DAS). Piracicaba – SP, 2005

Avaliações	Espécies				
	<i>A. deflexus</i>	<i>A. hybridus</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>A. spinosus</i>	<i>A. viridis</i>
20 DAS	13	14 / 22*	14	14 / 23	15 / 22
30 DAS	21 / 31	22 / 33	22 / 32	23 / 31	22 / 33
40 DAS	39 / 69	39 / 60	39 / 55	39 / 63	39 / 63
50 DAS	71	65	63	65	67
60 DAS	81	71	69	69	81
70 DAS	81	81	79	71	89
80 DAS	89	89	89	89	90
90 DAS	90	90	90	90	90

* Optou-se pela descrição da forma mais completa, desde que em concordância com a escala fenológica adotada, o que por vezes proporcionou a existência simultânea de dois valores

Comparando-se as espécies de *Amaranthus* com outras espécies de plantas daninhas pode-se notar que o florescimento dos carurus foi semelhante à *Rottboelia exaltata* e à *Murdannia nudiflora*, que ocorreram aos 49 DAS e 54 DAS, respectivamente (ERASMO et al., 2003; CARVALHO et al., 2005a); e precoce em relação a *Siegesbeckia orientalis* e *Chloris polydactyla*, que ocorreram, cerca de 60 e 112 DAS, respectivamente (AGUILERA; FERREIRA; CECOM, 2004; CARVALHO et al., 2005b).

Constatou-se comportamento diferencial das espécies de *Amaranthus* para todas as variáveis quantitativas estudadas no trabalho e os parâmetros dos modelos logísticos estão apresentados nas Tabelas 5 e 6. Esses parâmetros foram necessários para a para o ajuste de equações que correlacionam o desenvolvimento das variáveis ao longo do ciclo das plantas e para a elaboração dos gráficos. Neste caso, os modelos de regressão foram escolhidos por possuírem parâmetros com boa interpretação biológica, bom ajuste aos dados e elevado coeficiente de determinação (R^2).

A. viridis foi a espécie com crescimento mais rápido da estrutura radicular, visto que aos 33 DAS, já havia desenvolvido 50% desta variável, enquanto as demais espécies só alcançaram esta porcentagem após os 40 DAS (parâmetro *b* – Tabela 5). Esta característica de *A. viridis* pode proporcionar vantagens competitivas para a espécie, pois a formação de raízes contribui para a melhor exploração e conseqüente captura dos recursos de crescimento fornecidos pelo meio (HORAK; LOUGHIN, 2000; CARVALHO et al., 2005a). Em termos de magnitude, *A. hybridus* foi a espécie que mais acumulou massa seca nas raízes, seguido por *A. retroflexus*, *A. spinosus* e *A. viridis*. A espécie com menor massa seca de raízes foi *A. deflexus* (Figura 3).

A distribuição proporcional da matéria seca nas diferentes partes constituintes das plantas se deve ao processo fisiológico da translocação de fotoassimilados ao longo do ciclo de desenvolvimento das espécies (AGUILERA; FERREIRA; CECOM, 2004). Neste sentido, as espécies *A. retroflexus*, *A. hybridus* e *A. spinosus* foram aquelas que acumularam mais massa seca de ramos (Figura 4). A deposição de maiores níveis de fotoassimilados em ramos pode estar correlacionada com o ciclo mais longo das espécies e conseqüente maior crescimento vertical (*A. retroflexus* e *A. hybridus*) ou com o maior número de ramificações nas plantas (*A. spinosus*).

Tabela 5 – Parâmetros do modelo logístico e coeficiente de determinação (R^2) obtidos para as variáveis massa seca das raízes, ramos, folhas e inflorescências + frutos de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

Variável	Espécies	Parâmetros			R^2
		a	b	c	
Massa Seca das Raízes ¹	<i>A. deflexus</i>	1,661	42,487	-10,723	0,991
	<i>A. hybridus</i>	12,070	47,405	-3,966	0,953
	<i>A. retroflexus</i>	9,328	41,563	-6,932	0,975
	<i>A. spinosus</i>	8,593	48,401	-5,987	0,992
	<i>A. viridis</i>	6,694	33,186	-34,972	0,975
Massa Seca dos Ramos ¹	<i>A. deflexus</i>	13,037	53,201	-8,084	0,998
	<i>A. hybridus</i>	32,821	53,275	-6,698	0,997
	<i>A. retroflexus</i>	33,836	50,693	-8,587	0,995
	<i>A. spinosus</i>	28,176	52,753	-10,561	0,974
	<i>A. viridis</i>	17,479	43,130	-10,344	0,991
Massa Seca das Folhas ²	<i>A. deflexus</i>	5,441	65,893	12,368	0,930
	<i>A. hybridus</i>	11,714	61,421	11,024	0,950
	<i>A. retroflexus</i>	12,016	61,728	10,864	0,962
	<i>A. spinosus</i>	7,986	64,130	12,054	0,936
	<i>A. viridis</i>	9,021	56,614	11,030	0,883
Massa Seca das Inflorescências + frutos ¹	<i>A. deflexus</i>	9,495	53,762	-11,776	0,994
	<i>A. hybridus</i>	17,130	68,124	-8,553	0,993
	<i>A. retroflexus</i>	14,963	64,173	-11,259	0,999
	<i>A. spinosus</i>	8,423	59,561	-13,971	0,992
	<i>A. viridis</i>	19,302	56,888	-10,070	0,999

¹ Modelo: $y = a/(1+(x/b)^c)$; ² Modelo: $y = 4a \cdot \{ \exp[-(x-b)/c] / [1 + \exp[-(x-b/c)]]^2 \}$

Tabela 6 – Parâmetros do modelo logístico e coeficiente de determinação (R^2) obtidos para as variáveis massa seca total, área foliar, taxa de crescimento absoluto e relativo de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

Variável	Espécies	Parâmetros			R^2
		a	b	c	
Massa Seca Total ¹	<i>A. deflexus</i>	28,057	49,902	-8,523	0,998
	<i>A. hybridus</i>	67,004	51,214	-5,264	0,995
	<i>A. retroflexus</i>	64,072	48,602	-7,044	0,993
	<i>A. spinosus</i>	51,043	50,679	-8,167	0,992
	<i>A. viridis</i>	46,458	41,833	-7,590	0,994
Área Foliar ²	<i>A. deflexus</i>	2249,530	62,817	11,066	0,923
	<i>A. hybridus</i>	3911,420	59,918	10,521	0,949
	<i>A. retroflexus</i>	3868,745	59,196	10,579	0,949
	<i>A. spinosus</i>	3438,071	58,844	9,878	0,947
	<i>A. viridis</i>	3393,722	54,565	9,590	0,923
Crescimento Absoluto ²	<i>A. deflexus</i>	1,050	58,932	9,581	0,903
	<i>A. hybridus</i>	1,691	56,097	10,154	0,837
	<i>A. retroflexus</i>	2,128	56,788	9,220	0,957
	<i>A. spinosus</i>	1,806	59,515	9,045	0,949
	<i>A. viridis</i>	1,742	47,740	7,319	0,803
Crescimento Relativo ¹	<i>A. deflexus</i>	0,348	45,558	5,912	0,998
	<i>A. hybridus</i>	0,290	45,885	11,459	0,982
	<i>A. retroflexus</i>	0,301	46,107	8,262	0,986
	<i>A. spinosus</i>	0,410	41,881	5,743	0,991
	<i>A. viridis</i>	0,268	46,019	13,500	0,994

¹ Modelo: $y = a/(1+(x/b)^c)$; ² Modelo: $y = 4a \cdot \{ \exp[-(x-b)/c] / [1 + \exp[-(x-b/c)]] \}^{23}$

Figura 3 – Acúmulo de massa seca nas raízes (Mrz), por planta, durante o ciclo de vida de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

Figura 4 – Acúmulo de massa seca nos ramos (Mrs), por planta, durante o ciclo de vida de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

Na Tabela 7, observa-se que *A. retroflexus* alcançou o maior comprimento da haste principal, sem diferença para *A. hybridus*, o que pode ser reflexo da diferenciação mais tardia da gema apical em estrutura reprodutiva (Tabela 4). Por outro lado, *A. spinosus* floresceu em período anterior à *A. retroflexus* e *A. hybridus* (parâmetro *b* – Tabela 5), com diferenciação da gema apical em estruturas reprodutivas (Figura 5). Assim, o acúmulo de massa em ramos é consequência do elevado número de ramificações, principalmente secundárias, encontradas em *A. spinosus* (Tabela 7).

Tabela 7 – Comprimento da haste principal (*C*) e da inflorescência terminal (*I*), número de ramificações primárias (*R*₁) e secundárias (*R*₂) e número de folhas (*FI*) de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, aos 60 DAS. Piracicaba – SP, 2005

Espécies	<i>C</i> (m)	<i>I</i> (m)	<i>R</i>₁	<i>R</i>₂	<i>FI</i>
<i>A. deflexus</i>	0,92 c	0,28 c	10,33 c	25,00 a	179,67 b
<i>A. hybridus</i>	1,84 ab	0,46 ab	24,67 a	0,00 b	217,67 ab
<i>A. retroflexus</i>	2,07 a	0,53 a	20,67 a	0,00 b	165,00 b
<i>A. spinosus</i>	1,52 b	0,39 bc	14,30 bc	21,33 a	292,00 a
<i>A. viridis</i>	1,58 b	0,50 ab	15,67 b	0,00 b	135,00 b
F_(espécie)	37,60*	17,36*	44,81*	33,39*	10,00*
CV (%)	7,72	9,86	8,46	41,26	16,76
DMS (5%)	0,35	0,12	4,09	10,79	93,42

Médias seguidas por letras iguais na coluna (comparação das espécies) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O período necessário para a diferenciação das gemas apicais em estruturas reprodutivas teve influência direta sobre o hábito de crescimento e arquitetura das plantas. Desta forma, as espécies com ciclo mais tardio (*A. retroflexus* e *A. hybridus*) apresentaram maior crescimento da haste principal, maior comprimento da inflorescência terminal, grande número de ramificações primárias e poucas ramificações secundárias (Tabela 7). Por outro lado, as espécies com ciclo mais precoce (*A. deflexus* e *A. spinosus*) alcançaram menor comprimento da haste principal, menor

comprimento da inflorescência terminal, porém com elevado número de ramificações secundárias (Tabela 7). *A. viridis* pode ser classificado em uma posição intermediária, pois apresentou o maior desenvolvimento de estruturas reprodutivas com poucas ramificações secundárias (Figura 5 e Tabela 7).

Figura 5 – Acúmulo de massa seca nas inflorescências + frutos (M_i), por planta, durante o ciclo de vida de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

O ciclo vegetativo e reprodutivo mais lento de *A. retroflexus* pode ter implicações no elevado acúmulo de massa seca total apresentado pela espécie que, juntamente com *A. hybridus*, foram as plantas daninhas que alcançaram os maiores valores desta variável (Figura 6). Ao final do ciclo, constatou-se que as espécies *A. spinosus* e *A. viridis* acumularam valores intermediários de massa seca total, da ordem de 45 – 50 g planta⁻¹. A espécie que menos acumulou massa seca total foi *A. deflexus*, o que está em concordância com o ciclo mais curto da espécie e com a rápida diferenciação das gemas em estruturas florais, com conseqüente redução no crescimento vegetativo.

Figura 6 – Acúmulo de massa seca total (Mt), por planta, durante o ciclo de vida de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

Sellers et al. (2003) e Horak e Loughin (2000) também compararam o crescimento de espécies do gênero *Amaranthus*. Em ambos os trabalhos foram encontrados crescimentos diferenciais entre estas plantas daninhas. Para Sellers et al. (2003), considerando somente as espécies encontradas no Brasil, a ordem de acúmulo de massa seca foi: *A. retroflexus* $\geq$ *A. hybridus* $\geq$ *A. spinosus*, o que está em concordância com os dados discutidos anteriormente.

Segundo Kissmann e Groth (1999), os carurus são plantas daninhas que possuem via de fixação de carbono do tipo C_4 . Este mecanismo fotossintético confere diversas características vantajosas em relação às plantas C_3 , principalmente em ambientes quentes e úmidos como, por exemplo, baixo ponto de compensação de CO_2 , elevada taxa de fotossíntese quando em ambiente de alta disponibilidade de luz e baixa taxa de foto-respiração (PAUL; ELMORE, 1984). Essas características podem explicar o vigoroso crescimento vegetativo e o rápido ciclo reprodutivo das espécies. O fato das plantas daninhas do gênero *Amaranthus* realizarem fotossíntese por meio do ciclo C_4

favorece a presença dessas plantas em áreas de produção de hortaliças e das culturas da soja, feijão ou algodão (plantas C_3); além de contribuir para que concluam o ciclo de vida antes do fechamento da cultura da cana-de-açúcar (planta C_4), garantindo a captura dos recursos de crescimento do meio e o aumento do banco de sementes.

O acúmulo de área foliar (Figura 7) e massa seca de folhas (Figura 8) pelas plantas estão em concordância com os valores de massa seca total, em que, também para esta variável, *A. deflexus* foi a planta daninha com menores valores; em condição intermediária, identificou-se *A. viridis* e *A. spinosus* e o maior acúmulo foi de *A. hybridus* e *A. retroflexus*. *A. spinosus* foi a espécie que produziu o maior número de folhas, sem diferença estatística para *A. hybridus* (Tabela 7). O grande número de folhas produzidas por *A. spinosus* não se refletiu em elevada área foliar devido ao tamanho reduzido de muitas das folhas produzidas nas ramificações secundárias. As espécies *A. hybridus* e *A. retroflexus* produziram folhas posicionadas na haste principal e nas ramificações primárias, o que se refletiu em folhas de maior tamanho, com conseqüente elevada área foliar (Figura 7).

