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

**Aspectos da biologia, suscetibilidade diferencial e eficácia de
herbicidas alternativos ao glyphosate no manejo de populações de
capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn.)**

Lucas Elache Rosa

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

**Piracicaba
2016**

Lucas Elache Rosa
Engenheiro Agrônomo

**Aspectos da biologia, suscetibilidade diferencial e eficácia de herbicidas
alternativos ao glyphosate no manejo de populações de capim-pé-de-
galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn.)**

Orientador:
Prof. Dr. **PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI**

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

Piracicaba
2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Rosa, Lucas Elache

Aspectos da biologia, suscetibilidade diferencial e eficácia de herbicidas alternativos ao glyphosate no manejo de populações de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn.) / Lucas Elache Rosa. - - Piracicaba, 2016.

94 p. : il.

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

1. Dose-resposta 2. Curva de crescimento 3. Controle químico 4. Planta daninha
I. Título

CDD 632.58
R788a

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

DEDICATÓRIA

À minha esposa Gabriela Argentato pela dedicação e companheirismo durante todos os anos da minha formação acadêmica

Ao meu filho Miguel Rosa pelos momentos de descontração e amizade que me proporcionaram continuar essa longa caminhada

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- À minha família pelo apoio e companheirismo, especialmente à minha mãe Patrícia Silva Y Antuña Elache, meu pai Jose Sérgio Rosa, e meus irmãos Matheus Elache Rosa e Marcos Elache Rosa;
- À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realizar meus estudos durante a graduação e mestrado;
- Ao Prof. Dr. Pedro Jacob Christoffoleti pela orientação, oportunidades de estudo e paciência durante os anos de graduação e mestrado;
- Ao Prof. Dr. Ricardo Victória Filho pela complementação na minha formação em matologista,
- Ao Prof. Dr. Carlos Tadeu Dias pela ajuda na realização das análises estatísticas do trabalho;
- A todos os professores da ESALQ que contribuíram de forma significativa na minha formação pessoal e profissional;
- A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida em nível de mestrado;
- Aos Engenheiros Agrônomos Dr. Marcelo Nicolai, Dr. Marcel Sereguim Cabral de Melo, Me. Flávio Obara, Me. Caio Augusto de Castro Grossi Brunharo pelos ensinamentos e conselhos trocados durante os anos de graduação.
- Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, em especial à Osmair Neves, Aparecido Donizete Serrano, Horst Bremer Neto, Elisabete Sarkis São João, Luciane Aparecida Lopes Toledo, Maria Célia Rodrigues e Paulo Jauode.
- A todos os alunos do Grupo de Experimentação em Biologia de Plantas Daninhas que me ajudaram no processo de aprendizado acadêmico e formação pessoal, além da participação na instalação e condução de experimentos durante a graduação e mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
Referências.....	15
2 SUSCETIBILIDADE DIFERENCIAL DE POPULAÇÕES DE CAPIM-PÉ-DE-GALINHA (<i>Eleusine indica</i> L. Gaertn.) AO HERBICIDA GLYPHOSATE.....	19
Resumo.....	19
Abstract.....	19
2.1 Introdução.....	20
2.2 Material e Métodos.....	24
2.3 Resultados e Discussão.....	27
2.4. Conclusões.....	40
Referências.....	40
3 EFICÁCIA DE HERBICIDAS ALTERNATIVOS AO GLYPHOSATE NA PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA DAS PLANTAS DE CAPIM-PÉ-DE-GALINHA (<i>Eleusine indica</i> L. Gaertn.).....	47
Resumo.....	47
Abstract.....	48
3.1 Introdução.....	48
3.2 Material e Métodos.....	51
3.3 Resultados e Discussão.....	54
3.3.1 Eficácia de herbicidas alternativos na pré-emergência das plantas daninhas.....	54
3.3.2 Eficácia de herbicidas alternativos na pós-emergência das plantas daninhas.....	58
3.4. Conclusões.....	64
Referências.....	65
4 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO, NÚMERO DE SEMENTES E SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA ATRAVÉS DE ESCARIFICAÇÃO MECÂNICA, DE QUATRO POPULAÇÕES DE CAPIM-PÉ-DE-GALINHA (<i>Eleusine indica</i> L. Gaertn.).....	71
Resumo.....	71
Abstract.....	72

4.1 Introdução.....	72
4.2 Material e Métodos.....	74
4.3 Resultados e Discussão.....	79
4.4 Conclusões.....	88
Referências.....	89
5 CONCLUSÕES GERAIS.....	93

RESUMO

Aspectos da biologia, suscetibilidade diferencial e eficácia de herbicidas alternativos ao glyphosate no manejo de populações de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn.)

Nos últimos anos, em áreas de produção de culturas transgênicas resistentes ao glyphosate, falhas no controle do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) são cada vez mais frequentes, estando provavelmente relacionadas ao uso indiscriminado do glyphosate e ao consequente aumento da pressão de seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a esse herbicida. Este trabalho teve como objetivo comparar a suscetibilidade de quatro populações de capim-pé-de-galinha ao herbicida glyphosate em diferentes estádios de desenvolvimento, bem como estudar a eficácia de herbicidas alternativos ao glyphosate no controle de plantas desta espécie na pré e pós-emergência das mesmas. Também foi objetivo deste trabalho estudar aspectos da biologia, tais como: crescimento, número de sementes produzidas por uma planta e influência da escarificação mecânica sobre a germinação do capim-pé-de-galinha. Foi verificado que existem diferenças na suscetibilidade das populações ao glyphosate, no qual a população denominada EIR2 proveniente de Primavera do Leste – MT foi a que necessitou de maiores doses para ser controlada, sendo caracterizada como um caso de resistência de nível baixo, pois a dose máxima de bula recomendada para a espécie é capaz de controlar todas as populações do estudo. Os herbicidas mais indicados para o controle de capim-pé-de-galinha na pré-emergência foram o flumioxazin, sulfentrazone, clomazone e trifluralina, apresentando maiores níveis de controle e efeito residual mais prolongado. O controle do capim-pé-de-galinha na pós-emergência inicial (2 a 3 perfilhos) e no estágio intermediário (6 a 8 perfilhos) foi eficiente com todos os herbicidas testados. No estágio mais avançado (10 a 12 perfilhos) o herbicida sethoxydim não controlou nenhuma das populações, não sendo indicado para plantas com mais de 6 perfilhos. Foram identificadas diferenças significativas entre o controle das populações com os inibidores da ACCase, sendo necessários outros estudos para confirmação da resistência a esses herbicidas. O capim-pé-de-galinha apresentou de maneira geral elevado acúmulo de matéria seca total, sendo considerado altamente competitivo. Foram encontradas diferenças entre o crescimento das populações, não havendo relação com a suscetibilidade diferencial ao glyphosate existente entre as mesmas. O perfilhamento iniciou-se aos 28 dias após a emergência (DAE), com um pico de crescimento dos 42 aos 63 DAE quando as plantas atingiram o ápice do acúmulo foliar e matéria seca, entrando posteriormente na senescência. O florescimento iniciou-se entre 42 e 49 DAE e perdurou até os 63 DAE. Uma planta da espécie *Eleusine indica* produziu em média 45000 sementes e não foram encontradas diferenças significativas na produção de sementes entre as populações. A escarificação mecânica das sementes acelerou o processo de germinação e aumentou a germinação final das populações de capim-pé-de-galinha. O mecanismo que confere a dormência física das sementes de capim-pé-de-galinha está relacionado com a impermeabilidade do tegumento.

Palavras-chave: Dose-resposta; Curva de crescimento; Controle químico; Planta daninha

ABSTRACT

Biology aspects, differential susceptibility and efficacy of alternative herbicides to glyphosate in the management of goosegrass populations (*Eleusine indica* L. Gaertn.)

Lately, in the areas of production of transgenic crops resistant to glyphosate failures in control of goosegrass has been reported frequently, probably by an intense using of glyphosate and consequent increasing in selection pressure of weeds resistant to glyphosate. For this reason this work was carried out in order to compare the susceptibility of four goosegrass populations to glyphosate in different stages of development, as well as studying the effectiveness of alternative herbicides to glyphosate in the control of such species in pre and post-emergence. It was also a goal of this work study biological aspects, such as growth, weed number produced by a plant and influence of mechanical scarification on the germination of the goosegrass. It was found that there are differences in the susceptibility of populations to glyphosate, in which EIR2 population from Primavera do Leste - MT was the one that required higher doses to be controlled, being characterized as a case of low-level resistance because of the maximum recommended dose is able to control all the populations studied. Herbicides the most suitable to control pre-emergence were flumioxazin, sulfentrazone, clomazone and trifluralin, with high levels of control were used a longer residual effect. The control of goosegrass in the early post-emergence (2-3 tillers) and the intermediate stage (6-8 tillers) was efficient with all the tested herbicides. In the most advanced stage (10 to 12 tillers) the herbicide sethoxydim did not control any of populations, was not were used suitable for plants with more than 6 tillers. Remarkable differences were identified between the control of populations with ACCase inhibitors. Other studies are necessary to confirm the resistance to these herbicides. The goosegrass showed high accumulation of total dry matter, being considered highly competitive. Some differences were found among the growth of the populations, with no relation to the differential susceptibility to glyphosate existing between them. The tillering began at 28 days after emergence (DAE), with a growth between of 42 to 63 DAE when the plants reached the apex of the leaf and dry matter accumulation, later entering senescence. The flowering started between 42 and 49 DAE and lasted until 63 DAE. A plant of *Eleusine indica* produced on average 45 000 seeds and there were no important differences between seed production among populations. Mechanical scarification of seeds accelerated the germination and increased the final germination populations of goosegrass. The mechanism that confers the physical dormancy of goosegrass seeds is related to the impermeability of the integument.

Keywords: Dose-response; Growth curve; Chemical control; Weed

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da evolução da agricultura nos últimos 12 mil anos, o homem selecionou plantas de seu interesse e concomitantemente outras plantas foram evoluindo e se adaptando a esse ambiente modificado e muitas vezes acabavam interferindo nos interesses do homem. Essas espécies de plantas que ocorrem onde não são desejadas são denominadas de plantas daninhas (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

Para que o potencial produtivo de uma cultura seja mantido, uma das etapas que deve ser realizada é o controle das plantas daninhas, para que o grau de interferência seja reduzido ao máximo. Segundo Pitelli (1987), interferência refere-se ao conjunto de ações que recebe uma determinada cultura ou atividade do homem, em decorrência da presença das plantas daninhas num determinado ambiente. Essa interferência ocorre principalmente pela competição pelos recursos do meio, como água, luz, nutrientes e espaço (BLANCO; CAMARGO, 1977).

O grau de interferência que ocorrerá no campo depende das manifestações de fatores ligados à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição), à própria cultura (espécie, variedade ou cultivar, espaçamento e densidade de plantio) e a época e extensão do período de convivência. Além disso, pode ser alterado pelas condições climáticas, edáficas e de tratos culturais (PITELLI, 1987).

Dentre os métodos de controle de plantas daninhas existentes, o controle químico por meio da aplicação de herbicidas é atualmente o método mais eficaz e por isso é o mais utilizado nas áreas agrícolas do Brasil e do mundo.

A intensidade de uso dos herbicidas e a ausência de métodos de controle alternativos são os fatores que mais influenciam a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas (ROMAN et al., 2004). Segundo Kissmann (2016), o termo biótipo é utilizado para designar um grupo de indivíduos com carga genética semelhante, pouco diferenciada daquela de indivíduos de outros grupos, numa espécie.

A seleção de biótipos resistentes ocorre à medida que indivíduos resistentes presentes naturalmente na população em baixa frequência inicial sobrevivem à aplicação de um determinado herbicida e se reproduzem, enquanto os indivíduos suscetíveis são eliminados (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO; SILVA, 1994). Esse processo de seleção natural imposto pela aplicação de herbicidas é contínuo e

a cada geração, a proporção de indivíduos resistentes e com maior fator de resistência aumenta na população, até que só restem plantas resistentes àquele determinado herbicida na área (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

No manejo das plantas daninhas com herbicidas, o glyphosate é considerado o herbicida de maior importância mundial, sendo utilizado a mais de 30 anos para o controle não seletivo de plantas daninhas anuais e perenes em diversos sistemas de produção (FAIRCLOTH et al., 2001; BLACKSHAW; HARKER, 2002).

Com o advento de novas culturas geneticamente modificadas para serem resistentes a algumas moléculas herbicidas, principalmente ao glyphosate, houve uma expansão do uso desse herbicida em todo o mundo. No Brasil isso ocorreu principalmente nas culturas da soja e do milho resistentes ao glyphosate no sistema de plantio direto, muito difundido por todo o Brasil.

O uso excessivo do glyphosate nas culturas geneticamente modificadas pode contribuir significativamente para a seleção de biótipos resistentes em espécies de plantas daninhas (JASIENIUK; BRULE-BABEL; MORRISON, 1996; KOGER; REDDY, 2005; LÓPEZ-OVEJERO, 2006).

No mundo já foram identificadas 35 espécies de plantas daninhas resistentes ao herbicida glyphosate, relatadas em 25 países diferentes sendo os Estados Unidos da América, Austrália, Brasil, Espanha e Argentina onde se encontram maior número de casos (HEAP, 2016).

No Brasil, o primeiro caso confirmado de uma espécie resistente ao glyphosate foi o azevém (*Lolium perenne* ssp. *Multiflorum*) no ano de 2003 (ROMAN et al., 2004). Depois, biótipos de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*) resistentes ao glyphosate também foram selecionados em 2005 (MOREIRA et al., 2007; LAMEGO; VIDAL, 2008). Três anos depois foi identificado um biótipo de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate (NICOLAI et al., 2010; ADEGAS et al., 2010; CARVALHO, 2011; MELO, 2011). Outra espécie de buva (*Conyza sumatrensis*) teve biótipos selecionados no Estado do Paraná nos anos de 2010 e 2011 (SANTOS et al., 2014). As últimas espécies resistentes ao glyphosate encontradas no Brasil foram o capim-branco (*Chloris polydactyla*) (BRUNHARO, 2014) e o *Amaranthus palmeri* (CARVALHO et al., 2015).

Nos últimos anos têm sido observadas constantes falhas no controle do capim-pé-de-galinha em áreas de produção de soja resistente ao glyphosate,

podendo ser resultado de um processo de seleção de indivíduos resistentes a este herbicida nessas áreas.

Entretanto até o momento apenas um caso de capim-pé-de-galinha resistente a herbicidas foi registrado no Brasil, no qual um biótipo resistente aos inibidores da acetil-CoA carboxilase (ACCase) foi selecionado no Estado do Mato Grosso (VIDAL et al., 2006), devido ao uso predominante desse mecanismo de ação para o controle de gramíneas na cultura da soja nos últimos 30 anos (OSUNA et al., 2012).

O capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn) é uma espécie monocotiledônea da Família Poaceae (Gramineae), encontrada em praticamente todas as regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo, sendo encontrada em quase todo território brasileiro (KISSMANN; GROTH, 1997). É considerada uma das gramíneas mais importantes no mundo, pois ela tem sido relatada como planta daninha problema em mais de 60 países e mais de 50 culturas (HOLM et al., 1977).

Por possuir excelentes características evolutivas e adaptativas para se desenvolver e se estabelecer em diversos ambientes e tendo sua presença incrementada significativamente nas áreas de produção de culturas transgênicas na última década, houve a necessidade da realização desta pesquisa, cujos objetivos foram: (i) identificar possíveis diferenças na suscetibilidade de populações de capim-pé-de-galinha ao glyphosate; (ii) encontrar alternativas de controle químico viáveis em relação ao glyphosate; (iii) estudar aspectos da biologia de diferentes populações de capim-pé-de-galinha, tais como crescimento, produção de sementes e germinação.

Referências

- ADEGAS, F.S.; GAZZIERO, D.L.P.; VOLL, E.; OSIPE, R. Diagnóstico da existência de Digitaria insularis resistente ao herbicida glyphosate no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010. Ribeirão Preto. **Resumos expandidos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 761-765.
- BLANCO, H.G.; CAMARGO, P.N. **Curso de atualização:** herbicidas em florestas, Piracicaba: IPEF, 1977. 145 p. (IPEF. Boletim Informativo Especial, 1).
- BLACKSHAW, R.E.; HARKER, K.N. Selective weed control with glyphosate in glyphosate-resistant spring wheat (*Triticum aestivum*), **Weed Technology**, Champaign, v. 16, p. 885-892, 2002.

BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA, M.F.; Biologia de plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ed. Omnipax, 2011. p. 1-36.

BRUNHARO, C.A.C.G.; **Resistência da planta daninha capim-branco (*Chloris polydactyla*) ao herbicida glyphosate**. 2014. 153 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CARVALHO, L.B. **Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate**. 2011. 118 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.

CARVALHO, S.J.P.; GONÇALVES NETTO, A.; NICOLAI, M.; CAVENAGHI, A.L.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Detection of glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in agricultural areas of Mato Grosso, Brazil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 579-586, 2015.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação a resistência de Plantas aos Herbicidas, 2008. p. 9-34.

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

FAIRCLOTH, W.H.; PATTERSON, M.G.; MONKS, C.D.; GOODMAN, W.R.. Weed management programs for glyphosate-tolerant cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Technology**, Champaign, v.15, p.544–551, 2001.

HEAP, I. **Internacional survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

HOLM, L.G.; PLUCKNETT D.L.; PANCHO, J.V; HERBERGER, J.P. **The world's worst weeds**: University Press. 1977. p.47-53.

JASIENIUK, M.; BRULE-BABEL, A.L; MORRISON, I.N. The evolution and genetics of herbicide resistance in weeds. **Weed Science**, Lawrence, v. 44, p.176-193, 1996.

KISSMANN, K.G. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Disponível: <http://www.hrac-br.com.br/arquivos/texto_reisitencia_herbicidas.doc>. Acesso em: 05 mar. 2016.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1997. v. 1, p. 553-558.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, Lawrence, v. 53, p. 84–89, 2005.

LAMEGO, F.P.; VIDAL, R.A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, p. 467-471, 2008.

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

MELO, M.S.C. **Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate**. 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MOREIRA, M.S.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de *Conyza canadenses* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-164, 2007.

NICOLAI, M.; MELO, M.S.C.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. ; CHRISTOFFOLETI, P.J. Monitoramento de infestações de populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suspeitas de resistência ao glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010. Ribeirão Preto, SP. **Resumos expandidos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 943-946.

OSUNA, M.D.; GOULART, I.C.G.R.; VIDAL, R.A.; KALSING, A. RUIZ SANTELLA, J.P.; DE PRADO, R. Resistance to ACCase inhibitors in *Eleusine indica* from Brazil involves a target site mutation. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 675-681, 2012.

PITELLI, R.A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.12, p.1–24, set.1987.

ROMAN, E.S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M.A.; MATTEI, R.W. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, p. 301-306, 2004.

SANTOS, G; OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J; CONSTANTIN, A. F; MACHADO, M.F.P.S.; MANGOLDIN, C.A.; NAKAJIMA, J.N. *Conyza sumatrensis*: a new weed species resistant to glyphosate in the Americas. **Weed Biology and Management**, Fukui, v. 14, p. 106-114, 2014.

VIDAL, R.A.; PORTES, E.S.; LAMEGO, F.P.; TREZZI, M.M. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, p. 163-171, 2006.

2 SUSCETIBILIDADE DIFERENCIAL DE POPULAÇÕES DE CAPIM-PÉ-DE-GALINHA (*Eleusine indica* L. Gaertn.) AO HERBICIDA GLYPHOSATE

Resumo

Nos últimos anos diversas espécies de plantas daninhas resistentes ao glyphosate foram selecionadas mediante o uso intensivo deste herbicida no controle de plantas daninhas, principalmente em culturas transgênicas resistentes ao mesmo. Devido às frequentes falhas no controle do capim-pé-de-galinha através do herbicida glyphosate, existe a suspeita da existência de biótipos resistentes a este herbicida no Brasil. Por esse motivo essa pesquisa foi realizada com o objetivo de verificar o nível de suscetibilidade de quatro populações de capim-pé-de-galinha provenientes de diferentes regiões, através da metodologia de curvas de dose-resposta. O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, em Piracicaba - SP, no período de outubro de 2014 a janeiro de 2015. As plantas foram avaliadas quanto a suscetibilidade em 3 estádios de desenvolvimento (2 a 3 perfilhos; 6 a 8 perfilhos; 10 a 12 perfilhos) no momento da aplicação. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente aleatorizado com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos de doses múltiplas do herbicida glyphosate, variando de 1/16D a 16D e testemunha sem aplicação de herbicidas, sendo D (dose) igual a 480 g e a. ha⁻¹ (2 a 3 perfilhos), 720 g e a. ha⁻¹ (6 a 8 perfilhos) e 960 g e a. ha⁻¹ (10 a 12 perfilhos). Foram realizadas avaliações de controle (C) numa escala de 0 a 100% e pesagem da massa seca (GR) das plantas. Os resultados obtidos demonstraram que existem diferenças entre as populações quanto à suscetibilidade ao glyphosate, tanto no parâmetro visual de controle quanto no percentual de redução de massa seca, nos quais a população de Primavera do Leste – MT (EIR2) foi a menos suscetível, sendo caracterizada como um caso de resistência de nível baixo. Para C₅₀ os FR (fator de resistência) variaram entre 3,4 e 6,4 (2 a 3 perfilhos); 2,7 e 4,4 (6 a 8 perfilhos) e 1,6 a 4,4 (10 a 12 perfilhos). As doses necessárias para controlar ou reduzir a massa seca das plantas da população EIR2 em 90% estiveram muito próximas da dose recomendada para a espécie (1440 g e.a. ha⁻¹), apesar disso se aplicações no campo forem realizadas corretamente, respeitando as doses, estádios de desenvolvimento e condições edafoclimáticas adequadas, essa população deve ser controlada adequadamente. Para complementar esse controle do glyphosate, outras moléculas com diferentes mecanismos de ação devem ser associadas no manejo das plantas daninhas, reduzindo a pressão de seleção de biótipos resistentes ao glyphosate. Se o manejo das plantas daninhas continuar sendo realizado com o uso intensivo do glyphosate em detrimento a um manejo racional e sustentável, em poucos anos biótipos de capim-pé-de-galinha resistentes a este herbicida poderão ser encontrados nas lavouras do Brasil.

