



INFORME TÉCNICO PGA-UEM



Programa de Pós-graduação em Agronomia
PGA/UEM

Maringá - Paraná - Brasil
www.pga.uem.br



Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas NAPD/UEM

www.napd.uem.br - napd@uem.br

Autores:

- **Alessandra Constantin Francischini**
Eng. Agr., MSc.
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - PR
- **Rubem Silvério de Oliveira Jr.**
Eng. Agr., Prof. Dr.
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - PR
- **Jamil Constantin**
Eng. Agr., Prof. Dr.
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - PR

PRIMEIRO RELATO DE RESISTÊNCIA A HERBICIDAS EM ESPÉCIES DE CARURU NO BRASIL

A escassez de produtos registrados para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas na cultura do algodão promove a utilização por vários anos consecutivos de herbicidas com os mesmos mecanismos de ação, aumentando a quantidade de escapes destas plantas na lavoura. Este fato é

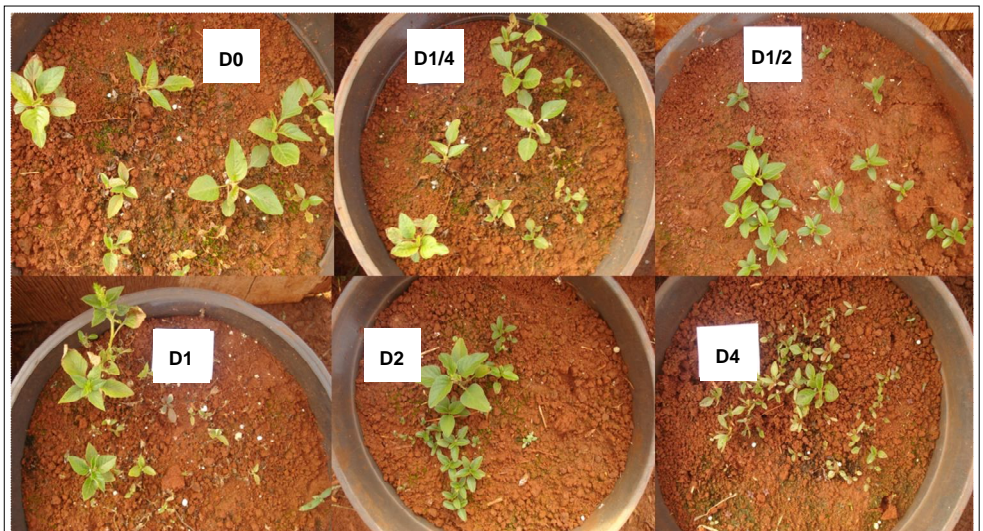


Figura 1. Efeito de doses crescentes de trifloxysulfuron-sodium no controle de *Amaranthus viridis* em casa-de-vegetação. O número após a letra D corresponde ao número de vezes em que a dose recomendada (7,5 g i.a. ha⁻¹) foi aplicada.

ocasionado pela pressão de seleção que os herbicidas causam, levando à eliminação dos biótipos suscetíveis e possibilitando a predominância dos biótipos insensíveis ao mecanismo de ação utilizado.

Produtores de algodão da Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás têm relatado casos de escapes de plantas de caruru (*Amaranthus sp.*) após a aplicação de herbicidas que tradicionalmente apresentavam bom controle desta espécie. Diante destas reclamações, foi projetado trabalho de pesquisa com o objetivo de avaliar a possibilidade de ocorrência de espécies de *Amaranthus sp.* com resistência aos principais herbicidas utilizados na cultura do algodão.

O trabalho foi desenvolvido pelo Núcleo de Estudos Avançados em



Ciência das Plantas Daninhas (NAPD) da Universidade Estadual de Maringá. Na safra de 2009/2010 foram coletadas amostras de sementes de caruru em áreas de escapes das principais regiões produtoras de algodão do Mato Grosso do Sul (MS 1 e MS 2), Goiás (GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6), Bahia (BA 7, BA 8, BA 9, BA 10 e BA 11) e Mato Grosso (MT 13), num total de 171 amostras. As sementes foram colocadas para germinar em casa de vegetação (09/2010), e as plantas foram mantidas sob irrigação diária até atingir o florescimento pleno, quando foram coletadas e enviadas para identificação no Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana. Foram identificadas duas espécies: *Amaranthus retroflexus* (MS, GO e MT) e *Amaranthus viridis* (MS e BA) (Figura 2).

As amostras utilizadas para identificação foram catalogadas e encontram-se disponíveis para consulta no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM, 2012).

Após a identificação das plantas, foram realizados quatro experimentos em pós-emergência com os principais herbicidas ALS (trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium) e 14 experimentos em pré-emergência com trifloxysulfuron-sodium, pyriithiobac-sodium, atrazine, prometryn, diuron, trifluralin e s-metolachlor visando a investigar a possibilidade de resistência das duas espécies identificadas, incluindo-se também um biótipo suscetível de ambas as espécies em todos os experimentos.