Figura 7 – Acúmulo de área foliar, por planta, durante o ciclo de vida de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

Figura 8 – Acúmulo de massa seca nas folhas (Mf), por planta, durante o ciclo de vida de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

A taxa de crescimento absoluto fornece uma estimativa da velocidade média de crescimento das plantas ao longo do ciclo de desenvolvimento, enquanto a taxa de crescimento relativo exprime o crescimento em gramas de matéria seca por unidade de material presente em um período de observação (EVANS, 1972; AGUILERA; FERREIRA; CECOM, 2004). As espécies que crescem mais rapidamente e produzem mais área foliar possivelmente serão mais competitivas que as espécies mais lentas (HORAK; LOUGHIN, 2000).

O crescimento absoluto e o crescimento relativo das cinco espécies de plantas daninhas estudadas estão apresentados nas Figuras 9 e 10, respectivamente. Constatou-se comportamento diferencial das espécies principalmente quanto ao crescimento absoluto. Observou-se que *A. viridis* apresenta maiores taxas de crescimento absoluto durante estádios mais precoces de desenvolvimento, cujo ponto máximo ocorre em período anterior ao das demais espécies. As espécies *A. deflexus*,

A. hybridus, *A. retroflexus* e *A. spinosus* tiveram máximas taxas de crescimento absoluto entre 55 e 60 DAS (parâmetro *b*, Tabela 6), com diferenças apenas na magnitude, cuja ordem foi: *A. retroflexus* $\geq$ *A. spinosus* $\geq$ *A. hybridus* $>$ *A. deflexus* (Figura 9). Os resultados de crescimento absoluto refletem satisfatoriamente o acúmulo de massa seca total. O crescimento relativo foi semelhante para todas as espécies, com pequena diferença de *A. deflexus* para as demais, em que esta espécie apresentou declínio menos acentuado para esta variável (Figura 10).

Figura 9 – Taxa de crescimento absoluto de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

Figura 10 – Taxa de crescimento relativo de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

A análise conjunta de todas as variáveis e dos parâmetros dos modelos logísticos, principalmente quanto ao parâmetro b (Tabelas 5 e 6), demonstra que *A. viridis* possui ciclo vegetativo-reprodutivo curto, semelhante à *A. deflexus* (Tabela 4); além de ter sido a espécie que alcançou mais rapidamente 50% de massa em qualquer variável (Figuras 3, 4, 6 e 8), acúmulo de área foliar (Figura 7), período de máxima taxa de crescimento absoluto (Figura 9) e maior massa de estruturas reprodutivas (Figura 5). Este conjunto de características biológicas caracteriza *A. viridis* como a espécie que possui a melhor adaptabilidade ecológica para as condições em que o experimento foi realizado.

Ressalta-se que, dentre os fatores ecológicos, o efeito da temperatura é proeminente e pode influenciar o crescimento e a produtividade das diferentes espécies de plantas, inclusive daquelas classificadas no gênero *Amaranthus* (McLANCHLAN et al., 1993; GUO; AL-KHATIB, 2003). Isso significa que as espécies de plantas daninhas

do gênero *Amaranthus* podem apresentar comportamento diferente sob outras condições de temperatura. Guo e Al-Khatib (2003), por exemplo, observaram que a produção de massa seca por *A. retroflexus* oscilou em função da temperatura, e os maiores valores, cerca de 55 g planta⁻¹, foram obtidos com alternância de 14h-25°C e 10h-20°C.

Horak e Loughin (2000), por sua vez, observaram que a data de emergência também influenciou o acúmulo de área foliar e massa seca das espécies, em que, para a melhor condição, *A. retroflexus* alcançou valores da ordem de 5000 cm² planta⁻¹ e 55 g planta⁻¹, respectivamente. A diferença de crescimento em função da data de emergência pode estar relacionada com a radiação solar ou o efeito de fotoperíodos reduzidos, que possivelmente estimularam prematuramente a diferenciação floral destas plantas (HORAK; LOUGHIN, 2000).

3.4 Conclusões

Concluiu-se que *A. deflexus* foi a espécie com ciclo vegetativo mais curto, menor acúmulo de massa seca e área foliar, enquanto as espécies *A. retroflexus* e *A. hybridus* foram aquelas que alcançaram os maiores valores para estas variáveis. Dentre as cinco espécies, *A. viridis* apresentou a melhor adaptabilidade ecológica para as condições em que o experimento foi conduzido, pois, além de acumular grande quantidade de massa seca e área foliar, apresentou rápido desenvolvimento vegetativo e crescimento absoluto. Estes resultados sugerem que *A. viridis* é uma espécie com alto potencial competitivo com as culturas agrícolas, proporcionado pela rápida captura dos recursos de crescimento fornecidos pelo ambiente durante os estádios iniciais de crescimento.

Referências

AGUILERA, D.B.; FERREIRA, F.A.; CECOM, P.R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 22, n. 1, p. 43-51, 2004.

ALDRICH, R.J. Predicting crop yield reductions from weeds. **Weed Technology**, Champaign, v. 1, n. 3, p. 199-206, 1987.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; PAVANI, M.C.M.D.; SILVA, R.C. Estimativa da área foliar de plantas daninhas. XIII – *Amaranthus retroflexus* L. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 20, n. 1, p. 5-9, 1995.

CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 1-7, 1989.

CARVALHO, S.J.P.; PEREIRA SILVA, R.F.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Crescimento, desenvolvimento e produção de sementes da planta daninha capim-branco (*Chloris polydactyla*). **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 23, n. 4, p. 603-609, 2005b.

CARVALHO, S.J.P.; MOREIRA, M.S.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; MEDEIROS, D. Crescimento e desenvolvimento da planta daninha capim-camalote. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 591-600, 2005a.

ERASMO, E.A.L.; TERRA, M.A.; COSTA, N.V.; DOMINGOS, V.D.; DIDONET, J. Fenologia e acúmulo de matéria seca em plantas de *Murdannia nudiflora* durante seu ciclo de vida. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 21, n. 3, p. 397-402, 2003.

EVANS, G.C. **The quantitative analysis of plant growth**. London: Blackwell Scientific, 1972. 734 p.

GHERSA, C.M.; HOLT, J.S. Using phenology prediction in weed management: a review. **Weed Research**, Oxford - UK, v. 35, n. 6, p. 461-470, 1995.

GUO, P.; AL-KHATIB, K. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmerii*), and common waterhemp (*A. rudis*). **Weed Science**, Lawrence, v. 51, n. 6, p. 869-875, 2003.

HESS, M.; BARRALIS, G.; BLEIHOLDER, H.; BUHRS, L.; EGGERS, T.H.; HACK, H.; STAUSS, R. Use of the extended BBCH scale - general for descriptions of the growth stages of mono-and dicotyledonous weed species. **Weed Research**, Oxford - UK, v. 37, n. 6, p. 433-441, 1997.

HOLT, J.S.; ORKUTT, D.R. Functional relationships of growth and competitiveness in perennial weeds and cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Science**, Champaign, v. 39, n. 4, p. 575-584, 1991.

HORAK, M.J.; LOUGHIN, T.M. Growth analysis of four *Amaranthus* species. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, n. 3, p. 347-355, 2000.

HUNT, R. **Basic growth analysis**: plant growth analysis for beginners. London: Unwin Hyman, 1990. 112 p.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1999. v.2, 978p.

KLINGAMAN, T.E.; OLIVER, L.R. Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 523-527, 1994.

KNEZEVIC, S.Z.; HORAK, M.J.; VANDERLIP, R.L. Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) emergence is critical in pigweed-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] competition. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 4, p. 502-508, 1997.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F. **Resistência de populações da planta daninha *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel. a herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase (ACCase)**. 2006. 101 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.

LUCCHESI, A.A. Utilização prática de análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 41, n. 1, p. 181-202, 1984.

McLANCHLAN, S.M.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J.; TOLLENAAR, M. Effect of corn induced shading and temperature on rate of leaf appearance in redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). **Weed Science**, Champaign, v. 41, n. 4, p. 590-593, 1993.

MURPHY, S.D.; TAKUBU, Y.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J. Effect on planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. **Weed Science**, Champaign, v. 44, n. 4, p. 865-870, 1996.

PAUL, R.; ELMORE, C.D. Weeds and the C₄ syndrome. **Weeds Today**, Champaign, v. 15, n. 1, p. 3-4, 1984.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.S.; GHERSA, C. **Weed ecology**: implications for vegetation management. New York: John Wiley, 1997. 589 p.

ROWLAND, M.W.; MURRAY, D.S.; VERHALEN, L.M. Full-season Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) interference with cotton (*Gossipium hirsutum*). **Weed Science**, Lawrence, v. 47, n. 3, p. 305-309, 1999.

SELLERS, B.A.; SMEDA, R.J.; JOHNSON, W.G.; KENDIG, J.A.; ELLERSIECK, M.R. Comparative growth of six *Amaranthus* species. **Weed Science**, Lawrence, v. 51, n. 3, p. 329-333, 2003.

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, Oxford - UK, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

4 ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE CINCO PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO *Amaranthus* USANDO DIMENSÕES LINEARES DO LIMBO FOLIAR

Resumo

O uso de métodos não-destrutivos para a estimativa da área foliar de plantas daninhas é uma técnica bastante eficiente em estudos de biologia, pois além de não exigir o uso de equipamentos caros, possibilita o acompanhamento do desenvolvimento foliar do mesmo indivíduo. Assim, este trabalho foi conduzido com o objetivo de obter equações que estimem a área foliar de espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* utilizando as dimensões lineares do limbo foliar, bem como comparar as equações obtidas para plantas que cresceram em condição de casa-de-vegetação e em campo. Para tanto, plantas de *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* e *A. viridis* foram cultivadas em casa-de-vegetação ou coletadas em infestações naturais de áreas agrícolas e não-agrícolas do município de Piracicaba – SP. Para cada condição foram analisados 100 limbos foliares, com relação ao comprimento ao longo da nervura principal (C), largura máxima (L) e área foliar real (Ar). Os conjuntos de dados foram ajustados à equação linear que passa pela origem $Ar=a.(C.L)$ e, para todas as variáveis, comparados por meio de intervalos de confiança, com 5% de significância. Concluiu-se que: há espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* com tamanhos diferenciais de folhas, em que *A. deflexus* é aquela que, em média, possui as menores dimensões; a equação linear passando pela origem ($Ar=a.(C.L)$) foi adequada para ajustar a relação entre as medidas lineares do limbo e a área foliar real; plantas que cresceram em condição de casa-de-vegetação e em campo podem apresentar diferenças quanto ao tamanho de folhas ou quanto ao parâmetro a da equação de ajuste da reta.

Palavras-chave: Caruru; Folhas; Crescimento; Ajuste linear

Abstract

Leaf area estimation of five *Amaranthus* genus weeds using the leaf blade linear dimensions

Using non-destructive methods for estimating the weed leaf area is an efficient technique in biology studies, because it does not require expensive equipments and it possibilities the attendance of the leaves development of the same individual. For that, this work was carried out with the objective of obtaining equations that estimate the leaf area of weed species of the *Amaranthus* genus, using the leaf blade linear dimensions, as well to compare the equations set for plants grown in the greenhouse and in field conditions. For that, plants of *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* and *A. viridis* were grown in the greenhouse or collected in natural infestations of agricultural or non-agricultural areas of Piracicaba – SP, Brazil. For each condition, it was measured, in 100 leaf blades, the maximum length (C) and width (L) dimensions, and

the real leaf area (A_r) per leaf. The groups of data were adjusted to linear equation crossing the origin $A_r=a.(C.L)$ and, for all the variables, they were compared through confidence intervals of 5% significance. It was concluded that: there are weed species of the *Amaranthus* genus with differential sizes of leaves, being *A. deflexus* the species that, on average, has the smallest dimensions; the linear equation crossing the origin ($A_r=a.(C.L)$) was adequate to adjust the relation between the linear blade dimensions and the real leaf area; plants that grew in the greenhouse and in field conditions may present differences in size of the leaves or in the a parameter of the adjusted equation.

Keywords: Pigweed; Leaves; Growth; Linear adjust

4.1 Introdução

As plantas classificadas no gênero *Amaranthus* (carurus) são espécies vegetais que têm por centro de origem a região da América tropical, onde ocorrem em intensas populações. Neste gênero de plantas, são encontradas algumas espécies de interesse agrônomo (*A. caudatus*, *A. cruentus* e *A. hypochondriacus*), que apresentam elevado valor nutricional, podendo ser utilizadas para alimentação humana e animal, bem como para produção de massa vegetal, fatores que estimularam o desenvolvimento de cultivares (KISSMANN; GROTH, 1999; SPEHAR, 2003; SPEHAR et al., 2003).

Contudo, embora apresente aspectos positivos, a característica mais reconhecida do gênero *Amaranthus* está correlacionada com as espécies que apresentam potencial competitivo com as mais diversas culturas. Mundialmente, existem cerca de 20 espécies classificadas como plantas daninhas, sendo consideradas como tal em mais de 50 países. No Brasil, os carurus são conhecidos em praticamente todas as regiões, com algumas diferenças de espécies entre as localidades, em que cerca de 10 espécies têm sido destacadas como infestantes de maior importância (KISSMANN; GROTH, 1999).