Palavras-chave: Curva dose-resposta; Resistência; Estádios de desenvolvimento; Planta daninha

Abstract

Lately several species of weeds resistant to glyphosate were selected through the intensive use of this herbicide to control weeds, especially in transgenic crops

resistant to it. Due to the frequent failures to control of goosegrass to glyphosate, there is some suspicion of the existence of biotypes resistant to this herbicide in Brazil. For this reason this study was conducted with the objective of check the level of susceptibility of 4 goosegrass populations from different regions, through the methodology of dose-response curves. The experiment was conducted in vegetation house the Department of Plant Production of the College of Agriculture "Luiz de Queiroz" of the University of São Paulo in Piracicaba - SP, from October, 2014 to January, 2015. Plants were evaluated in 3 growth stage (2-3 tillers; 6-8 tillers; 10 to 12 tillers) at the time of application. The experimental outline was completely randomized with four repetitions. Treatments were made up of multiple doses to the herbicide glyphosate, ranging from 1/16D to 16D and control without application of herbicides, D being equal to 480 g e.a. ha⁻¹ (2 to 3 tillers), 720 g e.a. ha⁻¹ (6 to 8 tillers) and 960 g e.a. ha⁻¹ (10 to 12 tillers). Control evaluations were performed (C) on a scale from 0 to 100% and weighing the dry weight (GR) of plants. The results showed that there are differences among populations for susceptibility to glyphosate, both in visual parameter control as the dry mass reduction percentage, in which Primavera do Leste - MT population (EIR2) was the least susceptible, and characterized as a low resistance case. For C₅₀ FRs ranged from 3,4 to 6,4 (2 to 3 tillers); 2,7 to 4,4 (6 to 8 tillers) and 1,6 to 4,4 (10 to 12 tillers). The doses required to control or reduce the dry weight of plants EIR2 population 90% were very close to the recommended dose for the species (1440 g ha⁻¹), are nevertheless applications in the field are carried out correctly, respecting the doses, development stages and appropriate soil and climatic conditions, this population should be adequately controlled. In addition to this control of glyphosate, other molecules with different mechanisms of action should be involved in the management of weeds, reducing the selection pressure of resistant biotypes to glyphosate. If the weed management continues to be carried out with the intensive use of glyphosate over the rational and sustainable management, in a few years resistant goosegrass biotypes to this herbicide may be found in the fields of Brazil.

Keywords: Dose-response curve; Resistance; Stages of development; Weed

2.1 Introdução

O controle químico das plantas daninhas é fundamental para garantir o potencial produtivo das culturas, e o herbicida glyphosate é uma das ferramentas mais importantes nesse contexto, sendo utilizado nos mais diversos sistemas de produção há mais de 30 anos.

O glyphosate é um herbicida com ação pós-emergente do grupo químico das glicinas substituídas, sendo não seletivo e de ação sistêmica, apresentando elevado controle de plantas daninhas anuais e perenes, tanto monocotiledôneas quanto dicotiledôneas (GALLI, 2009). Ele permite a semeadura de culturas logo após a aplicação, em função de sua rápida e forte adsorção aos colóides do solo. Além

disso, sua persistência no ambiente é baixa, pois é altamente degradável por microrganismos presentes no solo (KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000).

A absorção do glyphosate ocorre através da parte aérea das plantas sendo transportado através da camada cuticular pelo processo de difusão, que é um processo lento e influenciado pelo gradiente de concentração entre a região de deposição do produto e o interior da planta, o que explica o fato de pulverizações com baixos volumes de calda aumentarem a absorção e a eficácia do glyphosate (FRANZ; MAO; SIKORSKI, 1997; KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000). Novas formulações têm sido criadas e estudadas nos últimos anos visando reduzir o tempo de absorção do glyphosate.

A translocação do herbicida glyphosate ocorre pelo simplasto, ocorrendo acúmulo em tecidos subterrâneos, tecidos imaturos e meristemas (VELINI et al., 2009). A ação do glyphosate resulta inicialmente no amarelecimento da planta, redução no crescimento, seguida de necrose e morte da planta.

O herbicida glyphosate possui como mecanismo de ação a inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que é a responsável pela reação de conversão do chiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato em EPSP e fosfato inorgânico, na rota do ácido chiquímico (GEIGER; FUCHS, 2002; VELINI et al., 2009). A inibição da EPSPs resulta no acúmulo de ácido chiquímico nas plantas e na redução da biossíntese de aminoácidos aromáticos, como triptofano, tirosina e fenilalanina, fundamentais na alocação do carbono nas plantas. Além disso, ocorre uma interferência na síntese de outros compostos envolvidos na regulação do crescimento ou na defesa das plantas, como os taninos condensados, antocianinas, vitamina E, ácido indolacético (AIA), ácido salicílico, lignina, flavonas, isoflavonas, fenilpropanóides e cumarinas (VELINI et al., 2009).

A enzima EPSPs está presente em todas as espécies de plantas, bem como nos fungos e na maioria das bactérias, o que torna o glyphosate um herbicida não seletivo no controle das plantas daninhas. A toxicidade do glyphosate é baixa nos seres humanos e outros animais, pois nos animais a enzima EPSPs não existe, e, portanto, a obtenção de aminoácidos aromáticos ocorre a partir de suas dietas (VIDAL; MEROTTO Jr., 2001).

As características da molécula do glyphosate fazem com que ele seja considerado um dos herbicidas mais importantes do mundo, porém com a expansão do uso do glyphosate na dessecação e manejo de plantas daninhas em culturas

resistentes ao glyphosate, houve um aumento da pressão de seleção de biótipos resistentes (KOGER; REDDY, 2005; LÓPEZ-OVEJERO, 2006).

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é a capacidade inerente e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população, de sobreviver e se reproduzir após a aplicação de um herbicida na dose recomendada para o controle de uma população comum (suscetível) da mesma espécie (HOLT; LeBARON, 1990; HEAP, 2005; ROMAN et al., 2007; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008; GAZZIERO et al., 2009).

Diferente da resistência, a tolerância é a capacidade natural de uma determinada espécie de sobreviver às doses de um determinado herbicida recomendadas normalmente para as demais espécies de plantas daninhas. Isso quer dizer que todas as plantas daquela espécie são tolerantes, não havendo, portanto, biótipos suscetíveis ou resistentes àquele determinado herbicida (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). Algumas espécies são consideradas tolerantes ao herbicida glyphosate, pois não são controladas eficientemente por doses entre 1440 e 2160 g e.a. ha⁻¹ que normalmente controlam a maioria das demais espécies. Dentre as espécies podemos destacar *Ipomoea hederifolia*, *Ipomoea triloba*, *Commelina benghalensis* e *Richardia brasiliensis* (MONQUERO; CURY; CHRISTOFFOLETI, 2005).

O processo de seleção de plantas daninhas vem ocorrendo ao longo dos anos no Brasil e no mundo. Desde 2003, ano do primeiro relato confirmado de uma espécie de planta daninha resistente ao glyphosate no Brasil, 7 espécies foram selecionadas ao mesmo herbicida (HEAP, 2016). Uma das espécies cujo controle tem sido constantemente caracterizado como deficiente em áreas de produção de soja transgênica é o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn.).

Existem atualmente 29 relatos de biótipos de *Eleusine indica* resistentes aos herbicidas em 11 países (Argentina, Austrália, Bolívia, Brasil, China, Colômbia, Costa Rica, Indonésia, Japão, Malásia e Estados Unidos). Biótipos de capim-pé-de-galinha resistentes ao herbicida glyphosate foram confirmados em 9 desses países, com exceção de Brasil e Austrália (HEAP, 2016).

O primeiro relato de uma planta de capim-pé-de-galinha resistente ao herbicida glyphosate ocorreu em 1997 na Malásia (LEE; NGIM, 2000). Outros casos de *Eleusine indica* resistente ao glyphosate foram relatados no mundo desde então

(BAERSON et al., 2002; NG et al., 2004; KAUNDUN et al., 2008; MUELLER, et al., 2011).

Atualmente já existem 10 casos de capim-pé-de-galinha resistente ao glyphosate, o que confirma que o uso excessivo deste herbicida favoreceu a seleção desses biótipos no mundo (HEAP, 2016).

O capim-pé-de-galinha é uma planta anual, herbácea, entouceirada e fortemente enraizada, podendo adquirir morfologia cespitosa, ereta ou semi-prostrada, medindo entre 30 e 70 cm de altura (KISSMANN; GROTH, 1997; LORENZI, 2006).

Para confirmação de um biótipo resistente a um herbicida, algumas premissas devem necessariamente ser atendidas: (i) cumprimento da definição de resistência da Weed Science Society of America - WSSA e do International Survey of Herbicide-Resistant Weeds; (ii) obtenção de dados que comprovem a resistência entre biótipos de uma mesma espécie a um determinado herbicida ou mecanismo de ação; (iii) a resistência deve ser herdável, e, por esse motivo os experimentos devem ser realizados a partir de sementes obtidas no campo e não da coleta de plantas inteiras para posterior aplicação de herbicidas; (iv) demonstração prática da resistência no campo, no qual é necessário que haja diferenças entre o controle dos biótipos suscetível e resistente, sendo considerada apenas a resistência agrônômica neste caso; (v) a planta daninha deve ter sido selecionada no campo, e não através de uma seleção artificial de forma deliberada (WSSA, 1998; HEAP, 2005).

Para a caracterização inicial da diferença de controle entre os biótipos e assim classificá-lo como resistente ou não, caso ele atenda às demais premissas, o teste mais indicado é a realização de curvas de dose-resposta em condições controladas (estufas, câmaras de crescimento, casas de vegetação, etc.) utilizando plantas inteiras obtidas a partir de sementes (HEAP, 2005).

Nesse teste é utilizada uma gama de doses do herbicida a ser avaliado, em doses abaixo e acima da recomendada para o controle da espécie em campo. Com isso obtêm-se os valores de C_{50} e GR_{50} que são as doses necessárias para o controle de 50% das plantas ou reduzir a massa da parte aérea em 50%, respectivamente (HEAP, 2005; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). A partir dos valores de C_{50} ou GR_{50} encontrados para os biótipos, obtêm-se o fator de resistência (FR), que corresponde ao número de vezes que a dose necessária para o controle da população resistente é maior do que a dose que causa o mesmo efeito

na população suscetível (HALL; STROME; HORSMAN, 1998; CHRISTOFFOLETI, 2002; CAMPOS et al., 2009);

Se houver diferenças estatísticas entre os biótipos quanto a esses parâmetros, a resistência pode ser então caracterizada. Entretanto podem ocorrer casos em que as plantas possuam diferenças significativas no controle, possuindo, por exemplo, um fator de resistência igual a 4 e ambos os biótipos serem controlados pela dose recomendada em bula do herbicida, o que caracteriza um caso de resistência científica ou de nível baixo, pois no campo ambos os biótipos serão controlados (HEAP, 2005).

Para que um caso de suspeita de resistência seja confirmado e assim reportado como um novo caso de resistência de plantas daninhas no mundo, a definição de resistência agrônômica deve ser atendida, no qual a diferença no controle entre os biótipos deve ocorrer em doses acima da recomendada em bula do herbicida, além de atender aos demais critérios descritos anteriormente (HEAP, 2005).

O estágio de desenvolvimento em que as plantas se encontram no momento da aplicação pode influenciar no FR, no qual normalmente as plantas mais jovens são controladas por doses menores do que as necessárias para o controle de plantas em estádios mais avançados de desenvolvimento (SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2007).

No Brasil, a dose de glyphosate recomendada para o controle de *Eleusine indica*, varia de 360 a 1440 g e.a. ha⁻¹ dependendo do fabricante ou estágio de desenvolvimento (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Por isso este trabalho foi realizado para caracterizar a diferença de suscetibilidade de populações de capim-pé-de-galinha ao herbicida glyphosate em diferentes estádios de desenvolvimento.

2.2 Material e Métodos

Proveniência das sementes de capim-pé-de-galinha

As populações de capim-pé-de-galinha utilizadas nesta pesquisa foram coletadas em quatro locais distintos e encontram-se descritos na Tabela 1. As populações EIR1 e EIR2 foram coletadas a partir de plantas que não foram controladas pela aplicação no campo da dose máxima recomendada (1440 g e.a. ha⁻¹

1) do herbicida glyphosate para o controle de *Eleusine indica* (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). As sementes foram coletadas quando as plantas de capim-pé-de-galinha apresentavam-se em maturidade fisiológica e as sementes aparentemente maduras. Já a população EIR3 foi coletada em área urbana no qual foram observados que plantas desta espécie estavam sendo selecionadas pela aplicação frequente do herbicida glyphosate nas calçadas e terrenos desabitados. Já a população EIS foi coletada em local sem histórico de aplicação de herbicidas. Após a coleta das amostras, as sementes foram armazenadas em sacos de papel devidamente identificados e estes foram armazenados em câmara fria até o momento da utilização.

Tabela 1 - Origem, identificação (sigla) e suspeita em relação à resistência ao glyphosate, referente às quatro populações de *Eleusine indica* estudadas no trabalho. Piracicaba – SP, 2016

Origem	Sigla	Suspeita
Guarapuava - PR	EIR1	Resistente
Primavera do Leste – MT	EIR2	Resistente
Piracicaba – SP	EIR3	Resistente
Pedra Preta - MT	EIS	Suscetível

Curvas de dose-resposta em casa de vegetação

A instalação e avaliação do experimento de curvas de dose-resposta foram realizadas em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, em Piracicaba - SP, no período de outubro de 2014 a janeiro de 2015.

A suscetibilidade diferencial das populações de capim-pé-de-galinha foi avaliada em 3 estádios de desenvolvimento das plantas daninhas no momento da aplicação, sendo eles: i) 2 a 3 perfilhos; ii) 6 a 8 perfilhos; iii) 10 a 12 perfilhos. Nas condições desta pesquisa o último estágio representou o pré-florescimento das plantas de capim-pé-de-galinha.

As quatro populações de capim-pé-de-galinha foram semeadas em bandejas plásticas com capacidade para 2,0 L, preenchidas com substrato comercial, e colocadas sob condições de casa de vegetação, sendo irrigadas diariamente. Quando as plantas atingiram o estágio fenológico de 1-2 folhas definitivas, foram

transplantadas para vasos plásticos preenchidos com substrato comercial, cuja capacidade era de 1,0 L para o primeiro estágio e de 3,0 L para os estágios mais avançados. As plantas foram deixadas na densidade de uma planta por vaso. Os vasos foram adubados antes do transplante e foram irrigados diariamente até o final do experimento.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente aleatorizado com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos de doses múltiplas do herbicida glyphosate, variando de 1/16D a 16D e testemunha sem aplicação de herbicidas, sendo D (dose) igual a 480 gramas de equivalente ácido de glyphosate por hectare (g e.a. ha⁻¹) para o estágio de 2 a 3 perfilhos, 720 g e.a. ha⁻¹ para o estágio de 6 a 8 perfilhos e de 960 g e.a. ha⁻¹ para o estágio de 10 a 12 perfilhos.

As pulverizações foram realizadas por meio de pulverizador costal de pressão constante e pressurizado com CO₂, equipado com bico de pulverização de jato leque Teejet TT 110.02. O volume de aplicação utilizado para o experimento foi de 150,0 L ha⁻¹.

Foram realizadas avaliações de eficácia de controle, em dados percentuais, aos 7, 14, 21 e 28 dias após tratamento (DAT). Para eficácia de controle foi atribuído 0% quando da ausência de efeitos fitotóxicos do herbicida e 100% quando as plantas estavam completamente mortas, conforme metodologia proposta por Velini (1995). Aos 28 DAT foi realizada a coleta da matéria fresca em sacos de papel e estas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas. Os valores obtidos para a variável massa seca foram corrigidos para valores percentuais por meio da comparação da massa obtida nos tratamentos herbicidas com a massa da testemunha, considerada 100%, assim como realizado por Carvalho (2006) e Ulguim (2012).

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos à análise de variância. A partir dos dados obtidos aos 28 DAT foram construídas curvas de dose-resposta das quatro populações tendo como variável independente as doses de glyphosate estudadas. As variáveis controle e massa seca foram ajustadas ao modelo proposto por Knezevic et al. (2007), com a equação $y = d / 1 + \exp [b (\log x - \log e)]$. Em que y é a variável avaliada; x é a dose do herbicida; e “b”, “d”, “e” são parâmetros da curva, de modo que “b” é a declividade da curva, “d” é o limite superior da curva e “e” a dose que proporciona 50% de resposta da variável. Sendo que o limite inferior é 0 (zero).

A partir dos dados obtidos e submetidos ao modelo estatístico utilizando-se o software estatístico R foram obtidos os valores de C_{50} , C_{90} e GR_{50} , GR_{90} de cada uma das quatro populações. O C_{50} e o GR_{50} são as doses que resultam em 50% de controle ou redução da massa da planta daninha, enquanto que C_{90} e GR_{90} são as doses que controlam e reduzem a massa em 90% (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). Esses parâmetros C e GR foram utilizados para obter os fatores de resistência (FR) da população com maior dificuldade de controle em relação às demais.

2.3 Resultados e Discussão

Estádio de 2 a 3 perfilhos

A seguir são apresentados os resultados obtidos nas curvas de dose-resposta com as 4 populações de capim-pé-de-galinha utilizados no experimento, para o estágio de 2 a 3 perfilhos (Figuras 1 e 2). A estimativa das doses necessárias para o controle (C) e redução de matéria seca (GR) de 50 e 90% é apresentada na Tabela 2. Os parâmetros da equação estimados para geração das curvas são apresentados na Tabela 3.

Figura 1 - Curva de dose-resposta para avaliação visual de controle (C) das populações de capim-pé-de-galinha, aos 28 dias após tratamento (DAT) com glyphosate no estágio de 2 a 3 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Figura 2 - Curva de dose-resposta para avaliação da redução percentual da massa seca (GR) em relação às testemunhas das populações de capim-pé-de-galinha, aos 28 dias após tratamento (DAT) com glyphosate no estágio de 2 a 3 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Tabela 2 - Doses de glyphosate (g e.a. ha⁻¹) necessárias para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50 e 90% das populações de capim-pé-de-galinha, em comparação com as testemunhas, determinando o fator de resistência (FR) da população menos suscetível em relação as mais suscetíveis, no estágio de 2 a 3 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Populações	C ¹		GR ¹	
	Controle visual		Massa seca	
	50	90	50	90
EIR1	230,24	676,86	143,44	823,31
EIR2	1036,73	3619,10	278,74	1380,44
EIR3	160,74	836,96	68,66	761,54
EIS	300,63	917,40	258,26	462,38
FR ² :EIR2/EIR1	4,50	5,35	1,94	1,68
FR: EIR2/EIR3	6,45	4,32	4,06	1,81
FR: EIR2/EIS	3,46	3,94	1,08	2,99

¹Dose para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50 ou 90%, em comparação com as testemunhas. ²Fator de resistência (FR) para o C ou GR₅₀% e C ou GR₉₀%

Tabela 3 - Parâmetros estimados para as curvas das populações de capim-pé-de-galinha aplicados no estágio de 2 a 3 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Parâmetros estimados baseados na regressão não linear				
Populações	b ± EPM	d ± EPM	e ± EPM	
Controle visual (C)	EIR1	- 1,826 ± 0,211	102,559 ± 2,094	230,242 ± 13,635
	EIR2	-1,072 ± 0,112	113,564 ± 7,021	1036,727 ± 171,883
	EIR3	-1,059 ± 0,095	105,689 ± 2,703	160,742 ± 14,823
	EIS	-1,692 ± 0,185	103,622 ± 2,346	300,627 ± 19,008
Populações	b ± EPM	d ± EPM	e ± EPM	
Massa seca (GR)	EIR1	1,257 ± 0,273	90,971 ± 7,268	143,439 ± 35,513
	EIR2	1,373 ± 0,183	103,461 ± 4,335	278,740 ± 35,560
	EIR3	0,913 ± 0,121	97,924 ± 5,820	68,663 ± 14,808
	EIS	3,772 ± 0,957	92,450 ± 3,080	258,260 ± 17,275

“b” = declividade da curva; “d” = limite superior da curva; “e” = dose que proporciona 50% de resposta da variável; EPM = erro padrão da média

Podemos observar na Tabela 2, que o FR da população EIR2 em relação às demais, variou de 3,4 a 6,4 para o parâmetro C₅₀ e de 1,1 a 4,0 para o GR₅₀. Isso

indica que existe uma diferença de suscetibilidade no controle da população EIR2, já que esta necessita de doses maiores para obtenção de controle satisfatório. Para reduzir o crescimento da população EIR2 em 90% (GR_{90}) foram necessários 1380 g e.a. ha^{-1} , valor muito próximo a dose máxima recomendada para o controle do capim-pé-de-galinha no Brasil, que é de 1440 g e.a. ha^{-1} (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Comparando os valores de C_{50} (1036 g e.a. ha^{-1}) e GR_{50} (278 g e.a. ha^{-1}) da população EIR2 com outros valores encontrados para biótipos de *Eleusine indica* resistentes a glyphosate em estádios iniciais, notamos que os valores são semelhantes. Para a variável C_{50} e GR_{50} , Mueller et al. (2011) verificaram que um biótipo resistente a glyphosate nos EUA, necessitou de 868 e 261 g e.a. ha^{-1} , resultando em FR de 7,4 e 3,1 quando comparado com as doses encontradas para o biótipo suscetível. Em um biótipo de capim-pé-de-galinha resistente ao glyphosate, nas Filipinas, Kaundun et al. (2008) encontraram valor de FR de 2,8 em relação ao biótipo suscetível, com GR_{50} de 227 g e.a. ha^{-1} . O primeiro biótipo resistente ao glyphosate no mundo encontrado na Malásia não obteve controle superior a 25% na dose de 5760 g e.a. ha^{-1} , sendo encontrado um fator de resistência entre 8 e 12 sobre o biótipo suscetível (LEE; NGIM, 2000).

