

VICTOR JOSÉ SALOMÃO CESCO

**HORMESIS DE GLYPHOSATE NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E
REPRODUTIVO DE BIÓTIPOS DE *Conyza* spp.**

Botucatu

2018

VICTOR JOSÉ SALOMÃO CESCO

**HORMESIS DE GLYPHOSATE NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E
REPRODUTIVO DE BIÓTIPOS DE *Conyza* spp.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Caio Antonio Carbonari

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C421h	Cesco, Victor José Salomão, 1993- Hormesis de glyphosate no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de biótipos de <i>Conyza</i> spp. / Victor José Salomão Cesco - Botucatu: [s.n.], 2018 85 p.: grafs. color., tabs. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2018 Orientador: Caio Antônio Carbonari Inclui bibliografia 1. Plantas daninhas - Controle. 2. Herbicidas. 3. Flores. 4. Crescimento (Plantas). 5. Hormese. I. Carbonari Caio Antônio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.
-------	---

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "HORMESIS DE GLYPHOSATE NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO
E REPRODUTIVO DE BIÓTIPOS DE *Conyza spp.*"

AUTOR: VICTOR JOSÉ SALOMÃO CESCO

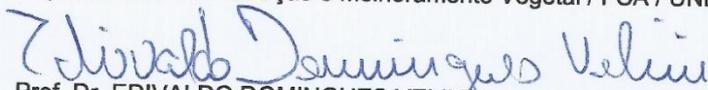
ORIENTADOR: CAIO ANTONIO CARBONARI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA
(AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



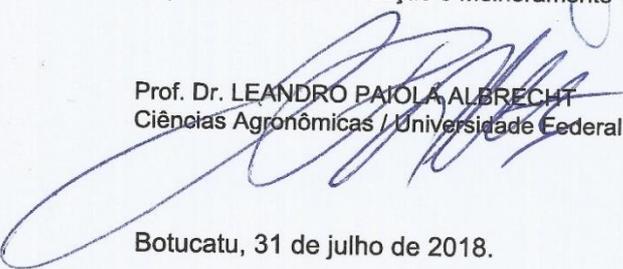
Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI

Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / FCA / UNESP / Botucatu



Prof. Dr. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / FCA / UNESP de Botucatu/SP



Prof. Dr. LEANDRO PATOLA ALBRECHT

Ciências Agrônomicas / Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina

Botucatu, 31 de julho de 2018.

DEDICATÓRIA

*Aos meus amados pais, irmã e avós
Celso, Rosemari, Gabriela, Thereza e Cacilda,
dedico*

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A minha querida família Cesco e Salomão por todo apoio incondicional nesta etapa da minha vida.

Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. Caio A. Carbonari por todo ensinamento, paciência e pela confiança para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini pela sua presença, suporte e ensinamentos compartilhados na minha pesquisa.

Em especial para minha irmã Gabriela que sempre esteve ao meu lado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – FCA UNESP Botucatu pela excelência nos estudos e formação profissional em pós-graduação.

À Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina pela minha formação profissional na graduação e preparação para o mestrado.

Aos meus ex-orientadores Prof. Dr. Alfredo Júnior Paiola Albrecht e Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht pela determinação e confiança em dividir seus conhecimentos comigo me preparando para este momento.

Aos meus companheiros de república que sempre estiveram ao meu lado em toda minha caminhada acadêmica e que me ajudaram muito no meu desempenho profissional e social, Fábio, Danilo, Bruno e Vinicius.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho do NUPAM, Giovanna, Renan, Marcelo, Vinicius, Diego, Edicarlos, Gabriele, Leandro, Renato, Natalia, Guilherme e Beto por sempre acompanharem o desenvolvimento da minha pesquisa.

Aos meus amigos, Luis, Luiz, Douglas Sousa, Marcelo e Bruno pela consistente amizade mesmo em tempos de dificuldades.

“Quando eu me encontro em momentos difíceis, Mãe Maria vem a mim falando palavras de sabedoria.”

- Paul McCartney

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho vegetativo, fenológico e reprodutivo de biótipos resistente e sensível de *Conyza* spp. em função de doses de glyphosate. Foram realizados estudos em casa de vegetação no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) UNESP – FCA, Botucatu sendo conduzido em três estudos distintos: (i) identificação de biótipos resistentes e sensíveis; (ii) curvas dose-resposta com a utilização dos biótipos resistente e sensível em função da aplicação das doses de glyphosate; (iii) identificação dos estádios fenológicos e as características reprodutivas dos biótipos resistente e sensível. O primeiro estudo compreendeu a coleta de 15 biótipos à campo e submetidos a aplicação de quatro doses de glyphosate com quatro repetições inteiramente casualizadas para a identificação de biótipos resistentes e sensíveis. Aos 28 dias após aplicação foram avaliados a porcentagem de controle (CR50) e a massa seca de plantas (GR50). O segundo experimento compreendeu o uso dos biótipos resistente e sensível identificados anteriormente e conduzidos em progenitoras (coletadas a campo) e progênie (reproduzidas em casa de vegetação) a uma série de experimentos de dose-resposta com doses e subdoses de glyphosate. Para o experimento com biótipo resistente foram utilizadas 13 doses de glyphosate e 12 para o sensível, com cinco repetições e inteiramente casualizados para ambos. As variáveis analisadas durante o experimento foram: altura de plantas (cm) e número de folhas e ao final do experimento a massa seca de plantas (g). O terceiro estudo foi realizado com as progenitoras dos biótipos resistente e sensível com nove e oito tratamentos respectivamente, com cinco repetições inteiramente casualizados. Foram avaliados durante o experimento a identificação dos estádios fenológicos bolting, primeiro botão floral e abertura do primeiro botão floral e ao final do experimento foram avaliados o número de capítulos por planta, o número médio de sementes por planta e a soma das unidades termais necessárias para o avanço de estágio fenológico. As análises estáticas usadas foram: regressões e intervalo de confiança a 5% de probabilidade pelo teste “t” nos experimentos conduzidos. O biótipo 2 foi o considerado como o biótipo mais resistente e o biótipo 3 como sensível. Incrementos de massa seca foram observados no biótipo sensível progenitor entre as doses de 0,703125 a 22,5 g. e.a. ha⁻¹ e para o biótipo resistente progênie entre as doses de 1,40625 a 45 g. e.a. ha⁻¹. O biótipo resistente apresentou estímulos de crescimento em doses maiores que os apresentados pelo

biótipo sensível. O biótipo resistente mostrou-se mais apto para se reproduzir quando submetido a baixas doses de glyphosate.

Palavras-chave: estímulos de crescimento; buva; florescimento; herbicida.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the vegetative, phenological and reproductive performance of resistant and sensitive biotypes of *Conyza* spp. submitted to different rates of glyphosate. A greenhouse study was carried out at the Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) at UNESP – School of Agriculture, Botucatu and was conducted in three different studies: (i) identification of resistant and sensitive biotypes; (ii) dose-response curves using a resistant and a sensitive biotype in function of the glyphosate doses application; (iii) phenological stages identification as well as the reproductive characteristics of the resistant and sensitive biotypes. The first study involved 15 biotypes collected in the field and it was submitted to four glyphosate doses with four replications in a completely randomized design for the resistant and sensitive biotypes identification. At 28 days after application the control percentage (fifth control percentage) and the plant dry mass (fifth percentage) were evaluated. The second experiment comprised the use of the resistant and sensitive biotypes previously identified in the study involving the progenitors (field-collected) and progeny (reproduced in greenhouse) to a series of dose-response experiments with doses and sub-doses of glyphosate. For the resistant biotype experiment, it was used 13 glyphosate rates and 12 for the sensitive biotype, with five replications and entirely randomized design for both. The variables analyzed during the experiment were: plant height (cm), leaf number and the plant dry mass at the end (g). The third study was performed with resistant and sensitive biotype progenitors using nine and eight treatments respectively, with five replications in an entirely randomized design. The experiment was carried out to identify the following variables: phenological stages bolting, first floral bud, the first floral bud opening, and at the end, the inflorescences per plant, as well as the average number of seeds per plant and the sum of the thermal units which are necessary for the plant growing. The statistics analysis was: regression and confidence interval performed at 5% of probability by the “t” test in the experiments conducted. The biotype 2 was considered as the most resistant and the 3 as the sensitive. Increases in dry mass were observed for the sensitive progenitor biotype between 0.703125 to 22.5 g. a.e. ha⁻¹ doses and for the resistant progeny biotype between 1.40625 to 45 g. a.e. ha⁻¹ doses. The resistant biotype presented growth stimulus in doses higher than those presented by the sensitive biotype. The resistant

biotype proved to be more apt to reproduce when subjected to low doses of glyphosate.

Keywords: growth stimulus; fleabane; flowering; herbicide.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	O herbicida glyphosate	19
2.2	Uso do glyphosate e resistência	24
2.3	Biologia do gênero <i>Conyza</i>	25
2.4	Efeitos secundários do glyphosate e a buva (<i>Conyza</i> spp.).....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1	Primeiro estudo: seleção e identificação de biótipos resistentes e sensíveis	31
3.2	Segundo estudo: estudos de dose resposta com os biótipos resistente e sensível, progenitoras e progênies.....	33
3.3	Terceiro estudo: estudos das características fenológicas e desenvolvimento reprodutivo dos biótipos resistente e sensível.....	38
3.4	Considerações gerais para todos os experimentos	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Seleção e identificação de biótipos resistentes e sensíveis	42
4.2	Estudos de dose resposta com os biótipos resistente e sensível, progenitoras e progênie.....	44
4.3	Estudos das características fenológicas e desenvolvimento reprodutivo dos biótipos resistente e sensível	66
5	CONCLUSÕES	77
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

O herbicida glyphosate possui muitas características em relação aos seus efeitos nas plantas em função de toda a complexidade envolvida no seu mecanismo de ação e todos os produtos gerados a partir da rota do ácido chiquímico. Devido a estas características vários estudos podem ser desenvolvidos seguindo esta linha de pesquisa a fim de observar possíveis efeitos bioquímicos e morfológicos que as plantas possam demonstrar sob o efeito do glyphosate.

Alguns casos de efeitos secundários (hormesis) pelo uso de subdoses de glyphosate já são relatados em literatura, porém muito pouco se sabe sobre o mecanismo utilizado para o desencadeamento deste efeito. Tudo o que se sabe é: para que a hormesis por glyphosate possivelmente ocorra é necessária uma inibição parcial da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) (DUKE, 2016). No caso de espécies pertencentes ao gênero *Conyza* alguns efeitos podem ser observados tanto em altura de plantas como em suas características reprodutivas.

Estes efeitos de estímulos de crescimento podem ser verificados seja pela aplicação direta ou por deriva de glyphosate que podem provocar uma série de respostas metabólicas culminando em um efeito positivo para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas. Em *Conyza* spp. devido a variabilidade genética apresentada em diferentes populações e devido a possível troca de alelos entre as espécies estes efeitos podem ou não ser pronunciados ou observados.

Com o advento das culturas transgênicas o uso de glyphosate se tornou quase que exclusivo para o controle de plantas daninhas e os casos de resistência de *Conyza* spp. para este herbicida foram identificados. De maneira geral a resistência desta planta daninha foi um dos grandes retrocessos na agricultura devido a má administração da molécula e conseqüentemente da baixa diversidade dos métodos de controle.

Quando nos referimos a hormesis por glyphosate em culturas, este efeito só é pronunciado quando a cultura em si não apresenta modificação genética para resistência do herbicida. De outro lado as plantas daninhas do gênero *Conyza*, independente se é resistente ou não, apresentam respostas semelhantes quando submetidas à subdoses de glyphosate. Se a planta daninha apresenta resistência a

algum herbicida, a dose necessária para que ocorra hormesis aumenta de acordo com o aumento da dose tóxica (BELZ e DUKE, 2014). Porém, um dos grandes fatores que implicam os estudos do efeito hormesis em *Conyza* spp. se deve principalmente pela variabilidade genética que a espécie apresenta. Em um sistema agrícola a possibilidade da produção de subdoses através da tecnologia de aplicação ou condições climáticas no momento de aplicação é real e depende muito da tomada de decisão do operador para que a aplicação seja adequada na morte das plantas daninhas. Alguns fatores como a deriva, volume de aplicação e até mesmo o estágio das plantas daninhas podem servir de respostas para a produção de subdoses e como consequência algum possível efeito hormético.

O estudo de hormesis em *Conyza* spp. em relação ao seu desenvolvimento vegetativo, fenológico e reprodutivo é recente e necessita de mais estudos principalmente quando verificamos este efeito em população (Gomes 2014) ou em biótipos com a finalidade de solucionar o possível efeito do glyphosate sobre esta planta daninha. Com isso para diminuir a variabilidade genética desta espécie, estudos com biótipos podem ser uma das alternativas no entendimento da dinâmica do efeito hormesis por glyphosate em todo o seu ciclo. As hipóteses deste trabalho é verificar se o biótipo resistente apresenta estímulos de crescimento vegetativos e reprodutivos na aplicação de subdoses de glyphosate e se o mesmo, por apresentar um fator de resistência, apresenta um aumento da dose necessária para que ocorra estímulos horméticos em relação ao biótipo sensível. Deste modo o objetivo deste trabalho é avaliar o desenvolvimento vegetativo, fenológico e reprodutivo de biótipos de *Conyza* spp. em função de doses e subdoses de glyphosate.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O herbicida glyphosate

O glyphosate é um dos principais herbicidas da atualidade graças ao seu amplo espectro no controle de plantas daninhas e a baixa toxicidade aos seres vivos. De modo geral seu mecanismo de ação atua inibindo a enzima 5-fosfoenolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) que tem sua atividade na rota do ácido chiquimico e é responsável pela produção de aminoácidos essenciais para o desenvolvimento das plantas (tirosina, triptofano e fenilalanina). A baixa toxicidade dos seres vivos a este herbicida se deve pelo fato de que estes não possuem essa enzima em seu organismo.

O glyphosate é sintetizado a partir do hidrogênio amínico do aminoácido glicina na presença de radicais de éster fosfônico, o N-(fosfometil) glicina. O termo “glyphosate” é usado tanto para referenciar o ácido quanto seus sais que, de maneira geral, são biologicamente equivalentes (LUCHINI, 2009). Em outras definições o glyphosate também pode ser conhecido pelo seu nome sistemático, o ácido N-(fosfometil) amioacético (TOMILIN, 1994).