O hábito de crescimento agressivo e a prolífica produção de sementes oferecem às plantas daninhas do gênero *Amaranthus* boa competitividade com as culturas por luz, água e nutrientes (MURPHY et al., 1996; GUO; AL-KHATIB, 2003). Desta forma, reduzem o rendimento, a qualidade e também a eficiência de colheita das plantas cultivadas (KLINGAMAN; OLIVER, 1994; KNEZEVIC; HORAK; VANDERLIP, 1997).

Por fim, espécies do gênero *Amaranthus* têm apresentado efeitos alelopáticos que reduzem o vigor das plântulas de várias culturas e outras plantas daninhas (MENGES, 1988; MARQUES, 1992).

Em geral, quando se estudam programas para o manejo integrado de plantas daninhas em agroecossistemas, os conhecimentos sobre a biologia das espécies envolvidas têm grande importância (BIANCO et al., 1995). Contudo, uma das maiores limitações que existem para a implantação destes programas de manejo é a própria carência de conhecimentos sobre a biologia das espécies (FERNÁNDEZ, 1982).

Neste sentido, estudos sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas daninhas fornecem informações sobre os diferentes estádios fenológicos e padrões de crescimento, que tornam possível a análise do comportamento dessas plantas perante os fatores ecológicos, bem como sua ação sobre o ambiente, principalmente quanto a sua interferência sobre outras plantas (LUCCHESI, 1984). Para tanto, Radosevich; Holt e Ghera (1997) afirmam que a produção de massa seca total bem como o acúmulo de área foliar são reconhecidos como processos básicos no crescimento vegetal.

Dentre os parâmetros de crescimento vegetal, a área foliar é um dos mais importantes, porém, também é uma das características mais difíceis de ser mensurada, porque usualmente exige equipamentos caros ou técnicas destrutivas, que impedem a comparação de efeitos em um mesmo indivíduo (BIANCO et al., 1995; BIANCO; PITELLI; PITELLI, 2003). Uma técnica não-destrutiva que tem sido utilizada com bastante eficiência é a obtenção de equações que correlacionem as medidas dimensionais das folhas com sua área foliar real (BIANCO; PITELLI; CARVALHO, 2004).

Assim sendo, este trabalho teve por objetivo obter equações que estimem a área foliar de espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* utilizando as dimensões lineares do limbo foliar, bem como comparar as equações obtidas para plantas que cresceram em condição de casa-de-vegetação e em campo.

4.2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação e em área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP; e em áreas agrícolas e não-agrícolas do município de Piracicaba – SP (22°42'30"S, 47°38'00"W), entre os meses de setembro a dezembro de 2005. As espécies de plantas daninhas estudadas foram: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha).

Crescimento em casa-de-vegetação

Para a condição de casa-de-vegetação, os propágulos das espécies *A. hybridus*, *A. spinosus* e *A. viridis* foram adquiridos comercialmente, enquanto que os propágulos de *A. deflexus* e *A. retroflexus* foram coletados em infestações presentes em área da ESALQ/USP – Piracicaba – SP (*A. deflexus*) e em áreas agrícolas dos municípios de Miguelópolis e Guará – SP (*A. retroflexus*). As espécies foram taxonomicamente identificadas e seus propágulos foram acondicionados em sacos de papel, em local seco, à temperatura ambiente até o início da instalação dos experimentos. No experimento, foram utilizadas sementes de *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. viridis*; e frutos de *A. deflexus* e *A. spinosus*, respeitando-se a principal forma de dispersão das espécies.

Em 01/09/2005, as sementes ou frutos das cinco espécies de carurus foram colocados para germinar em caixas plásticas, com capacidade para 2 L, preenchidas com substrato comercial (casca de Pinus + turfa + vermiculita). No estágio de folhas cotiledonares plenamente expandidas, ou seja, estágio 10 (HESS et al., 1997), as espécies foram transplantadas para vasos onde permaneceram até o final do experimento. Assim sendo, o transplante de *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. viridis* foi realizado aos 7 dias após a semeadura (DAS), enquanto o transplante de *A. spinosus* e *A. deflexus* se deu aos 10 DAS. Foram transplantadas duas plantas por vaso, contudo, aos 20 DAS, efetuou-se o desbaste da planta menos desenvolvida.

Para cada espécie, as parcelas experimentais constaram de 30 vasos plásticos com capacidade para 2,8 L, preenchidos com mistura de substrato comercial e vermiculita, na proporção de 2:1, respectivamente. Três dias antes do início dos transplantes, as parcelas foram adubadas com fertilizante comercial completo que forneceu as seguintes doses de nutrientes (mg parcela^{-1}): N a 600; P_2O_5 a 600; K_2O a 800; Ca a 44; S a 160; Mg a 16; Zn a 2; B a 2; Fe a 4 e Mn a 1,2. Aos 35 DAS, realizou-se adubação complementar com sulfato de amônio nas doses de 315 e 360 mg parcela^{-1} de N e S, respectivamente. Os vasos foram irrigados sempre que se julgou necessário, sem a ocorrência de deficiência hídrica.

Crescimento em campo

Foram utilizadas infestações naturais das espécies *A. deflexus*, *A. spinosus* e *A. viridis* com ocorrência nas áreas experimentais do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ / USP, ou nas áreas agrícolas e não-agrícolas do município de Piracicaba. Não foram encontradas infestações representativas das espécies *A. hybridus* e *A. retroflexus*, de modo que não foram obtidas equações para as folhas destas espécies quando se desenvolveram em campo.

Coletas de folhas e análises

Foram coletados 100 limbos foliares perfeitos (sem deformações) de cada uma das espécies de plantas daninhas, em cada uma das condições de crescimento. Em casa-de-vegetação, dentre as 30 parcelas disponíveis, foram escolhidas seis parcelas, perfeitamente representativas, cujas plantas encontravam-se em adequado nível de sanidade, sem o ataque de pragas ou patógenos que pudessem danificar o formato das folhas. Aos 60 DAA, foram coletadas folhas do terço superior, intermediário e basal das plantas. Identificou-se estágio fenológico de pleno florescimento, estágio 69 (HESS et al., 1997), ou superior, para todas as espécies de *Amaranthus*.

Em condição de campo, foram coletadas folhas de plantas que cresceram em diferentes condições ambientais, em que também foram retiradas folhas do terço superior, intermediário e basal. Também neste caso, os indivíduos escolhidos para coleta apresentavam estágio fenológico de pleno florescimento ou mais avançado.

As coletas foram realizadas em fluxos de 100 limbos ou menos, a fim de evitar a deterioração do material. Logo após a coleta, o material foi levado ao laboratório, onde se realizou a medição do comprimento ao longo da nervura central (C) e largura máxima (L) de cada folha, perpendicular à nervura central. Em seguida, a área foliar real (Ar) de cada folha foi obtida com auxílio do medidor de área modelo LICOR LI-3100 (LI-COR, inc., Lincoln, Nebraska, EUA).

Os dados foram submetidos à análise de regressão linear, adotando-se a seguinte equação, eq. (4):

$$Ar = a.(C.L) \quad (4)$$

Em que: Ar é a área foliar real e a é um parâmetro da reta e corresponde ao percentual de equivalência entre a área foliar real e o produto do comprimento (C) pela largura (L). Toda a metodologia de coleta e análise foi baseada em trabalhos tradicionalmente descritos na literatura, como em Peressin; Pitelli e Perecin (1984), Bianco et al. (1995) e Bianco; Pitelli e Carvalho (2004).

A análise das retas foi feita por meio da comparação dos intervalos de confiança obtidos para os parâmetros a , com nível de 5% de significância. Para cada espécie, na ocorrência da sobreposição do intervalo de confiança de duas retas (campo e casa-de-vegetação), julgou-se a igualdade das equações e obteve-se uma terceira reta com a totalidade dos pontos amostrais (casa-de-vegetação + campo). Quando não ocorreu a sobreposição dos intervalos de confiança, julgou-se a existência de duas retas diferentes. O mesmo procedimento foi adotado para a comparação dos dados de comprimento, largura de folhas e área foliar.

4.3 Resultados e Discussão

As folhas das plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, em geral, são do tipo simples e alternas; com limbo ovalado, rômbico ou rômbico-lanceolado; as superfícies são glabras ou com escassa pilosidade e com ocorrência comum de ápice obtuso. Apresentam pecíolo longo que, por vezes, pode exceder o comprimento do limbo, canaliculado no lado superior. As nervuras são marcadas na face ventral, especialmente nas folhas novas, e proeminentes na dorsal. A coloração dos limbos varia entre verde, verde-acinzentada, avermelhada, vermelho-púrpura (*A. hybridus*) ou com a ocorrência de manchas (*A. viridis*) (KISSMANN; GROTH, 1999).

Com relação à espécie *A. deflexus*, constatou-se que as folhas provenientes das plantas que cresceram em condição de casa-de-vegetação foram significativamente maiores que aquelas coletadas em plantas que cresceram em condição de campo. Isto se manifestou sobre o comprimento, largura e, por conseqüência, área foliar (Tabela 8). Embora tenha apresentado folhas de tamanhos diferentes entre as condições de casa-de-vegetação e campo, o parâmetro de ajuste da reta não foi diferente para as duas condições, de modo que todos os pontos foram ajustados em conjunto e obteve-se a equação $Ar=0,7579.(C.L)$ (Tabela 9), representada graficamente pela Figura 11. Dentre as espécies, em média, constatou-se que *A. deflexus* possui folhas menores que *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. viridis* e *A. spinosus* (casa-de-vegetação), principalmente quanto ao comprimento (Tabela 8).

As espécies *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. viridis* foram aquelas que, em média, apresentaram os maiores valores de comprimento e área foliar, sem diferenças interespecíficas (Tabela 8). As retas obtidas para *A. hybridus* e *A. retroflexus* foram $Ar=0,7056.(C.L)$ e $Ar=0,7005.(C.L)$, também sem diferenças interespecíficas entre si (Tabela 9) e estão representadas graficamente nas Figuras 12 e 13.

Dentre as espécies de *Amaranthus*, somente foi encontrado trabalho que estudou a espécie *A. retroflexus*. A equação obtida para a população que cresceu em condição de casa-de-vegetação diferenciou-se sobremaneira do trabalho de Bianco et al. (1995), que obtiveram a equação $Ar=0,5651.(C.L)$ para plantas com crescimento em campo. Com base nos trabalhos, não se pode isolar os fatores que causaram a

diferença nas equações, contudo sugere-se que as diferenças sejam devidas à metodologia experimental (equipamento medidor de área foliar) e condições diferenciais de ambiente em campo e casa-de-vegetação.

Tabela 8 – Média e intervalo de confiança (I.C., 5%) para o comprimento ao longo da nervura central, largura máxima e área foliar real de folhas de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, coletadas em plantas mantidas sob duas condições de crescimento. Piracicaba – SP, 2005

Espécie	Condição	Comprimento		Largura		Área Foliar Real	
		Média	± I.C. (5%)	Média	± I.C. (5%)	Média	± I.C. (5%)
<i>A. deflexus</i>	casa-de-vegetação	6,326	0,378	5,148	0,329	27,037	3,190
	campo	4,956	0,244	3,800	0,200	15,162	1,543
<i>A. hybridus</i>	casa-de-vegetação	8,214	0,803	5,164	0,520	37,734	8,296
<i>A. retroflexus</i>	casa-de-vegetação	9,547	0,700	5,667	0,412	43,000	6,845
<i>A. spinosus</i>	casa-de-vegetação	8,185	0,475	5,212	0,307	33,200	3,941
	campo	5,806	0,218	3,494	0,150	15,000	1,123
<i>A. viridis</i>	casa-de-vegetação	8,900	0,764	4,908	0,431	35,679	7,099
	campo	8,668	0,485	5,395	0,311	35,921	3,872

Tabela 9 – Parâmetro a da equação de regressão¹, coeficiente de determinação (R^2), valor de F e intervalo de confiança (I.C.) com 5% de significância, para estimativa da área foliar de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* a partir das dimensões lineares do limbo foliar. Piracicaba – SP, 2005

Espécie	Condição	a	R^2	F	I.C. (5%)	
					mín	máx
<i>A. deflexus</i>	casa-de-vegetação	0,7580*	0,9928	13661,53**	0,7515	0,7646
	campo	0,7577*	0,9913	11324,24**	0,7513	0,7641
	total	0,7579*	0,9940	32912,21**	0,7534	0,7625
<i>A. hybridus</i>	casa-de-vegetação	0,7056*	0,9978	46419,08**	0,6991	0,7121
<i>A. retroflexus</i>	casa-de-vegetação	0,7005*	0,9989	96976,87**	0,6961	0,7050
<i>A. spinosus</i>	casa-de-vegetação	0,7146*	0,9624	2557,68**	0,7003	0,7289
	campo	0,7172*	0,9808	5114,52**	0,7100	0,7244
	total	0,7150*	0,9737	7443,72**	0,7055	0,7245
<i>A. viridis</i>	casa-de-vegetação	0,6741*	0,9973	36381,46**	0,6691	0,6790
	campo	0,7110*	0,9900	9475,01**	0,7091	0,7178
	total	0,6877*	0,9939	32842,30**	0,6830	0,6925

¹ $Ar=a.(C.L)$; * Significativo ao teste t, a 5% de probabilidade; ** Significativo ao teste F, a 5% de probabilidade

Figura 11 – Correlação entre a área foliar real e a estimativa produzida com o produto do comprimento ao longo da nervura central pela largura máxima das folhas de *A. deflexus*; condição de casa-de-vegetação + campo. Piracicaba – SP, 2005

Figura 12 – Correlação entre a área foliar real e a estimativa produzida com o produto do comprimento ao longo da nervura central pela largura máxima das folhas de *A. hybridus*; condição de casa-de-vegetação. Piracicaba – SP, 2005

Figura 13 – Correlação entre a área foliar real e a estimativa produzida com o produto do comprimento ao longo da nervura central pela largura máxima das folhas de *A. retroflexus*; condição de casa-de-vegetação. Piracicaba – SP, 2005

Os resultados obtidos para *A. spinosus* estão em concordância com o que foi observado para *A. deflexus*. Também neste caso, as folhas coletadas de plantas que cresceram sob condição de casa-de-vegetação apresentaram maiores dimensões quanto ao comprimento ao longo da nervura principal, largura máxima e área foliar (Tabela 8). Porém, novamente, não foram observadas diferenças quanto ao parâmetro de ajuste da reta, o que indica que as folhas provenientes de ambas as condições de crescimento apresentam a mesma proporção $C.L / Ar$. Neste caso, uma única equação foi satisfatória para as duas condições, sendo $Ar=0,7150.(C.L)$ o resultado do ajuste matemático (Tabela 9), que também está representada pela Figura 14.