Para avaliar a possibilidade de resistência desses biótipos de *Amaranthus* foram aplicadas doses (ingrediente ativo) crescentes de atrazine (0 a 6 kg ha⁻¹), prometryn (0 a 4 kg ha⁻¹), diuron (0 a

8 kg ha⁻¹), trifluralin (0 a 4,32 kg ha⁻¹), s-metolachlor (0 a 5,76 kg ha⁻¹), trifloxysulfuron-sodium (0 a 0,03 kg ha⁻¹) e pyriithiobac-sodium (0 a 0,56 kg ha⁻¹). Nas aplicações em pós-emergência com trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium utilizou-se óleo mineral emulsionável a 0,05% v/v.

As aplicações em pós-emergência foram realizadas quando ambas as espécies de caruru apresentavam 4 a 6 folhas verdadeiras. Foram realizadas avaliações de porcentagem de controle e de acúmulo de massa seca aos 28 DAA (dias após



Figura 2. Planta de caruru-gigante (*Amaranthus retroflexus*) (esquerda) e de caruru-demanha (*Amaranthus viridis*) (direita) coletadas das regiões produtoras de algodão do Brasil.

a aplicação). Posteriormente, curvas de dose-resposta foram ajustadas e foram determinadas as doses necessárias para 50% (I_{50}) ou 80% de controle (I_{80}). Calculou-se o fator de resistência ($FR = I_{50}$ Biótipo em avaliação / I_{50} Biótipo suscetível), que expressa o número de vezes que a dose necessária para controlar 50% dos biótipos resistentes é superior à dose que controla 50% do biótipo suscetível.

Para que um biótipo fosse considerado como resistente, ele deveria atender a três requisitos simultaneamente: $FR > 1,0$; I_{80} maior que o I_{80} do biótipo suscetível e ainda apresentar I_{80} maiores que a dose recomendada para controle da espécie. Os resultados estão descritos em Francischini (2012) e são resumidos abaixo:

Amaranthus retroflexus:

Na primeira etapa, concluiu-se que os biótipos de *A. retroflexus* identificados como MS 1, MS 2, GO 3, GO 4 e GO 6 são resistentes ao trifloxysulfuron-sodium aplicado em pós-emergência (Tabela 1). Ainda, nos biótipos MS 2, GO 3, GO 4 e GO 6 foi identificada resistência de *A. retroflexus* a pyriithiobac-sodium aplicado em pós-emergência. Tais constatações caracterizam a presença de resistência cruzada em *A. retroflexus* nos biótipos MS 2, GO 3, GO 4 e GO 6 aos herbicidas inibidores da ALS, uma vez que apresentam resistência a dois herbicidas diferentes de um mesmo mecanismo de ação (Tabela 1).

Na segunda etapa, os mesmos biótipos foram submetidos a ensaios de dose-resposta com aplicações em pré-emergência de atrazine, prometryn, diuron, trifluralin, s-metolachlor, e também dos dois inibidores de ALS avaliados na primeira etapa. Nestes trabalhos, confirmou-se a resistência de *A. retroflexus* a atrazine (Biótipo MT 13), e a prometryn (Biótipos GO 5 e MT 13), o que caracteriza resistência cruzada aos herbicidas inibidores

Tabela 1. Doses para 80% (I₈₀) e 50% (I₅₀) de controle e fatores de resistência (FR) para os herbicidas trifloxysulfuron e pyriithiobac aplicados em pós-emergência do *A. retroflexus* e *A. viridis* em relação à % de controle (28 DAA). Maringá, PR – 2011.

<i>Amaranthus retroflexus</i>						
Biótipo	Trifloxysulfuron-sodium			Pyriithiobac-sodium		
	I ₈₀	I ₅₀	FR	I ₈₀	I ₅₀	FR
	----- kg ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----		
MS 1	0,4547	0,0294	42,13	0,0148	0,0058	0,42
MS 2	0,6797	0,0158	22,63	1,0482	0,1012	7,31
GO 3	-	0,0407	58,27	-	0,4280	30,90
GO 4	-	0,0282	40,43	1,1458	0,1156	8,34
GO 6	-	0,0104	15,01	1,6042	0,5223	37,70
MT 13	0,0013	0,0007	1,07	0,0221	0,0084	0,60
BS ¹	0,0014	0,0006	1,00	0,0275	0,0138	1,00