Os resultados encontrados para as populações deste estudo são semelhantes aos descritos por Corbett et al. (2004), que concluíram que plantas suscetíveis de capim-pé-de-galinha de até 10 cm de altura são controladas ao nível de 99% na dose de 840 g e. a. ha^{-1} . Nesse estágio apenas a população EIR2 necessitou de doses maiores para ser controlado adequadamente.

É importante ressaltar que as doses recomendadas para a mesma espécie variam em cada país, o que influencia na caracterização da resistência pela definição de resistência agrônômica. No Brasil, as doses recomendadas para o controle de *Eleusine indica* variam de 360 a 1440 g e.a. ha^{-1} , enquanto nos EUA a dose recomendada de glyphosate varia de 610 a 1220 g e.a. ha^{-1} para as culturas da soja, milho e algodão (MUELLER, 2011). Isso quer dizer que se uma dose intermediária, como por exemplo, 960 g e.a. ha^{-1} fosse adotada como parâmetro para definir a resistência para essa planta daninha no Brasil, a população EIR2 seria considerado um caso de resistência agrônômica e assim seria reportado como um novo biótipo resistente no mundo. Entretanto nessa pesquisa adotou-se o critério de utilizar a dose máxima como recomendada para a espécie assim como proposto por

Gazziero et al. (2009) e por esse motivo a população EIR2 foi caracterizada como um caso de resistência de nível baixo.

Neste estágio também foi possível observar que as populações suspeitas de resistência (EIR1 e EIR3) foram controladas por doses entre 760 e 820 g e.a. ha⁻¹ e foram consideradas suscetíveis, assim como a população EIS cuja dose necessária para controle de 90% foi de 460 g e.a. ha⁻¹.

NG et al. (2004) estudando a herança genética da resistência ao glyphosate em plantas de capim-pé-de-galinha encontraram um FR entre os biótipos R e S de 6,3. Quando realizaram cruzamentos entre indivíduos parentais homozigotos (♀S x ♂R e ♀R x ♂S) verificaram que os indivíduos resultantes (F1) possuem resistência intermediária (biótipos I) com FR de 2,8 e 3,2 em relação ao biótipo S. Portanto, a resistência de *Eleusine indica* ao glyphosate possui herança nuclear, o que significa que os genes que conferem a resistência podem ser transmitidos pelos grãos de pólen para plantas suscetíveis e os indivíduos da geração subsequente possuirão resistência intermediária em relação aos parentais (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). A menor resistência da geração F1 em relação ao parental R indica que a resistência é codificada por um alelo com dominância incompleta sobre o alelo suscetível. Em casos em que a curva de dose resposta do F1 é similar ao S, a resistência do biótipo R é conferida por um gene recessivo e quando a curva é similar ao R isso indica que um gene dominante controla a resistência (MURRAY; MORRISON; BRULE-BABEL, 1995). Para verificar se a resistência do capim-pé-de-galinha ao glyphosate era conferida por um único gene ou por vários, NG et al. (2004) estudaram a segregação com as gerações F2 e F3 dos cruzamentos entre R e S e uma proporção de 1:2:1 (S-I-R) foi encontrada, assim como esperado por um modelo de único gene com base na genética Mendeliana, confirmando que a resistência do capim-pé-de-galinha ao glyphosate é controlada por um único gene semi-dominante. Entretanto na natureza a produção de indivíduos heterozigotos (I) de capim-pé-de-galinha não é normalmente esperada, já que o capim-pé-de-galinha é uma espécie autógama (BAIRD et al., 1992).

Os mecanismos de metabolização do glyphosate e absorção ou translocação diferencial do herbicida não estão associados com a resistência de biótipos de capim-pé-de-galinha ao glyphosate (TRAN; BAERSON; BRINKER, 1999). Segundo Baerson et al. (2002), o mecanismo que confere a resistência de plantas de capim-pé-de-galinha ao glyphosate está relacionado com a substituição do aminoácido

prolina por uma serina na região 106 da EPSPs, causada pela substituição da base nitrogenada citosina por uma timina. Essa substituição é a mesma identificada em uma EPSPs insensível encontrada na bactéria *Salmonella typhimurium*. O mesmo autor verificou que a atividade da enzima EPSPs dos biótipos resistentes tratados com glyphosate foi 5 vezes maior do que a do biótipo suscetível. A mesma alteração na Prolina¹⁰⁶ proporcionou a resistência de um biótipo nos EUA cujo FR encontrado variou entre 2 e 4 em plantas inteiras e entre 5 e 8 em ensaios de acúmulo de shikimato (MOLIN; WRIGHT; NANDULA, 2013).

Diferenças entre o acúmulo de shikimato de populações de capim-pé-de-galinha também foram identificadas por Silva et al. (2014), no qual uma população acumulou 4 vezes mais shikimato do que a outra após a aplicação de glyphosate, porém como ambas são controladas pelas doses recomendadas este foi caracterizado como um caso de resistência de nível baixo ao glyphosate.

Outras espécies resistentes ao glyphosate também foram estudadas por diversos autores, cujos fatores de resistência não são muito elevados quando comparados a resistência a outros mecanismos de ação, como os inibidores da ALS e ACCase.

Em estudos com capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate, Adegas et al. (2010) encontraram FR de 6,4, Nicolai et al. (2010) encontraram FR de 7,5, enquanto Melo (2011), encontrou FR entre 3,7 e 4,9 em função do estágio de aplicação. Brunharo (2014) estudou o capim-branco que não possui registro no Brasil para controle a partir de glyphosate e calculou empiricamente a dose recomendada dessa espécie a partir da média de controle (GR_{80}) de várias populações, encontrando um valor de aproximadamente 720 g e.a. ha^{-1} e no mesmo trabalho verificou que o FR entre os biótipos resistentes e suscetíveis variou entre 4 e 7.

Moreira (2008) determinou que o FR em biótipos de *Conyza canadensis* resistentes ao glyphosate variou de 6,1 a 6,6, e para *C. bonariensis* o FR variou entre 1,5 e 5 com base nos valores de GR_{50} . Recentemente, Carvalho et al. (2015) encontraram um biótipo de *Amaranthus palmeri* resistente ao glyphosate na região Centro-Oeste do Brasil cujo GR_{80} foi de aproximadamente 4500 g e.a. ha^{-1} , e compararam com biótipos de caruru da espécie *Amaranthus hybridus*, já que não existiam relatos anteriores do caruru-palmeri no Brasil, não existindo, portanto, uma

população suscetível. Os biótipos de *A. hybridus* foram controlados com doses entre 370 e 540 g e.a. ha⁻¹, sendo 10 vezes mais suscetíveis do que o *A. palmeri*.

Em um estudo comparando genótipos diploides ($2n = 14$ cromossomos) e tetraploides ($4n = 28$ cromossomos) de azevém (*Lolium multiflorum*) utilizados normalmente como cultura de cobertura no sistema de plantio direto, Dors et al. (2010) verificaram que existe uma diferença significativa entre a suscetibilidade desses genótipos ao herbicida glyphosate e também em função do estágio de aplicação. Para a variável GR₅₀, o genótipo tetraploide apresentou FR de 1,9 (2 folhas), 2,2 (4 perfilhos), 1,8 (pré-florescimento) e 2,6 (formação de grãos), e as doses necessárias para controle de 90% das plantas dos genótipo $2n$ e $4n$ foram de 680 e 1590 g e.a. ha⁻¹, respectivamente, no estágio de 2 folhas e de 1620 e 2280 g e.a. ha⁻¹ no estágio de 4 folhas, sendo que as doses máximas de glyphosate recomendadas para o azevém são de 1440 g e.a. ha⁻¹, indicando que pode haver dificuldades no controle dessas plantas, quando infestarem as culturas subsequentes como trigo, aveia, cevada e soja.

No Estado do Mato Grosso, na região Centro-Oeste do Brasil, biótipos de capim-pé-de-galinha foram relatados como sendo resistentes aos inibidores da ACCase (VIDAL et al., 2006). Esses autores verificaram que um biótipo era 18 vezes mais resistente ao sethoxydim em relação a um biótipo suscetível, e ainda possuía resistência cruzada ao cyhalofop, fenoxaprop, butroxydim e propaquizafop, cujos níveis de resistência variam entre si. Já Osuna et al. (2012) verificaram os níveis de resistência aos inibidores da ACCase de um biótipo de capim-pé-de-galinha coletado na mesma região do estudo anterior e esse apresentou valores de FR extremamente elevados, da ordem de 143 (fenoxaprop-P-ethyl), 126 (haloxyfop-methyl), 84 (sethoxydim) e 58 (fluazifop-P-butyl), sendo confirmado no mesmo estudo que o mecanismo que confere essa resistência está relacionado com uma mutação na enzima ACCase onde ocorreu uma alteração de uma base nitrogenada resultando na substituição do aminoácido codificado de asparagina para glicina.

López-Ovejero et al. (2006) avaliando a suscetibilidade de alguns biótipos de *Bidens pilosa* e *B. subalternans* a herbicidas inibidores da ALS, verificaram que 4 biótipos apresentam resistência ao chlorimuron (sulfoniuréias) com FR entre 18 e 64, e 2 biótipos de *B. subalternans* possuíam também resistência ao imazethapyr (imidazolinonas) com FR de 1,8 e 12 em relação ao biótipo suscetível. Santos et al. (2014) avaliaram o controle de populações de buva (*Conyza sumatrensis*) com o

herbicida chlorimuron-ethyl, e verificaram que existe diferença de suscetibilidade entre as populações, sendo encontrado FR entre 1,8 e 5,2 (C_{50}) e 2,8 a 7 (GR_{50}). Entretanto todas as populações são controladas por doses abaixo da dose máxima recomendada de chlorimuron-ethyl de 20 g i.a. ha^{-1} e por isso as populações mais difíceis de serem controladas são consideradas como casos de resistência de nível baixo.

Estádio de 6 a 8 perfilhos

No estágio intermediário de 6 a 8 perfilhos as curvas são observadas nas Figuras 3 e 4, e as doses necessárias para o controle (C) e redução de matéria seca (GR) de 50 e 90% são apresentadas na Tabela 4. Os parâmetros da equação estimados para geração das curvas são apresentados na Tabela 5.

Figura 3 - Curva de dose-resposta para avaliação visual de controle (C) das populações de capim-pé-de-galinha, aos 28 dias após tratamento (DAT) com glyphosate no estágio de 6 a 8 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Figura 4 - Curva de dose-resposta para avaliação da redução percentual da massa seca (GR) em relação às testemunhas das populações de capim-pé-de-galinha, aos 28 dias após tratamento (DAT) com glyphosate no estágio de 6 a 8 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Tabela 4 - Doses de glyphosate (g e.a. ha⁻¹) necessárias para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50 e 90% das populações de capim-pé-de-galinha, em comparação com as testemunhas, determinando o fator de resistência (FR) da população menos suscetível em relação as mais suscetíveis, no estágio de 6 a 8 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Populações	C ¹		GR ¹	
	Controle visual		Massa seca	
	50	90	50	90
EIR1	100,05	248,27	36,64	487,03
EIR2	339,17	1071,0	388,55	2382,56
EIR3	77,12	262,45	119,03	3701,47
EIS	126,04	338,5	55,31	5772,41
FR ² :EIR2/EIR1	3,39	4,31	10,60	4,89
FR: EIR2/EIR3	4,40	4,08	3,26	0,64
FR: EIR2/EIS	2,69	3,16	7,02	0,41

¹Dose para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50 ou 90%, em comparação com as testemunhas. ²Fator de resistência (FR) para o C ou GR₅₀% e C ou GR₉₀%

Tabela 5 - Parâmetros estimados para as curvas das populações de capim-pé-de-galinha aplicados no estádio de 6 a 8 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Parâmetros estimados baseados na regressão não linear				
Populações		b ± EPM	d ± EPM	e ± EPM
Controle visual (C)	EIR1	-2,325 ± 0,135	100,876 ± 0,864	100,051 ± 2,824
	EIR2	-1,683 ± 0,092	102,997 ± 1,199	339,172 ± 11,927
	EIR3	-1,696 ± 0,099	101,278 ± 0,914	77,121 ± 2,729
	EIS	-2,237 ± 0,144	99,869 ± 0,921	126,039 ± 3,679
Populações		b ± EPM	d ± EPM	e ± EPM
Massa seca (GR)	EIR1	0,849 ± 0,382	100,772 ± 6,824	36,642 ± 16,736
	EIR2	1,211 ± 0,238	105,840 ± 5,438	388,549 ± 60,768
	EIR3	0,639 ± 0,119	103,057 ± 6,577	119,030 ± 33,637
	EIS	0,473 ± 0,108	101,227 ± 6,770	55,308 ± 25,692

“b” = declividade da curva; “d” = limite superior da curva; “e” = dose que proporciona 50% de resposta da variável; EPM = erro padrão da média

No estádio intermediário de crescimento, de 6 a 8 perfilhos, novamente houve uma necessidade maior de glyphosate para obter controle satisfatório da população EIR2 com C_{90} de 1071 g e.a ha⁻¹. Os fatores de resistência nesse estádio variam de 2,7 a 4,4 para o parâmetro C_{50} e de 3,2 a 10,6 para o GR_{50} , o que confirma a hipótese de que a população EIR2 possui resistência de nível baixo.

Os valores elevados encontrados para GR_{90} (Tabelas 4 e 6) em plantas cuja aplicação ocorre em estádios de desenvolvimento mais avançado tendem a ser superestimados, pois apesar de uma determinada dose causar a morte da planta, a mesma já havia acumulado certa quantidade de matéria seca antes da aplicação, sendo que a ação do glyphosate causa apenas a clorose e necrose das plantas, não havendo um processo de desintegração das plantas. Portanto a diferença evidente entre as testemunhas sem aplicação e as plantas mortas observadas enquanto matéria fresca durante as avaliações visuais é reduzida substancialmente, o que faz com que os níveis de controle para a variável massa seca não atinjam 100%, apesar das plantas estarem mortas, dando a impressão de que o controle máximo gira em torno de 80% para todas as populações mesmo em doses extremamente elevadas (Figuras 4 e 6).

Estádio de 10 a 12 perfilhos

As curvas do último estágio de aplicação (10 a 12 perfilhos) são apresentadas nas Figuras 5 e 6, e as doses necessárias para o controle (C) e redução de matéria seca (GR) de 50 e 90% são apresentadas na Tabela 6. Os parâmetros da equação estimados para geração das curvas são apresentados na Tabela 7.

Figura 5 - Curva de dose-resposta para avaliação visual de controle (C) das populações de capim-pé-de-galinha, aos 28 dias após tratamento (DAT) com glyphosate no estágio de 10 a 12 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Figura 6 - Curva de dose-resposta para avaliação da redução percentual da massa seca (GR) em relação às testemunhas das populações de capim-pé-de-galinha, aos 28 dias após tratamento (DAT) com glyphosate no estágio de 10 a 12 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Tabela 6 - Doses de glyphosate (g e.a. ha⁻¹) necessárias para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50 e 90% das populações de capim-pé-de-galinha, em comparação com as testemunhas, determinando o fator de resistência (FR) da população menos suscetível em relação as mais suscetíveis, no estágio de 10 a 12 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Populações	C ¹		GR ¹	
	Controle visual		Massa seca	
	50	90	50	90
EIR1	131,96	306,69	118,61	240,66
EIR2	583,90	1460,5	496,59	1290,00
EIR3	192,38	375,22	211,46	329,69
EIS	364,60	1372,6	494,80	14607,02
FR ² :EIR2/EIR1	4,42	4,76	4,19	5,36
FR: EIR2/EIR3	3,03	3,89	2,35	3,91
FR: EIR2/EIS	1,60	1,06	1,00	0,09

¹Dose para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50 ou 90%, em comparação com as testemunhas. ²Fator de resistência (FR) para o C ou GR₅₀% e C ou GR₉₀%

Tabela 7 - Parâmetros estimados para as curvas das populações de capim-pé-de-galinha aplicados no estádio de 10 a 12 perfilhos. Piracicaba – SP, 2016

Parâmetros estimados baseados na regressão não linear				
Populações		b ± EPM	d ± EPM	e ± EPM
Controle visual (C)	EIR1	-2,554 ± 0,227	100,440 ± 1,134	131,960 ± 4,759
	EIR2	-2,222 ± 0,226	101,738 ± 1,567	583,904 ± 23,016
	EIR3	-3,170 ± 0,280	100,828 ± 1,152	192,376 ± 6,219
	EIS	-1,423 ± 0,096	103,637 ± 1,668	364,602 ± 19,452
Populações		b ± EPM	d ± EPM	e ± EPM
Massa seca (GR)	EIR1	3,105 ± 0,633	103,070 ± 4,392	118,606 ± 7,569
	EIR2	2,302 ± 0,461	93,998 ± 3,144	496,587 ± 39,250
	EIR3	4,947 ± 1,978	97,546 ± 3,578	211,464 ± 11,402
	EIS	0,649 ± 0,074	100,202 ± 4,703	494,797 ± 106,007

“b” = declividade da curva; “d” = limite superior da curva; “e” = dose que proporciona 50% de resposta da variável; EPM = erro padrão da média

Nesse estádio avançado de desenvolvimento, foram necessárias doses próximas do máximo recomendado nas populações EIR2 e EIS. Analisando o parâmetro GR₅₀ de todas as populações ao longo dos 3 estádios de desenvolvimento, nota-se que existe uma maior dificuldade de controle a medida que as plantas se desenvolvem, o que pode estar favorecendo a ocorrência frequente de falhas de controle de capim-pé-de-galinha na cultura da soja. De maneira geral as plantas daninhas são controladas por doses menores em estádios iniciais de desenvolvimento.

Foram encontrados valores de FR de 1,6 a 4,4 para C₅₀ e de 1 a 4,2 para GR₅₀ o que confirma novamente a diferença estatística de controle entre as populações, no qual EIR1, EIR3 e EIS foram considerados suscetíveis ao glyphosate, enquanto a população EIR2 foi caracterizado como um caso de resistência de nível baixo ao herbicida glyphosate.

No Brasil o controle mínimo exigido para registro de um herbicida é de 80% (BRASIL, 2016), entretanto na prática um controle superior a 90% é esperado dos herbicidas o que fez com que nesta pesquisa o controle satisfatório das plantas daninhas fosse considerado com valores superiores a 90% (C₉₀ e GR₉₀) ao invés de 80%.

Considerando os 3 estádios de desenvolvimento, foi verificado que as plantas de capim-pé-de-galinha da população EIR2 foram controladas em 90% com doses muito próximas ao máximo recomendado para a espécie, o que faz com que esta população apesar de apresentar maior dificuldade de controle sobre as demais, seja considerada como um caso de resistência científica ou de nível baixo e não como um novo biótipo de planta daninha resistente ao glyphosate.

Para complementar o controle do glyphosate sobre as plantas daninhas na lavoura, outras moléculas com diferentes mecanismos de ação devem ser associadas ao mesmo, reduzindo a pressão de seleção de biótipos resistentes a herbicidas. Se o manejo das plantas daninhas continuar sendo feito com o uso intensivo do glyphosate em detrimento a um manejo racional e sustentável, em poucos anos, biótipos de capim-pé-de-galinha resistentes a este herbicida poderão ser encontrados nos campos de produção agrícola do Brasil.