Dentro de suas características físico químicas, o glyphosate é muito pouco solúvel em solventes orgânicos e apresenta alta solubilidade em água (SCHUETTE, 1998). Possui ainda uma alta adsorção no solo ($K_d=61 \text{ g.cm}^{-3}$) e um coeficiente de partição octanol/água muito baixo ($K_{ow}= 0,00033$) com uma baixa tendência em bioacumulação e conseqüentemente baixa toxicidade para os seres humanos e animais.

Quanto a volatilidade, o glyphosate apresenta um comportamento positivo quanto a este fator, com uma baixa pressão de vapor ($7,5 \times 10^{-8} \text{ mm Hg}$) e alto ponto de fusão ($189,9^\circ\text{C}$) e apresenta uma estabilidade em água em pH 3, 5 e 6 com uma faixa de temperaturas variando dos 9 aos 35°C . Este herbicida apresenta uma forte resistência a hidrólise química devido a presença de uma ligação de um grupamento fosfônico na cadeia carbônica e demonstra uma estabilidade à fotodegradação em pH 5, 7 e 9. Mesmo possuindo uma boa resistência para a hidrólise, a meia vida deste herbicida para esta característica é de 35 dias (LUCHINI, 2009).

O glyphosate é um ácido fraco e por apresentar esta característica, tem a capacidade de doar um íon hidrogênio a outros compostos. Deste modo na formulação de produtos comerciais, o íon hidrogênio do composto (glyphosate) é substituído por um sal. (LUCHINI, 2009) O glyphosate pode ser comercializado com diferentes sais em sua formulação sendo eles o sal de isopropilamina, sal de potássio e sal de amônio.

A degradação microbiana deste herbicida é muito rápida e realizada por várias espécies de microrganismos que usam o herbicida como fonte de fósforo para o seu desenvolvimento. A degradação de glyphosate no solo é realizada por duas rotas catabólicas sendo elas a produção de ácido aminometil fosfônico (AMPA) como principal metabólito e a sarcosina sendo um metabólito secundário na rota alternativa (DICK; QUINN, 1995). Dentre o meio usado para decomposição por microrganismos, o meio anaeróbico apresenta uma maior facilidade em degradar o herbicida com uma meia vida de degradação em torno de 22 dias sendo que a meia vida de condições aeróbicas à campo circulam em torno de 44 dias (LUCHINI, 2009). Algumas bactérias como a *Agrobacterium radiobacter* e *Enterobacter aeroneges* são alguns exemplos de agentes de degradação da molécula do glyphosate no solo.

Por ser um aminoácido fosfonado, de caráter hidrofílico, o glyphosate apresenta um comportamento zwitteriônico que garante, em determinadas condições do meio, uma capacidade de troca catiônica e aniônica. Esta característica define o grau de dissociação deste herbicida e é regida pelo grau de pKa (constante de acidez dos ácidos) que está relacionada diretamente com o pH do meio em que o glyphosate se encontra. De maneira geral em pH inferior a 0,8 a molécula deste herbicida apresenta uma protonação amina. Com o aumento do pH para 2,2 começa uma predominância da forma molecular, porém há um aumento na dissociação do grupo fosfato. O máximo de dissociações que o glyphosate pode sofrer é quatro e com o aumento do pH em valores acima de 11 este apresenta-se totalmente dissociado (LUCHINI, 2009). De forma resumida, abaixo de pH 2 o glyphosate apresenta cargas positivas, de 2 a 2,32 apresenta um ponto de carga zero, e acima de 2,32 apresenta carga negativa que aumenta com a elevação do pH (COUTINHO; MAZO, 2005). Devido a este comportamento a complexação do glyphosate com íons específicos (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} e Mg^{3+}) podem ser um fator chave na sua dinâmica tanto para tecnologia de aplicação quanto para adsorção em partículas de solo. A presença destes elementos

aliado a um meio em que o herbicida apresenta predominância de cargas negativas devido a sua dissociação podem resultar na formação de compostos insolúveis com o glyphosate. De outro lado a baixa movimentação deste herbicida está diretamente ligada com a presença destes elementos e ácidos húmicos que atuam como mecanismo de ligação do glyphosate as partículas de solo (JÚNIOR et al., 2002; LUCHINI, 2009).

A complexidade em entender a molécula deste herbicida vai além de suas características físico-químicas e ela se torna mais interessante quando há relações com o seu modo de ação e toda a cadeia de processos bioquímicos que é desencadeada a partir da relação glyphosate-planta. O modo de ação de qualquer herbicida compreende as etapas desde o seu contato inicial com a planta até a sua morte ou paralisação do crescimento. As etapas fundamentais do modo de ação para que exista o controle das plantas daninhas são: contato, penetração, absorção, movimentação na planta, metabolismo, interação com o sítio de ação e o desencadeamento de eventos que levam a planta à paralisação do crescimento ou à morte. A maioria dos herbicidas agem em sítios de ação específicos nas plantas comprometendo sua funcionalidade biológica. No caso do glyphosate, seu sítio de ação é a enzima EPSPs (5-enolpiruvilchiquimato 3-fosfato sintase) sendo o único composto capaz de realizar a inibição de sua atividade na planta (VELINI et al., 2009)

A enzima EPSPs é codificada no núcleo e é importada para os cloroplastos a partir do citoplasma como um precursor e catalisa a reação de chiquimato-3-fosfato (S3P) com fosfoenolpiruvato (PEP) produzindo o enolpiruvilchiquimato-3-fosfato e fosfato inorgânico (PETERSON et al., 1996). O glyphosate age como um inibidor não competitivo e competitivo. Ele se une na reação EPSPs-S3P-PEP no qual assume a posição da PEP inativando a enzima através da formação EPSPs-S3P-glyphosate. A afinidade do glyphosate com esse complexo é 75 vezes maior do que a PEP e sua velocidade de dissociação é 2000 vezes menor do que a do PEP (REAM et al., 1992). O glyphosate não é análogo do PEP pois não atua em nenhuma outra rota metabólica que este composto é necessário, ele inibe somente a EPSPs (FEDTKE; DUKE, 2004). A inibição da EPSPs promove acúmulos de ácido chiquimico nos vacúolos como consequência da perda do controle no fluxo de carbono na rota (ALVES et al., 2000; SINGH; SHANER, 1998).

A importância da inativação de enzimas é um dos constituintes principais dos herbicidas. Porém algumas enzimas não podem apresentar um nível de conservação (sequência genética quase idêntica) dentro de várias espécies ou até mesmo em populações. Em alguns casos mutações podem ocorrer na sequência genética de enzimas alvo, comprometendo a ação dos herbicidas promovendo a resistência de plantas daninhas. A maioria das espécies possuem as EPSPs com baixa variabilidade genética e com grande afinidade com o glyphosate, classificando este herbicida como amplo espectro no controle de plantas daninhas (VELINI et al., 2009).

O mecanismo de ação do glyphosate é inibição da síntese de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina e fenilalanina). Porém a complexidade envolvida em seu modo de ação demonstra uma série de eventos paralelos que apresentam importância para que ocorra a morte da planta (VELINI et al., 2009).

A rota do ácido chiquímico é fundamental para as plantas. Ela é responsável pela produção de compostos fenólicos que correspondem cerca de 35% da biomassa vegetal e cerca de 20% do fluxo de carbono é redirecionada para essa rota (BOUDET et al., 1985). Muitos compostos são produzidos após a formação do corismato (composto produzido pela EPSPs-S3P-PEP) e os principais compostos derivados são o triptofano, tirosina e fenilalanina. Cada um desses aminoácidos dá origem a diversos compostos responsáveis pela regulação do crescimento e defesa da planta como: taninos, antocianinas, ácido indolacético (AIA), ácido salicílico, lignina, flavonas, isoflavonas, fenilpropanóides e cumarinas (VELINI et al., 2009).

O AIA é muito dependente da rota do ácido chiquímico e é responsável pelo alongamento celular, dominância apical, crescimento de caules e raízes (TAIZ; ZEIGER, 2002). Os taninos se dividem em dois grupos: condensados e hidrolisáveis. Os compostos hidrolisáveis são produzidos a partir do ácido gálico, composto originado algumas etapas antes do sítio de ação do glyphosate. Os taninos condensados são sintetizados a partir da rota de produção de fenilalanina (VELINI et al., 2009). Em algumas espécies vegetais, os taninos são responsáveis por cerca de 50% do peso seco (MILA et al., 1996). Deste modo a análise de taninos indica uma certa dificuldade em inferir sobre o controle de rotas metabólicas em plantas pois o bloqueio da EPSPs indica um aumento de ácido chiquímico, precursor dos taninos hidrolisáveis, porém inibe a produção de fenilalanina, precursor dos taninos condensados. As antocianinas estão presentes em uma série de expressões de cores

em relação a animais (insetos) benéficos ou prejudiciais as plantas. Os flavonóides são responsáveis por filtrar e evitar danos causados por luz UV. Os isoflavonóides são compostos frequentemente encontrados em leguminosas e são responsáveis na proteção contra insetos e patógenos. A lignina faz parte da parede celular secundária, fornece rigidez celular. Outro composto interessante é o ácido salicílico que possui um papel fundamental de sinalizador envolvido no acionamento de genes de resistência a patógenos biotróficos. Sua síntese é localizada na rota de produção de fenilalanina como única ou a predominante em plantas. O mesmo também pode apresentar algumas funções interessantes como intensificar o estresse oxidativo em tecidos próximos aos pontos iniciais de infecção pela doença (VELINI et al., 2009).

De todo o contexto do modo de ação do glyphosate e de toda sua importância no controle de plantas daninhas as condições ambientais e morfológica das plantas no momento da aplicação são cruciais para uma boa taxa de controle. O estágio fenológico das plantas daninhas influencia diretamente na absorção do herbicida. Ferreira e Reddy et al. (2000) observaram que plantas mais jovens de *Erythroxylum coca* e *Erythroxylum novogranatense* com altura entre 20 a 25 cm absorveram cerca de 60% do glyphosate aplicado enquanto que as mesmas espécies em estádios mais avançados com 50 a 60 centímetros de altura houve somente 14% de absorção.

O aumento da temperatura ambiente dificulta a dinâmica de absorção uma vez que leva a interferência no crescimento e desenvolvimento de plantas afetando diretamente a transpiração e aspectos fisiológicos relacionados ao estado hídrico da planta que estão ligados com a hidratação cuticular (MARTINSON et al., 2005). Em condições estressantes de temperaturas acima do ótimo e que é variável de acordo com a espécie pode haver incremento de cera epicuticular ocasionando uma retenção e absorção da molécula do glyphosate em plantas daninhas como *Brunnichia ovata*, *Commelina benghalensis* e *Euphorbia heterophylla* (CHACALIS, et al., 2001; MONQUERO et al., 2004a; ZANATTA et al., 2007).

A alta umidade relativa do ar favorece a absorção de glyphosate pelas plantas e intensifica a sua translocação (JORDAN, 1977). De maneira geral valores superiores à 65% de umidade relativa do ar auxiliam na eficácia do glyphosate em diversas espécies vegetais (VIDAL, 2014). Este fator afeta diretamente o estado hídrico da planta permitindo uma melhor permeabilidade cuticular e abertura estomática (ZANATTA et al., 2007).

2.2 Uso do glyphosate e resistência

O glyphosate é um herbicida não seletivo de amplo espectro de ação pertencente aos inibidores das sínteses de aminoácidos de cadeias aromáticas apresentando seletividade somente para as culturas geneticamente modificadas que apresentam a tecnologia Roundup Ready® (RR). Tem ação sistêmica, é absorvido pelas folhas e translocado via floema para os tecidos meristemáticos da planta (ALBRECHT et al., 2013).

Este herbicida é o mais utilizado no mundo para o controle de plantas daninhas em pós-emergência e inibe a enzima EPSPS (5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase) que promove uma obstrução na rota do ácido chiquimico interrompendo a produção de três aminoácidos de cadeia aromática (fenilalanina, tirosina e triptofano) (FRANZ, et al. 1997). De acordo com Gomes (2014), as plantas pulverizadas por este herbicida podem sofrer alterações metabólicas sendo a mais comum o acúmulo de ácido chiquímico. Além deste, outros podem ser acumulados, como o ácido quínico e o ácido desidrochiquimico, que também participam da rota da biossíntese dos três aminoácidos aromáticos (GOMES, 2014).

Um dos problemas enfrentados atualmente com os sucessivos usos do glyphosate no sistema produtivo é a presença de populações resistentes de plantas daninhas. O conceito de resistência de plantas daninhas é definido como a capacidade de alguns biótipos em meio a uma população, sobreviver e se reproduzir a uma dose de herbicida que seria letal para uma população suscetível (CHRISTOFFOLETI e OVEREJO, 2008). Para a Weed Science Society of America o termo “resistência” é a habilidade herdada de plantas daninhas que sobrevivem e se reproduzem após o tratamento da dose letal do herbicida podendo ocorrer naturalmente ou por algumas técnicas de engenharia genética ou até mesmo por mutagênese; enquanto o termo “tolerante” é a habilidade inerente de uma espécie sobreviver e se reproduzir a uma dose letal após o tratamento sem que haja uma seleção ou manipulação genética, sendo esta planta naturalmente tolerante (WSSA, 1998). Partindo destes conceitos, o aumento do uso do glyphosate nos sistemas de cultivo, aliado a utilização de plantas geneticamente modificadas (RR), promoveram uma aceleração da seleção e disseminação de plantas daninhas resistentes.

Segundo a WSSA (2016), o Brasil está na quinta posição ao número de espécies de plantas daninhas resistentes, com 41 registros sendo 9 destes ligados a resistência múltipla (plantas resistentes a mais de um mecanismo de ação). Em primeiro lugar estão os Estados Unidos com 155 casos de resistência. Atualmente estão registrados 35 casos de plantas daninhas resistentes ao glyphosate a nível mundial. Algumas das plantas daninhas que apresentam resistência a este herbicida são as pertencentes ao gênero *Conyza* spp. sendo: *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker, *C. bonariensis* (L.) Cronquist e *C. canadensis* (L.) Cronquist. O primeiro caso de *C. bonariensis* foi detectado em 2003 para o glyphosate foi na Espanha. Para a *C. canadensis* o primeiro relato de resistência ao glyphosate foi em 2000 nos Estados Unidos e, para a *C. sumatrensis* em 2009 na Espanha (WSSA 2016).