<i>Amaranthus viridis</i>						
Biótipo	Trifloxysulfuron-sodium			Pyriithiobac-sodium		
	I ₈₀	I ₅₀	FR	I ₈₀	I ₅₀	FR
	----- kg ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----		
MS 1	0,0911	0,0278	55,95	0,0163	0,0041	0,27
BA 7	0,0016	0,0008	1,80	0,0240	0,0115	0,76
BA 8	0,0014	0,0006	1,40	0,0276	0,0122	0,88
BA 9	0,0012	0,0005	1,23	0,0251	0,0092	0,60
BA 11	0,0014	0,0004	0,99	0,0230	0,0117	0,77
BS ²	0,0012	0,0004	1,00	0,0278	0,0152	1,00

¹BS= biótipo suscetível de *Amaranthus retroflexus*.
²BS= biótipo suscetível de *Amaranthus viridis*.

do Fotossistema II no biótipo MT 13 (Tabela 2). Doses recomendadas de diuron, s-metolachlor e de trifluralin proporcionaram controle satisfatório destes biótipos, não apresentando qualquer indicio de resistência.

Aplicações em pré-emergência de trifloxysulfuron e pyriithiobac em *A. retroflexus* confirmaram a resistência ao trifloxysulfuron nos biótipos MS 2, GO 3, GO 4, GO 5, GO 6 e MT 13 e resistência ao pyriithiobac nos biótipos MS 2, GO 3, GO 4, GO 5 e GO 6. Tais dados reforçaram a existência de resistência cruzada de biótipos de *A. retroflexus* a pelo menos dois herbicidas inibidores da ALS (Tabela 3).

Amaranthus viridis:

Na primeira etapa, em relação a *A. viridis*, o único biótipo que atendeu aos três parâmetros para ser considerado resistente às aplicações em pós-emergência de trifloxysulfuron foi o MS 1. Alguns dos outros biótipos avaliados, apesar de apresentarem fatores de resistência maiores que 1,

Tabela 2. Doses para 80% (I₈₀) e 50% (I₅₀) de controle e fatores de resistência (FR) ajustados para atrazine e prometryn aplicados em pré-emergência do *A. retroflexus* e *A. viridis* em relação à % de controle (28 DAA). Maringá, PR – 2011.

<i>Amaranthus retroflexus</i>						
Biótipo	Atrazine			Prometryn		
	I ₈₀	I ₅₀	FR	I ₈₀	I ₅₀	FR
	----- kg ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----		
MS 1	0,0017	0,0006	0,22	0,0265	0,0205	0,13
MS 2	0,0059	0,0014	0,53	0,0161	1,87E ⁻⁵	0,00
GO 3	0,0778	0,0109	4,06	0,4290	0,2018	1,31
GO 4	0,0043	0,0026	0,98	0,2599	0,1459	0,95
GO 5	0,0079	0,0008	0,30	4,6911	0,2646	1,73
GO 6	0,0190	0,0012	0,43	0,1639	0,0283	0,19
MT 13	2,5123	0,8809	326,99	4,7979	0,9089	5,94
BS ¹	0,0862	0,0026	1,00	0,2835	0,1529	1,00

<i>Amaranthus viridis</i>						
Biótipo	Atrazine			Prometryn		
	I ₈₀	I ₅₀	FR	I ₈₀	I ₅₀	FR
	----- kg ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----		
MS 1	0,0667	0,0210	1,00	0,1799	0,0119	0,09
BA 7	2,3168	0,2111	10,10	1,2151	0,5464	4,41
BA 8	0,0673	0,0038	0,18	1,4306	0,7859	6,34
BA 9	0,1517	0,0264	1,26	1,0032	0,2975	2,40
BA 10	0,0391	0,0174	0,83	0,1877	0,0449	0,36
BA 11	0,0018	1,40E ⁻⁷	0,001	2,4358	1,0529	8,49
BS ²	0,0986	0,0208	1,00	0,2347	0,1239	1,00

¹BS= biótipo suscetível de *Amaranthus retroflexus*.
²BS= biótipo suscetível de *Amaranthus viridis*.

não atenderam ao terceiro quesito, pois as doses que proporcionam 80% de controle destes foram menores do que a dose recomendada. Nenhum biótipo apresentou resistência ao pyriithiobac nesta modalidade de aplicação (Tabela 1).

Na segunda etapa, um biótipo (BA 7) de *A. viridis* foi considerado como resistente a atrazine, e quatro biótipos (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11) foram considerados resistentes ao prometryn. Portanto, resistência cruzada aos inibidores do Fotossistema II pode ser constatada no biótipo BA 7 de *A. viridis* (Tabela 2).

Por fim, em biótipos de *A. viridis*, também foram confirmados casos de resistência ao trifloxy-sulfuron aplicado em pré-emergência para os biótipos BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11 (Tabela 3).