2.4 Conclusões

Os resultados deste estudo possibilitaram concluir que as populações EIR1 (Guarapuava - PR), EIR3 (Piracicaba - SP) e EIS (Pedra Preta – MT) são suscetíveis ao herbicida glyphosate, enquanto a população EIR2 (Primavera do Leste – MT) foi caracterizada como um caso de resistência de nível baixo, pois existe diferença significativa entre o controle dessas populações com o glyphosate. Entretanto as doses máximas recomendadas para a espécie (1440 g e.a. ha⁻¹) são capazes de controlar todas as populações do estudo.

Além da pressão de seleção imposta pelo herbicida glyphosate, as falhas de controle encontradas no campo podem estar associadas ao estágio de desenvolvimento tardio das plantas no momento da aplicação.

Referências

ADEGAS, F.S.; GAZZIERO, D.L.P.; VOLL, E.; OSIPE, R. Diagnóstico da existência de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., Ribeirão Preto. **Resumos expandidos...** Ribeirão Preto: SBPCPD, 2010. p. 761–765.

BAERSON, S. R.; RODRIGUEZ, D.J.; TRAN, M.; FENG Y.; BIEST, N.A.; DILL, G.M. Glyphosate-resistant goosegrass: identification of a mutation in the target enzyme 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 129, p.1265-1275, 2002.

BAIRD, W. V.; LANGNER, C. A.; WELLS, J.; TUCKER, K.; WHITWHEEL, T.; WERTH, C.R. Dinitroaniline resistant goosegrass [*Eleusine indica* (L.) Gaertn.] from the southeastern United States: characterization of biotypes and population genetic analysis. **American Journal of Botany**, Lancaster, v. 79, p. 89-90, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 20 maio 2016.

BRUNHARO, C.A.C.G.; **Resistência da planta daninha capim-branco (*Chloris polydactyla*) ao herbicida glyphosate**. 2014. 153 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CARVALHO, S.J.P. **Características biológicas e suscetibilidade a herbicidas de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus***. 2006. 96p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CARVALHO, S.J.P.; GONÇALVES NETTO, A.; NICOLAI, M.; CAVENAGHI, A.L.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Detection of glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in agricultural areas of Mato Grosso, Brazil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 579-586, 2015.

CAMPOS, L.H.F.; FRANCISCO, M.O.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Suscetibilidade de *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* e *Merremia cissoides* aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 831-840, 2009.

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.; LOPEZ OVEREJO, R.F.; Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no Mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas, 2008. p. 9-34.

CORBETT, J.L.; ASKEW, S.D.; THOMAS, W.E.; WILCUT, J.W. Weed efficacy evaluations of bromoxynil, glufosinate, glyphosate and pyriithobac and sulfosate. **Weed Technology**, Champaign, v.18, p.443–453, 2004.

DORS, C.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; SANCHOTENE, D.M.; DIAS, A.C.R.; MANFRON, P.A.; DORNELLES, S.H.B. Suscetibilidade de genótipos de *Lolium multiflorum* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 401-410, 2010

FRANZ, J.E.; MAO, M.K.; SIKORSKI, J.A. **Glyphosate**: a unique global herbicide. Washington: ACS Monograph, 1997. 653p.

GALLI, A.J.B. A molécula glyphosate e a agricultura brasileira. In: VELINI, E.D; MESCHEDE, D.K.; CARBONARI, C.A.; TRINDADE, M.L.B. (Ed.). **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 17-19.

GAZZIERO, D.L.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; VARGAS, L.; KRUSE, N.D.; GALLI, A.J.B.; TREZZI, M.M. Critérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Ed.). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009. p. 91-101.

GEIGER, D.R.; FUCHS, M.A. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: BÖGER, P.; WAKABAYASHI, K.; HIRAI, K. (Ed.). **Herbicide classes in development**. Berlin: Springer-Verlag, 2002. p. 59-85.

HALL, L.M.; STROME, K.M.; HORSMAN, G.P. Resistance to acetolactate synthase inhibitors and quinclorac in a biotype of false clover (*Gallium spurium*). **Weed Science**, Lakewood, v. 46, p. 390-396, 1998.

HEAP, I. **Criteria for confirmation of herbicide-resistant weeds**: with specific emphasis on confirming low level resistance. 2005. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 20 abr. 2016

_____. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 20 abr. 2016.

HOLT, J.; LeBARON, H.M. Significance and distribution of herbicide resistance. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, p. 141-149, 1990.

KAUNDUN, S.S.; ZELAYA, I.A.; DALE, R.P.; LYCETT, A.J.; CARTER, P.; SHARPLES, K.R.; MCINDOE, E. Importance of the P106S target-site mutation in conferring resistance to glyphosate in a goosegrass (*Eleusine indica*) population from the Philippines. **Weed Science**, Lawrence, v. 56, p. 637-646, 2008.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1997. v. 1, 825 p.

KNEZEVIC, S.Z.; STREIBIG, J. C.; RITZ, C.; Utilizing R software package for dose response studies: the concept and data analysis. **Weed Technology**, Champaign, v. 21, p. 840-848, 2007.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, Lawrence, v. 53, p. 84–89, 2005.

KRUSE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.

LEE, L.J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L) Gaertn) in Malaysia. **Pest Management Science**, Sussex, v. 56, p. 336-339, 2000.

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 Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CARVALHO, S.J.P.D.; NICOLAI, M.; ABREU, A.G.; GROMBONE-GUARANTINI, 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.

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

MELO, M.S.C. **Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate**. 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MOLIN, W.T.; WRIGHT, A.A.; NANDULA, V.K. Glyphosate-Resistant Goosegrass from Mississippi. **Agronomy**, Madison, v. 3, p. 474-487, 2013.

MONQUERO, P.A.; CURY, J.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 123-132, 2005.

MOREIRA, M.S. **Detecção, crescimento e manejo químico alternativo de biótipos das espécies de Buva *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* resistentes ao herbicida glyphosate**. 2008. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MUELLER, T.C.; BARNETT, K.A.; BROSNAN, J.T.; STECKEL, L.E. Glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica*) confirmed in Tennessee. **Weed Science**, Lawrence, v. 59, p. 562-566, 2011.

MURRAY, B.G.; MORRISON, I.N.; BRULE-BABEL, A.L. Inheritance of acetyl-CoA carboxylase inhibitor resistance in wild oat (*Avena fatua*). **Weed Science**, Lawrence, v. 43, p. 233-238, 1995.

NG, C.H.; WICKENSWARY, R.; SURIF, S. ISMAIL, B.S. Inheritance of glyphosate resistance in goosegrass (*Eleusine indica*). **Weed Science**, Lawrence, v. 52, p. 564–570, 2004.

NICOLAI, M.; MELO, M.S.C.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. ; CHRISTOFFOLETI, P.J. Monitoramento de infestações de populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suspeitas de resistência ao glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010. Ribeirão Preto. **Resumos expandidos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 943-946.

OSUNA, M.D.; GOULART, I.C.G.R.; VIDAL, R.A.; KALSING, A.; RUIZ SANTAELLA, J.P.; DE PRADO, R. Resistance to ACCase inhibitors in *Eleusine indica* from Brazil involves a target site mutation. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 675-681, 2012.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.L.S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Ed. Grafmarke, 2011. 697 p.

ROMAN, E.S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M.A.; WOLF, T.M. **Como funcionam os herbicidas**: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Ed. Berthier, 2007. 160 p.

SANTOS, F.M.; VARGAS, L.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; AGOSTINETTO, D.; MARIANI, F.; DAL MAGRO, T. Differential susceptibility of biotypes of *Conyza sumatrensis* to chlorimuron-ethyl herbicide. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 427-435, 2014.

SILVA, A.A. da; FERREIRA, A.F.; FERREIRA, L.R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A.A. da; SILVA, J.F. da. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p. 83-148.

SILVA, D.G.; FRANCO, J.J.; LANGARO, A.C.; RUCHEL, Q.; OLIVEIRA, C.; AGOSTINETTO, D. Acúmulo de chiquimato em biótipos de capim-pé-de-galinha suscetível e com resistência de nível baixo a glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., Gramado. **Resumos expandidos...** Gramado: SBCPD, 2014. p. 143-147.

TRAN, M.; BAERSON, R.S.; BRINKER, R. Characterization of glyphosate resistant *Eleusine indica* biotypes from Malaysia. In: ASIAN-PACIFIC WEED SCIENCE SOCIETY CONFERENCE, 17., 1999, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: Asian-Pacific Weed Science Society, 1999. p. 527-536.

ULGUIM, A.D.R. **Resposta de capim pé-de-galinha (*Eleusine spp.*) ao herbicida glyphosate**. 2012. 71 p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2012.

VELINI, E.D. **Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia**. 1995. 250 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1995.

VELINI, E.D.; DUKE, S.O.; TRINDADE, M.L.B.; MESCHEDE, D.K.; CARBONARI, C.A. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E.D; MESCHEDE, D.K.; CARBONARI, C.A.; TRINDADE, M.L.B. (Ed.). **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 113-134.

VIDAL, R.A.; MEROTTO Jr., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. 152 p.

VIDAL, R.A.; PORTES, E.S.; LAMEGO, F.P.; TREZZI, M.M. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, p. 163-171, 2006.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Resistance and tolerance definitions. **Weed Technology**, Lawrence, v. 12, p. 789, 1998.

3 EFICÁCIA DE HERBICIDAS ALTERNATIVOS AO GLYPHOSATE NA PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA DE PLANTAS DE CAPIM-PÉ-DE-GALINHA (*Eleusine indica* L. Gaertn.)

Resumo

O capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) é uma planta daninha importante em diversas culturas e, falhas no seu controle vêm se tornando frequentes nos últimos anos em áreas de produção de soja resistente ao glyphosate. Diante disso esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a eficácia de herbicidas alternativos ao glyphosate no controle de capim-pé-de-galinha na pré e pós-emergência das plantas. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ-USP, em Piracicaba - SP, entre agosto e dezembro de 2015. Os experimentos em pré e pós-emergência foram constituídos por 10 e 9 tratamentos herbicidas, respectivamente e testemunha sem aplicação, sendo que na pós-emergência o controle foi avaliado em três estádios de desenvolvimento das plantas. Na pré-emergência foram avaliadas 4 populações (EIR1, EIR2, EIR3 e EIS), e na pós-emergência apenas EIR1 e EIR2 pois estas apresentam suscetibilidade diferencial ao glyphosate, sendo que a segunda trata-se de um caso de resistência de nível baixo ao glyphosate. As avaliações de ambos os experimentos foram realizadas com base numa escala visual de 0 a 100% de controle e foram realizadas aos 30, 60, 90 e 120 dias após tratamento (DAT) em pré-emergência e aos 7, 14, 21 e 28 DAT em pós-emergência. Os resultados demonstraram que diversos herbicidas são eficientes no controle na pré-emergência do capim-pé-de-galinha, sendo os mais eficazes o flumioxazin, sulfentrazone, clomazone e trifluralina, pois estes apresentaram os maiores níveis de controle, bem como efeito residual mais prolongado. Os herbicidas atrazine e ametryn não obtiveram controle adequado, à medida que houve escapes de plantas em diversas populações, bem como a redução do controle a partir dos 60 DAT. Na pós-emergência inicial (2 a 3 perfilhos) todos os herbicidas controlaram o capim-pé-de-galinha. A partir de 6 a 8 perfilhos a população EIR2 teve o controle reduzido significativamente com os inibidores da ACCase, fato esse que foi intensificado no estágio mais avançado (10 a 12 perfilhos) no qual apenas o haloxyfop-methyl obteve controle adequado. Outros testes, como curvas de dose-resposta utilizando diversos herbicidas inibidores da ACCase devem ser realizados para verificar se a população EIR2 possui resistência a herbicidas desse mecanismo de ação. Em plantas grandes o sethoxydim apresentou redução significativa no controle da espécie e por isso deve ser aplicado apenas em plantas com menos de 6 perfilhos. O uso do glyphosate e dos inibidores da ACCase deve ser realizado de maneira racional evitando assim o desenvolvimento de biótipos com resistência múltipla a ambos os mecanismos de ação.

Palavras-chave: Inibidores da ACCase; Inibidores da PROTOX; Resistência; Estádios de desenvolvimento

Abstract

Goosegrass (*Eleusine indica*) is an important weed in several crops and failures in its control have become frequent in recent years resistant soybean production areas to glyphosate. In view of that this research was conducted in order to evaluate the effectiveness of alternative herbicides to glyphosate in controlling goosegrass in pre-emergence and post-emergence. The experiments were conducted in the greenhouse of the Department of Plant Production of ESALQ-USP, in Piracicaba - SP, between August and December 2015. The experiments in pre-emergence and post-emergence consisted of 10 and 09 herbicide treatments, respectively, and control without application. In the postemergence control were evaluated three development stages of plants. Pre-emergence were evaluated 4 populations (EIR1, EIR2, EIR3 and EIS), and post-emergence only EIR1 and EIR2 since they have differential susceptibility to glyphosate, and the second is a case of low-level resistance to glyphosate. Evaluations of both experiments were based on a visual scale from 0% to 100% control and they were performed at 30, 60, 90 and 120 days after treatment (DAT) in pre-emergence and at 7, 14, 21 and 28 DAT post-emergence. The results showed that many herbicides are effective in controlling the pre-emergence goosegrass, the most effective being the flumioxazin, sulfentrazone, clomazone and trifluralin, as they showed the highest levels of control and residual effect more long. Atrazine and ametryn did not achieve an adequate control, as there were plants escapes in various populations, as well as the reduction of the control from 60 DAT. In the early post-emergence (2-3 tillers) all herbicides controlled the goosegrass. From 6 to 8 tillers EIR2 the population has reduced significantly control with ACCase inhibitors, a fact that has been intensified in the most advanced stage (10 to 12 tillers) in which only the haloxyfop-methyl achieved an adequate control. Other tests, such as the dose-response curves using various ACCase inhibitors should be performed to verify whether the population has EIR2 resistance to herbicides such mechanism of action. In large plants the sethoxydim showed a significant reduction in control of the species and therefore should only be applied in plants with less than 6 tillers. The use of glyphosate and ACCase inhibitors should be done in a rational manner thus avoiding the development of the biotypes with multiple resistance to both mechanisms of action.

Keywords: ACCase inhibitors; PROTOX inhibitors; Resistance; Stages of development

3.1 Introdução

Um dos gargalos na produção agrícola é o fato de que os cientistas de plantas têm grande experiência em usar a evolução a seu favor, como por exemplo, o melhoramento genético, mas tem grande dificuldade em parar ou retardar o processo quando este é prejudicial, como é o caso da seleção de plantas daninhas, onde se busca que as plantas continuem suscetíveis aos herbicidas o máximo de tempo possível (CHRISTOFFERS, 1999).

A utilização de herbicidas no controle de plantas daninhas é atualmente a maneira mais eficaz e segura de garantir o potencial produtivo das culturas. Entretanto com a expansão da área plantada com culturas geneticamente modificadas com resistência a herbicidas, principalmente ao glyphosate, houve um grande aumento de seu uso no manejo das plantas daninhas, resultando em aumento na pressão de seleção de biótipos resistentes, aos quais foram selecionados em diversos locais do Brasil nos últimos 13 anos (LÓPEZ-OVEJERO, 2006; HEAP, 2016).

Além da intensidade de uso de um mesmo herbicida ou mecanismo de ação, outros fatores influenciam na seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, como a eficácia de controle, a persistência da molécula herbicida no ambiente, a especificidade do mecanismo de ação e a baixa eficiência dos métodos alternativos ao controle químico (ROMAN et al., 2004; LAMEGO; VIDAL, 2008; ULGUIM, 2012).

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é a capacidade inerente e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população, de sobreviver e se reproduzir após a aplicação de um herbicida na dose recomendada para o controle de uma população comum (suscetível) da mesma espécie (HOLT; LeBARON, 1990; HEAP, 2005; ROMAN et al., 2007; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008; GAZZIERO et al., 2009).

Para que a pressão de seleção sobre os biótipos resistentes seja reduzida, retardando assim o desenvolvimento da resistência no campo, algumas práticas podem ser adotadas dentro do sistema de produção. Uma delas é a rotação de culturas e a sucessão verão/inverno, pois possibilita o uso de diferentes técnicas de manejo bem como o uso de diferentes herbicidas e mecanismos de ação (BIANCHI, 1998). Nessa rotação é interessante que uma das culturas não seja resistente ao glyphosate, para que o número de pulverizações ao longo do ano seja reduzido (BECKIE, 2011). Outra ação importante no manejo da resistência é a utilização de rotação e associações de herbicidas com diferentes mecanismos de ação tanto na pré quanto na pós-emergência das plantas, visando aumentar a eficácia e o espectro de controle de plantas daninhas (HARRIS; GOSSETT; TOLER, 1995; VALVERDE, 2007; VARGAS et al., 2009; NORSWORTHY et al., 2012).

Nos últimos anos vem crescendo a utilização de herbicidas pré-emergentes com efeito residual no plantio direto, o que faz com que a eficácia de controle sobre

as plantas daninhas seja maior, reduzindo o banco de sementes e a pressão de seleção de biótipos resistentes ao herbicida glyphosate (OWEN et al., 2011; ULGUIM, 2012).

Apesar dos esforços no manejo adequado das plantas daninhas, falhas de controle são frequentes no campo e podem ocorrer por diversos fatores, dentre os quais podemos destacar: (i) uso incorreto de doses ou adjuvantes recomendados; (ii) dose incompatível com o estágio de desenvolvimento das plantas daninhas, no qual plantas tardias tendem a ser menos sensíveis; (iii) calibração inadequada do equipamento de pulverização; (iv) condições edafoclimáticas inadequadas para a aplicação de herbicidas (ROMAN et al., 2007).

Quando ocorrem falhas de controle sistemáticas sobre uma determinada espécie e esta passa a ser considerada suspeita de resistência a um determinado herbicida, é de suma importância que estas plantas sejam eliminadas (LAZAROTO; FLECK; VIDAL, 2008).

Nos últimos anos essas falhas de controle vêm se tornando frequentes na espécie de planta daninha *Eleusine indica*, conhecida como capim-pé-de-galinha, em lavouras de soja transgênica resistente ao glyphosate, cujo manejo químico é feito predominantemente com aplicações de glyphosate.

Segundo An et al. (2014), além dos inibidores da EPSPs (glyphosate), outros mecanismos são utilizados no controle do capim-pé-de-galinha, como inibidores do Fotossistema I, inibidores da formação dos microtúbulos e inibidores das enzimas ACCase, ALS e Glutamina Sintetase.

Diante dessa situação, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de herbicidas alternativos ao glyphosate no manejo dessa espécie, tanto na pré-emergência, quanto na pós-emergência das plantas daninhas.

São denominados herbicidas alternativos ao glyphosate, aqueles que possuem diferentes mecanismos de ação que podem ser utilizados isoladamente ou em associação com o glyphosate, e que tenham eficácia de controle sobre os biótipos resistentes e suscetíveis ao glyphosate (WALSH; POWLES, 2007).

Essa estratégia é muito importante no manejo da resistência, entretanto ela não soluciona totalmente o problema, já que o uso intensivo do glyphosate bem como da alternativa de controle faz com que o risco de desenvolvimento de resistência múltipla aumente consideravelmente (ROUSH; RADOSEVICH; MAXWELL, 1990; POWLES; HOLTUM, 1994). Por isso, além do controle químico

outras técnicas de controle devem ser utilizadas visando criar um manejo integrado de plantas daninhas tornando a produção agrícola mais eficiente e sustentável.

3.2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ-USP, no município de Piracicaba – SP (22° 42' 30" S, 47° 38' 00" W), entre agosto e dezembro de 2015. No experimento em pré-emergência foram utilizados quatro populações (EIR1, EIR2, EIR3 e EIS), enquanto que no experimento em pós-emergência somente as populações EIR1 e EIR2 foram necessárias para o cumprimento dos objetivos.

Para o experimento em condição de pré-emergência do capim-pé-de-galinha foram semeadas quantidades de sementes das populações EIR1, EIR2, EIR3 e EIS, que proporcionassem emergência de 10 plantas em média por vaso nas testemunhas sem aplicação de herbicidas. Para obtenção dessa germinação média foi realizado um teste de germinação com as quatro populações cujo resultado pode ser observado na Tabela 22 no capítulo 4. A semeadura foi realizada na profundidade de 2,0 cm em vasos com capacidade de 5,0 L preenchidos com solo de textura média-arenosa coletado em Piracicaba - SP em local sem histórico de aplicação de herbicidas. As análises química e física do solo utilizado como substrato, se encontram nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

Os tratamentos herbicidas aplicados na pré-emergência se encontram na Tabela 10 e foram escolhidos em função da sua representatividade em aplicações nas culturas da cana-de-açúcar (ametryn, sulfentrazone, isoxaflutole e imazapic), milho (atrazine, isoxaflutole, trifluralin e pendimethalin), soja (flumioxazin, sulfentrazone, diclosulam e trifluralin) e arroz (clomazone, trifluralin e pendimethalin) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Foram realizadas avaliações de eficácia de controle aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos herbicidas. Para eficácia de controle foi atribuído 0% quando da ausência de efeitos fitotóxicos do herbicida e 100% quando as plantas estavam completamente mortas, conforme metodologia proposta por Velini (1995).