Para *A. viridis*, em oposição ao que foi observado para *A. deflexus* e *A. spinosus*, foram constatadas diferenças entre as folhas oriundas de plantas que cresceram sob condição de casa-de-vegetação e campo somente para o parâmetro de ajuste da reta. Ou seja, não foram observadas diferenças quanto ao comprimento, largura ou área foliar (Tabela 8), contudo ocorreram alterações na proporção $C.L / Ar$, em que as plantas que cresceram em campo apresentaram maior parâmetro de ajuste e a

equação obtida foi $Ar=0,7110.(C.L)$, representada pela Figura 15. Neste caso, o mais adequado é considerar uma equação para cada circunstância, de modo que a equação obtida para a condição de casa-de-vegetação foi $Ar=0,6741.(C.L)$ (Tabela 9), representada graficamente pela Figura 16.

Também neste caso, não se pode isolar quais fatores ambientais-ecológicos que influenciaram nas diferenças de tamanho de folhas identificadas para as espécies *A. deflexus* e *A. spinosus* ou no ajuste da reta para *A. viridis*. Contudo, considera-se que o nível nutricional oferecido para as plantas que cresceram em casa-de-vegetação pode ter influenciado no desenvolvimento de plantas mais vigorosas e, portanto, com maiores dimensões de folhas que, contudo, não alteraram a proporção de suas dimensões em relação à área foliar real. Outro fator que também pode ter influenciado nas dimensões foliares são as condições de intensidade luminosa diferencial de casa-de-vegetação e campo ou o nível de competição (sombreamento) que as plantas estiveram submetidas.

Figura 14 – Correlação entre a área foliar real e a estimativa produzida com o produto do comprimento ao longo da nervura central pela largura máxima das folhas de *A. spinosus*; condição de casa-de-vegetação + campo. Piracicaba – SP, 2005

Figura 15 – Correlação entre a área foliar real e a estimativa produzida com o produto do comprimento ao longo da nervura central pela largura máxima das folhas de *A. viridis*; condição de campo. Piracicaba – SP, 2005

Figura 16 – Correlação entre a área foliar real e a estimativa produzida com o produto do comprimento ao longo da nervura central pela largura máxima das folhas de *A. viridis*; condição de casa-de-vegetação. Piracicaba – SP, 2005

Neste sentido, Aguilera; Ferreira e Cecon (2004) observaram que plantas de *Siegesbeckia orientalis* que cresceram sob condição de 50% de sombreamento apresentaram área foliar significativamente superior às plantas que cresceram a pleno sol. Observaram rápido aumento da superfície fotossinteticamente ativa como forma de as plantas assegurarem o melhor aproveitamento das baixas intensidades luminosas. Estes resultados também foram observados por Vlahos; Heuvelink e Martakis (1991) e Farias et al. (1997).

Em geral, os valores de ajuste da reta obtidos neste trabalho, para as plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, foram inferiores ao valor obtido por Bianco; Pitelli e Perecin (1983) para *Wissadula subpeltata*, de 0,8549; e Bianco; Pitelli e Pitelli (2003) para *Typha latifolia*, de 0,9651; porém superiores ao obtido por Bianco; Pitelli e Carvalho (2004) para *Tridax procumbens*, de 0,6008.

4.4 Conclusões

Após a condução deste trabalho, concluiu-se que: há espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* com tamanhos diferenciais de folhas, em que *A. deflexus* é aquela que, em média, possui as menores dimensões; a equação linear passando pela origem ($A_r = a \cdot (C.L.)$) foi adequada para ajustar a relação entre as medidas lineares do limbo e a área foliar real; plantas que cresceram em condição de casa-de-vegetação e em campo podem apresentar diferenças quanto ao tamanho de folhas ou no parâmetro a da equação de ajuste da reta.

Referências

AGUILERA, D.B.; FERREIRA, F.A.; CECON, P.R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 22, n. 1, p. 43-51, 2004.

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

BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; PERECIN, D. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. II. *Wissadula subpeltata* (Kuntze) Fries. **Planta Daninha**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 21-24, 1983.

BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; PITELLI, A.M.C.M. Estimativa da área foliar de *Typha latifolia* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 21, n. 2, p. 257-261, 2003.

BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; PAVANI, M.C.M.D.; SILVA, R.C. Estimativa da área foliar de plantas daninhas. XIII – *Amaranthus retroflexus* L. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 20, n. 1, p. 5-9, 1995.

FARIAS, V.C.C.; VARELA, V.P.; COSTA, S.S.; BATALHA, L.F.P. Análise de crescimento de mudas de cedrorana (*Cedrelina catenaeformis* (Ducke) Ducke) cultivadas em condições de viveiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 192-199, 1997.

FERNÁNDEZ, O.A. Manejo integrado de malezas. **Planta Daninha**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 69-75, 1982.

GUO, P.; AL-KHATIB, K. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmerii*), and common waterhemp (*A. rudis*). **Weed Science**, Lawrence, v. 51, n. 6, p. 869-875, 2003.

HESS, M.; BARRALIS, G.; BLEIHOLDER, H.; BUHRS, L.; EGGERS, T.H.; HACK, H.; STAUSS, R. Use of the extended BBCH escale - general for descriptions of the growth stages of mono-and dicotyledonous weed species. **Weed Research**, Oxford - UK, v. 37, n. 6, p. 433-441, 1997.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1999. v. 2, 978 p.

KLINGAMAN, T.E.; OLIVER, L.R. Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 523-527, 1994.

KNEZEVIC, S.Z.; HORAK, M.J.; VANDERLIP, R.L. Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) emergence is critical in pigweed-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] competition. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 4, p. 502-508, 1997.

LUCCHESI, A.A. Utilização prática de análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 41, n. 1, p. 181-202, 1984.

MARQUES, M.A. **Potencial alelopático de resíduos de caruru (*Amaranthus viridis*) incorporado em três tipos de solo, sobre a germinação e crescimento inicial do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*)**. 1992. 125 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

MENGES, R.M. Allelopathic effects of Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) on seedling growth. **Weed Science**, Champaign, v. 36, n. 3, p. 325-328, 1988.

MURPHY, S.D.; TAKUBU, Y.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J. Effect on planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. **Weed Science**, Champaign, v. 44, n. 4, p. 865-870, 1996.

PERESSIN, V.A.; PITELLI, R.A.; PERECIN, D. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. 4. *Cassia tora* L. **Planta Daninha**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 48-52, 1984.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.S.; GHERSA, C. **Weed ecology**: implications for vegetation management. New York: John Willey, 1997. 589 p.

SPEHAR, C.R. Diferenças morfológicas entre *Amaranthus cruentus*, cv. BRS Alegria, e as plantas daninhas *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. viridis* e *A. spinosus*. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 21, n. 3, p. 481-485, 2003.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; CABEZAS, W.A.R.L.; ERASMO, E.A.L. Amarantho BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 659-663, 2003.

VLAHOS, J.C.; HEUVELINK, E.; MARTAKIS, G.F.P. A growth analysis study of three *Achimenes* cultivars grown under three light regimes. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 46, n. 3/4, p. 275-282, 1991.

5 COMPETIÇÃO DE PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO *Amaranthus* COM PLANTAS DE FEIJOEIRO

Resumo

As plantas daninhas competem com as culturas agrícolas, principalmente, por água, luz e nutrientes, sendo que esta competição é função, dentre outros fatores, da densidade de ocorrência das plantas daninhas, bem como da habilidade competitiva intrínseca de cada espécie vegetal. Assim sendo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a competitividade de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* (*A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* e *A. viridis*) com plantas de feijoeiro (cultivar Carioca Precoce), por meio de experimentos que utilizaram delineamentos substitutivos. Para tanto, fixou-se a população de quatro plantas por vaso de 2,8 L, que equivale a uma densidade de 80 plantas m⁻², variando-se apenas as proporções entre as espécies em convivência. Para a adequação das proporções, as parcelas receberam o transplante de plântulas de *Amaranthus* em estágio fenológico de folhas cotiledonares plenamente expandidas e semeadura do feijão. Utilizou-se esquema de tratamentos do tipo fatorial 5x5, ou seja, cinco espécies de *Amaranthus* (carurus) e cinco proporções de plantas (feijão:caruru): 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 e 0:4. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo o experimento repetido duas vezes. Concluiu-se que: a cultura do feijoeiro é melhor competidora que todas as espécies plantas daninhas do gênero *Amaranthus* estudadas neste trabalho, quando cultivadas em proporções iguais; *A. deflexus* e *A. viridis* foram as espécies com a fenologia menos afetada pela competição com o feijoeiro; a competição intraespecífica foi a mais prejudicial à cultura do feijoeiro, o que sugere que os danos causados pelas plantas daninhas estão mais relacionados com as altas densidades em que estas ocorrem do que com a habilidade competitiva intrínseca das espécies.

Palavras-chave: Caruru; Competitividade; Massa seca; *Phaseolus vulgaris*

Abstract

Competition of the *Amaranthus* genus weeds with common bean plants

The weeds compete with the field crops, mainly, by water, light and nutrients, being this competition function, among other factors, of the weed density occurrence, as well as of the intrinsic competitive ability of each vegetal species. Therefore, this work was carried out with the objective of evaluating the competitive ability of five weed species of the *Amaranthus* genus (*A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* and *A. viridis*) with common bean plants (cultivar 'Carioca Precoce'), through experiments that used substitutive designs. For this, it was fixed the population of four plants per 2.8 L pot, which is equivalent to a density of 80 plants m⁻², varying the

proportions of the species living together. For adjusting the proportions, each plot received the transplant of *Amaranthus* seedlings at the phenological stage of completely expanded cotyledon leaves and seeds of common bean. The design of treatments used was a factorial 5x5, i.e. five species of *Amaranthus* (pigweeds) and five proportions of plants (beans:pigweeds): 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4. Experimental design adopted was randomized blocks with four replicates and the experiment was repeated twice. It was concluded that: common bean plants are more competitive than the five species of *Amaranthus* studied in this work, when grown in equivalent proportion; *A. deflexus* and *A. viridis* were the species which phenology was less affected by the competition with common bean; the intraspecific competition was the most damaging to common bean plants, that suggests that the damages caused by the weeds are more related to its high infestation density than to the intrinsic competitive ability of the species.

Keywords: Pigweed; Competitiveness; Dry mass; *Phaseolus vulgaris*

5.1 Introdução

As plantas daninhas interferem na produtividade das culturas agrícolas devido, principalmente, à competição por água, luz e nutrientes. Entende-se por competição a relação entre a distribuição dos recursos limitantes ao crescimento das plantas entre as espécies no agroecossistema e a eficiência de cada uma delas em utilizar esses recursos para a produção de biomassa (ROHRIG; STUTZEL, 2001). A competição por água, nutrientes e luz é difícil de ser separada, uma vez que esses recursos estão interligados, pois a deficiência de um deles afeta a capacidade competitiva das espécies pelos demais (FLECK, 1992).

Quando a competição ocorre entre indivíduos da mesma espécie é chamada de intraespecífica e esta pode ser bastante intensa, pois as necessidades dos indivíduos são muito similares em quantidade, qualidade e sazonalidade. A competição entre diferentes espécies é chamada de interespecífica, sendo mais importante quando os níveis dos recursos não são suficientes para ambas (RICKLEFS, 1997).

Os fatores que determinam a maior competitividade entre as espécies são: o porte e a arquitetura da planta; a maior velocidade de crescimento e maior extensão do sistema radicular; a menor suscetibilidade da espécie às intempéries climáticas (como geadas e veranicos); o maior índice de área foliar e, a maior capacidade de produção e liberação de substâncias químicas com propriedades alelopáticas (SILVA; JAKELAITIS;

FERREIRA, 2004). Uma planta é considerada competidora eficaz quando utiliza rapidamente um determinado recurso ou quando é capaz de continuar seu desenvolvimento mesmo com níveis escassos desses recursos no ambiente (RADOSEVICH, 1996).

Assim, a presença de plantas daninhas nas áreas produtoras de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), quando não manejada corretamente, pode representar um fator de redução da produtividade das lavouras causando, por vezes, perdas superiores a 70% (ARÉVALO; ROZANSKI, 1991; KOZLOWSKI et al., 2002). Ainda, a infestação das lavouras por plantas daninhas reduz a qualidade dos grãos, dificulta os procedimentos de colheita e promove a perpetuação de pragas e doenças na área (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; NICOLAI, 2005).

