

# FITOTECNIA

## CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE CINCO ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DO GÊNERO *AMARANTHUS* <sup>(1)</sup>

SAUL JORGE PINTO DE CARVALHO <sup>(2\*)</sup>; RAMIRO FERNANDO LÓPEZ-OVEJERO <sup>(3)</sup>;  
PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI <sup>(4)</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar o crescimento e o desenvolvimento de cinco plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, em condições não-competitivas. As espécies estudadas foram: *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* e *A. viridis*. Foram realizadas oito avaliações periódicas de crescimento, espaçadas em 10 dias, iniciando-se aos 20 dias após semeadura (DAS). As variáveis avaliadas por planta foram: área foliar, massa seca das raízes, ramos, folhas, flores + frutos e total; obtendo-se, a partir desta última, as taxas de crescimento absoluto e relativo. Também foram avaliadas as etapas fenológicas de desenvolvimento das plantas. *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 as que alcançaram os maiores valores para essas variáveis. *A. viridis* foi a de melhor adaptabilidade ecológica para as condições em que o experimento foi desenvolvido, pois, além de acumular grande quantidade de massa seca e área foliar, observaram-se rápido desenvolvimento vegetativo e crescimento absoluto. Esses resultados sugerem que *A. viridis* é uma espécie com alto potencial de interferência nas culturas agrícolas, proporcionado pelo uso eficiente 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 aim of this work was to analyze the growth and the development of five weeds of the *Amaranthus* genus, under non-competitive conditions. The studied species were: *A. deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* and *A. viridis*. Eight periodic evaluations of growth were taken, every 10 days, starting at 20 Days After Seeding (DAS). The variables evaluated per plant were: leaf area; roots, stems, leaves, flowers + fruits and total dry weight; obtaining, from the last variable, the absolute and relative growth rates. The phenology of the plants was also evaluated. *A. deflexus* was the species with the shortest vegetative cycle, and with the lowest accumulated dry weight and leaf area; whereas *A. retroflexus* and *A. hybridus* were the species which reached the highest values for these variables. *A. viridis* presented the best ecological adaptability for the conditions of the experiment: it showed fast vegetative development and absolute growth rate, and high accumulation of dry weight and leaf area. These results suggest that *A. viridis* is a species with high potential to interfere in the agricultural crops, due to the efficient use of the growth resources available by the ambient during its initial growth stages.

**Key words:** Pigweed, competition, dry weight, leaf area.

<sup>(1)</sup> Parte da dissertação do primeiro autor apresentada à ESALQ para a obtenção do título de mestre em Agronomia. Recebido para publicação em 7 de dezembro de 2006 e aceito em 12 de setembro de 2007.

<sup>(2)</sup> Doutorando, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: sjpcarvalho@yahoo.com.br (\*) Autor correspondente. Bolsista CNPq.

<sup>(3)</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr. E-mail: ramirolopezovejero@hotmail.com

<sup>(4)</sup> Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. E-mail: pjchrist@esalq.usp.br

## 1. INTRODUÇÃO

No mundo, existem cerca de 60 espécies de plantas classificadas botanicamente como pertencentes ao gênero *Amaranthus* (carurus) e aproximadamente 10 destas possuem importância como plantas infestantes das lavouras brasileiras (KISSMANN e GROTH, 1999). Os carurus estão presentes em grande parte das áreas agrícolas do Brasil, destacando-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 no Brasil 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 e 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 e LOUGHIN, 2000).

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 (PAUL e ELMORE, 1984), o que contribui para a presença de espécies de *Amaranthus* em áreas de produção de hortaliças e das culturas da soja, feijão ou algodão (plantas  $C_3$ ); e para que concluam o ciclo de vida antes do fechamento da cultura da cana-de-açúcar (planta  $C_4$ ), garantindo o uso eficiente dos recursos do meio e o aumento do banco de sementes.

O grau de interferência negativa dos carurus nas áreas agrícolas varia em função da espécie presente, densidade e tempo de emergência em relação à cultura (ALDRICH, 1987; KLINGAMAN e OLIVER, 1994). 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 et al., 1997). Estas plantas daninhas reduzem o rendimento e a qualidade do produto colhido, além de prejudicarem o processo de colheita (KLINGAMAN e OLIVER, 1994; KNEZEVIC et al., 1997; ROWLAND et al., 1999).