Um dos mecanismos envolvidos para a resistência da *Conyza* spp. pelo glyphosate se deve a fatores relacionados a translocação dentro da planta e acumulo da molécula nos vacúolos. Cardinali (2009), observou que não houve diferenças estatísticas para a absorção do herbicida glyphosate em biótipos resistentes quando comparados aos biótipos sucessíveis de *C. bonariensis*, porém após 72 horas de absorção do produto cerca de 36% do herbicida foi translocado para as raízes em biótipos sensíveis enquanto para o resistente, somente 21,6% foi translocado. Koger e Reddy (2005) também observaram esse comportamento para *C. canadensis*. Em estudos realizados por Ge et al. (2010) foi observado um aumento da taxa de translocação do herbicida glyphosate para os vacúolos de *C. canadensis*. Ainda há mais dois mecanismos de resistência, sendo que um é responsável pela amplificação da enzima EPSPS no qual a dose letal de glyphosate aplicada seja ineficiente para a desativação dessa enzima (POWLES e YU, 2010) e por mudanças em códons do gene que codifica a EPSPS (SHANER et al., 2012).

Podemos levar em consideração que a resistência de *Conyza* spp. ao herbicida glyphosate se torna um sério problema no sistema agrícola de cultivares RR. Alguns biótipos estudados no Brasil apresentaram um fator de resistência variando de 10 à 14x a dose recomendada de glyphosate (MOREIRA, M.S. et al., 2007).

2.3 Biologia do gênero *Conyza*

A *Conyza* é um gênero pertencente à família das Asteraceae apresentando cerca de 50 espécies e com três em especiais que, no ponto de vista da agricultura, são importantes como plantas daninhas neste sendo elas a *Conyza bonariensis*, *Conyza sumatrensis* e *Conyza canadensis* (KISSMANN; GROTH, 1999; SANTOS, et al., 2013). A *C. canadensis* é uma das espécies de plantas daninhas mais distribuídas no mundo e se encontra principalmente em regiões temperadas do hemisfério norte ou subtropicais do hemisfério sul. A *C. bonariensis* predomina nas regiões da América do Sul com grandes infestações nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (KISSMANN; GROTH, 1999). Por fim a *C. sumatrensis* tem sua origem nas Américas, porém apresenta uma adaptabilidade nas regiões quentes de quase todos os continentes (THEBAUD; ABBOTT, 1995). De maneira geral estas espécies são caracterizadas por possuírem uma grande capacidade de adaptação permitindo sua ocorrência em diferentes condições edafoclimáticas (SANTOS, et al., 2013).

No Brasil estas espécies são conhecidas como buva ou voadeira e seu nome popular está relacionado pela forma da disseminação de suas sementes pelo vento (SANTOS, et al., 2013). Uma das particularidades encontradas nestas espécies é a dificuldade na identificação. Além das semelhanças entre as espécies podemos citar a ocorrência de hibridação entre estas e conseqüentemente a variabilidade morfológica se tornam fatores que limitam sua identificação e até mesmo a sua real distribuição geográfica pelos continentes (SANTOS, et al., 2013). A buva pode apresentar um ciclo anual ou bianual se reproduzindo exclusivamente por sementes e é altamente dependente das condições ambientais (REGEHR; BAZZAZ, 1979; HOLM et al., 1997). Segundo Vargas et al. (2007) a *Conyza bonariensis* é considerada uma espécie de planta daninha de inverno e verão no qual apresenta o início do seu desenvolvimento e germinação no inverno e termina seu ciclo no verão.

Devido a sua dispersão de sementes (vento) e pela sua alta prolificidade (produção de sementes) a sua rápida disseminação pelas regiões agrícolas podem ser explicadas por estas características (SANTOS, et al., 2013). Em geral as três espécies de *Conyza* spp. podem apresentar uma capacidade reprodutiva de 110 a 200 mil sementes por planta com um peso por semente variando entre 0,00004 a 0,6 mg (BHOWMIK; BEKECH, 1993; DAUER et al., 2007; HOLM et al., 1997). Além do peso, as características anatômicas das sementes também auxiliam para uma dispersão facilitada de todo esse processo. Os aquênios apresentam estruturas

denominadas “papus” que é uma modificação que constituída de ganchos e espinhos que também podem aderir à pelos de animais que também facilitam o transporte de sementes para outros locais (ANDERSEN, 1993; SANTOS, et al., 2013). As sementes podem ser dispersas, com condições adequadas, a pelo menos 500 metros da planta florescida (DAUER et al., 2007). Além disto as sementes não apresentam dormência e culminam sua maior taxa de germinação em condições de temperatura, luz e umidade favoráveis e mesmo não apresentando esta característica, as sementes permanecem viáveis por um longo período (SANTOS, et al., 2013).

Um dos grandes problemas quanto à dispersão de sementes de *Conyza* spp. se deve pela habilidade de autopolinização e a grande produção de sementes que contribuem para uma boa adaptabilidade ecológica (MOREIRA et al., 2007). Outro fator que pode estar relacionado com a adaptabilidade destas espécies é pelo fato da baixa diferenciação genética apresentada por estas, podendo indicar que há trocas de alelos e que pode ocorrer em razão destas plantas ocuparem o mesmo espaço por um longo período (MANGOLIN et al., 2012). Os mesmos autores ressaltam que a possível troca de alelos em uma população de *Conyza* spp. podem contribuir para a origem de uma variabilidade genética e conseqüentemente uma variabilidade adaptativa das espécies. Dentro da variabilidade adaptativa podemos citar algumas variações que podem ocorrer permitindo que a planta supere os efeitos de alguns herbicidas culminando no final do seu ciclo perpetuando a espécie (SANTOS, et al., 2013.)

Apesar de todas estas características de produção e dispersão de sementes a luz tem um efeito expressivo nos processos de germinação da *Conyza* spp. Em um trabalho realizado por Tremmel e Peterson (1983) observaram que as sementes de *Conyza canadensis* enterradas a 1 centímetro de profundidade era capaz de promover uma redução de 90% na germinação em comparação com as sementes posicionadas na superfície do solo. Além da localização da semente no solo, um outro fator que pode estar relacionado a baixa germinação com o aumento da profundidade no solo se deve a baixa reservas existentes nas sementes que impede a plântula transpor uma camada maior de solo (SANTOS, et al., 2013).

A temperatura ideal para a sua germinação varia de espécie para espécie. No caso de *C. bonariensis* uma temperatura média de 20°C já é o suficiente para uma boa germinação e emergência das plantas (WU et al., 2007). Para a *C. canadensis* a

temperatura mínima estimada para o início da germinação se encontra aos 13 °C ou ciclos de temperatura de 22° C durante o dia e 16 °C durante a noite (NANDULA et al., 2006; STEINMAUS et al., 2000). Por fim a *C. sumatrensis* apresenta um desenvolvimento em laboratório com temperaturas variando entre 10 e 25 °C (ZINZOLKER et al., 1985) e com uma temperatura ideal entre 20 e 25 °C (SANTOS, et al., 2013).

A *Conyza* spp. apresenta respostas positivas quando relacionada ao regime hídrico. Potenciais hídricos variando de 0 a -0,10 Mpa demonstram uma maior germinação de *C. canadensis* quando comparados a condições de menores potenciais (-0,20 a -0,80 Mpa) (NANDULA et al., 2006). Em locais em que a luz, disposição de sementes, temperatura e precipitações estão favoráveis, os fluxos de emergências destas plantas daninhas apresenta uma redução na germinação das sementes de buva a limitação na disponibilidade hídrica parece não ser um fator tão limitante após a emergência das plantas nas quais toleram um longo período de seca no seu ciclo em especial as espécies *C. bonariensis* e *C. canadensis* (SANTOS, et al., 2013).

2.4 Efeitos secundários do glyphosate e a buva (*Conyza* spp.)

O glyphosate quando aplicado em baixas doses pode promover o estímulo de crescimento da planta. Este estímulo quando o herbicida é aplicado em subdoses é chamado de hormesis (CEDERGREEN et al., 2007, DUKE et al. 2007; SCHABENBERGER et al. 1999) e este fenômeno é comum entre os herbicidas, especialmente o glyphosate (BELZ; DUKE, 2014). Segundo os mesmos autores, cerca de 30 a 60% de trabalhos com estudo destes efeitos promoveram um incremento de crescimento para diversas culturas como feijão, soja, trigo, cevada e aveia. O efeito destas subdoses são observados em várias espécies e está relacionado com o sitio de ação do glyphosate sendo que plantas geneticamente modificadas (RR) não apresentam resposta a este fenômeno (VELINI et al. 2008). Porém estes efeitos de baixas doses não são explorados para as culturas, pois o efeito de hormesis dos herbicidas são influenciados por diversos fatores, entre eles, variedade cultivada, condição climática e estágio fenológico da cultura e a formulação do próprio herbicida glyphosate (VELINI et al. 2008). Podemos ter como exemplo, um

estudo feito por Carvalho et al. (2013) em que o glyphosate promoveu hormesis em plantas de café dependendo do seu estágio fenológico de crescimento, sendo que as plantas tratadas com algumas doses aos 45 dias após o transplante apresentaram esse efeito de aumento de altura de plantas, diâmetro da haste, número de folhas, área foliar, massa seca da haste, massa seca de folha e massa seca da parte aérea quando comparado às plantas tratadas aos 10 dias após o transplante.

Um exemplo do uso de glyphosate em subdoses, é na cana de açúcar para o estímulo de acúmulo de sacarose (BENNETT; MONTES 2003; CASTRO 1999; CASTRO; CASTRO et al. 2002; DUSKY et al. 1986; MESCHEDE et al. 2009; SU et al. 1992; SUBIROS 1990; VELINI et al. 2009). O estado fisiológico das plantas também pode ser um fator que limita o efeito hormesis, pois em condições significativas de estresse a planta pode não apresentar respostas metabólicas não expressando a eficiência do efeito do herbicida em subdoses para o seu crescimento (MESCHEDE et al., 2016).

O fator ambiental também limita o efeito de hormesis de herbicidas sendo que, a maioria dos relatos deste efeito foram realizados em ambientes controlados. Em experimentos realizados em casa de vegetação, o glyphosate promoveu um aumento de massa seca em plantas de soja convencional e milho 60 dias após o tratamento sendo que as doses de 1,8 a 36 g. e.a. ha⁻¹ foram as responsáveis por esse efeito (VELINI et al. 2008). Os mesmos efeitos foram observados em *Commelina beghalensis* L., *Pinus caribaea* Morelet e *Eucalyptus grandis* L. com as mesmas doses de 1,8 a 36 g. e.a. ha⁻¹. O mesmo autor ainda testou subdoses em plantas de soja geneticamente modificadas (RR) e não observou nenhum efeito de hormesis entre as doses de 1,8 a 720 g. e.a. ha⁻¹.

No caso de plantas daninhas resistentes em função de baixas quantidades do herbicida que atingem o sítio de ação (absorção e/ou translocação reduzida ou aumento da inativação metabólica), a dose que causa hormesis aumenta na proporção em que a dose tóxica aumenta (BELZ; DUKE, 2014). Estudos recentes evidenciaram que doses subletais de glyphosate (90 a 360 g e.a. ha⁻¹) podem estimular e aumentar o florescimento, a produção de sementes e a altura das plantas em populações resistentes de *Conyza sumatrensis* (GOMES, 2014).

Vários trabalhos têm sido realizados com o objetivo de avaliar a adaptabilidade ecológica, ou seja, diferenças no crescimento, desenvolvimento, fenologia e produção

de sementes e competitividade entre biótipos suscetíveis e resistentes de plantas daninhas (SHRESTHA et al., 2010; SHRESTHA et al., 2014; DAVIS et al., 2009; ALCORTA et al., 2011; TRAVLOS; CHACHALIS, 2013). Por exemplo, avaliando biótipos resistentes e suscetíveis de buva (*Conyza canadensis*), Shrestha et al. (2010) observaram um acelerado desenvolvimento fenológico do biótipo resistente comparada com o suscetível, embora os dois biótipos tenham formado roseta no mesmo período, o biótipo resistente pendou, formou os botões florais, floresceu e produziu sementes antes do biótipo suscetível. No entanto, pouco tem se investigado sobre os efeitos de herbicidas em populações resistentes de plantas daninhas quanto ao favorecimento à adaptabilidade ecológica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos três estudos em casa de vegetação durante os períodos de agosto de 2016 a junho de 2018. O primeiro estudo compreendeu a seleção e identificação de biótipos resistentes e sensíveis. O segundo foi a realização de curvas dose-resposta ao herbicida glyphosate com a utilização do biótipo mais resistente e o sensível identificados no primeiro estudo e por fim, o terceiro compreendeu a identificação dos estádios fenológicos e as características reprodutivas dos biótipos em função da aplicação de diferentes doses de glyphosate.

3.1 Primeiro estudo: seleção e identificação de biótipos resistentes e sensíveis

Os biótipos de *Conyza* spp. foram coletados em uma área agrícola do município de Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil (24°16'07"S e 53°39'42"W). Ao todo 15 biótipos foram coletados e acondicionados individualmente em sacos de papel e submetidos a um experimento de dose resposta com quatro doses de glyphosate (Tabela 1) com quatro repetições totalizando 240 unidades experimentais.

Tabela 1 - Biótipos e doses de glyphosate utilizadas no estudo de identificação de biótipos, FCA -UNESP, Botucatu, 2018.

Biótipos	Doses de glyphosate
B1	0 g.e.a.ha ⁻¹ *
B2	
B3	
B4	
B5	
B6	720 g.e.a.ha ⁻¹
B7	
B8	
B9	
B10	2880 g.e.a.ha ⁻¹
B11	
B12	
B13	11520 g. e.a. ha ⁻¹
B14	
B15	

Foi realizada a semeadura dos biótipos em vasos de 1L e quando as plantas atingiram o estágio de 2 folhas, as mesmas foram transplantadas para vasos de 0,35 L⁻¹ etiquetados com os respectivos identificadores de tratamento, biótipo e repetição. Cada vaso foi responsável pelo crescimento de uma planta. Ao atingirem cerca de 5 a 6 folhas foi realizado a aplicação de Roundup Original (360 g. e.a. L⁻¹ sal de isopropilamina) na temperatura de 24°C e umidade relativa de 71%. A aplicação do experimento foi realizada no dia 27 de outubro de 2016 e conduzidos por 28 dias após aplicação.

Foram realizadas avaliação de porcentagem de controle aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) e no final do experimento foi avaliado a massa seca total para a identificação dos biótipos resistentes e sensíveis. A variável intoxicação foi realizada de forma visual de sintomas seguindo a escala em porcentagem onde zero (0%) representa a planta sem injúrias e 100% plantas mortas (SBCPD, 1995). As plantas foram coletadas aos 28 DAA e acondicionadas em sacos de papel em estufa com circulação de ar a 60°C para a avaliação da massa seca.