Segundo Cobucci (2004), o feijoeiro é uma cultura de ciclo curto, tornando-se bastante sensível à competição, sobretudo nos estádios iniciais do desenvolvimento vegetativo. Desta forma, a época de ocorrência das plantas daninhas nas lavouras de feijão é um fator importante a ser considerado, estando o período crítico de prevenção à interferência (PCPI), em média, localizado entre V3 (primeira folha trifoliolada) e R5-R6 (botões florais – florescimento) (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; NICOLAI, 2005).

Dentre as plantas daninhas que comumente são encontradas infestando áreas produtoras de feijão podem-se destacar aquelas classificadas no gênero *Amaranthus* (carurus). A competitividade das plantas daninhas do gênero *Amaranthus* está relacionada com o ciclo C₄ de assimilação de carbono, com a velocidade e época de germinação, com a velocidade de crescimento das espécies e com o elevado número de indivíduos por unidade de área (densidade) (ANDERSON; NIELSEN, 1996; ITULYA; MWAJA; MASIUNAS, 1997; KISSMANN; GROTH, 1999; AGUYOH; MASIUNAS, 2003).

Existem diversas metodologias usadas para estudar a competição entre plantas, no entanto, é importante o uso de delineamentos experimentais que procurem entender o processo competitivo de forma mais mecanística, e não apenas quantificar as perdas. Neste sentido, os experimentos substitutivos são alternativas para a compreensão e esclarecimento do processo competitivo entre plantas, especialmente quando relacionado com os efeitos da densidade e da proporção de indivíduos em uma

comunidade infestante (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO, 1996).

O método substitutivo consiste em manter constante a densidade total da população de plantas e a proporção entre as duas espécies variável (HARPER, 1977). As populações das espécies em estudo, chamadas de monoculturas, também são incluídas no experimento. A premissa básica deste tipo de delineamento é a determinação da produtividade das misturas das duas espécies em comparação com a produção da monocultura (RADOSEVICH, 1987; ROUSH et al., 1989; RADOSEVICH; ROUSH, 1990). Assim sendo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a competitividade de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* (*A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* e *A. viridis*) com plantas de feijoeiro (cultivar Carioca Precoce), por meio de experimentos substitutivos.

5.2 Material e Métodos

Este trabalho foi realizado em casa-de-vegetação do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, em Piracicaba, Estado de São Paulo, entre os meses de agosto e dezembro de 2005. O experimento foi repetido duas vezes durante o período. As espécies de plantas daninhas estudadas foram: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha).

Os propágulos das espécies *A. hybridus*, *A. spinosus* e *A. viridis* foram adquiridos comercialmente, enquanto que os propágulos de *A. deflexus* e *A. retroflexus* foram coletados em infestações presentes em área da ESALQ/USP – Piracicaba – SP (*A. deflexus*) e em áreas agrícolas dos municípios de Miguelópolis e Guará – SP (*A. retroflexus*). As espécies foram taxonomicamente identificadas e seus propágulos foram acondicionados em sacos de papel, em local seco, à temperatura ambiente até o início da instalação dos experimentos. No experimento, foram utilizadas sementes de *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. viridis*; e frutos de *A. deflexus* e *A. spinosus*, respeitando-se a principal forma de dispersão das espécies.

Inicialmente, as sementes ou frutos das cinco espécies de *Amaranthus* foram

colocados para germinar em caixas plásticas, com capacidade para 2 L, preenchidas com substrato comercial (casca de Pinus + turfa + vermiculita). *A. deflexus* foi a primeira espécie a ser semeada; um dia após, semeou-se *A. spinosus*; três dias após, semeou-se *A. retroflexus*; e cinco dias após, semeou-se *A. hybridus* e *A. viridis*. Assim sendo, o período de semeadura compreendeu um total de cinco dias. Este procedimento foi adotado para excluir o efeito da velocidade de germinação das espécies sobre a competição a ser estabelecida, por meio da obtenção de plântulas com mesmo estágio fenológico para todas as espécies.

A emergência ocorreu de forma sincronizada e os transplantes, de todas as espécies, foram realizados simultaneamente nos dias cinco de setembro (primeira condução) e 29 de outubro de 2005 (segunda condução), quando as plântulas apresentavam-se em estágio fenológico de folhas cotiledonares plenamente expandidas, ou seja, estágio 10 (HESS et al., 1997). O feijão foi semeado logo após o transplante dos carurus a cada parcela.

Inicialmente, para cada parcela, foram transplantadas duas plantas de caruru sobressalentes, enquanto que para o feijoeiro foram depositadas duas sementes onde deveria restar uma única planta, visando assegurar a população final dos tratamentos. Os desbastes foram realizados nos dias 14 de setembro (primeira condução) e seis de novembro de 2005 (segunda condução), quando as plantas de caruru encontravam-se em estágio de quatro folhas definitivas e o feijoeiro em estágio de folhas cotiledonares plenamente expandidas.

As parcelas experimentais constaram de vasos plásticos com capacidade para 2,8 L, preenchidos com mistura de substrato comercial e vermiculita, na proporção de 2:1, respectivamente. Três dias antes dos transplantes, as parcelas foram adubadas com fertilizante comercial completo que forneceu as seguintes doses de nutrientes (mg parcela⁻¹): N a 600; P₂O₅ a 600; K₂O a 800; Ca a 44; S a 160; Mg a 16; Zn a 2; B a 2; Fe a 4 e Mn a 1,2. Os vasos foram irrigados sempre que se julgou necessário, sem a ocorrência de deficiência hídrica.

Os tratamentos foram baseados em modelos substitutivos de competição (COUSENS, 1991). Manteve-se sempre a população de quatro plantas por parcela, o que correspondeu a uma densidade estimada de 80 plantas m⁻². Os tratamentos

constaram das diferentes proporções entre plantas de feijão e plantas de caruru. As proporções utilizadas foram (feijão:caruru): 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 e 0:4. Em termos percentuais, estas proporções correspondem a 100, 75, 50, 25 e 0% de plantas de feijoeiro e o inverso de plantas de caruru, ou seja, 0, 25, 50, 75 e 100%, respectivamente. Os valores percentuais também correspondem à produção relativa esperada de cada espécie, caso sejam competitivamente equivalentes. Os tratamentos foram repetidos para cada uma das cinco espécies de caruru e a cultivar de feijoeiro utilizada foi Carioca Precoce (crescimento determinado – Tipo I).

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. O esquema de tratamentos foi do tipo fatorial completo 5 x 5, onde cinco foram os tratamentos populacionais (proporções) e também as espécies de caruru utilizadas. Assim sendo, foram utilizadas 20 parcelas para cada espécie de caruru, o que totalizou 100 parcelas para o experimento todo.

Por ocasião do final do crescimento vegetativo do feijoeiro, ou seja, diferenciação do meristema apical em botão floral (30 dias após a semeadura), avaliou-se o estágio fenológico das plantas de caruru em todas as proporções, com uso da escala proposta por Hess et al. (1997). Estas avaliações foram realizadas em cinco de outubro (primeira condução) e 30 de novembro de 2005 (segunda condução). Posteriormente, as plantas foram cortadas em sua base rente à superfície do vaso. O material foi secado em estufa a 70°C por 72h e então foi mensurada a massa seca produzida pelas plantas de caruru e pelo feijoeiro.

A análise estatística dos dados foi realizada por meio da aplicação do teste F na análise da variância, seguida da aplicação do teste de Tukey, com 5% de probabilidade, sobre os fatores qualitativos, se significativos (espécies). Após, os dados foram submetidos à análise convencional para experimentos substitutivos (RADOSEVICH, 1987), que é realizada visualmente com o auxílio de gráficos contendo a resposta do rendimento relativo, em função da proporção das espécies. As produções relativas observadas, para cada proporção, foram calculadas dividindo-se a produção obtida em diferentes proporções pela produção média da parcela contendo somente a própria espécie (monocultura) (De WIT; BERG, 1965; McGILCHRIST; TRENBATH, 1971; HARPER, 1977; CHRISTOFFOLETI, 1992).

5.3 Resultados e Discussão

A aplicação do teste F sobre a análise da variância não detectou diferenças entre as duas conduções do trabalho, de modo que os resultados foram analisados conjuntamente. Também não houve influência das espécies de *Amaranthus* sobre a fenologia do feijoeiro, pois todas as plantas de feijão se encontravam em estágio de botões florais por ocasião do fim dos experimentos. Ainda, para a variável massa seca do feijoeiro, não foram observados efeitos do fator espécies de *Amaranthus*, ou seja, para esta variável, todos os carurus competiram igualmente com as plantas de feijão (Tabela 10). De forma análoga, a interação espécie-proporção também não foi significativa, contudo detectou-se efeito isolado das diferentes proporções (Tabela 10). Neste caso, optou-se pela rejeição de um teste de comparações múltiplas, pois por se tratar de níveis quantitativos, a análise gráfica se torna a melhor opção.

Tabela 10 – Massa seca (g parcela⁻¹) das plantas do feijoeiro (cv. Carioca Precoce), por ocasião do estágio de botões florais, quando submetidas a diferentes proporções competitivas com as plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, em densidade fixa de 80 plantas m⁻². Piracicaba – SP, 2005

Proporção Feijoeiro (%)	Espécies				
	<i>A. deflexus</i>	<i>A. hybridus</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>A. spinosus</i>	<i>A. viridis</i>
100	9,97	10,03	9,97	10,22	10,16
75	7,95	10,77	8,78	8,01	8,36
50	7,28	6,93	6,75	5,8	7,30
25	4,39	3,81	3,98	3,39	4,20
Média	7,40	7,88	7,37	6,85	7,51
F _(esp) = 1,64 ^{ns}			F _(esp x prop) = 1,36 ^{ns}		
F _(prop) = 107,09 *			CV (%) = 20,56		

* Significativo ao teste F com 5% de probabilidade.

Com relação à massa seca das espécies de *Amaranthus*, optou-se por também não aplicar um teste de comparações múltiplas, visto que as espécies naturalmente têm crescimentos diferenciados e, assim sendo, a simples comparação desta variável pode não representar a realidade. Neste caso, a avaliação do desenvolvimento fenológico dos carurus apresenta uma visualização mais clara da condição obtida no experimento.

Na Tabela 11 estão discriminados os estádios fenológicos de todas as espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, quando submetidas a diferentes proporções populacionais de competição com o feijoeiro, em uma densidade total fixa de 80 plantas m⁻². Foi observado que a manutenção de monocultura nas parcelas (100% carurus) foi benéfica para o desenvolvimento fenológico das espécies, visto que mesmo a espécie com menor desenvolvimento (*A. retroflexus*) alcançou estágio 51 (HESS et al., 1997), ou seja, presença de inflorescência visível nesta condição.

Tabela 11 – Estádio fenológico das espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* (HESS et al., 1997), aos 31 dias após a instalação do experimento, quando submetidas a diferentes proporções competitivas com plantas de feijoeiro (cv. Carioca Precoce), em densidade fixa de 80 plantas m⁻². Piracicaba – SP, 2005

Proporção Carurus (%)	Espécies				
	<i>A. deflexus</i>	<i>A. hybridus</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>A. spinosus</i>	<i>A. viridis</i>
25	63	34	34	30	59
50	61	38	30	38	63
75	65	51	50	51	63
100	69	59	51	61	65

A redução da proporção de carurus nas parcelas resultou em menor desenvolvimento destas espécies, com claras diferenças interespecíficas, em que *A. deflexus* e *A. viridis* foram aquelas com melhor desenvolvimento em baixa proporção específica (25%). Estes resultados indicam que a competição interespecífica das espécies de *Amaranthus* com as plantas de feijoeiro é mais significativa sobre o desenvolvimento das plantas daninhas que a competição intraespecífica (Tabela 11), principalmente para *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. spinosus*.

Estes resultados estão em concordância com Christoffoleti e Victoria Filho (1996), que utilizaram o método substitutivo para avaliar a competição interespecífica da cultura do milho (*Zea mays* L.) com *A. retroflexus*, em densidades fixas de 400 plantas m⁻². Observaram que o milho foi um competidor muito mais eficiente que o caruru, visto que, para a planta cultivada, a competição intraespecífica foi mais importante que a competição interespecífica. O contrário também foi verdadeiro para o caruru, ou seja, a competição interespecífica foi a mais importante para esta espécie.

López-Ovejero (2006), comparou a habilidade competitiva de biótipos de capim-colchão (*Digitaria ciliaris*) com a cultura da soja (*Glycine max*), também pelo método substitutivo. Observou que a soja foi melhor competidora que o capim-colchão, com produtividades observadas bem superiores às esperadas. Observou, ainda, que o atraso de sete dias na semeadura da soja aumentou a competitividade das plantas de capim-colchão, porém não foi suficiente para inverter a situação competitiva.

Nas Figuras 16 a 20, estão apresentadas as análises gráficas resultantes da competição de cada uma das espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* com as plantas de feijoeiro, em diferentes proporções. Observou-se que todas as espécies de *Amaranthus* foram piores competidores que a cultura do feijão. *A. deflexus* apresentou elevada diferença negativa entre a produtividade observada e a esperada, principalmente para as proporções de 25 e 50% (Figura 16), contudo sua fenologia foi pouco afetada (Tabela 11).