Estudos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas fornecem informações sobre os diferentes estádios fenológicos e padrões de crescimento vegetal. Os 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 ainda é um dos meios mais simples e precisos para inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos para o crescimento vegetal, tornando possível o conhecimento da cinética de produção de biomassa das plantas, sua distribuição e eficiência ao longo da ontogenia. RADOSEVICH et al. (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 (GHERSA e HOLT, 1995). Ainda, as características de crescimento de determinada espécie oferecem um indicador de sua habilidade competitiva (HOLT e ORKUTT, 1991). Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar características de crescimento e desenvolvimento, em condições não-competitivas, de cinco espécies do gênero *Amaranthus* com ocorrência nas áreas agrícolas brasileiras.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa-de-vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP, localizada em Piracicaba (SP), a  $22^{\circ}42'30''S$ ,  $47^{\circ}38'00''W$ , entre 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 os propágulos de *A. deflexus* foram coletados em infestações presentes em área da ESALQ/USP – Piracicaba (SP) e os de *A. retroflexus* em áreas agrícolas dos municípios de Miguelópolis e Guará (SP). 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 do trabalho. No experimento, foram utilizadas sementes de *A. hybridus*, *A. retroflexus* e *A. viridis*; frutos de *A. deflexus* e *A. spinosus*, respeitando-se a principal forma de dispersão das espécies.

Em 1.º/9/2005, 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 fim do experimento. Desta forma, 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* ocorreu 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 que forneceu as seguintes doses de nutrientes (mg parcela<sup>-1</sup>): N a 600; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a 600; K<sub>2</sub>O 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<sup>-1</sup> 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 o 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 em 50% + 1 do total de plantas remanescentes havia determinada característica de desenvolvimento.

Em seguida, para cada avaliação, três plantas (repetições) foram aleatoriamente amostradas pelo método destrutivo, passaram por lavagem em água corrente, para a retirada do substrato remanescente nas raízes e, em seguida,

tiveram suas variáveis analisadas. A área foliar (cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) das amostras foi obtida com auxílio do medidor de área modelo LICOR LI-3100 (LICOR, inc., Lincoln, Nebraska, EUA). O material amostrado foi secado em estufa a 70°C por 72 horas, quando se mensurou, também, a massa seca (g planta<sup>-1</sup>) das raízes (*Mrz*), dos ramos (*Mrs*), das folhas (*Mf*), das inflorescências (flores + frutos, *Mi*) e total (*Mt*).

A taxa de crescimento absoluto (*G*, g dia<sup>-1</sup>) fornece uma estimativa da velocidade média de crescimento das plantas ao longo do ciclo de desenvolvimento; a taxa de crescimento relativo (*R*, g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) exprime o crescimento em gramas de matéria seca por unidade de material presente em um período de observação (EVANS, 1972; AGUILERA et al., 2004). As espécies que crescem rapidamente e produzem mais área foliar possivelmente serão mais competitivas que as espécies lentas (HORAK e LOUGHIN, 2000).

Assim, em cada avaliação, com os valores primários da variável massa seca total, pôde-se calcular a taxa de crescimento absoluto e a taxa de crescimento relativo (CALBO et al., 1989; HUNT, 1990; AGUILERA et al., 2004). A taxa de crescimento absoluto foi obtida com base na seguinte fórmula:

$$G_M = \frac{Mt_2 - Mt_1}{t_2 - t_1}$$

em que: *Mt*<sub>2</sub> e *Mt*<sub>1</sub> são as massas secas de duas amostras sucessivas e *t*<sub>2</sub> e *t*<sub>1</sub>, os dias decorridos entre as duas observações. Por sua vez, a taxa de crescimento relativo foi calculada com base na fórmula:

$$R_M = \frac{\ln Mt_2 - \ln Mt_1}{t_2 - t_1}$$

Aos 60 DAS, as três plantas amostradas 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):

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

Em que:  $y$  é a variável resposta de interesse,  $x$  o número de dias acumulados e  $a$ ,  $b$ , e  $c$  são parâmetros estimados da equação ( $a$  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):

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

Em que:  $y$  é a variável de interesse,  $x$  é o número de dias acumulados;  $a$ ,  $b$ , e  $c$  são parâmetros estimados da equação ( $a$  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. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fenologia das espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* pode ser observada na tabela 1. 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.

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 1).

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 et al., 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 na tabela 2. 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 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 2). 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 e 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 1A).

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 et al., 2004). Neste sentido, as espécies *A. retroflexus*, *A. hybridus* e *A. spinosus* foram aquelas que acumularam mais massa seca de ramos (Figura 1B). A deposição de maiores níveis de fotoassimilados em ramos pode estar correlacionada com o ciclo mais longo e conseqüente maior crescimento vertical (*A. retroflexus* e *A. hybridus*) ou com o maior número de ramificações nas plantas (*A. spinosus*).