A Tabela 4 apresenta um resumo dos herbicidas e biótipos avaliados e de suas respostas aos herbicidas aplicados em pré-emergência. É possível identificar a presença de resistência múltipla (FS II e ALS) em dois biótipos (GO 5 e MT 13)

Tabela 3. Doses para 80% (I₈₀) e 50% (I₅₀) de controle e fatores de resistência (FR) ajustados para os herbicidas trifloxy-sulfuron e pyriithiobac aplicados em pré-emergência do *A. retroflexus* e *A. viridis* em relação à % de controle aos 28 DAA. Maringá, PR – 2011.

<i>Amaranthus retroflexus</i>						
Biótipo	Trifloxy-sulfuron-sodium			Pyriithiobac-sodium		
	I ₈₀	I ₅₀	FR	I ₈₀	I ₅₀	FR
	----- kg ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----		
MS 1	5,00E ⁻⁵	7,00E ⁻⁵	0,91	0,0002	0,0001	0,39
MS 2	0,0136	0,001167	143,40	3,5287	0,0141	41,38
GO 3	0,0126	0,0032	396,68	-	0,0930	273,24
GO 4	0,0343	0,0018	227,44	-	0,0434	127,61
GO 5	0,1987	0,0319	3925,33	-	0,0363	106,58
GO 6	0,0155	0,0013	160,22	-	0,0558	164,10
MT 13	0,0139	0,00320	393,90	0,0017	0,0001	0,52
BS ¹	0,0009	8,00E ⁻⁵	1,00	0,0680	0,0003	1,00

<i>Amaranthus viridis</i>						
Biótipo	Trifloxy-sulfuron-sodium			Pyriithiobac-sodium		
	I ₈₀	I ₅₀	FR	I ₈₀	I ₅₀	FR
MS 1	0,0002	2,00E ⁻⁵	0,77	0,0486	0,0012	3,92
BA 7	0,0077	0,0017	66,72	0,0255	0,0003	0,98
BA 8	0,0618	0,0069	262,15	0,0029	0,0003	0,82
BA 9	0,0525	0,0123	472,39	0,0011	0,0002	0,69
BA 10	3,98E ⁻⁵	1,76E ⁻⁵	0,67	0,0088	0,0003	1,15
BA 11	0,0222	0,0001	2,29	0,0087	0,0003	1,19
BS ²	0,0058	2,61E ⁻⁵	1,00	0,0251	0,0003	1,00

¹BS= biótipo suscetível de *Amaranthus retroflexus*.
²BS= biótipo suscetível de *Amaranthus viridis*.

de *A. retroflexus* e em quatro biótipos (BA 7, BA 8, BA 9 e BA 11) de *A. viridis*.

As áreas que apresentaram os casos de resistência neste trabalho receberam por vários anos consecutivos o mesmo manejo, tendo sido realizadas frequentes aplicações de herbicidas inibidores do Fotossistema II e inibidores da ALS, o que pode ter levado à seleção destes biótipos.

Em suma, este é o primeiro relato de resistência de *Amaranthus viridis* a herbicidas inibidores do Fotossistema II e inibidores da ALS no Brasil e no Mundo, bem como de resistência cruzada e de resistência múltipla. Trata-se também do primeiro caso de resistência a herbicidas documentado em *Amaranthus retroflexus* no Brasil, bem como de resistência cruzada e múltipla (FS II e ALS).

Tabela 4. Biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* que demonstraram resistência múltipla e cruzada em aplicações em pré-emergência dos herbicidas atrazine, prometryn, trifloxy-sulfuron e pyriithiobac. Maringá, PR – 2011.

<i>Amaranthus retroflexus</i>									
Mec. de ação	Grupo químico	Herbicida	Biótipos						
			MS 1	MS 2	GO 3	GO 4	GO 5	GO 6	MT 13
FS II ¹	Triazina	Atrazine							X
FS II ¹	Triazina	Prometryn					X		X
ALS ²	Sulfoniluréia	Trifloxy-sulfuron	X	X	X	X	X	X	X
ALS ²	Pirimidil-oxibenzóico	Pyriithiobac	X	X	X	X	X		

<i>Amaranthus viridis</i>									
Mec. de ação	Grupo químico	Herbicida	Biótipos						
			MS 1	BA 7	BA 8	BA 9	BA 10	BA 11	
FS II ¹	Triazina	Atrazine			X				
FS II ¹	Triazina	Prometryn		X	X	X			X
ALS ²	Sulfoniluréia	Trifloxy-sulfuron		X	X	X			X
ALS ²	Pirimidil-oxibenzóico	Pyriithiobac							

¹Herbicidas inibidores do Fotossistema II (FS II);
²Herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS);

REFERÊNCIAS

FRANCISCHINI, A. Identificação de resistência aos herbicidas utilizados no algodoeiro em biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* oriundos das regiões produtoras da Bahia, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2012. 134p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).

HUEM, HERBÁRIO VIRTUAL DA FLORA E DOS FUNGOS. Disponível em: <http://inct.splink.org.br>. Consultado em: 25/11/2011.