Figura 16 – Produção relativa das plantas de *A. deflexus* (caruru-rasteiro) e da cultura do feijoeiro em função das diferentes proporções de competição. Piracicaba – SP, 2005. PCE = produção do caruru esperada, PFE = produção do feijão esperada, PCO = produção do caruru observada, PFO = produção do feijão observada, PTE = produção total esperada, PTO = produção total observada

Vale ressaltar que o ponto com proporção de 50% entre as espécies é o ponto considerado crítico para análise de um experimento substitutivo, pois expressa claramente quem foi o melhor competidor, visto que as espécies encontram-se em igualdade de plantas. Considerando-se apenas a produtividade observada do feijoeiro, em comparação com a produtividade esperada, nota-se que *A. hybridus* e *A. retroflexus* foram espécies que exerceram pequena pressão de competição com a cultura, que pôde apresentar elevada produção relativa (Figuras 17 e 18). Por outro lado, *A. spinosus* foi a espécie de caruru que mais prejudicou a produtividade observada do feijoeiro, que se manteve com pequenas diferenças do esperado (Figura 19).

Figura 17 – Produção relativa das plantas de *A. hybridus* (caruru-roxo) e da cultura do feijoeiro em função das diferentes proporções de competição. Piracicaba – SP, 2005. PCE = produção do caruru esperada, PFE = produção do feijão esperada, PCO = produção do caruru observada, PFO = produção do feijão observada, PTE = produção total esperada, PTO = produção total observada

Figura 18 – Produção relativa das plantas de *A. retroflexus* (caruru-gigante) e da cultura do feijoeiro em função das diferentes proporções de competição. Piracicaba – SP, 2005. PCE = produção do caruru esperada, PFE = produção do feijão esperada, PCO = produção do caruru observada, PFO = produção do feijão observada, PTE = produção total esperada, PTO = produção total observada

Figura 19 – Produção relativa das plantas de *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e da cultura do feijoeiro em função das diferentes proporções de competição. Piracicaba – SP, 2005. PCE = produção do caruru esperada, PFE = produção do feijão esperada, PCO = produção do caruru observada, PFO = produção do feijão observada, PTE = produção total esperada, PTO = produção total observada

Ainda, *A. viridis* apresentou índices médios de competitividade, pois, concomitantemente, foi constatado que: a produtividade observada desta espécie afastou-se pouco da tendência esperada; a produtividade observada para o feijoeiro, também foi pouco superior à condição esperada (Figura 20); e os efeitos da competição sobre a fenologia desta espécie de *Amaranthus* foram pouco pronunciados (Tabela 11). No entanto, de forma geral, para todas as espécies, o feijoeiro foi melhor competidor pelos recursos de crescimento oferecidos pelo ambiente, apresentando produtividades acima do esperado toda vez que sua proporção foi menor que 100%.

Figura 20 – Produção relativa das plantas de *A. viridis* (caruru-de-mancha) e da cultura do feijoeiro em função das diferentes proporções de competição. Piracicaba – SP, 2005. PCE = produção do caruru esperada, PFE = produção do feijão esperada, PCO = produção do caruru observada, PFO = produção do feijão observada, PTE = produção total esperada, PTO = produção total observada

A maior habilidade competitiva do feijoeiro, identificada neste trabalho, pode ser devida a vários fatores, principalmente aqueles relacionados com as características biológicas da espécie. Dentre estes fatores, pode-se destacar: i. A germinação do feijoeiro é do tipo epígea, com plântula grande e cotilédones alçados bem acima do nível do solo, o que lhe garante dianteira competitiva; ii. Possui grandes folhas cotiledonares, que proporcionam sombreamento às plantas daninhas com plântulas pequenas, como é o caso dos carurus; e iii. O ciclo curto do feijoeiro contribui para um rápido desdobramento de folhas grandes (trifolioladas), principalmente no caso das cultivares com ciclo precoce.

Ainda, existem outras características, relacionadas com a condução de lavouras ou experimentos, que interferem na competitividade das espécies. Segundo Fleck et al. (2004), os efeitos negativos da competição sobre o rendimento das culturas geralmente

decrecem com o intervalo de tempo entre a emergência da cultura e das espécies concorrentes. Neste caso, plantas daninhas que emergem bem antes da cultura exercem maior competição quando comparadas com aquelas com germinação tardia.

Em trabalho conduzido por Rizzardi et al. (2004), utilizando o método substitutivo, foi verificado que a redução na massa da soja foi mais intensa quando em presença de corda-de-viola (*Ipomoea ramosissima*) do que de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) e, principalmente, em situações nas quais a planta daninha se estabeleceu antes que a cultura. Em trabalho realizado por Rizzardi (2002), estudando as perdas de rendimento causadas pelo atraso na semeadura da soja em relação à dessecação da cobertura vegetal, foi observado que as perdas de produtividade causadas pela presença de 50 plantas m⁻² de picão-preto ou guanxuma foram menos intensas quanto mais próxima a dessecação da cobertura vegetal foi realizada em relação à semeadura da soja. Esses conhecimentos são importantes para compreender a importância de realizar a dessecação no momento adequado.

Os resultados obtidos neste experimento e na literatura disponível indicam que, em muitos casos, a habilidade competitiva da cultura é superior à habilidade competitiva das espécies de plantas daninhas, quando comparadas em igualdade de proporções. Assim, provavelmente, a densidade de infestação das plantas daninhas é um fator que apresenta maiores efeitos negativos sobre a produção agrícola relacionados com a competição interespecífica quando comparado com a habilidade competitiva intrínseca das espécies.

Neste sentido, Aguyoh e Masiunas (2003), observaram que o aumento da densidade de *A. retroflexus* promoveu maior redução na produtividade da cultura do feijoeiro, alcançando perdas por vezes superiores a 50% para as maiores densidades. Resultados semelhantes foram obtidos por Klingaman e Oliver (1994), Dieleman et al. (1995) e Bensch; Horak e Peterson (2003) quando estudaram a competição da cultura da soja com espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*.

5.4 Conclusões

A partir dos resultados deste trabalho, concluiu-se que: a cultura do feijoeiro é melhor competidora que as plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, quando em igualdade de proporção; *A. deflexus* e *A. viridis* foram as espécies com a fenologia menos afetada pela competição com o feijoeiro; a competição intraespecífica foi a mais prejudicial à cultura do feijoeiro, o que sugere que os danos causados pelas plantas daninhas estão mais relacionados com as altas densidades em que estas ocorrem e não com a habilidade competitiva intrínseca das espécies.

Referências

- AGUYOH, J.N.; MASIUNAS, J.B. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) with snap beans. **Weed Science**, Lawrence, v. 51, n. 2, p. 202-207, 2003.
- ANDERSON, R.L.; NIELSEN, D.C. Emergence pattern of five weeds in the Central Greal Plains. **Weed Technology**, Champaign, v. 10, n. 4, p. 744-749, 1996.
- ARÉVALO, R.A.; ROZANSKI, A. Plantas daninhas na cultura do feijão. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 4., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Biológico, 1991. p. 33-43.
- BENSCH, C.N.; HORAK, M.J.; PETERSON, D. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmerii*), and common waterhemp (*A. rudis*) in soybean. **Weed Science**, Lawrence, v. 51, n. 1, p. 37-43, 2003.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. **Growth, competitive ability, and fitness of sulfonylurea resistant and susceptible *Kochia scoparia* biotypes**. 1992. 198 p. Thesis (Ph.D. in Plant Pathology and Weed Science) – Colorado State University, Fort Collins, 1992.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. **Planta Daninha**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 42-47, 1996.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M. Manejo racional de plantas daninhas na cultura do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado: tecnologia & produção**. Piracicaba: ESALQ,LPV, 2005. p. 29-42.

COBUCCI, T. Manejo e controle de plantas daninhas em feijão. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 453-480.

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

De WIT, C.T.; BERG, J.P.V.D. Competition between herbage plants. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 13, p. 212-221, 1965.

DIELEMAN, A.; HAMILL, A.S.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J. Empirical models of pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 43, n. 4, p. 612-618, 1995.

FLECK, N.G. **Princípios do controle de plantas daninhas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 70 p.

FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT JÚNIOR, A.A. Interferência de picão preto e guanxuma com a soja: efeitos da densidade de planta e época relativa de emergência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 41-48, 2004.

HARPER, J.L. Mixtures of species. I. Space and Proportions. In: HARPER, J.L. (Ed.). **Population biology of plants**. 8th ed. London: Academic Press, 1977. p. 237-276.

HESS, M.; BARRALIS, G.; BLEIHOLDER, H.; BUHRS, L.; EGGERS, T.H.; HACK, H.; STAUSS, R. Use of the extended BBCH scale - general for descriptions of the growth stages of mono- and dicotyledonous weed species. **Weed Research**, Oxford - UK, v. 37, n. 6, p. 433-441, 1997.

ITULYA, F.M.; MWAJA, V.N.; MASIUNAS, J.B. Collard-cowpea intercrop response to nitrogen fertilization, redroot pigweed density, and collard harvest frequency. **Hortscience**, Alexandria, v. 32, n. 5, p. 850-853, 1997.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1999. v.2, 978p.

KLINGAMAN, T.E.; OLIVER, L.R. Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 523-527, 1994.

KOZLOWSKI, L.A.; RONZELLI JÚNIOR, P.; PURISSIMO, C.; DAROS, E.; KOEHLER, H.S. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 20, n. 2, p. 213-220, 2002.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F. **Resistência de populações da planta daninha *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel. a herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase (ACCase).** 2006. 101 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

McGILCHRIST, C.A.; TRENBATH, B.R. A revised analysis of plant competition experiments. **Biometrics**, Oxford - UK, v. 27, n. 3, p. 659-671, 1971.

RADOSEVICH, S.R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, Champaign, v. 1, n. 3, p. 190-198, 1987.

RADOSEVICH, S. Physiological aspects of competition. In: RADOSEVICH, S.; HOLT, J.S.; GHERSA, C. (Ed.). **Weed ecology: implications for vegetation management**. 2nd ed. New York: John Willey, 1996. p. 217-301.

RADOSEVICH, S.R.; ROUSH, M.L. The role of competition in agriculture. In: GRACE, J.B.; TILLMANN, D. (Ed.). **Perspectives on plant competition**. San Diego: Academic Press, 1990. p. 341-363.

RICKLEFS, R. **The economy of nature**. New York: WH Freeman, 1997. 677 p.

RIZZARDI, M.A. **Nível de dano econômico para tomada de decisão no controle de picão-preto (*Bidens spp.*) e guanxuma (*Sida rhombifolia* L.) na cultura de soja.** 2002. 175 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia – Plantas de Lavoura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RIZZARDI, M.A.; ROMAN, E.S.; BOROWSKI, D.Z.; MARCON, R. Interferência de populações de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* isoladas ou em misturas sobre a cultura de soja. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 22, n. 1, p. 29-34, 2004.

ROHRIG, M.; STUTZEL, H. A model for light competition between vegetable crops and weed. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 13-29, 2001.

ROUSH, M.L.; RADOSEVICH, S.; WAGNER, R.G.; MAXWELL, B.; PETERSON, T.D. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. **Weed Science**, Champaign, v. 37, n. 2, p. 268-275, 1989.

SILVA, A.A.; JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L.R. Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A.A.; AGNES, E.L. (Ed.). **Manejo integrado: integração lavoura-pecuária**. Viçosa - MG: UFV, 2004. p. 117-170.

6 SUSCETIBILIDADE DIFERENCIAL DE PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO *Amaranthus* AOS HERBICIDAS TRIFLOXYSULFURON-SODIUM E CHLORIMURON-ETHYL

Resumo

Frequentemente, espécies de um mesmo gênero ou família de plantas têm susceptibilidade diferenciada a um mesmo herbicida, o que pode causar o bom controle de algumas espécies e a seleção de outras. Este trabalho teve por objetivo avaliar a susceptibilidade de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* a herbicidas aplicados em pós-emergência. As espécies avaliadas foram: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha). O trabalho foi dividido em duas fases. Na primeira fase, as espécies de plantas daninhas foram submetidas à aplicação de 12 tratamentos herbicidas em pós-emergência. Na segunda fase, os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl foram avaliados com a metodologia de curvas de dose-reposta, repetida duas vezes. Os herbicidas foram aplicados sobre plantas com 5-6 folhas e as doses utilizadas na segunda fase foram: 16D, 4D, D, 1/4D, 1/16D, 1/64D e ausência do produto; em que D é a dose recomendada de cada herbicida. As doses utilizadas (D) foram de 3,75 e 7,5 g ha⁻¹ para o herbicida trifloxysulfuron e 12,5 e 17,5 g ha⁻¹ para chlorimuron, na primeira e segunda condução, respectivamente. Na primeira fase, avaliou-se o controle percentual e a massa seca das parcelas aos 20 dias após a aplicação (DAA); na segunda fase, avaliou-se somente o controle percentual aos 20 DAA. As espécies de *Amaranthus* avaliadas neste trabalho apresentaram diferenças de susceptibilidade aos herbicidas aplicados em pós-emergência, principalmente ao trifloxysulfuron-sodium e ao chlorimuron-ethyl, em que *A. deflexus* foi a espécie menos suscetível, seguido por *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. hybridus* e *A. retroflexus*.