**Tabela 1.** Aplicação da escala fenológica proposta por HESS et al. (1997) nas cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, em função de 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.

Na tabela 3, 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 1). Por outro lado, *A. spinosus* floresceu em período anterior à *A. retroflexus* e *A. hybridus* (parâmetro *b* – Tabela 2), com diferenciação da gema apical em estruturas reprodutivas (Figura 1C). Assim, o acúmulo de massa em ramos é consequência do elevado número de ramificações, principalmente secundárias, observadas em *A. spinosus* (Tabela 3).

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, nas espécies com ciclo mais tardio (*A. retroflexus* e *A. hybridus*) notaram-se maior crescimento da haste principal, maior comprimento da inflorescência terminal, grande número de ramificações primárias e poucas ramificações secundárias (Tabela 3). Por outro lado, as espécies com ciclo mais precoce (*A. deflexus* e *A. spinosus*) atingiram menor comprimento da haste principal, menor comprimento da inflorescência terminal, porém com elevado número de ramificações secundárias (Tabela 3). *A. viridis* pode ser classificada em uma posição intermediária, com maior desenvolvimento de estruturas reprodutivas e poucas ramificações secundárias (Figura 1C e Tabela 3).

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 atingiram os maiores valores desta variável (Figura 1D). No fim 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<sup>-1</sup>. A espécie que menos acumulou

massa seca total foi *A. deflexus*, o que está em concordância com o ciclo mais curto da espécie e a rápida diferenciação das gemas em estruturas florais, com conseqüente redução no crescimento vegetativo (Tabela 1; Figura 1D).

SELLERS et al. (2003) e HORAK e LOUGHIN (2000) também compararam o crescimento de espécies do gênero *Amaranthus*. Em ambos os trabalhos foram observados crescimentos diferenciais entre estas plantas daninhas. Para SELLERS et al. (2003), considerando somente as espécies brasileiras, a ordem de acúmulo de massa seca foi: *A. retroflexus* ≥ *A. hybridus* ≥ *A. spinosus*, corroborando com os dados discutidos anteriormente.

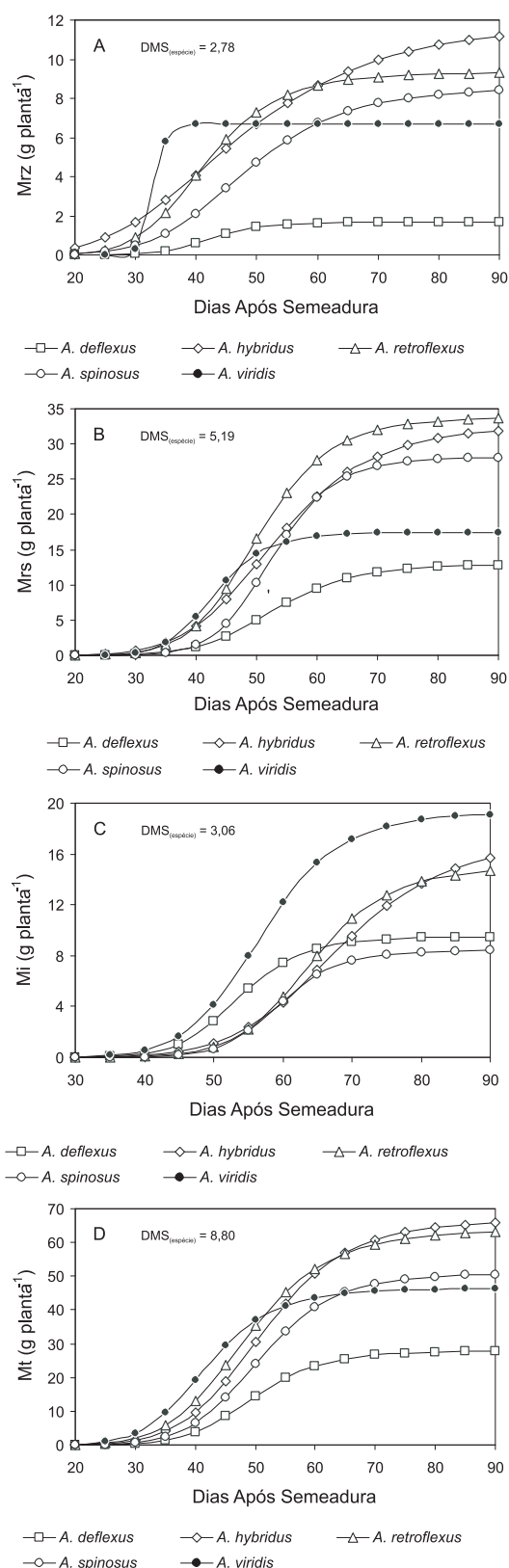
Ressalta-se que, dentre os fatores ecológicos, o efeito da temperatura é proeminente e pode influenciar o crescimento e a produtividade das diferentes espécies de plantas, inclusive daquelas classificadas no gênero *Amaranthus* (MCLANGLAN et al., 1993; GUO e AL-KHATIB, 2003). Esse fato significa que as espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* podem ter comportamento diferente sob outras condições de temperatura. GUO e AL-KHATIB (2003), observaram que a produção de massa seca por *A. retroflexus* oscilou em função da temperatura, e os maiores valores, em torno de 55 g planta<sup>-1</sup>, foram obtidos com alternância de 14 h -25 °C e 10 h -20 °C.