Após o término deste experimento (22/11/2016), foram transplantadas três plantas de cada biótipo em vasos de 1,5L para a produção de sementes e obtenção de progênies. Ao atingirem o estágio de emissão dos botões florais, suas inflorescências foram protegidas individualmente com sacos de papelão para evitar possíveis cruzamentos entre os biótipos. Para os posteriores experimentos envolvendo as progênies obtidas, foi selecionada uma das três inflorescências que apresentaram o maior número de capítulos por planta para que a quantidade de sementes fosse adequada para o desenvolvimento dos próximos trabalhos.

Os dados de fitointoxicação (%) foram ajustados com a equação de elevação exponencial ao máximo simples de dois parâmetros. Os dados de massa seca foram ajustados com a equação hiperbólica de decaimento de dois parâmetros. Junto com o ajuste dos modelos foi estimado o CR 50% e o GR 50%, equivalente a dose que promove 50% de controle das plantas e 50% de redução da massa respectivamente. Sabendo o CR50% e o GR50% foi possível calcular o fator de resistência dos biótipos, a fórmula utilizada para o cálculo foi $FR = R/S$ que expressa o número de vezes em

que a dose necessária da CR50% e GR50% do biótipo resistente é superior a dose CR50% ou GR50% do biótipo sensível (HALL et al., 1998). Encontrando-se assim o fator de resistência com base no CR50% e GR50%, a resistência é confirmada quando $FR > 1,0$.

Elevação exponencial ao máximo simples de dois parâmetros (CR50):

$$CR50 = a*(1-exp(-b*x))$$

No qual “x” corresponde a dose do herbicida, “a” o valor máximo obtido da variável, “b” o parâmetro responsável pelo ajuste da curva e “f” a variável analisada (y).

Hiperbólica de decaimento de dois parâmetros (GR50):

$$GR50 = (a*b)/(b+x)$$

No qual “x” corresponde a dose do herbicida, “a” o valor máximo obtido da variável, “b” a dose necessária para redução de 50% da variável e “f” a variável analisada (y).

Todas equações e ajustes foram realizados com auxílio do software SigmaPlot® e para cálculo de GR50 e CR50 o software Microsoft Excel®.

3.2 Segundo estudo: estudos de dose resposta com os biótipos resistente e sensível, progenitoras e progênies

Este estudo foi conduzido em casa de vegetação de acordo com os resultados dos ajustes de regressão da primeira fase, selecionando o biótipo mais resistente (R, biótipo 2) e sensível (S, biótipo 3).

A partir desta identificação, a primeira repetição do experimento o biótipo R foi composto de 10 doses de glyphosate com cinco repetições totalizando 50 unidades experimentais sendo as doses: 0; 5,625; 11,25; 22,5; 45; 90; 180; 360 e 720 g. e.a. ha⁻¹. A segunda repetição do experimento consistiu de 13 doses de glyphosate com cinco repetições totalizando 65 unidades experimentais.

O biótipo S foi submetido na primeira repetição experimental a 10 doses de glyphosate totalizando 50 unidades experimentais sendo elas: 0 2,8125; 5,625; 11,25;

45; 90; 180; 360 e 720 g. e.a. ha⁻¹. Na sua segunda repetição foi composto por 11 doses de glyphosate com cinco repetições totalizando 55 unidades experimentais.

Os tratamentos referentes a segunda repetição de ambos biótipos se encontram na Tabela 2.

Os experimentos foram conduzidos inteiramente casualizados em casa de vegetação com os biótipos progenitores R e S (coletadas no campo) e progênes R e S (reproduzidas com a inflorescência protegida em casa de vegetação).

Tabela 2 - Biótipos resistente (R) e sensível (S) e doses de glyphosate utilizadas respectivamente na segunda repetição experimento do estudo de dose resposta com os biótipos resistente e sensível, progenitoras e progênes.

Biotipo resistente	Doses de glyphosate	Biotipo sensível	Doses de glyphosate
R	0 g.e.a.ha ⁻¹ *	S	0 g.e.a.ha ⁻¹
	1,40625 g.e.a.ha ⁻¹		0,703125 g.e.a.ha ⁻¹
	2,8125 g.e.a.ha ⁻¹		1,40625 g.e.a.ha ⁻¹
	5,625 g.e.a.ha ⁻¹		2,8125 g.e.a.ha ⁻¹
	11,25 g.e.a.ha ⁻¹		5,625 g.e.a.ha ⁻¹
	22,5 g.e.a.ha ⁻¹		11,25 g.e.a.ha ⁻¹
	45 g.e.a.ha ⁻¹		22,5 g.e.a.ha ⁻¹
	90 g.e.a.ha ⁻¹		45 g.e.a.ha ⁻¹
	180 g.e.a.ha ⁻¹		90 g.e.a.ha ⁻¹
	360 g.e.a.ha ⁻¹		180 g.e.a.ha ⁻¹
	720 g.e.a.ha ⁻¹		360 g.e.a.ha ⁻¹
	1440 g.e.a.ha ⁻¹		-
2880 g.e.a.ha ⁻¹	-		

* g.e.a.ha⁻¹ gramas de equivalente ácido por hectare.

Foi realizado a semeadura dos biótipos (R e S, progenitoras e progênes) em vasos de 1,0 L e quando as plantas atingiram o estágio de 2 folhas, as mesmas foram transplantadas para vasos de 1,5 L. Cada vaso foi responsável pelo crescimento de uma planta. Ao atingirem cerca de 5 a 6 folhas foi realizado a aplicação do Roundup Original (360 g. e.a. L⁻¹ sal de isopropilamina).

Inicialmente foram conduzidos os estudos de dose resposta com as progenitoras R e S e em seguida foi realizado os mesmos experimentos com as progênes dos biótipos selecionados. A descrição das condições ambientais no momento da

aplicação e informações complementares se encontram na Tabela 3. As condições térmicas ao longo do experimento se encontram nas Figuras 1, 2A, 2B e 3.

Tabela 3 - Início do experimento e condições de aplicação para cada biótipo (R e S) nas progenitoras e nas progênies.

PROGENITORAS				
Primeira repetição (R)	25/01/2017	Primeira repetição (S)	25/01/2017	
Segunda repetição (R)	27/03/2017	Segunda repetição (S)	05/04/2017	
PROGENIE				
Primeira repetição (R)	22/05/2017	Primeira repetição (S)	22/05/2017	
Condições de aplicação	PROGENITORAS		PROGENIE	
	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)
1° Repetição (R)	23 °C	81%	24 °C	60%
1° Repetição (S)	23 °C	81%	24 °C	60%
2° Repetição (R)	24 °C	64%	-	-
2° Repetição (S)	23 °C	60%	-	-

As variáveis analisadas para os dois biótipos, progenitoras e progênies foram: número de folha e altura de plantas aos 7, 14, 21 e 28 DAA e; a massa seca aos 28 DAA. A contagem de folhas foi realizada contando todas as folhas de cada planta em cada época de avaliação simultaneamente com a altura de plantas. A altura foi mensurada com uma régua de 30 centímetros. As plantas foram coletadas aos 28 DAA e acondicionadas em sacos de papel em estufa com circulação de ar a 60°C durante três dias para a avaliação da massa seca em uma balança de precisão (0,001g).

Figura 1 - Condições de temperatura máxima, média e mínima das progenitoras R e S na primeira repetição experimental.

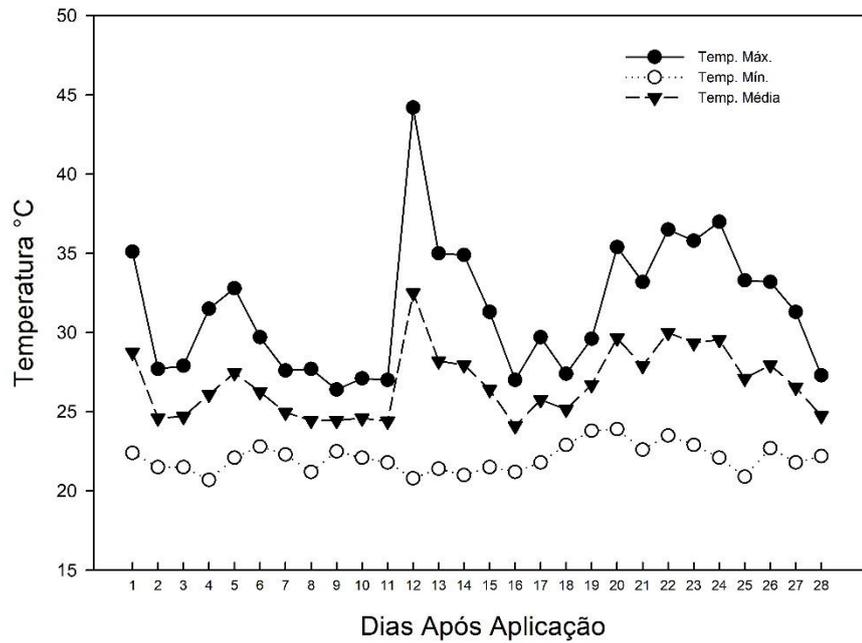
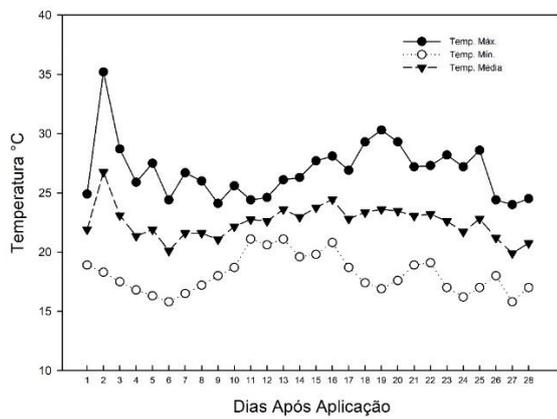


Figura 2 - Condições de temperatura máxima, média e mínima das progenitoras R (A) e S (B) na segunda repetição experimental.

A



B

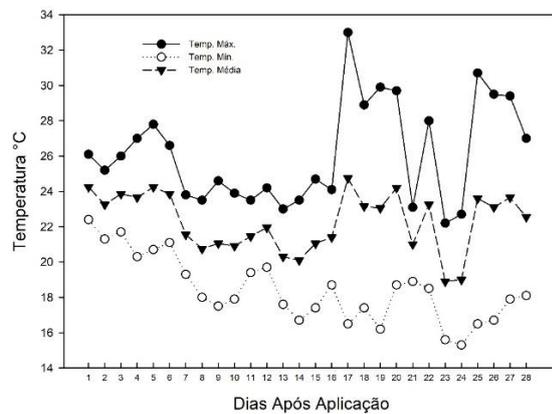
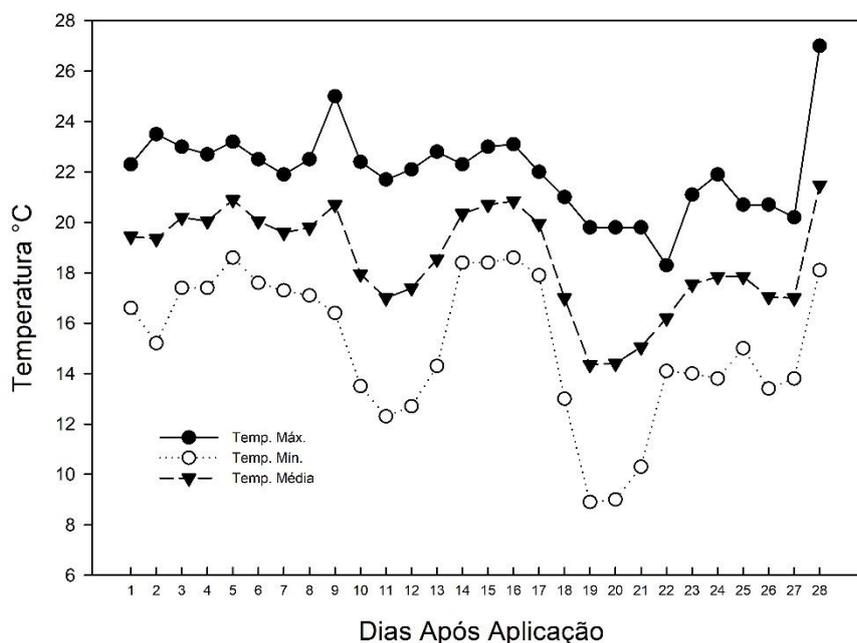


Figura 3 - Condições de temperatura máxima, média e mínima das progênes R e S na primeira repetição experimental.



Para a análise estatística utilizou-se modelos de regressões não lineares com auxílio do software estatístico R[®]. Os modelos utilizados foram os de Brain e Coussens (1989); Streibig (1980).

Modelo de Brain e Coussens (1989), Equação 1 (Eq. 1):

$$f(x) = c + \frac{d - c + fx}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$$

Modelo de Streibig (1980), Equação 2 (Eq. 2):

$$f(x) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$$

Os parâmetros “c” e “d” são os limites inferior, e superior, “b” é a inclinação relativa em torno de “e”, e o parâmetro “e” é o logaritmo do ponto de inflexão. Os modelos usados são diferentes em apenas um coeficiente adicional “f”. O parâmetro “f” é o valor de hormesis que ocorreu, sendo que se pode considerar verdadeiro o estímulo de hormesis quando esse parâmetro for diferente de 0 a 5% de probabilidade

(SCHABENBERGER et al., 1999; KNEZEVIC et al., 2007). Para definição do modelo melhor ajustado aos dados foram usados a diferença da soma de quadrado médio da regressão entre os modelos, diferença essa associada a inclusão do parâmetro “ f ” na equação. Desta forma é possível testar o quadrado médio associado à inclusão, com um grau da liberdade. Quanto maior for valor deste quadrado médio, em relação ao quadrado médio do outro modelo mais simples, mais significativo é o ajuste do modelo, e a hipótese $f=0$ foi rejeitada, se o quadrado médio do modelo “Equação 1” for maior do que do modelo “Equação 2”, e a ocorrência de um estímulo de hormesis é aceita. Quando o valor deste quadrado médio não era significativo, a hipótese que $f=0$ foi aceita e assim se concluiu que não havia efeito de hormesis e foi utilizado o um modelo logístico de quatro parâmetros modelo “Equação 2” (VELINI, et al., 2008).

3.3 Terceiro estudo: estudos das características fenológicas e desenvolvimento reprodutivo dos biótipos resistente e sensível

Este estudo compreendeu experimentos com os biótipos R e S das progenitoras submetidos a diferentes doses de glyphosate (Tabela 4) com cinco repetições totalizando 45 unidades experimentais para o experimento com o biótipo R e 40 unidades experimentais com o biótipo S. O experimento foi aplicado e iniciado em casa de vegetação aos oito dias do mês de setembro de 2017 tendo uma duração de 117 dias até a coleta da planta para a avaliação das variáveis reprodutivas.