Palavras-chave: Caruru; Controle; Algodão; Soja; Dose-resposta

Abstract

Differential susceptibility of *Amaranthus* genus weed species to the herbicides trifloxysulfuron-sodium and chlorimuron-ethyl

Frequently, species of the same genus or plant family have differential susceptibility to the same herbicide, fact that can cause a satisfactory control of ones and the selection of others. This work aimed to evaluate the susceptibility of five weed species of the *Amaranthus* genus to post-emergence applied herbicides. The species evaluated were: *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* and *A. viridis*. The work was divided into two phases. In the first phase, weed species were submitted to post-emergence application of 12 herbicide treatments. In the second phase, the

herbicidas trifloxysulfuron-sodium and chlorimuron-ethyl were evaluated using the methodology of dose-response curves, repeated twice. The herbicides were applied on plants with 5-6 leaves and the rates used in the second phase were: 16R, 4R, R, 1/4R, 1/16R, 1/64R and product absence, where R is the recommended rate for each herbicide. The rates used (R) were 3.75 and 7.5 g ha⁻¹ for trifloxysulfuron-sodium and 12.5 e 17.5 g ha⁻¹ for chlorimuron-ethyl, in the first and second phase, respectively. In the first phase, percent control and dry mass of the pots at 20 days after application (DAA) were evaluated; in the second phase, percent control was evaluated at 20 DAA. The species of *Amaranthus* that were evaluated in this research presented differences of susceptibility to post-emergence applied herbicides, mainly to trifloxysulfuron-sodium and chlorimuron-ethyl, which *A. deflexus* was the least susceptible species, followed by *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. hybridus* and *A. retroflexus*.

Keywords: Pigweed; Control; Cotton; Soybean; Dose-response

6.1 Introdução

No mundo, existem cerca de 60 espécies de plantas classificadas no gênero *Amaranthus* (carurus) e aproximadamente 10 destas têm importância como plantas daninhas das lavouras brasileiras (KISSMANN; GROTH, 1999). Os carurus estão presentes em grande parte das áreas agrícolas do país, e dentre as espécies mais comuns, pode-se destacar: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. lividus* (caruru-folha-de-cuia), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha).

Quando infestam as lavouras, os carurus competem com as culturas por água, luz e nutrientes; reduzem a quantidade e a qualidade do produto colhido; e, principalmente as espécies de grande porte, interferem nos procedimentos de colheita (KLINGAMAN; OLIVER, 1994; KNEZEVIC; HORAK; VANDERLIP, 1997; ROWLAND; MURRAY; VERHALEN, 1999). Ainda, o manejo das espécies de *Amaranthus* pode ser dificultado em virtude de apresentarem extenso período de germinação, rápido crescimento, grande produção e viabilidade de sementes (HORAK; LOUGHIN, 2000).

Atualmente, o principal método de controle de plantas daninhas em culturas agrícolas é o químico, por meio da aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência das plantas daninhas e/ou das culturas. Guo e Al-Khatib (2003), comentam que a aplicação de herbicidas em pós-emergência apresenta vantagens, visto que as plantas

já emergiram e podem ser identificadas. Contudo, esta condição de controle está sujeita à influência de fatores relacionados com o tamanho das plantas no instante da aplicação e, principalmente, com a variabilidade na resposta de controle das diferentes espécies que, por vezes, podem comprometer a eficácia dos produtos (MAYO et al., 1995).

Particularmente para o gênero *Amaranthus*, em poucos casos as aplicações são feitas sobre plantas identificadas corretamente. Devido à dificuldade de identificação das plantas jovens, em geral, as diferentes espécies destas plantas daninhas são generalizadas simplesmente como “carurus” (AHRENS; WAX; STOLLER, 1981; MAYO et al., 1995).

No entanto, frequentemente, espécies de um mesmo gênero ou família de plantas têm susceptibilidade diferenciada a um mesmo herbicida (GOSSET; TOLER, 1999), de forma que as generalizações devem ser evitadas. Assim sendo, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a susceptibilidade de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, com ocorrência no Brasil, a alguns dos principais herbicidas com recomendação para aplicações em pós-emergência.

6.2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, no município de Piracicaba, São Paulo, entre março e outubro de 2005. As plantas daninhas do gênero *Amaranthus* utilizadas no trabalho foram: *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha).

Propágulos de *A. hybridus*, *A. spinosus* e *A. viridis* foram adquiridos comercialmente, enquanto que os propágulos de *A. deflexus* e *A. retroflexus* foram coletados em áreas infestadas da ESALQ (*A. deflexus*) e em áreas agrícolas dos municípios de Miguelópolis e Guará – SP (*A. retroflexus*). As espécies foram identificadas e os propágulos foram acondicionados em sacos de papel, em local seco, à temperatura ambiente até o início da instalação dos experimentos.

O trabalho foi dividido em duas fases. A primeira teve por objetivo realizar uma avaliação geral da susceptibilidade das espécies de *Amaranthus* a alguns herbicidas com recomendação para aplicação em pós-emergência. O experimento constou de um esquema fatorial entre as cinco espécies de plantas daninhas e 12 tratamentos herbicidas (Tabela 12). Os herbicidas utilizados foram escolhidos em função da sua representatividade em aplicações pós-emergentes nas culturas da cana-de-açúcar (2,4-D e ametryn), soja (lactofen, fomesafen, imazethapyr e chlorimuron-ethyl), algodão (trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium) e milho (nicosulfuron, mesotrione e atrazine).

Tabela 12 – Tratamentos herbicidas aplicados sobre cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba – SP, 2005

Produto Comercial (p.c.)	Tratamentos	Adjuvante (% - v/v)	Dose	
	Ingrediente ativo (i.a.)		ml ou g p.c. ha ⁻¹	g i.a. ha ⁻¹
Testemunha		--	--	--
DMA 806	2,4-D	--	800	536,0
Cobra	lactofen	--	500	120,0
Flex	fomesafen	Agral 1,00	600	150,0
Pivot	imazethapyr	Agral 0,50	700	74,2
Classic	Chlorimuron-ethyl	Agral 0,50	50	12,5
Envoke	Trifloxysulfuron-sodium	Answer 0,20	5	3,75
Staple	pyriithiobac-sodium	Answer 0,25	200	56,0
Sanson	nicosulfuron	--	600	24,0
Callisto	mesotrione	Assist 0,50	250	100,0
Gesapax	ametryn	Assist 1,00	2000	1000,0
Gesaprim	atrazine	Assist 1,00	2000	1000,0

Na segunda-fase, utilizou-se a metodologia de curvas de dose-resposta para caracterizar a susceptibilidade das espécies aos dois herbicidas que apresentaram as maiores diferenças interespecíficas na primeira fase (trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl). Os critérios de seleção dos dois produtos foram: maiores diferenças absolutas; significância aos testes estatísticos em todas as variáveis; controles

inferiores a 80% e massa seca residual superior a 20%. Nessa fase, as doses utilizadas foram: 16D, 4D, D, 1/4D, 1/16D, 1/64D e ausência dos produtos; em que D é a dose recomendada de cada herbicida. A segunda fase foi repetida duas vezes e as doses utilizadas (D) foram de 3,75 e 7,5 g ha⁻¹ para o herbicida trifloxysulfuron-sodium e 12,5 e 17,5 g ha⁻¹ para chlorimuron-ethyl, na primeira e segunda condução, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas experimentais constaram de vasos plásticos com capacidade para 0,5 L, preenchidos com substrato comercial, acrescido de 2 g do fertilizante 10:10:10 (N : P₂O₅ : K₂O). As sementes das plantas daninhas foram distribuídas em excesso às parcelas, superficialmente, sendo recobertas por fina camada de substrato ($\approx$ 2 mm). Posteriormente, as parcelas foram desbastadas, obtendo-se densidade final média de 10 plantas por vaso. Quando as plantas apresentavam, em média, 5-6 folhas, realizou-se a aplicação dos herbicidas.

As pulverizações foram realizadas em câmara de aplicação fechada, utilizando-se de ponta do tipo leque (Teejet 80.02), com jato calibrado na altura de 0,50 m da superfície do alvo e um volume relativo de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. Quando necessário, utilizou-se adjuvante conforme a recomendação dos fabricantes. Após a aplicação dos herbicidas, os vasos foram colocados em casa-de-vegetação e irrigados no dia seguinte para garantir a adequada absorção foliar.

Na primeira fase, avaliou-se o controle percentual e a massa seca das parcelas aos 20 dias após a aplicação (DAA); na segunda fase, avaliou-se somente o controle percentual aos 20 DAA. As avaliações de controle foram baseadas em valores extremos de 0 (ausência de controle) e 100% (morte das plantas). A massa seca foi obtida por meio da secagem de todo o material remanescente nas parcelas em estufa mantida a 70°C, por 72h. Posteriormente, foi corrigida para valores percentuais por meio da comparação da massa obtida nos tratamentos herbicidas com a massa da testemunha, considerada 100%.

Os dados foram inicialmente submetidos à aplicação do teste F na análise de variância. Em seguida, para a primeira fase, aplicou-se o teste de Tukey (5%) sobre a decomposição fatorial, com o objetivo de comparar as espécies dentro de cada fator herbicida. Para a segunda fase, os dados das duas conduções foram analisados

conjuntamente, sendo ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico proposto por Streibig (1988), eq. (2):

$$y = \frac{a}{1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c} \quad (2)$$

Em que: y é o controle percentual, x é a dose do herbicida (g ha^{-1}) e a , b , e c são parâmetros estimados da equação, de tal forma que a é a amplitude existente entre o ponto máximo e o ponto mínimo da variável; b é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e c é a declividade da curva ao redor de b .

O modelo logístico apresenta vantagens uma vez que um dos termos integrantes da equação (b) é uma estimativa do valor de C_{50} (CHRISTOFFOLETI, 2002). O C_{50} (controle de 50%) é a dose do herbicida, em gramas do ingrediente ativo por hectare, que proporciona o valor de 50% de controle ou de redução de crescimento da planta daninha (CHRISTOFFOLETI, 2002; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2004). Embora um dos parâmetros do modelo logístico (b) seja uma estimativa do valor de C_{50} , optou-se também por realizar seu cálculo matemático por meio da equação inversa, com base na discussão proposta por Carvalho et al. (2005).

6.3 Resultados e Discussão

Na primeira fase, a interação fatorial dos tratamentos herbicidas e das espécies de plantas daninhas foi significativa para as duas variáveis analisadas. Isso indica a existência de pelo menos uma espécie de planta daninha com comportamento diferente das demais quando submetida a algum herbicida. Na Tabela 13, observa-se a aplicação do teste de Tukey (5%) sobre a variável controle percentual aos 20 DAA. Os herbicidas com diferenças interespecíficas significativas foram: imazethapyr, chlorimuron-ethyl, trifloxysulfuron-sodium, pyriithiobac-sodium, nicosulfuron e mesotrione.

Tabela 13 – Nível de controle percentual de cinco espécies do gênero *Amaranthus* submetidas aos tratamentos herbicidas, 20 dias após a aplicação. Piracicaba – SP, 2005

Tratamento		Espécies ¹				
Herbicida	Dose (g ha ⁻¹)	<i>A. deflexus</i>	<i>A. hybridus</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>A. spinosus</i>	<i>A. viridis</i>
Testemunha		0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
2,4-D	536,00	95,8 a	100,0 a	100,0 a	99,4 a	100,0 a
Lactofen	120,00	100,0 a	100,0 a	99,0 a	100,0 a	99,8 a
Fomesafen	150,00	93,8 a	100,0 a	98,0 a	93,0 a	99,8 a
Imazethapyr	74,20	75,0 b	99,2 a	94,8 a	96,0 a	99,2 a
Chlorimuron-ethyl	12,50	35,0 b	97,2 a	96,6 a	42,0 b	95,0 a
Trifloxysulfuron-sodium	3,75	33,0 c	96,8 a	93,0 a	43,0 b	97,4 a
Pyrithiobac-sodium	56,00	97,2 a	98,6 a	93,6 a	84,0 b	100,0 a
Nicosulfuron	24,00	90,2 b	96,0 ab	91,4 ab	96,2 ab	99,2 a
Mesotrione	100,00	81,4 b	99,6 a	93,6 a	100,0 a	97,0 a
Ametryn	1000,00	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Atrazine	1000,00	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
F _(herb x esp) = 32,99		DMS _{esp} = 8,33			CV (%) = 5,64	

¹ Médias seguidas por letras iguais, na linha, não diferem ao teste de Tukey (5%)

Os valores de controle estão em concordância com os dados de massa seca apresentados na Tabela 14, visto que os herbicidas que apresentaram diferenças interespecíficas foram os mesmos para as duas variáveis; em que as maiores diferenças absolutas estão relacionadas com aplicações de chlorimuron-ethyl e trifloxysulfuron-sodium. Dentre as espécies de plantas daninhas, *A. deflexus* foi a espécie menos suscetível ao herbicida trifloxysulfuron-sodium; enquanto que *A. deflexus* e *A. spinosus* foram as espécies menos suscetíveis ao herbicida chlorimuron-ethyl (Tabelas 13 e 14). Optou-se por não realizar a comparação da eficácia dos herbicidas entre si, uma vez que esta análise não foi o objetivo do trabalho.