Também para os dados de massa seca de folhas (Figura 2A) e área foliar (Figura 2B) *A. deflexus* foi a planta daninha que alcançou menores magnitudes; em condição intermediária, identificou-se *A. viridis* e *A. spinosus* e o maior acúmulo foi de *A. hybridus* e *A. retroflexus*, dados que estão em concordância com os valores de massa seca total. *A. spinosus* foi a espécie que produziu o maior número de folhas, sem diferença estatística para *A. hybridus* (Tabela 3).

**Tabela 2.** Parâmetros do modelo logístico e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), obtidos para as variáveis de crescimento analisadas das cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba (SP), 2005

Variável	Espécies	Parâmetros			R <sup>2</sup>
		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
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:  $y = 4a \cdot \{ \exp[-(x-b)/c] / [1 + \exp[-(x-b)/c]] \}^2$



**Figura 1.** Acúmulo de massa seca nas raízes – Mrz (A), nos ramos – Mrs (B), nas inflorescências e demais estruturas reprodutivas – Mi (C) e total – Mt (D) por planta durante o ciclo de vida de cinco plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. Piracicaba (SP), 2005.

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 aumento da área foliar (Figura 2B).

HORAK e LOUGHIN (2000), por sua vez, observaram que a data de emergência influenciou o acúmulo de área foliar e massa seca das espécies, em que, para a melhor condição, *A. retroflexus* atingiu valores da ordem de 5.000 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> e 55 g planta<sup>-1</sup> 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 das plantas (HORAK e LOUGHIN, 2000).