Tabela 8 – Principais características químicas do solo utilizado como substrato para aplicação de herbicidas em pré-emergência de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

M.O. (g.dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	P resina (mg.dm ⁻³)	mmolc.dm ⁻³						V%	m%
			K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H+Al	SB	CTC		
15	5,4	26	2,6	18	4	16	24,6	40,6	61	4

M.O. = Matéria Orgânica; SB = Soma de bases trocáveis; CTC = Capacidade de Troca de Cátions; V = saturação da CTC por bases; m = saturação por Alumínio. Resultados fornecidos pelo Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas - ESALQ/USP

Tabela 9 - Principais características físicas do solo utilizado como substrato para aplicação de herbicidas em pré-emergência de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe textural
76	4	20	Media-arenosa

Resultados fornecidos pelo Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas - ESALQ/USP

Tabela 10 - Tratamentos herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

Tratamentos	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Mecanismo de ação
1 - Testemunha	-	-
2 - Atrazine	2500	Inibidor do FS II
3 - Ametryn	3000	Inibidor do FS II
4 - Flumioxazin	45	Inibidor da PROTOX
5 - Sulfentrazone	600	Inibidor da PROTOX
6 - Clomazone	800	Inibidor da síntese de carotenóides
7 - Isoxaflutole	60	Inibidor da HPPD
8 - Imazapic	105	Inibidor da ALS
9 - Diclosulam	25	Inibidor da ALS
10 - Trifluralin	810	Inibidor da formação dos microtúbulos
11 - Pendimethalin	1000	Inibidor da formação dos microtúbulos

FS II = Fotossistema II; PROTOX = protoporfirinogênio oxidase; HPPD = 4-hidroxifenil-piruvato-desidrogenase; ALS = Acetolactase sintase

O experimento em condição de pós-emergência do capim-pé-de-galinha foi realizado com apenas duas populações (EIR1 e EIR2), pois estas apresentaram

diferenças significativas em relação ao controle através do herbicida glyphosate, podendo também haver diferenças quanto à suscetibilidade em relação a outros mecanismos de ação utilizados nesta espécie.

Sementes destas populações foram semeadas em bandejas separadas e após a emergência (2 a 3 cm de comprimento) foram transplantadas na densidade de uma plântula por vaso preenchido com substrato comercial, ao qual constitui a unidade experimental do estudo. A aplicação dos tratamentos foi realizada em três estádios de desenvolvimento, sendo eles: i) 2 a 3 perfilhos; ii) 6 a 8 perfilhos e iii) 10 a 12 perfilhos. Para o primeiro estágio foram utilizados vasos de 3,0 L e para os estádios mais avançados foram utilizados vasos de 5,0 L. Os tratamentos herbicidas utilizados em pós-emergência podem ser observados na Tabela 11. Os tratamentos são compostos por uma testemunha, pelo herbicida glyphosate para servir como controle padrão e outros 8 herbicidas com 5 mecanismos de ação alternativos aos inibidores da EPSPs, visando controlar biótipos com resistência ao glyphosate ou retardar a seleção de novos biótipos. Esses herbicidas foram escolhidos em função da sua representatividade em aplicações na pós-emergência de plantas daninhas na cultura da soja e algodão, já que todos os herbicidas da lista podem ser utilizados para o controle de plantas daninhas em ambas as culturas, com exceção do fluazifop-P-butyl + fomesafen que não possui registro para uso em algodoeiro (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

As avaliações de eficácia de controle foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após tratamento (DAT), seguindo os mesmos critérios do experimento realizado em condição de pré-emergência, porém apenas a avaliação final foi utilizada para determinar a eficácia de controle de cada herbicida.

Tabela 11 - Tratamentos herbicidas aplicados na pós-emergência das plantas daninhas de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

Tratamentos	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Adjuvante (% - v/v)	Mecanismo de ação
1 - Testemunha	—	—	—
2 - Clethodim	108	Assist 0,5	Inibidor da ACCase
3 - Haloxyfop-methyl	60	Assist 0,5	Inibidor da ACCase
4 - Sethoxydim	230	Assist 0,5	Inibidor da ACCase
5 - Fluazifop-P-butyl + Fomesafen	200 + 250	—	Inibidores da ACCase e Protox
6 - Tepraloxymid	100	Assist 0,5	Inibidor da ACCase
7 - Glyphosate	720 ¹	—	Inibidor da EPSPs
8 - Paraquat	400	Agral 0,1	Inibidor do FS I
9 - Diuron + Paraquat	200 + 400	Agral 0,1	Inibidores do FS II e FS I
10 - Amônio-glufosinato	500	Áureo 0,2	Inibidor da glutamina sintetase

¹dose em g e.a. ha⁻¹

As pulverizações de ambos os experimentos foram realizadas por meio de pulverizador costal de pressão constante e pressurizado com CO₂, equipado com bico de pulverização de jato leque Teejet TT 110.02. O volume de aplicação utilizado para os experimentos foi de 150 L ha⁻¹.

O delineamento experimental adotado para ambos os experimentos foi o inteiramente aleatorizado, com seis repetições em condição de pré-emergência e 4 repetições na pós-emergência.

Os dados dos dois experimentos foram coletados e analisados através do teste F sobre a análise da variância, seguido do teste de Tukey ao nível de 5% de significância (BANZATTO, KRONKA, 1988).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Eficácia de herbicidas alternativos na pré-emergência das plantas daninhas

Os resultados das avaliações de controle visual (C%) obtidos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos herbicidas (DAT) podem ser encontrados nas Tabelas 12, 13, 14 e 15, respectivamente. Nas Tabelas também é apresentado o desvio padrão da média, valor que fornece uma estimativa da variabilidade das observações em relação à média.

Tabela 12 - Controle percentual de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos 30 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas (DAT) na pré-emergência das plantas daninhas. Piracicaba - SP, 2015

Tratamentos	EIR1		EIR2		EIR3		EIS	
	C%	DP	C%	DP	C%	DP	C%	DP
1. Testemunha	0 b A	0,0	0 b A	0,0	0 c A	0,0	0 d A	0,0
2. Atrazine	88 a A	8,1	83 a A	8,8	47 b B	8,8	55 c B	16,7
3. Ametryn	93 a AB	4,2	90 a AB	7,1	98 a A	2,6	77 b B	24,4
4. Flumioxazin	100 a A	0,0	100 a A	0,0	100 a A	0,0	100 a A	0,0
5. Sulfentrazone	100 a A	0,0	99 a A	2,0	100 a A	0,0	100 a A	0,0
6. Clomazone	100 a A	0,0	100 a A	0,0	100 a A	0,0	100 a A	0,0
7. Isoxaflutole	94 a A	2,0	95 a A	8,4	97 a A	8,2	100 a A	0,0
8. Imazapic	96 a A	2,0	95 a A	5,5	100 a A	0,0	97 ab A	2,6
9. Diclosulam	96 a A	3,8	92 a A	2,6	93 a A	2,6	85 ab A	21,9
10. Trifluralin	100 a A	0,0	100 a A	0,0	100 a A	0,0	100 a A	0,0
11. Pendimethalin	100 a A	0,0	83 a B	40,8	85 a AB	36,7	91 ab AB	20,4
CV% = 12,94					F (Trat x Pop) = 2,67			

C% = Controle percentual; DP = Desvio Padrão; CV (%) = Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna ou maiúsculas iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância

Tabela 13 - Controle percentual de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos 60 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas (DAT) na pré-emergência das plantas daninhas. Piracicaba - SP, 2015

Tratamentos	EIR1		EIR2		EIR3		EIS	
	C%	DP	C%	DP	C%	DP	C%	DP
1. Testemunha	0 b A	0,0	0,0 b A	0,0	0,0 b A	0,0	0,0 c A	0,0
2. Atrazine	98 a A	2,7	93 a A	4,1	2,5 b B	4,18	0,0 c B	0,0
3. Ametryn	95 a A	3,2	96 a A	3,8	98 a A	4,08	48 b B	52,9
4. Flumioxazin	99 a A	2,0	100 a A	0,0	99 a A	2,04	95 a B	0,0
5. Sulfentrazone	99 a A	2,0	97 a A	4,1	98 a A	2,58	99 a A	2,0
6. Clomazone	98 a A	2,6	100 a A	0,0	99 a A	2,04	100 a A	0,0
7. Isoxaflutole	100 a A	0,0	95 a A	5,5	88 a A	18,89	99 a A	2,0
8. Imazapic	98 a A	2,7	98 a A	2,7	97 a A	2,58	95 a A	0,0
9. Diclosulam	96 a A	3,8	98 a A	2,6	95 a A	0,00	87 a A	20,6
10. Trifluralin	100 a A	0,0	100 a A	0,0	100 a A	0,00	99 a A	2,0
11. Pendimethalin	100 a A	0,0	100 a A	0,0	92 a A	20,41	98 a A	4,2
CV% = 11,83					F (Trat x Pop) = 18,86			

C% = Controle percentual; DP = Desvio Padrão; CV (%) = Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna ou maiúsculas iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância

Podemos observar que aos 30 DAT apenas o herbicida atrazine apresentou baixos níveis de controle nas populações EIR3 (46%) e EIS (55%) enquanto ametryn obteve controle de apenas 76% para EIS. Os demais herbicidas obtiveram controles excelentes até esse período.

Em um estudo de alternativas de controle químico para biótipos de capim-branco (*Chloris polydactyla*) resistentes ao glyphosate, Brunharo (2014) verificou que os herbicidas sulfentrazone, clomazone, isoxaflutole e diclosulam obtiveram controle total até os 35 dias após a aplicação em pré-emergência das plantas.

Aos 60 DAT todos os herbicidas ainda possuíam elevado controle sobre as plantas de capim-pé-de-galinha, com exceção da atrazine, pois em duas populações (EIR3 e EIS) houve escapes de plantas reduzindo o percentual de controle a níveis praticamente nulos. O herbicida ametryn passou a não controlar eficientemente a população EIS.

Tabela 14 - Controle percentual de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos 90 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas (DAT) na pré-emergência das plantas daninhas. Piracicaba - SP, 2015

Tratamentos	EIR1		EIR2		EIR3		EIS	
	C%	DP	C%	DP	C%	DP	C%	DP
1. Testemunha	0 b A	0,0	0 d A	0,00	0 c A	0,00	0 d A	0,0
2. Atrazine	98 a A	6,0	62 bc B	19,66	9 c C	15,0	0 d C	0,0
3. Ametryn	98 a A	2,6	60 c BC	15,17	70 b B	26,7	40 c C	43,9
4. Flumioxazin	98 a A	4,2	87 abc A	18,62	92 ab A	4,1	89 ab A	10,2
5. Sulfentrazone	94 a A	3,8	90 ab A	10,49	100 a A	0,0	100 a A	0,00
6. Clomazone	97 a A	4,1	98 a A	4,18	96 ab A	3,8	98 a A	2,6
7. Isoxaflutole	95 a A	5,5	80 abc A	22,14	82 ab A	26,2	83 ab A	7,6
8. Imazapic	87 a A	19,4	97 a A	4,08	97 ab A	5,2	83 ab A	8,8
9. Diclosulam	96 a A	3,8	93 a A	13,69	94 ab A	3,8	65 bc B	39,9
10. Trifluralin	98 a A	4,1	98 a A	2,58	93 ab A	11,7	98 a A	4,1
11. Pendimethalin	100 a A	0,0	83 abc A	40,82	86 ab A	30,1	97 a A	8,2
CV% = 20,19					F (Trat x Pop) = 6,10			

C% = Controle percentual; DP = Desvio padrão; CV (%) = Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna ou maiúsculas iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância

Tabela 15 - Controle percentual de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos 120 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas (DAT) na pré-emergência das plantas daninhas. Piracicaba - SP, 2015

Tratamentos	EIR1		EIR2		EIR3		EIS	
	C%	DP	C%	DP	C%	DP	C%	DP
1. Testemunha	0 b A	0,00	0 c A	0,0	0 c A	0,00	0 d A	0,0
2. Atrazine	89 a A	14,97	62 b B	15,7	9 b C	14,9	0 d C	0,0
3. Ametryn	96 a A	5,85	76 ab AB	15,6	71 a B	28,9	38 c C	42,3
4. Flumioxazin	98 a A	4,18	90 ab A	13,2	91 a A	12,4	90 ab A	8,6
5. Sulfentrazone	97 a A	2,58	90 ab A	13,9	99 a A	2,0	100 a A	0,0
6. Clomazone	97 a A	8,16	98 a A	4,1	98 a A	2,7	99 a A	2,0
7. Isoxaflutole	98 a A	2,58	76 ab A	24,6	79 a A	25,2	81 ab A	15,9
8. Imazapic	86 a A	16,56	96 a A	3,8	94 a A	2,0	77 ab A	10,8
9. Diclosulam	95 a A	3,16	97 a A	2,6	95 a A	0,0	65 bc B	37,9
10. Trifluralin	98 a A	2,58	97 a A	2,6	92 a A	9,8	97 a A	8,2
11. Pendimethalin	100 a A	0,00	83 ab A	40,5	84 a A	30,1	96 a A	10,2
CV% = 20,18					F (Trat x Pop) = 5,52			

C% = Controle percentual; DP = Desvio padrão; CV (%) = Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna ou maiúsculas iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância

A partir dos 90 DAT o herbicida atrazine e ametryn não apresentavam controle adequado das plantas de 3 populações (EIR2, EIR3 e EIS). Alguns escapes foram encontrados nos herbicidas isoxaflutole, imazapic, diclosulam e pendimethalin, reduzindo o percentual de controle em algumas populações.

Com exceção de atrazine e ametryn, todos os herbicidas foram considerados como alternativas de controle viáveis para o controle do capim-pé-de-galinha na pré-emergência. Apesar dos herbicidas flumioxazin e diclosulam não possuírem registro para o controle de capim-pé-de-galinha no Brasil (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), eles se mostraram importantes no manejo desta planta e, como são utilizados no controle de outras espécies, tanto de folhas largas quanto estreitas, poderão auxiliar na redução da pressão de seleção de biótipos resistentes a herbicidas.

Os herbicidas que apresentaram controles acima de 85% para todas as populações, dos 30 aos 120 DAT e, portanto, efeitos residuais mais prolongados foram: flumioxazin, sulfentrazone, clomazone e trifluralina. Resultados semelhantes foram encontrados por López-Ovejero et al. (2006) no qual os tratamentos herbicidas clomazone, sulfentrazone, clomazone + sulfentrazone e trifluralina +

sulfentrazone foram altamente eficazes no controle do capim-colchão (*Digitaria ciliaris*) resistente aos inibidores da ACCase.

Em um trabalho com herbicidas pré-emergentes, Zera et al. (2014) verificaram que os herbicidas inibidores da formação dos microtúbulos, pendimethalin (1400 g i.a. ha⁻¹) e trifluralin (2700 g i.a. ha⁻¹) resultaram em controle total de capim camalote (*Rottboellia cochinchinensis*) por 90 dias.

Esses herbicidas avaliados nesta pesquisa que conferiram excelente controle devem ser utilizados como forma de reduzir a pressão de seleção imposta pelas aplicações de glyphosate em pós-emergência, à medida que aumentam o espectro de controle de plantas daninhas, reduzem o banco de sementes e mantém a área cultivada com menor densidade de plantas daninhas até o fechamento das culturas, reduzindo drasticamente o número de aplicações em pós-emergência.

Nesta pesquisa os herbicidas não foram avaliados em função de uma cobertura morta sobre o solo, sendo que esta pode influenciar nos resultados de controle de alguns herbicidas à medida que necessitam de determinadas quantidades de água (precipitação/irrigação) para transporem a palhada. Em contrapartida a germinação do capim-pé-de-galinha é inibida em 60% com 2,0 t de palha e em 85 e 90% com 4,0 e 6,0 t de palha sobre a superfície do solo. A produção de matéria seca de capim-pé-de-galinha é drasticamente reduzida com o aumento da quantidade de palha sobre a superfície da terra, no qual 4,0 t já são suficientes para suprimir aproximadamente 90% do seu crescimento (CHAUHAN; JOHNSON, 2008).

3.3.2 Eficácia de herbicidas alternativos na pós-emergência das plantas daninhas

Os resultados de controle dos herbicidas aplicados na pós-emergência das plantas daninhas de capim-pé-de-galinha nos estádios de 2 a 3 perfilhos, 6 a 8 perfilhos e 10 a 12 perfilhos podem ser observados nas Tabelas 16, 17 e 18, respectivamente. Nas Tabelas também é apresentado o desvio padrão da média, valor que fornece uma estimativa da variabilidade das observações em relação à média.

No estágio inicial de 2 a 3 perfilhos todos os herbicidas foram considerados excelentes para o controle do capim-pé-de-galinha, com exceção do amônio-glufosinato cujo controle médio foi de 76%. Assim como observado no experimento

de curvas de dose-resposta, o herbicida glyphosate ($720 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) foi eficiente no controle da população EIR1, e não controlou as plantas da população EIR2, caracterizada anteriormente como um caso de resistência de nível baixo ao herbicida glyphosate, a medida que as doses máximas recomendadas de glyphosate para o controle do capim-pé-de-galinha ($1440 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) no Brasil, também são capazes de controlar as plantas desta população.

Em estádios iniciais de desenvolvimento, outros autores também avaliaram o controle de capim-pé-de-galinha com herbicidas pós-emergentes. Segundo Ulguim (2012) os herbicidas clethodim, fluazifop-P-butyl e amônio-glufosinato foram altamente eficazes. Associações do herbicida imazetapir com fenoxaprop-P-ethyl e profloroxim proporcionam controle eficiente do capim-pé-de-galinha (CARLOTO et al., 2014). Segundo Rosa et al. (2014) o capim-pé-de-galinha pode ser controlado eficientemente por paraquat, amônio-glufosinato, clethodim, haloxyfop-methyl, tepraloxymid e fluazifop-P-butyl, mas não é controlado por MSMA e mesotrione. Barroso et al. (2010) verificaram que os herbicidas clethodim, tepraloxymid, fluazifop-P-butyl e haloxyfop-methyl foram altamente eficientes no controle do capim-pé-de-galinha.

Algumas espécies de plantas cultivadas podem se tornar plantas daninhas voluntárias na cultura da soja, e por isso Luckmann et al. (2014) estudaram a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de *Zea mays*, *Triticum aestivum* e *Avena strigosa* e concluíram que clethodim ($96 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e fenoxaprop-P-ethyl ($88 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) são altamente eficientes no controle das voluntárias.

Tabela 16 - Controle percentual de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos 28 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas (DAT) na pós-emergência das plantas daninhas, no estágio de desenvolvimento de 2 a 3 perfilhos. Piracicaba - SP, 2015

Tratamentos	EIR1		EIR2	
	C%	DP	C%	DP
1. Testemunha	0 c A	0,0	0 d A	0,0
2. Clethodim	100 a A	0,0	100 a A	0,0
3. Haloxifop-methyl	100 a A	0,0	100 a A	0,0
4. Sethoxydim	100 a A	0,0	81 ab A	21,7
5. Fluazifop-P-butyl + Fomesafen	100 a A	0,0	100 a A	0,00
6. Tepraloxymid	100 a A	0,0	98 a A	5,00
7. Glyphosate	98 ab A	5,0	49 c B	4,8
8. Paraquat	100 a A	0,0	100 a A	0,0
9. Diuron + Paraquat	100 a A	0,0	100 a A	0,0
10. Amônio glufosinato	78 b A	24,6	74 b A	15,5
CV (%) = 9,94		F (trat x pop) = 7,02		

C% = Controle percentual; DP = Desvio padrão; EPM = Erro padrão da média; CV (%) = coeficiente de variação percentual. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna ou maiúsculas iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância

Tabela 17 - Controle percentual de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos 28 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas (DAT) na pós-emergência das plantas daninhas, no estágio de desenvolvimento de 6 a 8 perfilhos. Piracicaba - SP, 2015

Tratamentos	EIR1		EIR2	
	C%	DP	C%	DP
1. Testemunha	0 b A	0,0	0 e	0,0
2. Clethodim	100 a A	0,00	94 ab A	9,5
3. Haloxifop-methyl	100 a A	0,00	100 a A	0,0
4. Sethoxydim	81 a A	21,7	39 d B	13,8
5. Fluazifop-P-butyl + Fomesafen	81 a A	24,6	74 bc A	18,9
6. Tepraloxymid	90 a A	0,00	66 c B	8,5
7. Glyphosate	100 a A	0,00	25 d B	7,1
8. Paraquat	98 a A	5,00	100 a A	0,0
9. Diuron + Paraquat	98 a A	5,00	100 a A	0,0
10. Amônio glufosinato	98 a A	5,00	100 a A	0,0
CV (%) = 12,68			F (trat x pop) = 13,79	

C% = Controle percentual; DP = Desvio padrão; CV (%) = coeficiente de variação percentual. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna ou maiúsculas iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância

No segundo estágio (6 a 8 perfilhos), o controle da população EIR1 continuou elevado para todos os herbicidas, porém os herbicidas sethoxydim e fluazifop-P-butyl + fomesafen apresentaram uma redução no controle em relação ao primeiro estágio. A população EIR2 assim como no primeiro estágio não foi controlada pelo herbicida glyphosate, enquanto que as plantas do EIR1 foram totalmente controladas. Os tratamentos com sethoxydim, fluazifop-P-butyl + fomesafen e tepraloxym não controlaram a população EIR2, caracterizando uma diferença de suscetibilidade entre as populações em relação aos herbicidas inibidores da ACCase.