Tabela 4 - Biótipos resistente (R) e sensível (S) e doses de glyphosate utilizadas respectivamente no estudo das características fenológicas e desenvolvimento reprodutivo dos biótipos R e S.

Biotipo resistente	Doses de glyphosate	Biotipo sensível	Doses de glyphosate
R	0 g.e.a.ha ⁻¹	S	0 g.e.a.ha ⁻¹
	1,40625 g.e.a.ha ⁻¹		0,703125 g.e.a.ha ⁻¹
	2,8125 g.e.a.ha ⁻¹		1,40625 g.e.a.ha ⁻¹
	5,625 g.e.a.ha ⁻¹		2,8125 g.e.a.ha ⁻¹
	11,25 g.e.a.ha ⁻¹		5,625 g.e.a.ha ⁻¹
	22,5 g.e.a.ha ⁻¹		11,25 g.e.a.ha ⁻¹
	45 g.e.a.ha ⁻¹		22,5 g.e.a.ha ⁻¹
	90 g.e.a.ha ⁻¹		45 g.e.a.ha ⁻¹
	180 g.e.a.ha ⁻¹		-

*g. e.a. ha⁻¹ gramas de equivalente ácido por hectare.

Foi realizado a sementeira dos biótipos (R e S, progenitoras) em vasos de 1,0 L e quando as plantas atingiram o estágio de 2 folhas, as mesmas foram transplantadas para vasos de 1,5 L. Cada vaso foi responsável pelo crescimento de uma planta. Ao atingirem cerca de 5 a 6 folhas foi realizado a aplicação de Roundup Original (360 g.e.a. L⁻¹ sal de isopropilamina). A temperatura e umidade relativa no momento da aplicação foram de 24 °C e 60% respectivamente. A temperatura durante o desenvolvimento do experimento se encontra nas Figuras 4A e 4B.

As variáveis analisadas durante o experimento foram a identificação dos estádios fenológicos (Shrestha et al., 2010) (Tabela 5), número de capítulos por planta e a estimativa do número de sementes por planta. No momento da aplicação dos experimentos foram dispostos dataloggers que foram utilizados para determinar a soma térmica na identificação dos estádios fenológicos, descontando a temperatura base da planta daninha de 8,4 °C (SOARES et al., 2017) resultando na unidade termal necessária para que a planta alcançasse cada estágio fenológico avaliado. No fim do experimento, foram realizados a contagem de capítulos de cada planta e separados 25 capítulos de cada biótipo para a contagem de sementes. Após a contagem das sementes destes capítulos, se obteve uma média de sementes por capítulo no qual foi multiplicado pelo total de capítulos por planta e mensurado a média de sementes por planta.

Figura 4 - Condições experimentais em casa de vegetação de temperatura máxima, média e mínima para o experimento com o biótipo R (A) e para o biótipo S (B).

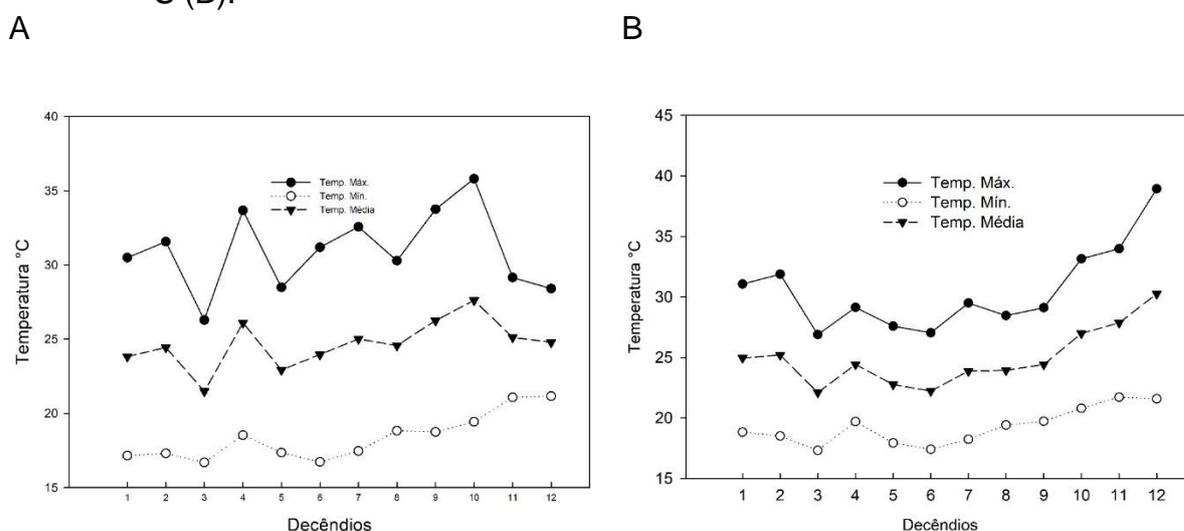


Tabela 5 - Estádios fenológicos da *Conyza* spp. avaliados durante o estudo das características fenológicas e desenvolvimento reprodutivo dos biótipos R e S.

Estádios fenológicos	Definição
Bolting	Começo da extensão do caule principal
Primeiro botão floral	Surgimento do primeiro botão floral
Abertura do primeiro botão floral	Primeiro botão floral com viabilidade reprodutiva

Para todos os dados de florescimento e estádios fenológicos, foi calculado o intervalo de confiança ($p=0,05$) da média no software Microsoft Excel.

$$\text{Intervalo de Confiança (IC)} = (t * DP) / \sqrt{n}$$

No qual “IC” é o intervalo de confiança, “t” é a probabilidade à 5% pelo teste t, “DP” é o desvio padrão e “n” corresponde ao número de repetições do experimento.

3.4 Considerações gerais para todos os experimentos

Para a aplicação das doses de glyphosate em cada experimento foi utilizado um pulverizador estacionário, constituído por estrutura metálica (barra de pulverização), com 1,5 metros de largura, que se desloca por uma área útil de 6,0 m² no sentido do seu comprimento. A barra é tracionada por um conjunto de motor elétrico e modulador de frequência, tornando possível o controle da velocidade de trabalho da barra. A barra foi equipada com quatro pontas de pulverização XR 110.02 VS, espaçadas em 0,5 m entre si, e dispostas a 0,5 m de altura em relação às unidades experimentais. A pressão de trabalho utilizada pelo equipamento foi de 2,0 kgf cm⁻², com velocidade de 3,6 km h⁻¹ e consumo de calda de 200 L ha⁻¹. O produto comercial utilizado para o preparo das caldas de pulverização foi o Roundup Original® (360 g e.a. L⁻¹). Após cada aplicação e início do experimento foi realizado a leitura da temperatura a cada hora por meio do uso de termômetros acoplados em dataloggers Elitech® RC-5 USB Temperature Data Logger com espectro de leitura de -30 °C até 70 °C e com acurácia de ± 0,5°C. A cada 24 leituras se obteve a temperatura máxima, média e mínima diária.

O substrato utilizado nos vasos foi o Carolina[®] composto turfa de esfagno, vermiculita expandida, casca de arroz torrefado, calcário dolomítico, gesso agrícola e traços de NPK; condutividade elétrica (CE) = $0,7 \text{ mS.cm}^{-1} \pm 0,3$; pH 5,5; densidade 155 kg.m^{-3} ; capacidade de retenção de água 55%. Foi realizada irrigação diária mantendo a capacidade de campo de cada vaso para que não ocorresse estresse hídrico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Seleção e identificação de biótipos resistentes e sensíveis

Os coeficientes de determinação (R^2) demonstraram um bom ajuste do modelo para a identificação dos biótipos resistentes e sensíveis. De acordo com os resultados obtidos neste estudo, os biótipos B2 (R) e B3 (S) foram os que apresentaram resistência e sensibilidade a aplicação de glyphosate respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 - GR50 e CR50, estimativa de parâmetros, R2 em relação a massa seca e a porcentagem de controle aos 28 DAA dos biótipos do estudo de identificação de biótipos resistentes e sensíveis.

Biótipos	a^{***}	b	GR50**	FR*	R^2
B1	3,4206	203,1876	180	1,33	0,99
B2	3,1098	1094,205	1080	8	0,92
B3	3,0761	126,3568	135	1	0,99
B4	2,949	1033,722	1035	7,66	0,90
B5	3,1949	725,9499	720	5,33	0,94
B6	2,5979	581,9857	585	4,33	0,97
B7	1,8795	246,6443	270	2	0,99
B8	2,0437	162,9904	160	1,18	0,99
B9	2,0962	546,727	540	4	0,99
B10	3,1258	229,3313	225	1,66	0,99
B11	3,0433	285,2936	270	2	0,99
B12	2,7641	271,3146	270	2	0,98
B13	3,2897	159,8685	180	1,33	0,99
B14	2,9181	688,641	675	5	0,94
B15	1,5333	549,8417	540	4	0,96

Biótipos	a	b	CR50**	FR	R^2
B1	96,9169	0,0018	405	3,71	0,99
B2	101,2775	0,0004	1845	16,92	0,99
B3	100	0,0061	109	1	0,99
B4	97,7527	0,0006	1200	11	0,98
B5	102,0404	0,0006	1125	10,32	0,99
B6	102,5781	0,0001	1125	10,32	0,98
B7	98,8445	0,0013	543	4,98	0,99
B8	100	0,0064	114	1,04	1,00
B9	96,8203	0,0008	945	8,66	0,98
B10	100,005	0,0032	217	1,99	1,00
B11	95,1249	0,0011	675	6,19	0,98
B12	96,4315	0,0015	488	4,47	0,99

Biótipos	<i>a</i>	<i>b</i>	CR50**	FR	R ²
B13	98,7502	0,0045	157	1,44	0,99
B14	99,7382	0,0006	1160	10,64	0,99
B15	98,8445	0,0013	543	4,98	0,99

*FR= Fator de Resistencia; ** Doses necessária para redução de 50% massa seca e 50% de controle (g. e.a. ha⁻¹); *** Parâmetros das equações: GR50 = (a*b) / (b+x) e CR50 = a*(1-exp(-b*x)).

O fator de resistência do biótipo R para o GR50 foi cerca de oito vezes maior que o biótipo S no qual considera que a dose necessária para redução de 50% da massa seca foi de oito vezes maior para o resistente em relação ao biótipo sensível. No caso da CR50 a dose necessária para causar 50% de controle foi cerca de 16 vezes maior no biótipo R. Deste modo, a dose para causar 50% na redução de massa seca e 50% de controle para o biótipo R foi de 1080 e 1845 g. e.a. ha⁻¹ respectivamente e para o biótipo S foi de 135 g.e.a.ha⁻¹ e 109 g. e.a. ha⁻¹. Neste estudo todos os biótipos apresentaram fitointoxicação de 100% e redução de massa seca à zero na dose de 11520 g. e.a. ha⁻¹.

Moreira et al. (2007) relatam que duas populações de *C. canadensis* coletadas em pomares de citrus mantidas em um manejo de controle de plantas daninhas a base de glyphosate apresentaram fatores de resistência na ordem de 10,79 e 7,09 para a variável controle percentual. Para a massa seca residual os autores encontraram um fator de resistência na ordem de 6,15 e 6,65. Para a mesma espécie, VanGessel (2001) e Koger et al. (2004) também relataram resultados semelhantes nos Estados Unidos com um fator de resistência na ordem de 10 vezes. Para a *C. bonariensis* os fatores de resistência de duas populações testadas se encontraram na ordem de 14,75 e 10,40 para a variável controle e de 5,02 e 1,52 para a variável massa seca residual (MOREIRA et al., 2007). Os mesmos autores concluem que a existência de populações brasileiras de *C. canadensis* e *C. bonariensis* ocorre com diferentes níveis de resistência.

4.2 Estudos de dose resposta com os biótipos resistente e sensível, progenitoras e progênie

Com a identificação dos biótipos R e S foi realizado a sequência com estudos de dose resposta de doses de glyphosate com as plantas progenitoras e progênie. Na primeira repetição do biótipo R progenitor podemos observar que nenhum estímulo de crescimento foi observado para as variáveis número de folhas, altura de plantas e massa seca ao longo do experimento (Tabela 7 e Figuras 5 e 6).

Tabela 7 - Valores de F ($p < 0,05$) e constantes do experimento de estudos dose resposta com o biótipo resistente (R) progenitora. Primeira repetição.