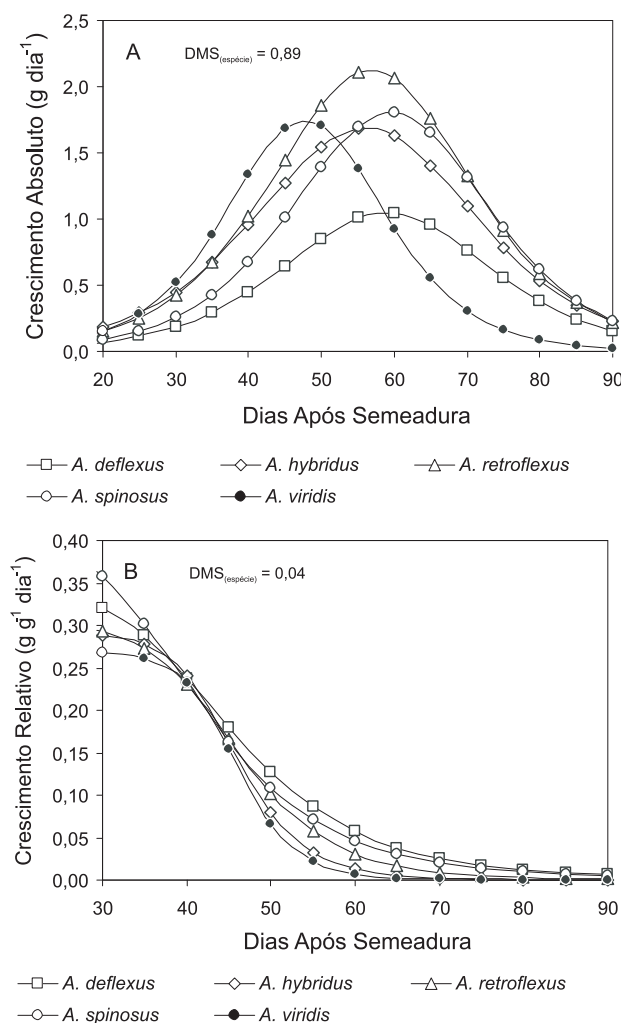
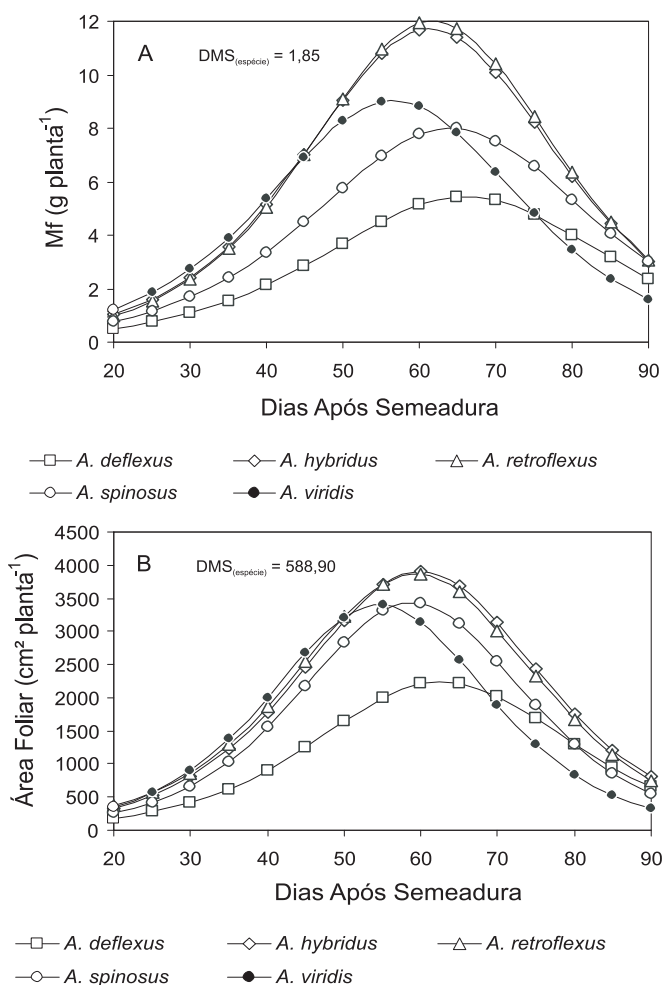
O crescimento absoluto e o relativo das cinco espécies de plantas daninhas estudadas estão apresentados na figura 3. Constatou-se comportamento diferencial das espécies principalmente quanto ao crescimento absoluto. Em *A. viridis*, observaram-se maiores taxas de crescimento absoluto durante estádios 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 2), com diferenças apenas na magnitude, cuja ordem foi: *A. retroflexus* ≥ *A. spinosus* ≥ *A. hybridus* > *A. deflexus* (Figura 3A). 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, visto que nesta espécie houve declínio menos acentuado para esta variável (Figura 3B).

A análise conjunta de todas as variáveis e dos parâmetros dos modelos logísticos, principalmente quanto ao parâmetro *b* (Tabela 2) revela que *A. viridis* possui ciclo vegetativo-reprodutivo curto, semelhante à *A. deflexus* (Tabela 1), além de ter sido a primeira espécie a atingir 50% de massa em qualquer variável (Figuras 1 e 2A), acúmulo de área foliar (Figura 2B), período de máxima taxa de crescimento absoluto (Figura 3A) e maior massa de estruturas reprodutivas (Figura 1C). 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. Ainda, esses resultados sugerem que *A. viridis* é uma espécie com alto potencial de interferência nas culturas agrícolas, proporcionado pela rápida captura dos recursos de crescimento fornecidos pelo ambiente durante os estádios iniciais de crescimento.

**Tabela 3.** Comprimento da haste principal (C) e da inflorescência terminal (I), número de ramificações primárias (R<sub>1</sub>) e secundárias (R<sub>2</sub>) e número de folhas (FI) de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, aos 60 DAS. Piracicaba (SP), 2005

Espécies	C	I	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	FI
	m				
<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 <sub>(espécie)</sub>	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.





#### 4. CONCLUSÃO

1. *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 atingiram os maiores valores para estas variáveis.

2. *A. viridis* foi a de melhor adaptabilidade ecológica para as condições em que o experimento foi realizado, pois, além de acumular grande quantidade de massa seca e área foliar, houve rápido desenvolvimento vegetativo e crescimento absoluto.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor.

#### REFERÊNCIAS

- AGUILERA, D.B.; FERREIRA, F.A.; CECON, P.R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, Viçosa, 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.; 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.
- 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, v. 23, n. 4, p. 603-609, 2005b.
- 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, 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, 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 escale - general for descriptions of the growth stages of mono-and dicotyledonous weed species. **Weed Research**, Oxford, 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, 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.
- 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 C<sub>4</sub> 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 (*Gossypium 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, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.