Tabela 18 - Controle percentual de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos 28 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas (DAT) na pós-emergência das plantas daninhas, no estágio de desenvolvimento de 10 a 12 perfilhos. Piracicaba - SP, 2015

Tratamentos	EIR1		EIR2	
	C%	DP	C%	DP
1. Testemunha	0 b A	0,0	0 c A	0,0
2. Clethodim	100 a A	0,0	44 b B	16,0
3. Haloxyfop-methyl	100 a A	0,0	89 a A	4,8
4. Sethoxydim	14 b A	2,5	16 c A	2,5
5. Fluazifop-P-butyl + Fomesafen	85 a A	7,1	52 b B	5,0
6. Tepraloxym	85 a A	5,8	58 b B	21,8
7. Glyphosate	100 a A	0,0	61 b B	21,8
8. Paraquat	87 a B	9,5	100 a A	0,0
9. Diuron + Paraquat	90 a A	12,2	100 a A	0,0
10. Amônio glufosinato	90 a A	11,5	89 a A	2,5
CV (%) = 13,67		F (trat x pop) = 12,63		

C% = Controle percentual; DP = Desvio padrão; CV (%) = coeficiente de variação percentual. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna ou maiúsculas iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância

As aplicações de herbicidas no estágio de desenvolvimento mais avançado (10 a 12 perfilhos) demonstraram que todos os herbicidas com exceção do sethoxydim, foram eficientes no controle da população EIR1 de capim-pé-de-galinha. A ineficácia do sethoxydim também foi verificada por Brunharo (2014) no controle de capim-branco (*Chloris polydactyla*) apresentando controle de apenas 25% das plantas. O mesmo autor concluiu que o amônio glufosinato não controla o capim-branco, cujo controle foi de apenas 5%. Já o capim-pé-de-galinha foi controlado

eficientemente pelo amônio glufosinato mesmo em estádios mais avançados de desenvolvimento.

Segundo Chuah et al. (2004) outros herbicidas tem sido utilizados para o controle de biótipos de *Eleusine indica* resistentes ao glyphosate ao redor do mundo, como o paraquat e o amônio-glufosinato, mas normalmente não ultrapassam 60% de controle, principalmente em aplicações tardias, pois são herbicidas não seletivos com ação de contato, ou seja, sem translocação pela planta.

Os tratamentos paraquat e diuron+paraquat controlaram eficientemente as plantas de capim-pé-de-galinha nos três estádios de desenvolvimento, mas o produto formulado com dois mecanismos de ação apresenta a vantagem de possuir um maior espectro de controle e uma chance muito menor de selecionar biótipos resistentes de plantas daninhas. Já o paraquat é um herbicida que se utilizado em excesso por longos períodos (acima de 10 anos) pode facilmente selecionar biótipos resistentes (SOAR et al., 2003; AN et al., 2014). Essa informação está de acordo com a evolução dos casos de plantas daninhas resistentes ao paraquat no mundo, no qual já foram selecionados oito biótipos de *Eleusine indica* resistentes ao paraquat (HEAP, 2016).

O paraquat apresenta controle rápido, sendo verificados os primeiros sintomas algumas horas depois da aplicação e a morte da planta suscetível alguns dias depois. O paraquat age desviando elétrons do Fotossistema I para o oxigênio molecular, formando um radical livre (superóxido) que se condensa com água formando H_2O_2 que por sua vez resulta na peroxidação dos lipídeos (SOAR et al., 2003; AN et al., 2014).

Como observado nas avaliações de controle o clethodim e o amônio glufosinato obtiveram ótimos controles o que implica em ressaltar que esses herbicidas possuem efeito antagônico quando aplicados na forma de mistura em tanque. Segundo Burke et al. (2005) o amônio glufosinato deve ser aplicado de forma sequencial após 7 ou 14 dias após a aplicação do clethodim para não ocorrer redução no controle. Em aplicações sequenciais entre esses herbicidas ocorre forte antagonismo quando o primeiro herbicida aplicado é o amônio-glufosinato. Isso ocorre, pois a inibição da glutamina sintetase e o rápido acúmulo de níveis tóxicos de amônia na célula resultam na destruição da membrana plasmática e inibição da fotossíntese causando a morte da planta. Essa rápida destruição dos tecidos e a

redução da fotossíntese reduz consideravelmente o controle do capim-pé-de-galinha com clethodim (BURKE et al., 2005).

Os tratamentos que continham herbicidas inibidores da ACCase (clethodim, sethoxydim, fluazifop-P-butyl + fomesafen, tepraloxym) e o glyphosate não controlaram a população EIR2 com resistência de nível baixo ao glyphosate, caracterizando uma diferença de suscetibilidade também aos herbicidas inibidores da ACCase. Para confirmação de que este seja um caso de resistência aos inibidores da ACCase outros estudos devem ser realizados, sendo as curvas de dose-resposta com diversos herbicidas inibidores da ACCase de diferentes grupos químicos os testes iniciais mais indicados.

Diferenças entre a suscetibilidade do capim-pé-de-galinha aos diferentes herbicidas inibidores da ACCase foram encontradas por Vidal et. (2006), no qual os herbicidas clethodim, quizalofop-p-ethyl, haloxyfop-methyl e fluazifop-p-butyl obtiveram controle sobre plantas resistentes a outros herbicidas (sethoxydim, butroxydim, fenoxaprop, propaquizafop e cyhalafop).

Em estádios mais tardios de desenvolvimento, outras plantas daninhas foram avaliadas quanto ao controle químico e as associações de herbicidas demonstraram ser mais eficientes. Melo (2011), Acra et al. (2014) e Osipe et al. (2014) estudaram o capim-amargoso no estágio de 4 perfilhos (35 cm), pré-florescimento com 50 cm e pré-florescimento com 80 cm, respectivamente. O primeiro autor verificou que clethodim, diuron + paraquat e amônio glufosinato aplicados isoladamente não foram eficazes no controle, porém associações dos herbicidas clethodim, sethoxydim, haloxyfop-methyl, fluazifop-P-butyl, tepraloxym com glyphosate foram eficientes no controle do capim-amargoso. Acra et al. (2014) concluíram que a associação de quizalofop-P-tefuryl ($0,6 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) com glyphosate ($1,44 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) é capaz de controlar eficientemente o capim-amargoso. Já Osipe et al. (2014) verificaram que as associações dos herbicidas chlorimuron-ethyl com clethodim ou quizalofop-P-tefuryl, diuron+hexazinone com clethodim e amônio glufosinato com clethodim, quizalofop-P-tefuryl ou fenoxaprop-P-ethyl foram altamente eficazes no controle do capim-amargoso. Tais associações de herbicidas apresentadas podem ser caracterizadas como possíveis tratamentos no controle do capim-pé-de-galinha.

Os herbicidas inibidores da ACCase são geralmente recomendados para culturas dicotiledôneas, como a soja, feijão e algodão (VIDAL; FLECK, 1997; BARROSO et al., 2010), pois possuem eficiente controle sobre plantas

monocotiledôneas. Esses herbicidas agem inibindo a enzima Acetil CoA carboxilase (ACCase) responsável pela síntese de ácidos graxos, que por sua vez são constituintes dos lipídeos que compõem as membranas lipoproteicas das células e organelas (NALEWAJA; MATYSIAK; SZELEZNIAK, 1994; CHRISTOFFOLETI; LÓPES-OVEJERO, 2008).

Essa enzima possui duas formas conhecidas, eucariota e procariota, sendo que a família Poaceae apresenta a forma eucariota nos cloroplastos e no citoplasma (forma de ACCase sensível aos herbicidas inibidores da ACCase), enquanto que as dicotiledôneas possuem a forma eucariota no citoplasma e a procariota (insensível aos herbicidas inibidores da ACCase) no cloroplasto. A ACCase está envolvida na catalisação do Malonil-CoA que possui papel fundamental na biossíntese de ácidos graxos. A forma procariota presente nas dicotiledôneas é suficiente para produzir todo o Malonil-CoA que a célula necessita quando a forma eucariota é inibida por herbicidas, explicando assim a tolerância natural das dicotiledôneas aos herbicidas inibidores da ACCase (ALBAN; BALDET; DOUCE, 1994).

Os inibidores da ACCase apesar de apresentarem controle excelente da população EIR1, apresentaram controles ruins da população EIR2 e como já existem relatos de *Eleusine indica* com resistência aos inibidores da ACCase (DAL MAGRO; AGOSTINETTO; VARGAS, 2009; VIDAL et al., 2006; OSUNA et al., 2012) estes herbicidas devem ser utilizados de maneira consciente, para que a pressão de seleção não seja incrementada a níveis críticos.

Os principais sintomas promovidos pela ação desses herbicidas são: paralisação do crescimento, amarelecimento das folhas, coloração arroxeada ou avermelhada nas folhas mais velhas, seguida de morte apical (DEFELICE et al., 1989).

Diante do cenário atual se as estratégias de manejo da resistência de plantas daninhas não forem adotadas pelos produtores, dentro de poucos anos, biótipos resistentes ao glyphosate e provavelmente com resistência múltipla aos inibidores da EPSPs e ACCase serão relatados em campos de produção de soja no Brasil.

3.4 Conclusões

O capim-pé-de-galinha foi controlado eficientemente nas aplicações em pré-emergência por diversos herbicidas testados. Os herbicidas que foram considerados mais eficazes no controle do capim-pé-de-galinha foram o flumioxazin,

sulfentrazone, clomazone e trifluralina, pois estes obtiveram controle acima de 85% para todas as populações, desde os 30 até os 120 dias após tratamento (DAT) e, portanto, efeitos residuais mais prolongados.

Os herbicidas atrazine e ametryn não obtiveram controle adequado, à medida que houve escapes de plantas de capim-pé-de-galinha em diversas populações, bem como a redução do controle a partir dos 60 DAT.

Na pós-emergência inicial (2 a 3 perfilhos) todos os herbicidas foram considerados boas alternativas de controle para o capim-pé-de-galinha, sendo que o amônio-glufosinato obteve controle ligeiramente menor.

A partir do segundo estágio (6 a 8 perfilhos) houve uma clara redução no controle de alguns tratamentos contendo inibidores da ACCase na população EIR2, enquanto EIR1 foi controlada por todos os herbicidas.

No estágio mais avançado (10 as 12 perfilhos) todos os tratamentos contendo inibidores da ACCase não controlaram a população EIR2 com exceção do haloxyfop-methyl. O herbicida sethoxydim foi o único que não obteve controle da população EIR1, não sendo indicado para plantas acima de 6 perfilhos.

Assim como esperado o glyphosate controlou a população EIR1 em todos os estádios, mas não controlou a população EIR2 em nenhum deles, pois essa população foi caracterizada anteriormente como um caso de resistência de nível baixo ao glyphosate.

Referências

- ACRA, L.T.; CORREIA, N.M.; BALIEIRO, G. Controle químico de diferentes populações de *Digitaria insularis* (*capim-amargoso*). In: CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., Gramado. **Resumos expandidos...** Gramado: SBCPD, 2014. p. 143-147.
- ALBAN, C.; BALDET, P.; DOUCE, R. Localization and characterization of two structurally different forms of acetyl-CoA carboxylase in young pea leaves, of which one is sensitive to aryloxyphenoxypropionate herbicides. **Biochemical Journal**, London, v. 300, p. 557-565, 1994.
- AN, J.; SHEN, X.; MA, Q.; YANG, C.; LIU, S.; YONG, C. Transcriptome profiling to discover putative genes associated with paraquat resistance in goosegrass (*Eleusine indica* L.). **PloS One**, San Francisco, v. 9, n. 6, p. e99940, 2014.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**: estatística experimental. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 247 p.

BARROSO, A.L.L.; DAN, H.A.; PROCÓPIO, S.O.; TOLEDO, R.E.B.; SANDANIEL, C.R.; BRAZ, G.B.P.; CRUVINEL, K.L. Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavouras de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 149-157, 2010.

BIANCHI, M.A. Manejo integrado de plantas daninhas no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE MANEJO E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM PLANTIO DIRETO, 1., 1998, Passo Fundo. **Palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1998. p. 108-118.

BECKIE, H.J. Herbicide-resistant weed management: focus on glyphosate. **Pest Management Science**, Sussex, v. 67, p. 1037-1048; 2011.

BRUNHARO, C.A.C.G. **Resistência da planta daninha capim-branco (*Chloris polydactyla*) ao herbicida glyphosate**. 2014. 153 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

BURKE, I.C.; ASKEW, S.D.; COBERTT, J.L.; WILCUT, J.W. Glufosinate antagonizes clethodim control of goosegrass (*Eleusine indica*). **Weed Technology**, Champaign, v. 19, p. 664-668, 2005.

CARLOTO, B.W.; SANCHOTENE, D.M.; MORAIS, T.B.; RODRIGUES, S.N.; FURLANI, L.; RUBERT, J. Controle de *Eleusine indica* na cultura do arroz irrigado com herbicidas inibidores da enzima ALS e ACCase. In: CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., Gramado. **Resumos expandidos...** Gramado: SBCPD, 2014. p. 1202-1206.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Germination ecology of goosegrass (*Eleusine indica*): an important grass weed of rainfed rice. **Weed Science**, Lawrence, v. 56, n. 5, p. 699-706. 2008.

CHRISTOFFERS, M.J. Genetic aspects of herbicide-resistant weed management. **Weed Technology**, Champaign, v. 13, n. 3, p. 647-652, 1999.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LOPEZ OVEREJO, R.F.; Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no Mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas, 2008. p. 9-34.

CHUAH, T.S.; SALMIJAH, S.; TENG, Y.T.; ISMAIL, B.S. Changes in seed bank size and dormancy characteristics of the glyphosate-resistant biotype of goosegrass (*Eleusine indica* [L.] Gaertn.). **Weed Biology and Management**, Fukui, v. 4, p. 114-121, 2004.

DAL MAGRO, T.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Resistência de *Eleusine indica* a herbicidas inibidores de ACCase. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Ed. Berthier, 2009. p. 247-251.

DEFELICE, M.S.; BROWN, W.B.; ALDRICH, R.J.; SIMS, B.D.; JUDY, D.T.; GUETHLE, D.R. Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of post emergence herbicides. **Weed Science**, Lawrence, v. 37, n. 3, p. 365-374, 1989.

HARRIS, J.R.; GOSSETT, B.J.; TOLER, J.E. Growth characteristics of selected dinitroaniline-resistant and -susceptible goosegrass (*Eleusine indica*) population. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, p. 561-567, 1995.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 27 maio 2016.

_____. **Criteria for confirmation of herbicide-resistant weeds**: with specific emphasis on confirming low level resistance. 2005. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

HOLT, J.; LeBARON, H.M. Significance and distribution of herbicide resistance. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, p. 141-149, 1990.

GAZZIERO, D.L.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; VARGAS, L.; KRUSE, N.D.; GALLI, A.J.B.; TREZZI, M.M. Critérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Ed.). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009. p. 91-101.

LAMEGO, F.P.; VIDAL, R.A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, p. 467-471, 2008.

LAZAROTO, C.A.; FLECK, N.G.; VIDAL, R.A. Biologia e ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 852-860, 2008.

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

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

LUCKMANN, M.J.; ZAGONEL, J.; FERREIRA, C.; SENER, M. Controle de plantas daninhas em pós-emergência da soja com herbicidas inibidores da ACCase. In: CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., Gramado. **Resumos expandidos...** Gramado: SBCPD, 2014. p. 1044-1048.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R.; SZELEZNIAK, E.F. Sethoxydim response to spray chemical properties and environment. **Weed Technology**, Champaign, v. 8, n. 3, p. 591-597, 1994.

NORSWORTHY, J.K.; WARD, S.M.; SHAW, D.R.; LLEWELLYN, R.S.; NICHOLS, R.L.; WEBSTER, T.M.; BRADLEY, K.W.; FRISVOLD, G.; POWLES, S.B.; BURGOS, N.R.; WITT, W.W.; BARRET, M. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. **Weed Science**, Lawrence, v. 60, p. 31-62, 2012.

MELO, M.S.C. **Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate**. 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

OSIPE, J.B.; ADEGAS, F.S.; OSIPE, R.; ALVES, A.J.; BENTO, D.C.; ROSSI, E.; PANZIERA, A.C.; SALLES JUNIOR, A.J. Controle de capim-amargoso com diferentes misturas. In: CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., Gramado. **Resumos expandidos...** Gramado: SBCPD, 2014. p. 1073-1077.

OSUNA, M.D.; GOULART, I.C.G.R.; VIDAL, R.A.; KALSING, A.; RUIZ SANTAELLA, J.P.; DE PRADO, R. Resistance to ACCase inhibitors in *Eleusine indica* from Brazil involves a target site mutation. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 675-681, 2012.

OWEN, M.D.K.; YOUNG, B.G.; SHAW, D.R.; WILSON, R.G.; JORDAN, D.L.; DIXON, P.M.; WELLER, S.C. Benchmark study on glyphosate-resistant crop systems in the United States. Part 2: Perspectives. **Pest Management Science**, Sussex, v. 67, p. 747-757, 2011.

POWLES, S.; HOLTUM, J. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. New York: CRC Press, 1994. 353p

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.L.S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Ed. Grafmarke, 2011. 697 p.

ROMAN, E.S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M.A.; MATTEI, R.W. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, p. 301-306, 2004.

ROMAN, E.S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M.A.; WOLF, T.M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Ed. Berthier, 2007. 160 p.

ROSA, L.E.; NICOLAI, M.; MELO, M.S.C.; CARVALHO, D.C.P.; WOCH, A.L.; BOBADILLA, L.K.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Alternativas de controle na pós-emergência inicial de *Eleusine indica*. In: CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., Gramado. **Resumos expandidos...** Gramado: SBCPD, 2014. p. 996-1000.

ROUSH, M.L.; RADOSEVICH, S.R.; MAXWELL, B.D. Future outlook for herbicide-resistance research. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, p. 208-214, 1990.

SOAR, C.J.; KAROTAM, J.; PRESTON, C.; POWLES, C.; POWLES, S.B. Reduced paraquat translocation in paraquat resistant *Arctotheca calendula* (L.) Levyns is a consequence of the primary resistance mechanism, not the cause. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 76, p. 91–98. 2003.

ULGUIM, A.D.R. **Resposta de capim pé-de-galinha (*Eleusine spp.*) ao herbicida glyphosate**. 2012. 71 p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2012.

VALVERDE, B.E. Status and management of grass-weed herbicide resistance in Latin America. **Weed Technology**, Champaign, v. 21, n. 2, p. 310-323, 2007.

VARGAS, L.; SILVA, A.A.D.; AGOSTINETTO, D.; GAZZIERO, D. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Ed.). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009. p. 9-36.

VELINI, E.D. **Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia**. 1995. 250 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1995.

VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: Palotti, 1997. 165p.

VIDAL, R.A.; PORTES, E.S.; LAMEGO, F.P.; TREZZI, M.M. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, p. 163-171, 2006.

WALSH, M.J.; POWLES, S.B. Management strategies for herbicide-resistant weed population in Australian dryland crop production systems. **Weed Technology**, Lawrence, v. 21, p. 332-338, 2007.

ZERA, F.S.; SCHIAVETTO, A. R.; AZANIA, C.A.M.; ALVES, P. L. C. A. Utilização de herbicidas em pré-emergência do Capim Camalote. In: CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., Gramado. **Resumos expandidos...** Gramado: SBPCPD, 2014. p. 785-789.

4 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO, NÚMERO DE SEMENTES E SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA ATRAVÉS DE ESCARIFICAÇÃO MECÂNICA, DE QUATRO POPULAÇÕES DE CAPIM-PÉ-DE-GALINHA (*Eleusine indica* L. Gaertn.)

Resumo

O conhecimento da biologia das plantas daninhas é fundamental para o manejo adequado nas áreas de produção, principalmente quando diferentes populações apresentam suscetibilidade diferencial a um determinado herbicida. Por isso esta pesquisa foi realizada com o objetivo de comparar o crescimento de quatro populações de capim-pé-de-galinha com diferenças de suscetibilidade ao herbicida glyphosate, provenientes de diferentes regiões, quantificar a produção de sementes de cada uma delas e avaliar a escarificação mecânica como método de superação de dormência das sementes de capim-pé-de-galinha. Os experimentos de avaliação do crescimento e número de sementes por planta de capim-pé-de-galinha foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), em Piracicaba – SP, entre os meses de dezembro de 2014 a abril de 2015. O experimento de escarificação mecânica foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do mesmo departamento em julho de 2015. O experimento de crescimento foi realizado em vasos de 5,0 L e foram feitas 8 avaliações semanais a partir dos 21 dias após a emergência (DAE) das plantas, portanto até os 70 DAE. Em cada avaliação 4 plantas de cada população foram amostradas, medindo-se a área foliar e secando-as para obtenção das variáveis massa seca de raízes (Mrz) e parte aérea (Mpa). O experimento de produção de sementes foi realizado por um método de contagem e mensuração de estruturas reprodutivas, no qual foram avaliadas 4 plantas inteiras de cada população aos 90 DAE, que se desenvolveram em vasos de 15,0 L. Os testes de germinação com e sem a escarificação mecânica das sementes foram realizadas em caixas de plástico com 4 repetições contendo 50 sementes em cada caixa. A escarificação foi realizada através do atrito de uma lixa abrasiva contra as paredes das sementes e as avaliações de germinação foram realizadas aos 7 e 21 dias após a semeadura (DAS). Os resultados demonstraram que o capim-pé-de-galinha produz elevada quantidade de área foliar e matéria seca e que existem diferenças no crescimento das populações, não havendo relação com a suscetibilidade diferencial ao glyphosate encontrada entre as populações. A produção média de sementes de *Eleusine indica* foi de 45000 sementes, não havendo diferenças significativas entre as populações quanto à produção de sementes. A escarificação mecânica das sementes de capim-pé-de-galinha utilizando lixa abrasiva como método de superação da dormência acelerou a germinação inicial e aumentou a germinação percentual final de forma significativa. Ocorre dormência física na espécie *Eleusine indica* e o mecanismo que confere a dormência está relacionado com a impermeabilidade do tegumento.