Dias após aplicação (DAA)	7DAA		14DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	
Valor de F					
Tratamentos	3,619**	2,021	2,688*	7,609**	
Hipóteses $f \neq 0$	0,985	1,542	0,029	2,948	
Regressão	10,15**	5,07**	7,42**	21,08**	
Modelo	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 2	
R ²	0,94	0,84	0,92	0,92	
Constantes					
b	3,64	2,20	0,91	1,61	
c	5,51	1,83	1,83	0,92	
d	9,14	3,70	31,55	8,13	
e	75,80	116,15	822,59	200,03	
f					
Dias após aplicação (DAA)	21DAA		28DAA		MMS
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	MMS
Valor de F					
Tratamentos	5,090**	7,848**	3,946**	6,966**	14,04
Hipóteses $f \neq 0$	0,984	0,811	0,572	0,014	0,894
Regressão	12,67**	21,72**	10,65**	20,02**	39,86**
Modelo	Eq. 2				
R ²	0,83	0,92	0,9	0,96	0,95
Constantes					
b	1,24	1,54	1,06	2,85	1,05
c	11,65	1,32	3,70	4,57	-0,017
d	76,76	18,36	146,49	24,97	5,95
e	498,93	408,78	375,64	511,67	166,90
f					

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Figura 5 - Número de folhas e altura (cm) em função das doses de glyphosate aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) do biótipo resistente (R) progenitora. Primeira repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

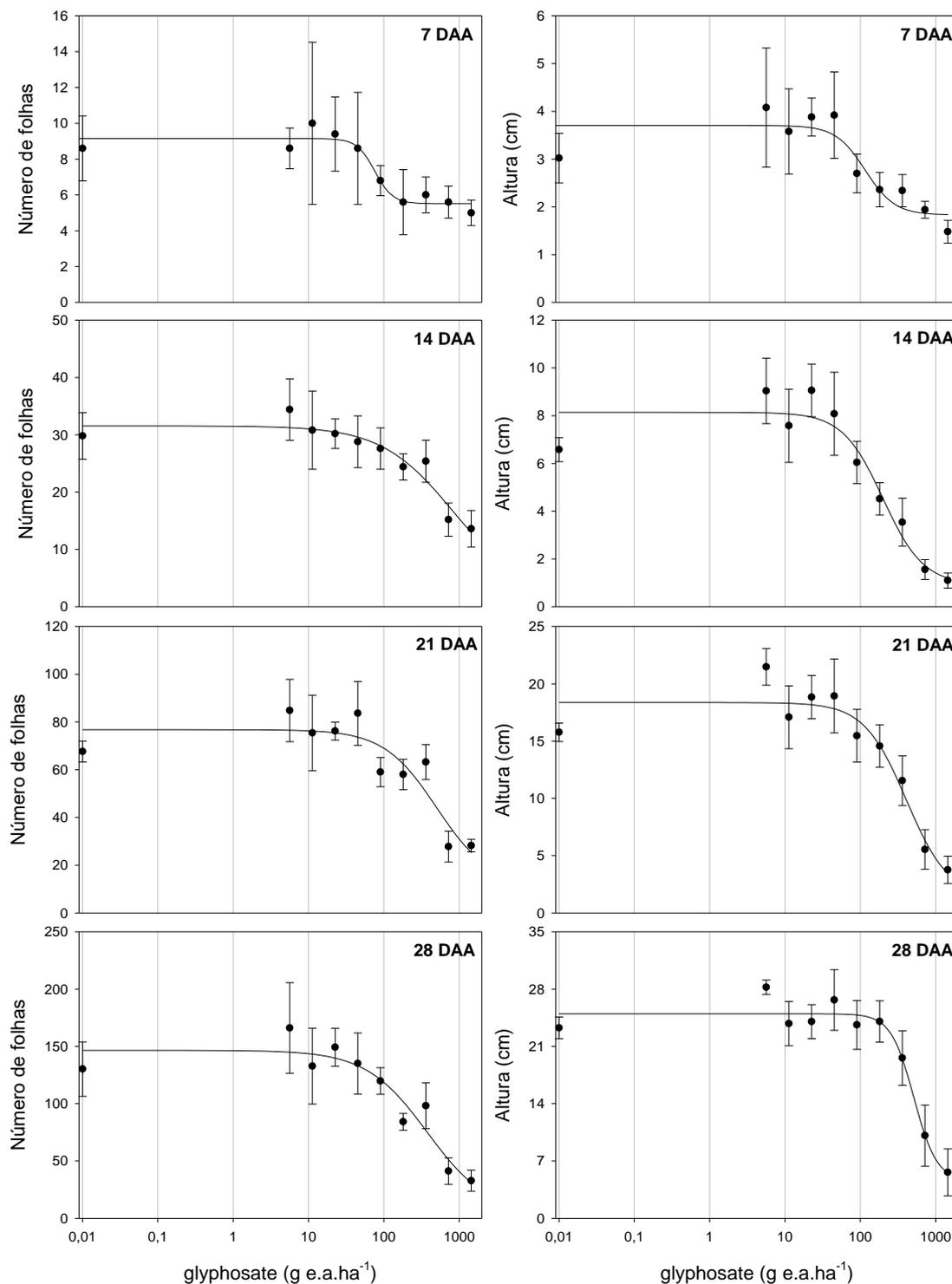
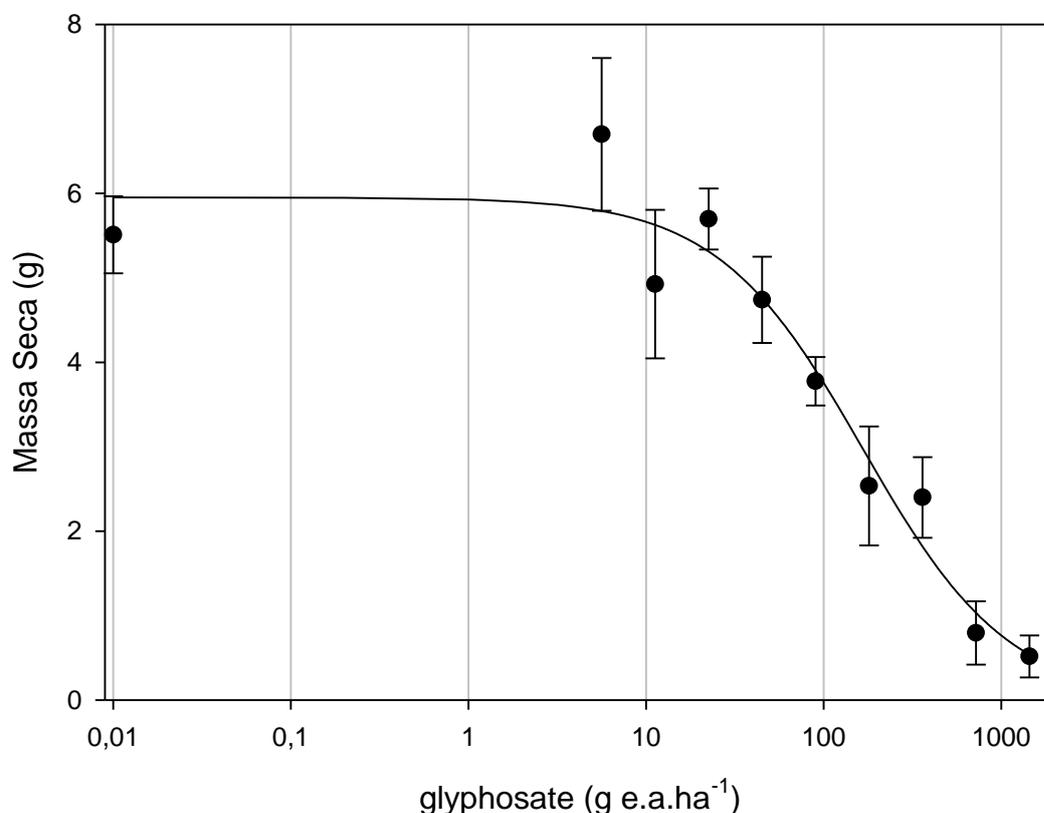


Figura 6 - Massa seca (g) do biótipo resistente (R) progenitora. Primeira repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



Neste experimento podemos observar que há uma redução nas variáveis a partir da dose 22,5 g. e.a. ha⁻¹. Por se tratar do biótipo identificado como resistente, neste caso alguns fatores, como a condição experimental e a variabilidade genética da espécie, podem ser determinantes para observar a ausência de estímulos de crescimento.

No caso do biótipo S progenitor o mesmo efeito foi observado nas doses de glyphosate (Tabela 8, Figuras 7 e 8). De modo geral os fatores ambientais apresentam um efeito significativo no efeito hormesis e cabe ressaltar que a maioria dos experimentos conduzidos com esta finalidade foram em casa de vegetação e que poucos são conduzidos à campo (MESCHÉDE, et al. 2016). A presença de estímulos de crescimento muitas vezes é provocada por uma resposta de compensação, ou seja, uma resposta que é originada por um estresse mínimo causado pelo herbicida em baixas doses na planta, melhorando suas condições vitais (BELZ; DUKE, 2014).

De acordo com a Figura 1 podemos observar que ao longo do experimento houve uma grande variação na temperatura para os dois experimentos conduzidos na mesma casa de vegetação, na qual amplitude térmica ao décimo primeiro dia após a aplicação foi maior em relação ao restante da condição experimental. Esta condição pode ter sido desfavorável, ou até mesmo coincido com uma possível época de hormesis e como consequência, o estímulo de crescimento não foi pronunciado.

O efeito hormético quando pronunciado é induzido pelas condições ambientais que as plantas se encontram, que quando favoráveis promovem mudanças em células ou organismos em uma condição de estresse sob subdosagens (CALABRESE; MATTSON, 2011; CALABRESE, 2014). Estas mudanças são respostas biológicas que o efeito hormesis pode provocar sendo que alguns desses mecanismos podem representar tentativas fisiológicas com a intenção de compensar o estresse químico (MORAES, 2016). Deste modo o aumento de biomassa na parte aérea da planta não significa que a mesma está realizando a alocação de recursos somente neste local, mas em toda a planta (CARVALHO et al., 2013).

Um dos maiores problemas associados a hormesis em plantas seria o fato deste efeito variar entre as espécies e até mesmo em plantas de mesmas espécies se as mesmas forem expostas a diferentes condições estressantes como o desequilíbrio nutricional, variação de temperatura e a competição inter e intraespecíficas em condições de campo (BELZ et al., 2011). Em situações estressantes para as plantas, o seu efeito de compensação pode ser revertido, demonstrando um acelerado crescimento inicial e posteriormente uma redução (STEBBINGN, 2002). Esse feito inicial de compensação (estímulo de crescimento) pode gerar respostas adaptativas no organismo e durante este período promover uma disfunção da homeostase (MATTSON, 2007).

Tabela 8 - Valores de F ($p < 0,05$) e constantes do experimento de estudos dose resposta com o biótipo sensível (S) progenitora. Primeira repetição.

Dias após aplicação (DAA)	7DAA		14DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	
Valor de F					
Tratamentos	5,022**	3,126**	6,955**		11,46**
Hipóteses $f \neq 0$	0,043	0,005	0,211		0,208
Regressão	15,02**	9,08**	20,61**		33,98**
Modelo	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 2		Eq. 2
R ²	1	0,97	0,99		0,99
Constantes					
b	1,41	0,82	1,32		1,36
c	5,12	1,17	-0,038		-0,21
d	12,25	6,05	36,89		14,00
e	15,41	20,76	44,29		22,38
f					
Dias após aplicação (DAA)	21DAA		28DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	MMS
Valor de F					
Tratamentos	8,188**	13,19**	6,872**	6,18**	19,710**
Hipóteses $f \neq 0$	0,541	0,041	0,718	0,381	0,01
Regressão	23,76**	38,73**	20,21	17,4**	57,95**
Modelo	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 2
R ²	0,97	0,98	0,98	0,94	0,98
Constantes					
b	1,24	1,7479	3,22	1,37	1,66
c	-1,29	0,43	-0,065	2,32	-0,008
d	108,42	29,60	149,90	38,75	7,97
e	33,67	26,80	56,15	29,25	19,61
f					

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Figura 7 - Número de folhas e altura (cm) em função das doses de glyphosate aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) do biótipo sensível (S) progenitora. Primeira repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

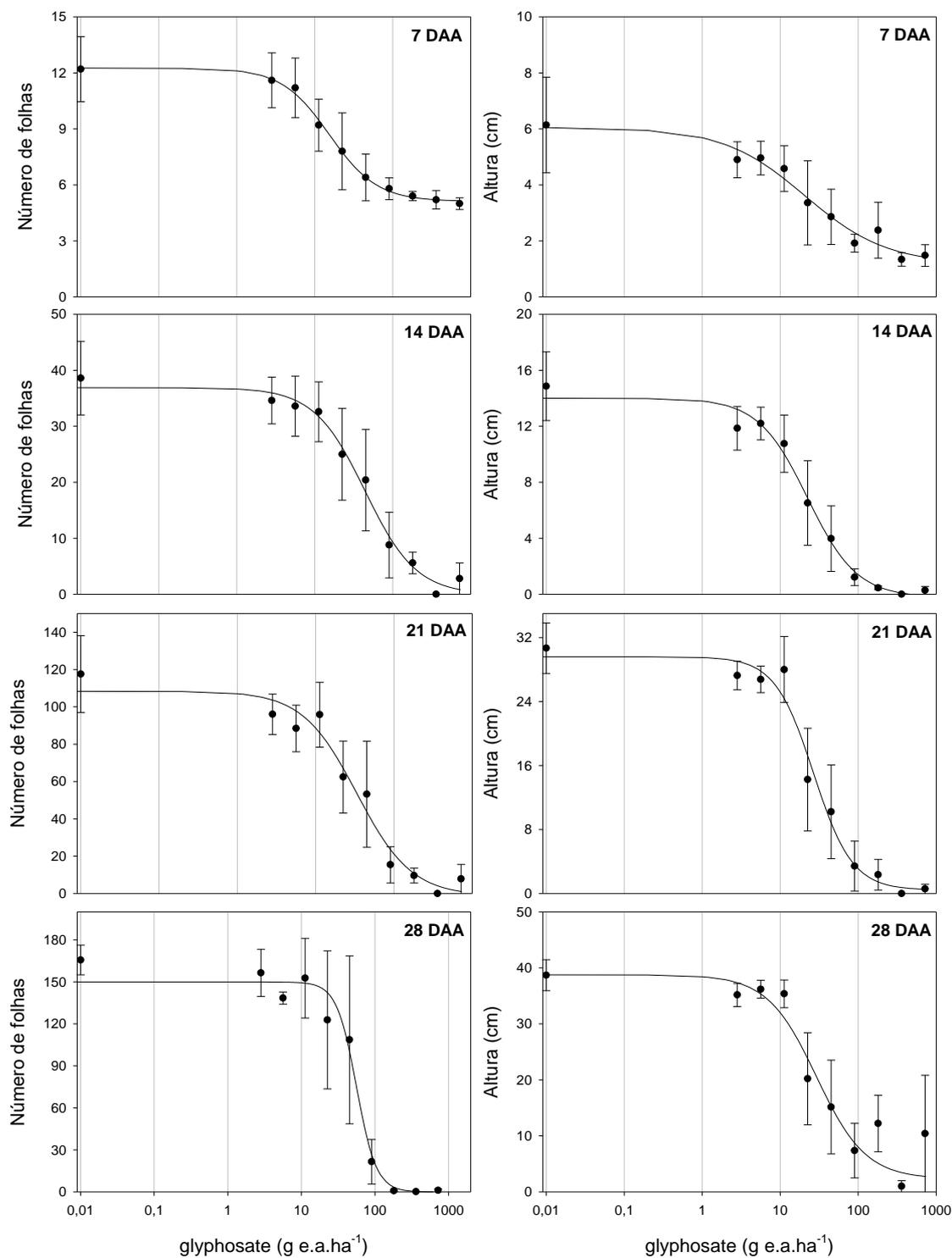
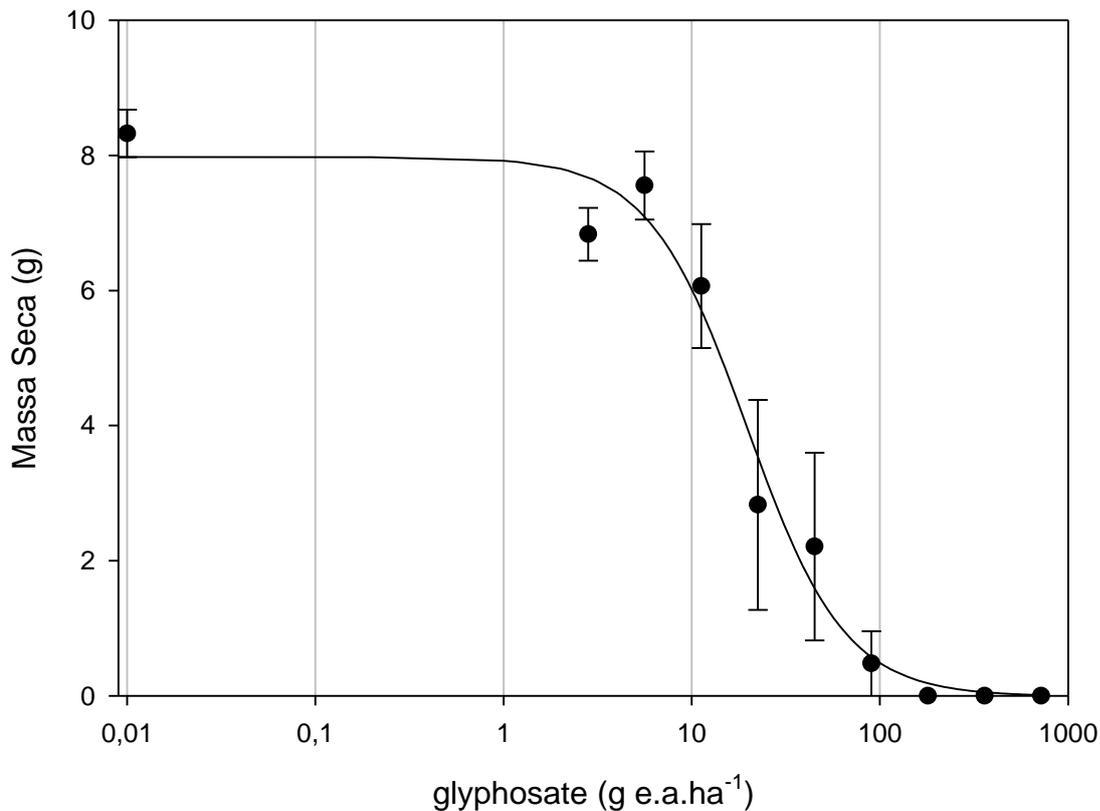