Tabela 14 - Massa seca percentual de cinco espécies do gênero *Amaranthus* submetidas aos tratamentos herbicidas, 20 dias após a aplicação. Piracicaba – SP, 2005

Tratamento Herbicida	Dose (g ha ⁻¹)	Espécies ¹				
		<i>A. deflexus</i>	<i>A. hybridus</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>A. spinosus</i>	<i>A. viridis</i>
Testemunha		100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
2,4-D	536,00	5,7 a	0,0 a	0,0 a	0,4 a	0,0 a
Lactofen	120,00	0,0 a	0,0 a	3,2 a	0,0 a	0,1 a
Fomesafen	150,00	4,0 a	0,0 a	5,8 a	5,7 a	0,0 a
Imazethapyr	74,20	14,9 c	2,5 ab	11,4 bc	3,3 ab	0,3 a
Chlorimuron-ethyl	12,50	40,2 c	2,1 a	12,7 b	36,8 c	3,2 ab
Trifloxysulfuron-sodium	3,75	42,0 d	4,0 ab	12,8 b	25,6 c	2,1 a
Pyrithiobac-sodium	56,00	7,2 ab	1,7 a	12,8 b	6,4 ab	0,0 a
Nicosulfuron	24,00	10,2 ab	4,6 a	14,8 b	4,3 a	0,8 a
Mesotrione	100,00	13,2 b	0,1 a	7,5 ab	0,5 a	0,7 a
Ametryn	1000,00	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Atrazine	1000,00	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
$F_{(herb \times esp)} = 7,22$		$DMS_{esp} = 9,91$			$CV (\%) = 41,50$	

¹ Médias seguidas por letras iguais, na linha, não diferem ao teste de Tukey (5%)

Os resultados encontrados estão em concordância com o trabalho conduzido por Gosset e Toler (1999), que submeteram as espécies *A. hybridus* e *A. palmerii* a aplicações de acifluorfen, chlorimuron-ethyl e imazaquin, em pós-emergência. Verificaram diferenças de controle interespecíficas para os herbicidas, em que a espécie *A. hybridus* foi controlada satisfatoriamente por todos os produtos e *A. palmerii* não o foi.

Mayo et al. (1995) e Sweat et al. (1998), também realizaram experimentos que analisaram a susceptibilidade de espécies de *Amaranthus* a herbicidas. Em geral, observaram que *A. palmerii* foi a espécie mais difícil de controlar. Quando as aplicações foram realizadas sobre plantas em estágio inicial de desenvolvimento, a espécie *A. retroflexus* foi adequadamente controlada pelos herbicidas lactofen, fomesafen, imazethapyr e chlorimuron-ethyl; dados estes que estão em concordância com aqueles observados nas Tabelas 13 e 14.

Segundo os critérios de seleção dos produtos utilizados na segunda fase do trabalho, os herbicidas escolhidos foram chlorimuron-ethyl e trifloxysulfuron-sodium. Estes herbicidas apresentaram as maiores diferenças interespecíficas, significativas para as duas variáveis; controles percentuais inferiores a 80% e massas secas residuais superiores a 20%. Para a segunda fase, o controle percentual obtido com a aplicação de múltiplas doses de trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl sobre as cinco espécies de plantas daninhas está apresentado nas Figuras 21 e 22.

Constatou-se que as espécies de *Amaranthus* possuem diferenças de susceptibilidade ao herbicida trifloxysulfuron-sodium, em que a espécie menos suscetível foi *A. deflexus*, em concordância com os dados encontrados na primeira fase (Figura 21). Foram encontradas diferenças interespecíficas também para o herbicida chlorimuron-ethyl, principalmente para as sub-doses aplicadas, em que, novamente, *A. deflexus* foi a espécie menos suscetível (Figura 22).

Figura 21 – Nível de controle percentual de cinco espécies do gênero *Amaranthus* submetidas a diferentes doses do herbicida trifloxysulfuron-sodium, 20 dias após aplicação. Piracicaba – SP, 2005

Figura 22 – Nível de controle percentual de cinco espécies do gênero *Amaranthus* submetidas a diferentes doses do herbicida chlorimuron-ethyl, 20 dias após aplicação. Piracicaba – SP, 2005

Na Tabela 15, encontram-se os parâmetros do modelo logístico ajustados para os controles obtidos com a aplicação das diferentes doses de trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl sobre as cinco espécies de plantas daninhas. Com estes dados pôde-se calcular matematicamente os valores de C_{50} (CARVALHO et al., 2005), que caracterizaram os níveis de susceptibilidade das espécies de plantas daninhas aos herbicidas. A ordem decrescente dos valores de C_{50} para o trifloxysulfuron-sodium foi: *A. deflexus* (1,141) > *A. spinosus* (0,784) > *A. viridis* (0,450) > *A. hybridus* (0,297) > *A. retroflexus* (0,199). Para o chlorimuron-ethyl, a ordem decrescente dos valores de C_{50} foi: *A. deflexus* (5,869) > *A. spinosus* (4,088) $\geq$ *A. viridis* (3,496) > *A. hybridus* (1,696) $\geq$ *A. retroflexus* (1,489).

Tabela 15 – Parâmetros do modelo logístico¹, valores da dose que obteve 50% de controle (C₅₀) e coeficientes de determinação (R²) para cinco espécies do gênero *Amaranthus*, submetidas a diferentes doses dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl. Piracicaba – SP, 2005

Espécies	Parâmetros - Modelo Logístico			C ₅₀	R ²
	a	b	c		
trifloxysulfuron-sodium					
<i>A. deflexus</i>	100,005	1,141	-0,663	1,141	0,973
<i>A. hybridus</i>	101,039	0,305	-0,818	0,297	0,955
<i>A. retroflexus</i>	98,728	0,194	-1,078	0,199	0,955
<i>A. spinosus</i>	104,505	0,876	-0,781	0,784	0,980
<i>A. viridis</i>	98,406	0,433	-0,864	0,450	0,941
chlorimuron-ethyl					
<i>A. deflexus</i>	102,280	6,141	-0,986	5,869	0,942
<i>A. hybridus</i>	99,897	1,692	-0,824	1,696	0,974
<i>A. retroflexus</i>	106,504	1,894	-0,508	1,489	0,952
<i>A. spinosus</i>	104,925	4,724	-0,650	4,088	0,914
<i>A. viridis</i>	101,378	3,638	-0,683	3,496	0,938

¹ Modelo: $y = (a/(1+(x/b)^c))$.

A comparação dos valores de C₅₀ comprova a susceptibilidade diferencial das espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* ao trifloxysulfuron-sodium e ao chlorimuron-ethyl. Resultados de susceptibilidade diferencial de espécies de *Amaranthus* a herbicidas também foram obtidos por Mayo et al. (1995), Manley; Wilson e Hines (1996), Sweat et al. (1998) e Gosset e Toler (1999). Contudo, a susceptibilidade diferencial de espécies não se restringe ao gênero *Amaranthus*. Estudos demonstraram diferenças de susceptibilidade de espécies de *Ipomoea* ao herbicida bentazon (McCLELLAND et al., 1978; MATHIS; OLIVER, 1980) e ao herbicida carfentrazone-ethyl (CHRISTOFFOLETI et al., 2006); de espécies de *Digitaria* ao herbicida diuron (DIAS et al., 2003); e de espécies de *Bidens* aos herbicidas chlorimuron-ethyl e imazathapyr (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006).

A diferença de susceptibilidade de espécies de plantas daninhas a herbicidas aplicados em pós-emergência pode estar relacionada com a afinidade enzimática das moléculas; com a absorção, translocação ou exclusão diferencial dos herbicidas; ou mesmo com rotas de detoxificação metabólica. Contudo, maiores estudos devem ser conduzidos para esclarecer quais os fatores têm participação na resposta diferencial de controle das espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*.

A susceptibilidade diferencial de espécies de plantas daninhas a herbicidas tem implicações diretas sobre o manejo a ser utilizado nas culturas agrícolas. As diferenças interespecíficas de susceptibilidade exigem a correta identificação das espécies que ocorrem nas áreas agrícolas, sobretudo quando em estágio de plântulas, com necessidade da precisa escolha dos herbicidas que serão aplicados. Na cultura do algodão, por exemplo, altas infestações de *A. deflexus* e *A. spinosus* serão mais bem controladas com aplicações de pyriithiobac-sodium. Na cultura da soja, estas mesmas espécies de plantas daninhas serão mais facilmente controladas com aplicações de inibidores da PROTOX (lactofen e fomesafen). Na cultura do milho, atrazine foi o herbicida que apresentou os melhores resultados de controle de qualquer espécie de caruru.

6.4 Conclusões

Com a condução deste trabalho, pôde-se concluir que: as espécies de *Amaranthus* avaliadas possuem diferenças de susceptibilidade aos herbicidas aplicados em pós-emergência, principalmente ao trifloxysulfuron-sodium e ao chlorimuron-ethyl, em que *A. deflexus* foi a espécie menos suscetível, seguido por *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. hybridus* e *A. retroflexus*.

Referências

- AHRENS, W.H.; WAX, L.M.; STOLLER, E.W. Identification of triazine-resistant *Amaranthus* spp. **Weed Science**, Champaign, v. 29, n. 3, p. 345-348, 1981.
- CARVALHO, S.J.P.; LOMBARDI, B.P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; MEDEIROS, D. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 23, n. 3, p. 535-542, 2005.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 513-519, 2002.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no Mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.) **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2.ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas, 2004. p. 3-22.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; BORGES, A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; MONQUERO, P.A. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 24, n. 1, p. 83-90, 2006.
- DIAS, N.M.P.; REGITANO, J.B.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; TORNISIELO, V.L. Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 21, n. 2, p. 293-300, 2003.
- GOSSETT, B.J.; TOLER, J.E. Differential control of palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) and smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) by postemergence herbicides in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 1, p. 165-168, 1999.
- GUO, P.; AL-KHATIB, K. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmerii*), and common waterhemp (*A. rudis*). **Weed Science**, Lawrence, v. 51, n. 6, p. 869-875, 2003.
- HORAK, M.J.; LOUGHIN, T.M. Growth analysis of four *Amaranthus* species. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, n. 3, p. 347-355, 2000.
- KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1999. v.2, 978p.

KLINGAMAN, T.E.; OLIVER, L.R. Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 523-527, 1994.

KNEZEVIC, S.Z.; HORAK, M.J.; VANDERLIP, R.L. Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) emergence is critical in pigweed-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] competition. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 4, p. 502-508, 1997.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; ABREU, A.G.; GROMBONE-GUARATINI, M.T.; TOLEDO, R.E.B.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistance and differential susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. subalternans* biotypes to ALS-inhibiting herbicides. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 139-145, 2006.

MANLEY, B.S.; WILSON, H.P.; HINES, T.E. Smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and livid amaranth (*A. lividis*) response to several imidazolinone and sulfonylurea herbicides. **Weed Technology**, Champaign, v. 10, n. 4, p. 835-841, 1996.

MATHIS, W.D.; OLIVER, L.R. Control of six morningglory (*Ipomoea*) species in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 28, n. 4, p. 409-415, 1980.

MAYO, C.M.; HORAK M.J.; PETERSON D.E.; BOYER J.E. Differential control of four *Amaranthus* species by six postmergence herbicides in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 1, p. 141-147, 1995.

McCLELLAND, M.R.; OLIVER L.R.; MATHIS W.D.; FRANS R.E. Responses of six morningglory (*Ipomoea*) species to bentazon. **Weed Science**, Champaign, v. 26, n. 5, p. 459-464, 1978.

ROWLAND, M.W.; MURRAY, D.S.; VERHALEN, L.M. Full-season Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) interference with cotton (*Gossipium hirsutum*). **Weed Science**, Lawrence, v. 47, n. 3, p. 305-309, 1999.

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, Oxford - UK, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

SWEAT, J.K.; HORAK, M.J.; PETERSON, D.E.; LLOYD, R.W.; BOYER, J.E. Herbicide efficacy on four *Amaranthus* species in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 12, n. 2, p. 315-321, 1998.

7 CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições em que foi desenvolvida esta pesquisa, foi possível concluir que:

- (i) Regimes de luz e temperatura interferem na germinação das diferentes espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*;
- (ii) As maiores taxas de germinação foram obtidas em condição de fotoperíodo com alternância de temperatura (8h-luz-30°C / 16h-escuro-20°C); em condições menos favoráveis, *A. viridis* e *A. hybridus* obtiveram maiores taxas de germinação que as demais espécies;
- (iii) Em geral, *A. deflexus* e *A. spinosus* foram as espécies que apresentaram os menores índices de velocidade de germinação;
- (iv) *A. deflexus* foi a espécie com ciclo vegetativo mais curto, menor acúmulo de massa seca e área foliar, enquanto as espécies *A. retroflexus* e *A. hybridus* foram aquelas que alcançaram os maiores valores para estas variáveis;
- (v) *A. viridis* apresentou a melhor adaptabilidade ecológica para as condições em que o experimento de crescimento foi conduzido;
- (vi) As espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* possuem tamanhos diferenciais de folhas, em que *A. deflexus* é aquela que, em média, possui as menores dimensões;
- (vii) A equação linear que passa pela origem ($Ar=a.(C.L)$) foi adequada para ajustar a relação entre as medidas lineares do limbo e a área foliar real de todas as espécies de *Amaranthus*;

- (viii) O feijoeiro foi melhor competidor que todas as plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, quando em igualdade de proporção;
- (ix) *A. deflexus* e *A. viridis* foram as espécies com a fenologia menos afetada pela competição com o feijoeiro;
- (x) A competição intraespecífica foi a mais prejudicial à cultura do feijoeiro, o que sugere que os danos causados pelas plantas daninhas estão mais relacionados com as altas densidades de ocorrência e não com a habilidade competitiva intrínseca das espécies;
- (xi) As espécies de *Amaranthus* possuem diferenças de susceptibilidade aos herbicidas aplicados em pós-emergência, principalmente ao trifloxysulfuron-sodium e ao chlorimuron-ethyl, em que *A. deflexus* foi a espécie menos suscetível, seguido por *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. hybridus* e *A. retroflexus*;
- (xii) Os resultados obtidos neste trabalho podem auxiliar na implantação de programas de manejo integrado de plantas daninhas, por meio da predição das características biológicas das espécies, bem como da resposta destas à aplicação de diferentes herbicidas.