Palavras-chave: Matéria seca; Área foliar; Germinação; Adaptabilidade ecológica

Abstract

The knowledge of the biology of weeds is essential for the proper management in the areas of production, especially when different populations exhibit differential susceptibility to a particular herbicide. So this research was conducted in order to compare the growth of four populations of goosegrass with differences in susceptibility to glyphosate, from different regions, to quantify the production of seeds of each and evaluate scarification mechanics as a method of scarification of goosegrass. The evaluation experiments of growth and number of seeds per goosegrass plant were performed in Department Vegetable Production greenhouse of the College of Agriculture "Luiz de Queiroz" (ESALQ-USP), in Piracicaba - SP, between the months of December 2014 to April 2015. The mechanical scarification experiment was conducted in the Seed Analysis Laboratory of the same department in July 2015. The growth experiment was conducted in 5,0L pots and were made 8 weekly ratings from 21 days after emergence (DAE) of the plants, so until 70 DAE. In each review 4 plants of each population were sampled by measuring the leaf area and drying them to obtain the dry mass of roots (Mrz) and shoot (Mpa) variables. The seed production experiment was carried out by a method of counting and measurement of reproductive structures, which were evaluated 4 whole plants of each population at 90 DAE, which developed in pots of 15,0 L. The germination tests with and without mechanical scarification of the seeds, were held in plastic boxes with 4 replicates containing 50 seeds in each box. Scarification was performed using the friction of abrasive pad against the walls of seeds and germination evaluations were performed at 7 and 21 days after sowing (DAS). The results showed that the goosegrass produces high amount of leaf area and dry matter and that there are differences in the growth of the population, with no relation to the differential susceptibility to glyphosate found among populations. The average production of *Eleusine indica* seeds was 45000 seeds, no significant differences among populations for the production of seeds. The chiseling of goosegrass seeds using an abrasive pad as dormancy overcoming method accelerated the initial germination and the germination percentage end significantly. Physical dormancy occurs in species *Eleusine indica* and the mechanism that confers dormancy associated with the impermeability of the integument.

Keywords: Dry matter; Leaf area; Germination; Ecological adaptability

4.1 Introdução

A utilização do herbicida glyphosate no sistema de plantio direto nas ultimas décadas, foi intensificada com o advento das culturas geneticamente modificadas, gerando um aumento da pressão de seleção sobre as plantas daninhas culminando na seleção de biótipos de diversas espécies de plantas daninhas resistentes ao herbicida glyphosate no Brasil e no mundo (LÓPEZ-OVEJERO, 2006; HEAP, 2016).

Uma das espécies cujo controle com o uso do glyphosate vem sendo questionado, à medida que são observadas frequentes falhas de controle nos campos de soja transgênica resistente ao glyphosate, é o capim-pé-de-galinha.

O capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn) é uma espécie monocotiledônea da Família Poaceae (Gramineae), encontrada em praticamente todas as regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo, sendo encontrada em quase todo território brasileiro. É considerada uma das gramíneas mais importantes no mundo, pois ela tem sido relatada como planta daninha problema em mais de 60 países e mais de 50 culturas (HOLM et al., 1977).

Ela é uma planta anual, herbácea, entouceirada e fortemente enraizada, podendo adquirir morfologia cespitosa, ereta ou semi-prostrada, medindo entre 30 e 70 cm de altura. (KISSMANN; GROTH, 1997; LORENZI, 2006).

O capim-pé-de-galinha é uma espécie autógama, com ciclo fotossintético do tipo C4, diploide, com $2n=18$ cromossomos e cujo ciclo de vida varia de 120 (ambientes mais úmidos e quentes) a 180 dias (ambientes mais secos ou frios). Esta espécie possui reprodução por sementes chegando a produzir 40000 sementes por planta, as quais podem ser transportadas pelo vento, o que favorece a dispersão em grande escala territorial (KISSMANN; GROTH, 1997). As sementes (aquênios) são de coloração escura e ovaladas com aproximadamente 1 mm, sendo que o peso de 1000 sementes é de apenas 0,39 g (CHAUHAN; JOHNSON, 2008). Os colmos são achatados, principalmente na parte inferior da planta e do topo de cada colmo saem, de forma digitada e divergente, de 2 a 7 espigas lineares, com 4 a 12 cm de comprimento por 3 a 6 mm de largura, no qual o conjunto lembra a disposição dos artelhos nos pés de galinhas (KISSMANN; GROTH, 1997).

O capim-pé-de-galinha possui baixa exigência em relação ao tipo de solo, germinando e se estabelecendo em ampla faixa de pH e elevada salinidade (NaCl), além de ser altamente competitivo o que explica sua presença nas mais diversas culturas produzidas no Brasil (KISSMANN, 2007). Segundo Chauhan e Johnson (2008) a germinação do capim-pé-de-galinha não é afetada pela variação de pH, se mantendo elevada numa faixa de pH de 5 a 10 e concentrações de 50 mM de NaCl reduzem a germinação em apenas 25%, sendo necessários 200 mM para inibição total da germinação de sementes de *Eleusine indica*.

As sementes de capim-pé-de-galinha apresentam germinação em ampla faixa de condições ambientais. A germinação é facilitada em casos de alternância de temperaturas de 30/20°C ou 35/20°C durante oito ou doze horas de luz, entretanto as sementes desta espécie são capazes de germinar na ausência total de luz e em temperaturas amenas (25/15°C), o que favorece a sua adaptação em diferentes

regiões tropicais e subtropicais. Já, a emergência é influenciada pela umidade do solo e pela profundidade onde estão depositadas as sementes, em que as maiores proporções de plântulas emergem de sementes dispostas na superfície do solo, sendo que profundidades de semeadura superiores a 8,0 cm inibem a germinação (ISMAIL et al., 2002; CHAUHAN; JOHNSON, 2008;).

A adaptabilidade ecológica de biótipos resistentes pode ser afetada, em função de alguns mecanismos que conferem a resistência, como por exemplo, a translocação reduzida, que poderia resultar em menor capacidade de acúmulo de matéria seca, sementes e raízes (PRESTON et al., 2009). Uma das formas de avaliar diferenças na adaptabilidade de diferentes populações ou espécies é a construção de curvas de crescimento (CHRISTOFFOLETI; WESTRA; MOORE, 1997; CARVALHO, 2006; MELO, 2011; SOUZA et al., 2012; BRUNHARO, 2014).

A capacidade de sobrevivência e reprodução de um biótipo em uma população determina a sua adaptabilidade ecológica, a qual depende além do crescimento, de outras características biológicas, como taxas de germinação e produção de sementes (CHRISTOFFOLETI, 2001).

A detecção das diferenças morfogenéticas entre biótipos é de grande importância, pois fornece informações que auxiliam no manejo da resistência no campo (BHOWMIK, 1997).

Diante disso, este estudo foi realizado com o objetivo de comparar o crescimento de quatro populações de capim-pé-de-galinha com diferenças de suscetibilidade ao herbicida glyphosate, provenientes de diferentes regiões, bem como quantificar a produção de sementes de cada uma delas. Além disso, foram realizados testes comparando a germinação das populações submetidas à escarificação mecânica como método de superação de dormência das sementes de capim-pé-de-galinha.

4.2 Material e Métodos

Os experimentos de avaliação do crescimento e número de sementes por planta de capim-pé-de-galinha foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), localizada em Piracicaba – SP (22° 42’ 30” S, 47° 38’ 00” W), entre os meses de dezembro de 2014 a abril de 2015.

O experimento com testes de germinação sem e com escarificação mecânica de sementes foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do mesmo departamento em julho de 2015.

Avaliação do crescimento de plantas de capim-pé-de-galinha

As parcelas experimentais foram constituídas por vasos de 5,0 L preenchidos com substrato comercial. Sementes das quatro populações (EIR1, EIR2, EIR3 e EIS) foram semeadas nos vasos a fim de se obter a germinação de 5 a 10 plântulas por vaso. Após o estabelecimento das plântulas, foi realizado o desbaste, obtendo-se apenas uma planta por vaso. As avaliações de crescimento foram iniciadas aos 21 dias após a emergência (DAE) das plantas e foram realizadas avaliações posteriores em intervalos de 7 dias até os 70 DAE, totalizando oito avaliações de crescimento.

O delineamento experimental adotado para este experimento foi o inteiramente aleatorizado e a cada avaliação 4 plantas de cada população foram coletadas para análise. As plantas foram lavadas com água para retirada total do substrato aderido às raízes e o material vegetal foi separado em raízes e parte aérea (folhas e colmos).

Os valores de área foliar foram obtidos com o uso do aparelho LI-3100 Area Meter (LI-COR, inc., Lincoln, Nebraska, USA) e são apresentados em centímetros quadrados por planta ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$).

Após esse processo, todo o material foi colocado em sacos de papel distinguindo-se a parte aérea e raízes e foram dispostos para secagem em estufa de circulação forçada a 60°C por 72 horas ou até a obtenção de massa constante, quando foi possível realizar a pesagem em balança digital de precisão, obtendo-se as variáveis massa seca das raízes (M_{rz}), massa seca da parte aérea (M_{pa}) e massa seca total (M_t), apresentadas em gramas por planta (g planta^{-1}).

As curvas que avaliaram o acúmulo de área foliar e massa seca foram obtidas através da equação de Gauss $f = a \cdot \exp(-0,5 \cdot ((x-x_0)/b)^2)$, onde “f” é a variável resposta; “a” representa a amplitude da curva; “x” representa os dias após a emergência (DAE); “x0” representa o valor de “x” em que o “f” é máximo; “b” representa o grau de decaimento da variável (MELO, 2011).

Número de sementes por planta de capim-pé-de-galinha

Este experimento foi conduzido a partir da coleta de sementes de plantas que se desenvolveram em vasos de 15,0 L no mesmo período do experimento de curvas

de crescimento. A semeadura foi realizada da mesma forma do experimento de curva de crescimento, em 40 vasos, sendo 10 para cada população. Ao final do desbaste apenas uma planta por vaso foi mantida para crescimento e posterior análise da produção de sementes. Quando as plantas atingiram a fase de senescência (90 dias após a emergência) e aparentemente não estavam mais realizando perfilhamento e produção de sementes novas, 4 plantas de cada população foram selecionadas aleatoriamente entre as 10 existentes em sua respectiva população para a realização das análises quantitativas.

Cada planta passou por um processo de contagem e mensuração de estruturas reprodutivas, possibilitando assim obter uma estimativa do número médio de sementes produzidas por cada uma das populações de *Eleusine indica* durante o seu ciclo de vida.

Primeiramente foram contados os números de colmos de cada planta (NC) contendo em sua extremidade uma inflorescência. Após esse processo foram selecionadas aleatoriamente 20 inflorescências por planta e foi realizada a contagem do número médio de espigas por inflorescência e consequentemente por colmo (NEC). Dando continuidade foram selecionadas aleatoriamente 40 espigas por planta para mensuração do tamanho médio das espigas (TE). Dentre as 40 espigas mensuradas por planta, 10 foram selecionadas de maneira aleatória e foi realizada a contagem do número de espiguetas por centímetro de espiga (NECM), sendo que cada espiguetas contém uma semente de capim-pé-de-galinha. Com esses quatro parâmetros foi possível estimar a quantidade de sementes produzidas por uma planta de capim-pé-de-galinha ao longo do seu ciclo de vida (NSP), através da seguinte fórmula: $NSP = NC \times NEC \times TE \times NECM$.

Esse método foi adaptado de Carvalho et al. (2005) e possibilitou a estimativa da produção de sementes desta espécie, que produz sementes por grande parte do seu ciclo de vida, o que significa que enquanto as últimas sementes estão sendo produzidas as primeiras já não se encontram na planta.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente aleatorizado com 4 repetições para os parâmetros NC e NSP, 80 repetições para NEC, 160 repetições para TE e 40 repetições para o parâmetro NECM.

Os dados foram coletados e analisados através do teste F sobre a análise da variância, seguido do teste de Tukey ao nível de 5% (BANZATTO, KRONKA, 1988).

Teste de germinação sem e com escarificação mecânica

Primeiramente sementes das quatro populações do estudo (EIR1, EIR2, EIR3 e EIS) foram coletadas e armazenadas em sacos de papel e dispostas em câmara fria até o momento da instalação do teste de germinação. Este teste além de ser um experimento para avaliar a interferência da escarificação mecânica na germinação das sementes de capim-pé-de-galinha, foi necessário para a instalação adequada do experimento de alternativas de controle na pré-emergência, no qual foram utilizadas sementes não escarificadas.

As sementes passaram por um processo de limpeza através do método de ventilação uniforme, com a utilização de um soprador de sementes com fluxo ascendente de ar, durante 3 minutos, visando retirar estruturas leves que não continham cariopses em seu interior.

No gênero *Eleusine* considera-se como semente pura: antécio fértil (lema e pálea) envolvendo uma cariopse; cariopse com ou sem pericarpo e pedaço de cariopse maior que metade do seu tamanho original com ou sem pericarpo (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA, 1987; BRASIL, 2009). Nesta pesquisa optou-se por utilizar somente sementes puras inteiras, visando uniformizar ao máximo os lotes de sementes de cada população.

Para a realização do teste de germinação sem escarificação, foi obtida uma amostra de trabalho para cada população. Cada amostra de trabalho continha 200 sementes puras divididas em 4 repetições de 50 sementes cada. Neste teste foram utilizadas sementes puras com antécio fértil envolvendo uma cariopse.

As sementes foram dispostas em caixas de plástico incolores e transparentes (11 x 11 x 3,5 cm) contendo duas folhas de papel mata-borrão umedecidas com água destilada na quantidade de 13,0 mL, o que corresponde a 2,5 vezes a massa total das folhas de papel. As caixas foram tampadas, colocadas em sacos plásticos e levadas para câmara de germinação, cuja temperatura alternava entre 20°C (16 horas) e 30°C (8 horas) ao longo do dia, sendo essa alternância considerada ideal para a germinação de sementes da espécie *Eleusine indica* (NISHIMOTO; McCARTY, 1997; ISMAIL et al., 2002; CHUAHAN; JOHNSON, 2008). A iluminação esteve presente durante o período de oito horas por dia associado com a maior temperatura.

As avaliações foram feitas aos 7 e 21 dias após a semeadura, sendo que após a primeira contagem foi realizado novo umedecimento do substrato com quantidade de água suficiente, para que não houvesse restrição hídrica para as sementes que não haviam germinado até o momento. A germinação das sementes é inibida quando ocorre estresse hídrico, que é caracterizado por um potencial hídrico a partir de -0,8 Mpa (ISMAIL et al., 2002; CHUAHAN; JOHNSON, 2008).

A germinação de sementes em testes de laboratório é definida como a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo. O resultado deste teste é dado em porcentagem de germinação de sementes e corresponde a proporção de sementes classificadas como normais, em condições e períodos especificados (BRASIL, 2009). As plântulas foram classificadas como normais quando houve a presença das seguintes estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas e intactas: sistema radicular, coleóptilo e plúmula.

As plântulas que iniciaram o processo de germinação, mas que não possuíam as características essenciais para o desenvolvimento de uma planta normal foram consideradas anormais. Já as sementes que não iniciaram o processo de germinação dentro dos 21 dias do teste foram consideradas mortas ou dormentes.

O teste de germinação com escarificação mecânica foi realizado com o auxílio de uma lixa de papel abrasiva para madeira com grana 100. As sementes foram esfregadas contra a superfície abrasiva da lixa até que as cariopses se desprendessem da lema e pálea no primeiro momento, e em seguida houvesse a destruição do pericarpo, restando apenas uma cariopse com formato de uma esfera negra com bordas ovaladas de aproximadamente 1,0 mm.

A instalação e condução deste teste seguiram os mesmos padrões do teste anterior, com a exceção da escarificação e do umedecimento do papel que foi feito com KNO_3 a 0,2% ao invés de água destilada (CHUAH et al., 2004; BRASIL, 2009).

4.3 Resultados e Discussão

Avaliação do crescimento de plantas de quatro populações de capim-pé-de-galinha

Os resultados das avaliações de crescimento das plantas de capim-pé-de-galinha podem ser observados nas Figuras 7, 8, 9 e 10, nas quais são apresentadas respectivamente as curvas do acúmulo de área foliar ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), massa seca das raízes, massa seca da parte aérea e massa seca total em gramas por planta (g planta^{-1}). Nas Figuras podem ser observadas as linhas que representam a curva gerada pelo modelo matemático e pontos que representam os valores médios reais utilizados para gerar as curvas. Na Tabela 19 são apresentados os parâmetros do modelo logístico utilizados para construção das curvas.

Figura 7 - Acúmulo de área foliar, por planta, durante o ciclo de vida de quatro populações de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

Figura 8 - Acúmulo de massa seca nas raízes (Mrz), por planta durante o ciclo de vida de quatro populações de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

Figura 9 - Acúmulo de massa seca na parte aérea (Mpa), por planta durante o ciclo de vida de quatro populações de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

Figura 10 - Acúmulo de massa seca total (Mt), por planta durante o ciclo de vida de quatro populações de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

Tabela 19 - Parâmetros do modelo logístico obtidos para as variáveis área foliar, massa seca das raízes, massa seca da parte aérea e massa seca total de quatro populações de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

Variável	Parâmetros			
	População	a	b	X0
Área foliar	EIR1	4148,20	12,65	62,24
	EIR2	3526,30	15,66	62,52
	EIR3	2762,20	12,27	63,02
	EIS	3605,40	12,59	61,57
Massa Seca das Raízes	EIR1	17,54	9,36	62,58
	EIR2	13,82	16,32	66,83
	EIR3	6,19	13,44	60,32
	EIS	9,32	12,53	59,95
Massa seca da parte aérea	EIR1	65,10	10,64	62,83
	EIR2	58,60	14,10	65,94
	EIR3	41,10	11,08	63,39
	EIS	47,98	11,90	63,44
Massa seca total	EIR1	82,52	10,38	62,77
	EIR2	72,37	14,53	66,13
	EIR3	46,96	11,53	63,13
	EIS	56,86	12,17	62,97

Modelo: $Y = a \exp(-0,5((X-X_0)/b)^2)$

A população EIR1 proveniente de Guarapuava-SP foi a que atingiu o maior acúmulo de área foliar em torno de 4000 cm² por planta, seguida pelas populações EIR2 de Primavera do Leste - MT e EIS de Pedra Preta – MT com 3400 e 3500 cm². A população EIR3 de Piracicaba – SP foi o que apresentou o menor crescimento, alcançando acúmulo de área foliar na faixa de 2600 cm². Melo (2011) estudando o crescimento de biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), que é considerada uma planta altamente competitiva, verificou que a o acúmulo de área foliar foi de aproximadamente 2500 cm², enquanto Moreira (2007) encontrou valores de área foliar para *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* na faixa de 2000 e 550 cm² por planta, respectivamente. O acúmulo de área foliar de plantas de capim-branco (*Chloris polydactyla*) encontrados por Brunharo (2014) foi de aproximadamente 700

cm² por planta, enquanto que Carvalho et al. (2005) encontraram valores de 3900 cm² por planta para a mesma espécie. Já o picão-preto (*Bidens pilosa*) apresentou área foliar de 400 cm² (CHRISTOFFOLETI, 2001). Isso confirma que o capim-pé-de-galinha é uma espécie altamente competitiva com elevada capacidade fotossintética.

O acúmulo de massa seca nas raízes foi consideravelmente maior nas populações EIR1 e EIR2 com 17,4 e 13,7 g, respectivamente. Já as populações EIS e EIR3 acumularam apenas 8,8 e 6,6 g. Comportamento semelhante foi encontrado nos valores referentes ao acúmulo de massa seca na parte aérea, no qual as populações EIR1 e EIR2 obtiveram valores médios de 62,2 e 57,1 g por planta, enquanto EIS e EIR3 acumularam 46,9 e 38,5 g por planta.