Figura 8 - Massa seca (g) do biótipo sensível (S) progenitora. Primeira repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



Quando verificamos a segunda repetição do experimento com o biótipo R progenitor (Tabela 9 e Figuras 9 e 10) podemos observar um estímulo de crescimento nas doses 1,40625 a 45 g. e.a. ha⁻¹ e de 1,40625 a 360 g. e.a. ha⁻¹ para variáveis número de folhas e altura de plantas respectivamente aos 7 DAA. O maior incremento observado foi na dose de 1,40625 g. e.a. ha⁻¹ com cerca de 70% para a variável número de folhas e 143% para a variável altura de plantas em relação ao tratamento sem aplicação. Segundo Belz e Duke (2014) cerca de 30 a 60% de trabalhos com estudo destes efeitos promoveram um incremento de crescimento para diversas culturas como feijão, soja, trigo, cevada e aveia.

Como neste estudo o mecanismo de resistência da *Conyza* spp. não foi identificado, o efeito pronunciado nas variáveis número de folhas e altura de plantas aos 7 DAA até mesmo em doses mais altas (180 e 360 g. e.a. ha⁻¹) podem estar relacionadas com o possível mecanismo de resistência deste biótipo que pode ter o

sequestro de glyphosate pelo vacúolo e conseqüentemente uma baixa translocação (GE et al., 2010). De acordo com Gomes (2014) como o mecanismo de resistência não tem relação com o sítio de ação do glyphosate, possivelmente a EPSPs recebe menores quantidades do herbicida o que pode explicar o efeito hormesis em doses mais altas. Deste modo a hormesis por glyphosate possivelmente está relacionado com uma inibição parcial da enzima EPSPs na planta (DUKE, 2016).

Tabela 9 - Valores de F ($p < 0,05$) e constantes do experimento de estudos dose resposta com o biótipo resistente (R) progenitora. Segunda repetição.

Dias após aplicação (DAA)	7DAA		14DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	
Valor de F					
Tratamentos	27,64**	17,26**	16,05**	26,17**	
Hipóteses $f \neq 0$	61,61**	47,05**	0,00	0,096	
Regressão	80,47**	46,60**	44,37**	95,58**	
Modelo	Eq. 1	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 2	
R ²	0,97	0,9	0,69	0,91	
Constantes					
b	1,20	1,06	0,90	1,50	
c	2,74	-3,65	6,6	0,66	
d	9,43	1,70	32,90	6,71	
e	0,36	0,67	361,25	216,26	
f	50,14	12,52			
Dias após aplicação (DAA)	21DAA		28DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	MMS
Valor de F					
Tratamentos	5,78**	20,9**	9,014**	14,26**	48,86**
Hipóteses $f \neq 0$	0,00	0,06	3,565	1,35	0,053
Regressão	16,80**	75,5**	31,63**	51,45**	181,7**
Modelo	Eq. 2				
R ²	0,73	0,9	0,88	0,9	0,93
Constantes					
b	0,92	1,613	0,86	2,2576	1,05
c	34	2,186	38,92	4,1691	0,088
d	74,02	12,60	138,57	19,88	4,82
e	248,61	261,77	300,69	282,78	104,69
f					

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Por se tratar de uma planta daninha, as respostas à baixas doses de glyphosate podem ser diversas sendo que a variável de maior interesse para a identificação da hormesis é a massa seca. Porém a possibilidade de que este efeito seja pronunciado em alguns estádios fenológicos e dissipado conforme desenvolvimento das plantas não é descartado. De acordo com estudos conduzidos por Cedergreen (2008) com cevada, foi observado que o efeito hormesis se manteve por aproximadamente seis semanas e após esse período nenhum estímulo foi encontrado. Neste caso para a *Conyza* spp., este período de estímulo pode ser menor do que o observado por Cedergreen (2008).

A massa seca (Figura 10) não apresentou o mesmo comportamento referente a resposta observada aos 7 DAA. Possivelmente este efeito está relacionado com a época em que ocorre o estímulo. Deste modo, o estímulo pode ser somente observado em uma determinada época após a aplicação, ou seja, um efeito que gera incrementos vegetativos em uma determinada faixa temporal e após este período, não geram resultados de ganhos na massa seca da planta. Portanto, as respostas horméticas podem ser observadas e serem sensíveis a mudanças morfológicas nos fatores de crescimento em janelas ambientais específicas (BELZ; DUKE, 2014). Os mesmos autores ressaltam que o tamanho desta janela ambiental (ou período onde ocorre os efeitos do estímulo de crescimento de plantas) vai depender principalmente do tipo de composto utilizado (neste caso herbicida) e as espécies de plantas que serão expostas a estes.

Como a dependência da hormesis está diretamente ligada com os fatores ambientais, as janelas de respostas ao pós condicionamento do herbicida também é afetado. A interação das janelas ambientais x efeito hormesis x condições ambientais favorecem ou dificultam a resposta hormética e, em alguns casos, a torna imprevisível (BELZ; DUKE, 2014).

Figura 9 - Número de folhas e altura (cm) em função das doses de glyphosate aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) do biótipo resistente (R) progenitora. Segunda repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

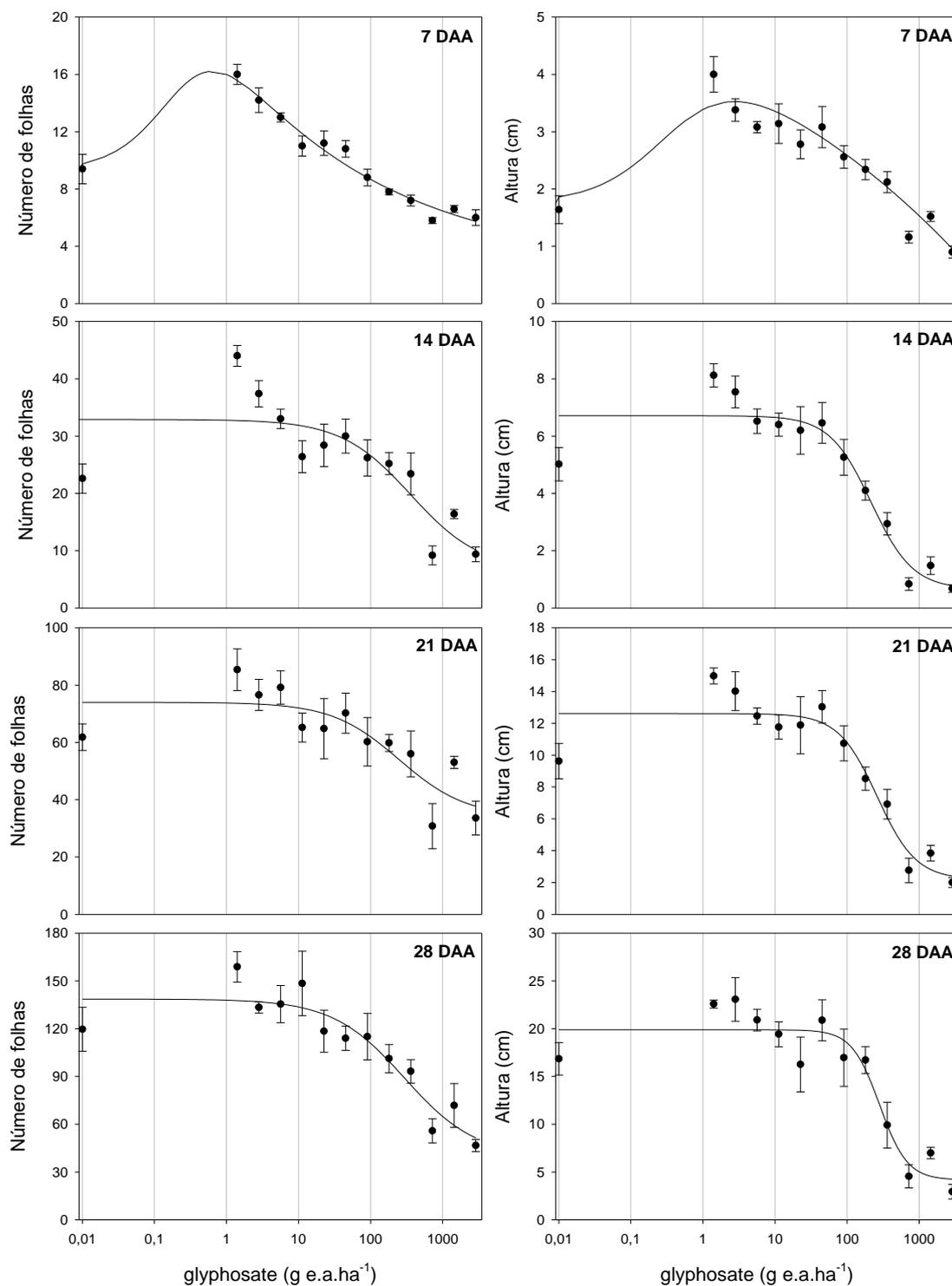
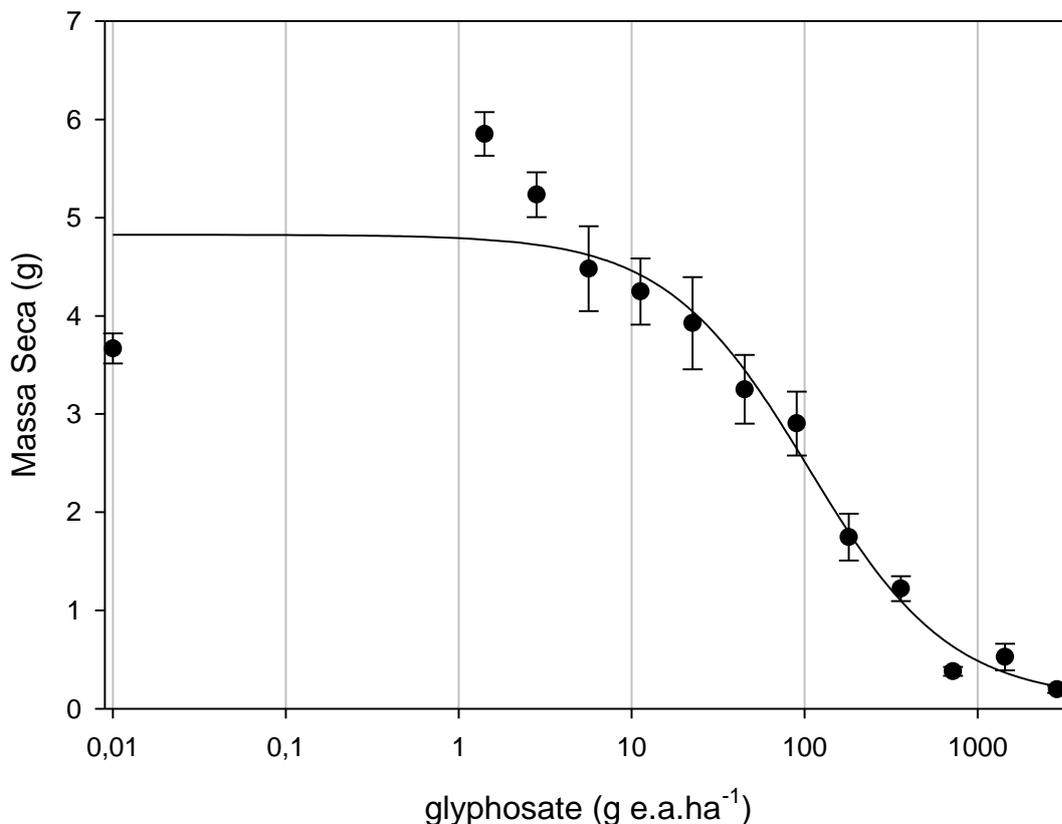


Figura 10 - Massa seca (g) do biótipo resistente (R) progenitora. Segunda repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



Na segunda repetição do experimento com o biótipo S progenitor (Tabela 10 e Figuras 11 e 12) houve a presença de estímulos de crescimento para as variáveis número de folhas aos 7 e 28 DAA, para a altura de plantas aos 7, 14, 21 e 28 DAA e para a massa seca aos 28 DAA.

As doses que promoveram estímulo foram de 0,703125 a 22,5 g. e.a. ha⁻¹ para as variáveis número de folhas e altura de plantas com um incremento em relação a testemunha aos 28 DAA de 34,1% para a altura e 40,4% para o número de folhas na dose de 5,625 g. e.a. ha⁻¹ para ambas variáveis. Para a massa seca, a aplicação da dose de 0,703125 g. e.a. ha⁻¹ resultou em 81,06% de incremento em relação a dose 0 g. e.a. ha⁻¹.