Acompanhando os resultados citados acima o acúmulo total de massa seca nas populações EIR1, EIR2, EIS e EIR3 foram de 79,6; 70,8; 55,7 e 45,1 g por planta. Comparando o acúmulo de matéria seca do capim-pé-de-galinha com outras espécies importantes nos campos de produção do Brasil podemos notar que o mesmo possui um grande potencial de acúmulo de matéria seca. Na literatura podemos encontrar o acúmulo de matéria seca total de algumas espécies importantes no nosso país: *Bidens pilosa* com 120 g planta⁻¹ (CHRISTOFFOLETI, 2001), *Chloris polydactyla* entre 25 e 60 g planta⁻¹ (BRUNHARO, 2014; CARVALHO et al., 2005), *Digitaria insularis* com 40 g planta⁻¹ (MELO, 2011); *C. canadensis* e *C. bonariensis* com 21 e 5 g planta⁻¹ (MOREIRA, 2007); *Stizolobium aterrimum* e *Merremia cissoides* com 25 e 14 g planta⁻¹ (CAMPOS et al., 2012).

Em um estudo realizado em condições de casa de vegetação, onde o capim-pé-de-galinha conviveu com a cultura do milho, observou-se habilidade competitiva equivalente entre as duas espécies em relação às variáveis matéria seca da parte aérea, raiz e total (WANDSCHEER; RIZZARDI; REICHERT, 2013). Quando comparado com a soja o capim-pé-de-galinha foi menos competitivo em relação ao acúmulo de matéria seca, quando em proporções iguais (WANDSCHEER et al., 2013), o que pode ser explicado pela elevada plasticidade que a soja apresenta em função do manejo sob a qual é submetida (LAMEGO et al., 2005). No entanto, as culturas podem apresentar uma menor habilidade competitiva no campo, podendo ser ocasionado pela densidade elevada de plantas daninhas na área (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Quanto aos aspectos fenológicos, as plantas de capim-pé-de-galinha de modo geral iniciaram o perfilhamento aos 28 dias após a emergência (DAE),

possuindo um crescimento inicial lento até os 35 DAE. A partir dos 42 dias ocorreu um pico na produção de perfilhos e crescimento que se prolongou até os 63 DAE, quando as plantas atingiram o ápice do acúmulo de área foliar e matéria seca, entrando posteriormente na senescência. A fase de florescimento iniciou-se entre 42 e 49 DAE e perdurou até os 63 DAE, ocorrendo por boa parte do ciclo de vida total, o que favorece o processo de adaptação e colonização da espécie em uma área agrícola (BAKER, 1974).

Nas condições em que este experimento foi realizado o ciclo de vida do capim-pé-de-galinha foi de aproximadamente 70 dias, sendo considerado curto quando comparado com o ciclo de vida de 120 dias descrito na literatura (KISSMANN; GROTH, 1997). Isso pode ter ocorrido devido ao rápido desenvolvimento das plantas nas condições ideais fornecidas pelo ambiente controlado.

As diferenças de suscetibilidade ao glyphosate encontradas no capítulo 2 entre as populações não demonstraram influencia significativa no acúmulo de área foliar, de matéria seca de raízes e parte aérea. As diferenças de crescimento encontradas entre as plantas das quatro populações foram possivelmente devido às características próprias de cada população bem como da sua adaptabilidade às condições climáticas durante o estudo.

Em alguns estudos com biótipos de *Eleusine indica* resistentes aos herbicidas inibidores ao grupo das dinitroanilinas não foram encontradas diferenças na adaptabilidade ecológica em relação aos biótipos suscetíveis, sendo que pequenas diferenças são devido a características individuais de cada população e região de origem e não tem relação com as características de resistência as dinitroanilinas (MURPHY; GOSSETT; TOLER, 1986; HARRIS; GOSSETT; TOLER, 1995). O mesmo ocorre em plantas daninhas resistentes a herbicidas inibidores da ACCase e ALS, no qual não são verificadas diferenças entre o crescimento dos diferentes biótipos (CHRISTOFFOLETI et al., 1997; CHRISTOFFOLETI, 2001; LÓPEZ-OVEJERO et al., 2007; DAVIS et al., 2009). Isso ocorre, pois nesses casos a resistência ocorre por uma alteração na enzima alvo, fazendo com que o herbicida não consiga chegar ao seu sítio de ação, e sendo assim as plantas resistentes não adquirem desvantagens adaptativas relacionadas ao crescimento na ausência de pressão de seleção (SATHASIVAN; HAUGHN; MURAI, 1990; DEVINE, 1997).

Os valores encontrados de acúmulo de área foliar na faixa de 3400 cm² para a espécie, chegando a 4000 cm² em uma das populações, bem como o acúmulo de massa seca na faixa de 63 g para a espécie, chegando a 79,6 g em uma das populações, demonstram que o capim-pé-de-galinha é uma espécie com elevado desenvolvimento de material vegetal o que faz com que esta espécie tenha alto potencial de estabelecimento e interferência nas áreas cultivadas.

Número de sementes por planta de quatro populações de capim-pé-de-galinha

Os resultados obtidos após as avaliações quantitativas são apresentados na Tabela 20, bem como o desvio padrão (DP) que fornece uma estimativa da variabilidade dos dados em relação à média. O número médio de colmos (NC) produzidos pela população EIR2 de Primavera do Leste - MT foi de 62 sendo significativamente menor em relação às demais populações, que produziram entre 82 e 95 colmos por planta em média. Entretanto o número médio de espigas em uma inflorescência e consequentemente por colmo (NEC) foi semelhante entre as populações, variando entre 8 e 9.

O tamanho médio das espigas (TE) da população EIR2 foi superior às demais com 10,8 cm e a população EIR3 de Piracicaba – SP produziu visivelmente as menores espigas com 8,7 cm. Já o número de espiguetas por centímetro de espiga não diferiu entre as populações, sendo uma variável praticamente constante para a espécie, no valor de 6,5. Carvalho et al. (2005) verificaram que o capim-branco produz racemos de aproximadamente 13,5 cm com 10 sementes por centímetro de racemo, estrutura equivalente a espiga do capim-pé-de-galinha.

Tabela 20 - Parâmetros estimados para obtenção do número de sementes por planta de capim-pé-de-galinha. Piracicaba - SP, 2015

Populações	NC		NEC		TE		NECM		NSP	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
EIR1	87 a	10,03	9,2 a	1,56	9,3 c	1,42	6,5 a	0,52	48384 a	3192
EIR2	62 b	7,37	9,1 a	1,13	10,8 a	1,90	6,5 a	0,51	39606 a	6138
EIR3	95 a	6,75	8,1 b	1,10	8,7 d	1,01	6,7 a	0,52	44854 a	4321
EIS	82 a	10,21	8,9 a	1,17	10,3 b	1,42	6,5 a	0,46	48860 a	4464
DMS	18,3		0,5		0,4		0,3		9760	
CV (%)	10,69		14,24		15,04		7,71		10,19	

NC = Número médio de colmos por planta; NEC = Número médio de espigas por colmo; TE = Tamanho médio das espigas; NECM = Número médio de espiguetas por centímetro; NSP = Número médio de sementes por planta; DP = Desvio padrão; DMS = diferença mínima significativa; CV (%) = coeficiente de variação percentual. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância

O número médio de sementes que uma planta (NSP) de capim-pé-de-galinha produz ao longo do seu ciclo de vida foi obtido em função dos parâmetros avaliados anteriormente, e foi verificado que as populações EIR1, EIR2, EIR3 e EIS, produziram respectivamente 48384, 39606, 44854 e 48860 sementes por planta, não havendo diferenças estatísticas entre os dados. A média de sementes produzidas pela espécie *Eleusine indica*, independentemente da população estudada foi de aproximadamente 45000 sementes. O resultado encontrado é semelhante aos resultados encontrados na literatura (KISSMANN; GROTH, 1997) de que uma planta de capim-pé-de-galinha pode produzir até 40000 sementes em um único ciclo. Carvalho et al. (2005) verificaram que o capim-branco (*Chloris polydactyla*) pode produzir até 30000 sementes. Entretanto existem espécies como a buva (*C. canadensis*; *C. bonariensis*) que podem produzir até 200.000 sementes (DAVIS et al., 2009).

O elevado crescimento e produção de sementes, aliado a fácil dispersão das sementes caracterizam a espécie *Eleusine indica* como altamente competitiva e por esse motivo ela vem sendo considerada como uma das mais importantes espécies de plantas daninhas do mundo a mais de 50 anos.

Diante das semelhanças entre os parâmetros avaliados nas diferentes populações, o perfilhamento e consequentemente a produção de colmos é certamente o fator que mais influencia na produção de sementes de uma planta de capim-pé-de-galinha.

Teste de germinação com e sem escarificação mecânica

Os resultados dos testes de germinação com e sem o processo de escarificação mecânica aos 7 e 21 dias após a semeadura (DAS) podem ser observados nas Tabelas 21 e 22, bem como o desvio padrão (DP) que fornece uma estimativa da variabilidade dos dados em relação à média.

Na Tabela 21 nota-se que na avaliação inicial aos 7 DAS, a germinação passou de 2% (EIR1, EIR2 e EIS) e 9% (EIR3) para 49, 72, 57 e 68%, respectivamente, evidenciando que a escarificação mecânica acelera de forma significativa o processo de germinação da espécie *Eleusine indica*. Dal Magro et al. (2010) verificaram que a escarificação mecânica com lixa foi o método mais eficaz para superação da dormência de *Eleusine indica*, com 68% de germinação aos 4 dias e 75% aos 15 dias após a semeadura.

A escarificação mecânica é normalmente utilizada para superação da dormência de espécies arbóreas de interesse econômico ou para reflorestamento, pois é um método simples e de baixo custo, capaz de promover uma rápida e uniforme germinação (SANTOS; MORAIS; MATOS, 2004). Quando utilizado em plantas daninhas o processo de superação da dormência auxilia na detecção do mecanismo que confere a dormência o que pode facilitar nas decisões de manejo da espécie.

Além da escarificação mecânica outros métodos podem ser utilizados para quebra de dormência de sementes de plantas daninhas, como escarificação térmica e química utilizando ácido sulfúrico, hormônios (cinetina e giberelina) e nitrato de potássio (SOUZA FILHO; DUTRA; SILVA, 1998; SALVADOR et al., 2007; DAL MAGRO et al. (2010).

Tabela 21 – Teste de germinação de capim-pé-de-galinha aos 7 dias após a semeadura (DAS). Piracicaba – SP, 2015

População	Sem escarificação		Com escarificação	
	G%	DP	G%	DP
EIR1	2 b A	2,14	49 a B	10,42
EIR2	2 b A	3,02	72 a A	9,67
EIR3	9 b A	3,34	68 a A	8,82
EIS	2 b A	3,70	57 a B	9,26
CV% = 21,86				

G% = germinação percentual; DP = desvio padrão; CV (%) = coeficiente de variação

Tabela 22 – Teste de germinação de capim-pé-de-galinha aos 21 dias após a semeadura. Piracicaba – SP, 2015

População	Sem escarificação		Com escarificação	
	G%	DP	G%	DP
EIR1	46 b B	10,24	79 a A	7,98
EIR2	75 a A	9,98	79 a A	12,78
EIR3	52 b A	14,82	53 b A	15,34
EIS	58 b B	10,88	73 a A	16,38

CV% = 19,67

G% = germinação percentual; DP = desvio padrão; CV (%) = coeficiente de variação

Aos 21 DAS, na avaliação final do teste de germinação foi possível verificar que a escarificação aumentou a taxa de germinação das populações que apresentaram baixas taxas de germinação sem a escarificação. A germinação da população EIR1 passou de 46 para 79% e a da população EIS passou de 58 para 73%. A população EIR3 apresentou elevada taxa de plântulas anormais após o processo de escarificação e por esse motivo a taxa de germinação se manteve constante. A germinação da população EIR2 que já estava elevada não foi aumentada significativamente.

Os resultados permitiram demonstrar que há dormência física nas sementes de capim-pé-de-galinha e que esse processo ocorre pela impermeabilidade do tegumento à água e oxigênio ou liberação de CO₂ ou inibidores químicos endógenos (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 1997; DAL MAGRO et al., 2010). A dormência é uma característica inata na espécie *Eleusine indica* e pode favorecer a sobrevivência da mesma em condições adversas ou em diferentes habitats.

4.4 Conclusões

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

(i) O capim-pé-de-galinha apresentou de maneira geral elevado acúmulo de matéria seca total, sendo considerado altamente competitivo. Foram encontradas diferenças significativas no crescimento entre as quatro populações, o que ocorreu possivelmente pelas características próprias de cada população bem como em função da sua adaptabilidade às condições climáticas durante o estudo. Não houve

relação entre a suscetibilidade diferencial ao glyphosate existente entre as populações e o crescimento das plantas de capim-pé-de-galinha.

(ii) Uma planta da espécie *Eleusine indica* produziu em média 45000 sementes e não foram encontradas diferenças significativas entre a produção de sementes das quatro populações. O parâmetro que mais influencia na quantidade de sementes produzida por uma planta de capim-pé-de-galinha é o número de colmos contendo uma inflorescência em sua extremidade.

(iii) A escarificação mecânica das sementes de capim-pé-de-galinha utilizando lixa abrasiva como método de superação da dormência acelerou a germinação inicial, além de aumentar a germinação percentual final de forma significativa. Ocorre dormência física na espécie *Eleusine indica* e o mecanismo que confere a dormência está relacionado com a impermeabilidade do tegumento.

Referências

BAKER, H. The evolution of weeds. **Economic Botany**, New York, v. 37, p. 255-282, 1974.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**: estatística experimental. Jaboticabal: FUNEP. 1988. 247 p.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1380-1387, 2006.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

BRUNHARO, C.A.C.G.; **Resistência da planta daninha capim-branco (*Chloris polydactyla*) ao herbicida glyphosate**. 2014. 153 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CAMPOS, L.H.F.; MELLO, M.S.C.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Crescimento inicial de *Merremia cissoides*, *Neonotonia wightii* e *Stizolobium aterrimum*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 497-504, 2012.

CARVALHO, S.J.P. **Características biológicas e suscetibilidade a herbicidas de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus***. 2006. 96 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

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, 2005.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Germination ecology of goosegrass (*Eleusine indica*): an important grass weed of rainfed rice. **Weed Science**, Lawrence, v. 56, n. 5, p. 699-706, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 75-83, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; WESTRA, P.; MOORE, F. Growth analysis of sulfonylurea-resistant and -susceptible Kochia (*Kochia scoparia*). **Weed Science**, Lawrence, v. 45, p. 691-695, 1997.

CHUAH, T.S.; SALMIJAH, S.; TENG, Y.T.; ISMAIL, B.S. Changes in seed bank size and dormancy characteristics of the glyphosate-resistant biotype of goosegrass (*Eleusine indica* [L.] Gaertn.). **Weed Biology and Management**, Fukui, v. 4, p. 114-121, 2004.

DAL MAGRO, T.; SOLDATELLI, P.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Supressão da dormência de sementes de capim pé de galinha (*Eleusine indica*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Funep, 2010. p. 1177-1181.

DAVIS, V.M.; KRUGER, G.R.; STACHLER, J.M.; LOUX, M.M.; JOHNSON, W.G. Growth and seed production of horseweed (*Conyza canadensis*) populations resistant to glyphosate, ALS-inhibiting, and multiple (Glyphosate + ALS-Inhibiting) herbicides. **Weed Science**, Lawrence, v. 57, n. 5, p. 494-504. 2009.

DEVINE, M.D. Mechanisms of resistance to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors: a review. **Pesticide Science**, West Sussex, v. 51, p. 259-264, 1997.

HARRIS, J.R.; GOSSETT, B.J.; TOLER, J.E. Growth characteristics of selected dinitroaniline-resistant and -susceptible goosegrass (*Eleusine indica*) population. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, p. 561-567, 1995.

HEAP, I. **Internacional survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

HOLM, L.G.; PLUCKNETT D.L.; PANCHO, J.V.; HERBERGER, J.P. **The world's worst weeds**. Malabar: University Press. 1977. 609 p.

ISMAIL, B.S.; CHUAH, T.S.; SALMIJAH, S.; TENG, Y.T.; SHUMACHER, R.W. Germination and seedling emergence of glyphosate-resistant and susceptible biotypes of goosegrass (*Eleusine indica*). **Weed Biology and Management**, Fukui, v. 2, p. 177-185, 2002.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Manual de definições de sementes puras**. Zürich, 1987. 108 p.

KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. 3. ed. São Paulo: Basf Brasileira 2007. t. 1, 1 CD-ROM.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1997. v. 1, 825 p.

LAMEGO, F.P.; FLECK, N.G.; BIANCHI, M.A.; VIDAL, R.A. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja. I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005.

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 Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NOVO, M.C.S.S.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Crescimento e competitividade de biótipos de capim-colchão resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da enzima acetil coenzima A carboxilase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1-8, 2007.

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

MELO, M.S.C. **Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate**. 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MOREIRA, M.S. **Detecção, crescimento e manejo químico alternativo de biótipos das espécies de Buva *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* resistentes ao herbicida glyphosate**. 2008. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MURPHY, T.R.; GOSSETT, B.J.; TOLER, J.E. Growth and development of Dinitroaniline susceptible and -resistant goosegrass (*Eleusine indica*) biotypes under noncompetitive conditions. **Weed Science**, Lawrence, v. 34, p.704-710, 1986.

NISHIMOTO, R.K.; McCARTY, L.B. Fluctuating temperature and light influence seed germination of goosegrass (*Eleusine indica*). **Weed Science**, Lawrence, v. 45, p. 426-429, 1997.

PRESTON, P.; WAKELIN, A.M.; DOLMAN, F.C.; BOSTAMAN, Y.; BOUTSALIS, P. A decade of glyphosate-resistant *Lolium* around the world: mechanisms, genes, fitness, and agronomic management. **Weed Science**, Lawrence, v. 57, p. 435-441, 2009.

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

SALVADOR, F.L.; VICTORIA FILHO, R.; ALVES, A.S.R.; SIMONI, F.; SAN MARTIN, H.A.M. Efeito da luz e da quebra de dormência na germinação de sementes de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 303-308, 2007.

SANTOS, T.C.O.; MORAIS, T.G.D.O.; MATOS, V.P. Escarificação mecânica em sementes de chichá (*Sterculia foetida* L.). **Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 1-6, 2004.

SATHASIVAN, L.G.; HAUGHN, G.W.; MURAI, N. Nucleotide sequence of a mutant acetolactate synthase gene from an imidazolinone-resistant *Arabidopsis thaliana* var. Columbia. **Nucleic Acids Research**, Southampton, v. 18, p. 2188, 1990.

SOUZA, R.C.; DIAS, A.C.; FIGUEIREDO, M.R.A.; OBARA, F.E.B.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Growth of the crabgrass species *Digitaria ciliaris* and *Digitaria nuda*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 317-325, 2012.

SOUZA FILHO, A.P.D.; DUTRA, S.; SILVA, M.A.M.M. Métodos de superação da dormência de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas da Amazônia. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 3-11, 1998.

WANDSCHEER, A.C.D.; RIZZARDI, M.A.; REICHERT, M. Competitive ability of corn in coexistence with goosegrass. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 281-289, 2013.

WANDSCHEER, A.C.D.; RIZZARDIL, M.A.; REICHERTL, M.; GAVIRAGHIL, F. Competitividade de capim-pé-de-galinha com soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 12, p. 2125-2131, 2013.

5 CONCLUSÕES GERAIS

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

(i) Foram encontradas diferenças de suscetibilidade ao glyphosate em quatro populações de capim-pé-de-galinha, no qual a população EIR2 (Primavera do Leste – MT) foi considerada como um caso de resistência de nível baixo ao glyphosate, à medida que a dose máxima recomendada para a espécie ($1440 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) é capaz de controlar todas as populações do estudo. As populações EIR1 (Guarapuava - PR), EIR3 (Piracicaba - SP) e EIS (Pedra Preta – MT) são suscetíveis ao herbicida glyphosate, sendo facilmente controladas pelas doses recomendadas.

(ii) Na pré-emergência o capim-pé-de-galinha foi controlado eficientemente por diversos herbicidas, destacando-se o flumioxazin, sulfentrazone, clomazone e trifluralina por proporcionarem efeitos residuais mais prolongados.

(iii) O controle do capim-pé-de-galinha na pós-emergência inicial (2 a 3 perfilhos) e no estágio intermediário (6 a 8 perfilhos) foi eficiente com todos os herbicidas testados. No estágio mais avançado (10 a 12 perfilhos) o herbicida sethoxydim não controlou nenhuma das populações, não sendo indicado para plantas com mais de 6 perfilhos.

(iv) Houve diferença de suscetibilidade aos inibidores da ACCase entre as populações, no qual foi verificado que a população EIR2 apresentou baixo controle em tratamentos contendo herbicidas deste mecanismo de ação, sendo controlado eficientemente apenas pelo herbicida haloxyfop-methyl, enquanto as plantas da população EIR1 foram eficientemente controladas por todos os inibidores da ACCase.

(v) O capim-pé-de-galinha apresentou de maneira geral elevado acúmulo de matéria seca total, sendo considerado altamente competitivo. Existem diferenças entre o crescimento das populações do estudo, não havendo relação com a suscetibilidade diferencial ao glyphosate existente entre as populações.

(vi) Uma planta de capim-pé-de-galinha produziu em média 45000 sementes, sendo a produção de colmos contendo uma inflorescência o parâmetro que mais influencia na produção total de sementes.

(vii) A escarificação mecânica das sementes acelerou o processo de germinação e aumentou a germinação final das populações de capim-pé-de-galinha. O mecanismo que confere a dormência física das sementes de capim-pé-de-galinha está relacionado com a impermeabilidade do tegumento.