Neste experimento a presença da hormesis foi observada em praticamente todas as épocas de avaliação. Em estudos realizados por Gomes (2014) com uma população sensível de *Conyza bonariensis*, a dose de 45 g. e.a. ha⁻¹ reduziu drasticamente a massa seca das plantas não resultando no comportamento hormético

desta variável nesta etapa do seu experimento. Durante estudo as doses acima de 45 g. e.a. ha⁻¹ também reduziram a massa seca, porém, doses abaixo desta, promoveram um incremento nas variáveis vegetativas e na massa seca. Deste modo as doses entre 0,703125 a 22,5 g. e.a. ha⁻¹ promoveram, nesta repetição experimental do estudo, o crescimento do biótipo sensível progenitor.

O estímulo de crescimento e o acúmulo de massa seca nas baixas doses no biótipo S possivelmente pode estar relacionado com a baixa inibição da EPSPs e consequentemente uma redução parcial na biossíntese de lignina resultando em um maior crescimento longitudinal da planta (BELZ; DUKE, 2014) gerando maiores médias na massa seca devido ao redirecionamento de carbono. Neste experimento o incremento de massa seca pode ser explicado pelo aumento da altura das plantas e do número de folhas que foram muito maiores em relação a testemunha. Porém outras variáveis podem estar envolvidas como o diâmetro do caule e o número de ramificações que não foram avaliados.

Os resultados da segunda repetição experimental em comparação com a primeira apresentam algumas diferenças que podem auxiliar no entendimento deste efeito. A temperatura ao longo do experimento manteve um padrão adequado para o desenvolvimento da *Coryza* spp. e mesmo apresentando uma amplitude térmica maior a partir dos 17 DAA (Figura 2B) a temperatura máxima não ultrapassou os 34 °C e a média se manteve em torno dos 25°C. Na primeira repetição do experimento, a temperatura máxima atingida foi cerca de 45°C com uma média em torno de 35°C aos 11 DAA (Figura 1). Vale ressaltar que a translocação e o modo de ação do glyphosate dentro da planta é lenta e influenciado pelas características da planta, condições ambientais, concentração do herbicida, surfactante utilizado e método de aplicação (MONQUERO et al., 2004b, CASELEY; COUPLAND, 1985; FRANZ et al., 1997) sendo altamente dependente de condições favoráveis para a fotossíntese na planta (DELLACIOPPA et al., 1986) . Deste modo as primeiras respostas de estímulos de crescimento possivelmente seriam identificadas a partir do sétimo dia após a aplicação. Uma variação extrema de temperatura, coincidindo com os períodos mais favoráveis para o estímulo de crescimento, podem ter prejudicado o incremento de massa seca e o desenvolvimento vegetativo da planta.

Tabela 10 - Valores de F ($p < 0,05$) e constantes do experimento de estudos dose resposta com o biótipo sensível (S) progenitora. Segunda repetição.

Dias após aplicação (DAA)	7DAA		14DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	
Valor de F					
Tratamentos	15,133**	21,140**	15,148**	34,32**	
Hipóteses $f \neq 0$	21,336**	19,369**	3,999	23,51**	
Regressão	37,16**	50,03**	47,55**	82,03**	
Modelo	Eq. 1	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 1	
R ²	0,98	0,95	0,94	0,96	
Constantes					
b	2,20	1,07	5,41	1,78	
c	4,82	-8,32	3,02	-1,13	
d	11,43	2,02	32,43	6,61	
e	14,92	1,04	50,51	6,61	
f	0,97	12,73		2,41	
Dias após aplicação (DAA)	21DAA		28DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	MMS
Valor de F					
Tratamentos	14,91**	36,93**	12,866**	35,62**	57,52**
Hipóteses $f \neq 0$	1,558	11,90**	4,808*	9,387**	7,94**
Regressão	47,22**	91,02**	31,42**	88,73**	133,7**
Modelo	Eq. 2	Eq. 1	Eq. 1	Eq. 1	Eq. 1
R ²	0,95	0,99	0,98	1	0,93
Constantes					
b	3,71	2,29664	1,26	2,33023	2,63
c	7,84	-0,19537	-51,13	-0,24607	0,033
d	60,01	13,00	71,49	22,27	2,98
e	47,26	12,26	3,48	14,08	10,56
f		1,33	51,73	1,73	0,2400

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Figura 11 - Número de folhas e altura (cm) em função das doses de glyphosate aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) do biótipo sensível (S) progenitora. Segunda repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

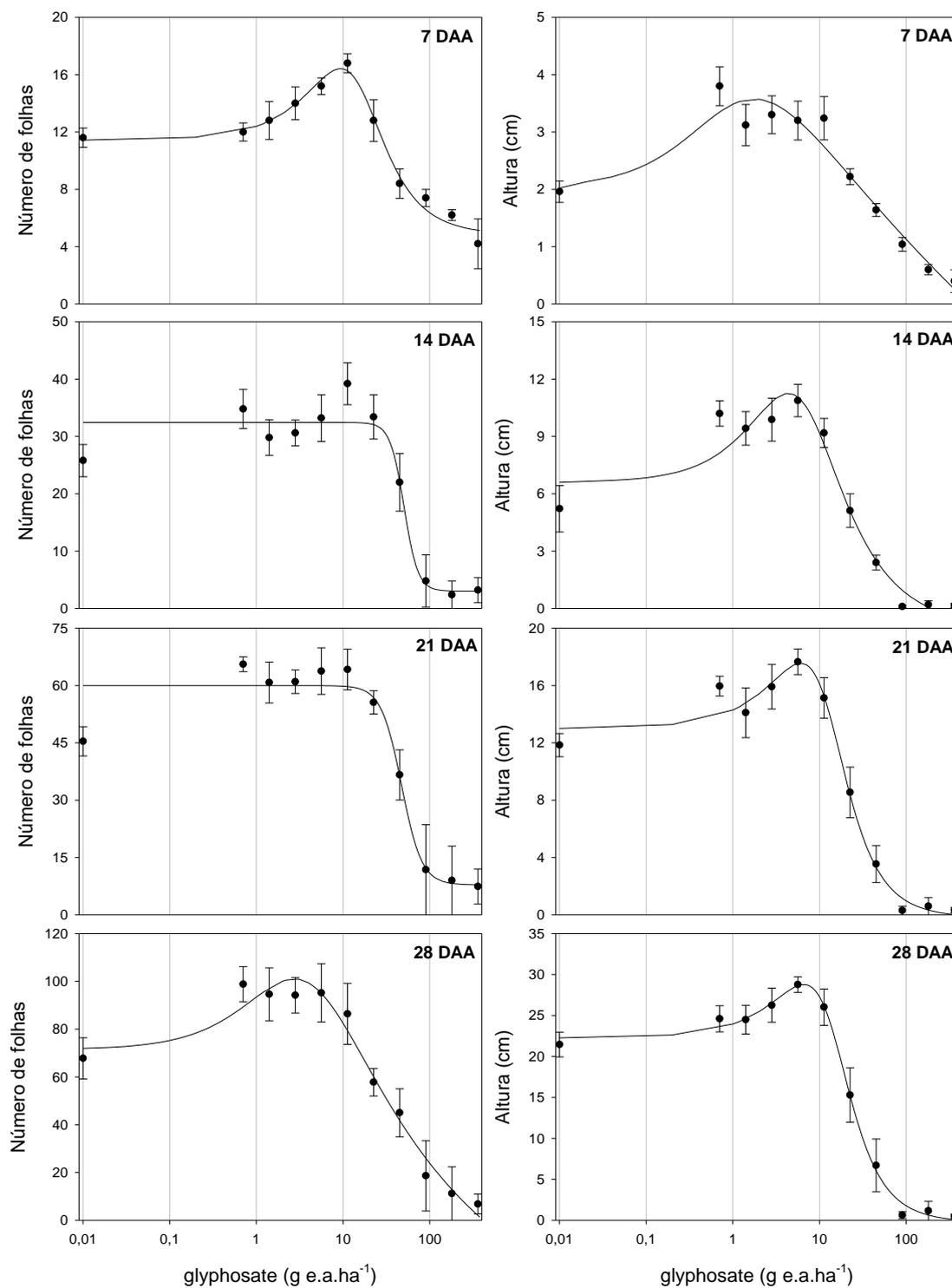
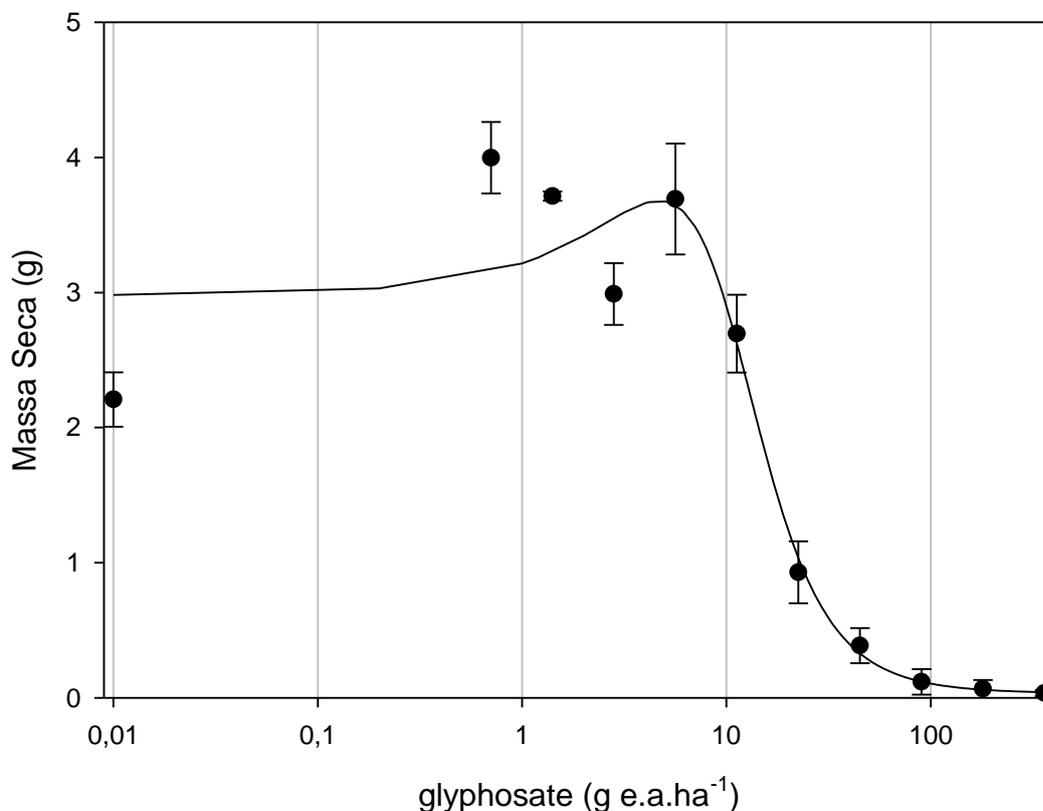


Figura 12 - Massa seca (g) do biótipo sensível (S) progenitora. Segunda repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



Para a primeira repetição da progênie do biótipo R (Tabela 11 e Figuras 13 e 14) o efeito hormético pode ser observado aos 7 e 14 DAA para as variáveis folha e altura de plantas e aos 28 DAA para a altura de plantas e massa seca. As doses neste experimento que promoveram estímulo de crescimento variaram de 1,40625 a 360 g. e.a. ha⁻¹ para o número de folhas e altura com incremento, respectivamente, de 62% e 40,9% na dose 22,5 g. e.a. ha⁻¹ em relação a dose 0 g. e.a. ha⁻¹.

Para a massa seca, as doses que apresentaram comportamento hormético se encontraram entre 0,703125 e 45 g. e.a. ha⁻¹ com um incremento na dose de 2,8125 g. e.a. ha⁻¹ de 44% em relação a dose 0 g. e.a. ha⁻¹. Quando comparamos com os experimentos conduzidos com as progenitoras do biótipo R (Figuras 7, 8, 11 e 12), podemos verificar que possivelmente a sua progênie tem a capacidade de responder com estímulos de crescimento em baixas doses de glyphosate. Outro ponto interessante é que as progênies R neste experimento apresentaram um

comportamento semelhante aos das progenitoras da segunda repetição experimental, um estímulo de crescimento inicial a partir dos 7 DAA.

A partir dos 21 DAA não houve ajuste do modelo hormético para as variáveis número de folhas e altura, porém vale ressaltar que mesmo não apresentando ajuste a partir deste período, as médias de ambas variáveis até a dose de 180 g. e.a. ha⁻¹ foram maiores que a média da dose de 0 g. e.a. ha⁻¹ e possivelmente influenciaram na massa seca, identificando o comportamento hormético na progênie do biótipo R.

Tabela 11 - Valores de F ($p < 0,05$) e constantes do experimento de estudos dose resposta com o biótipo resistente (R) progênie. Primeira repetição.

Dias após aplicação (DAA)	7DAA		14DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	
Valor de F					
Tratamentos	3,008*	3,764**	0,001**	7,830**	
Hipóteses $f \neq 0$	5,837*	6,042*	5,134*	4,486*	
Regressão	6,41**	8,48**	13,12**	19,85**	
Modelo	Eq. 1	Eq. 1	Eq. 1	Eq. 1	
R ²	0,71	0,75	0,83	0,85	
Constantes					
b	1,96	0,63	1,06	1,032	
c	9,55	5,52	-88,77	-18,87	
d	11,34	3,19	26,14	5,03	
e	21,63	7,58	32,45	3,50	
f	0,33	-0,048	4,26	7,67	
Dias após aplicação (DAA)	21DAA		28DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	MMS
Valor de F					
Tratamentos	2,709**	11,12**	2,049*	13,388**	19,32**
Hipóteses $f \neq 0$	2,931	3,647	3,097	6,302*	9,477**
Regressão	7,60**	40,88	5,62**	37,45**	57,90**
Modelo	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 1	Eq. 1
R ²	0,7	0,92	0,81	0,93	0,97
Constantes					
b	1,19	1,56	2,1543	1,07	1,12
c	-43,57	2,58	43,47	-49,98	-2,65
d	54,88	10,03	83,11	13,44	2,29
e	4118,38	263,25	585,03	18,48	3,19
f				4,03	2,14

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Figura 13 - Número de folhas e altura (cm) em função das doses de glyphosate aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) do biótipo resistente (R) progênie. Primeira repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

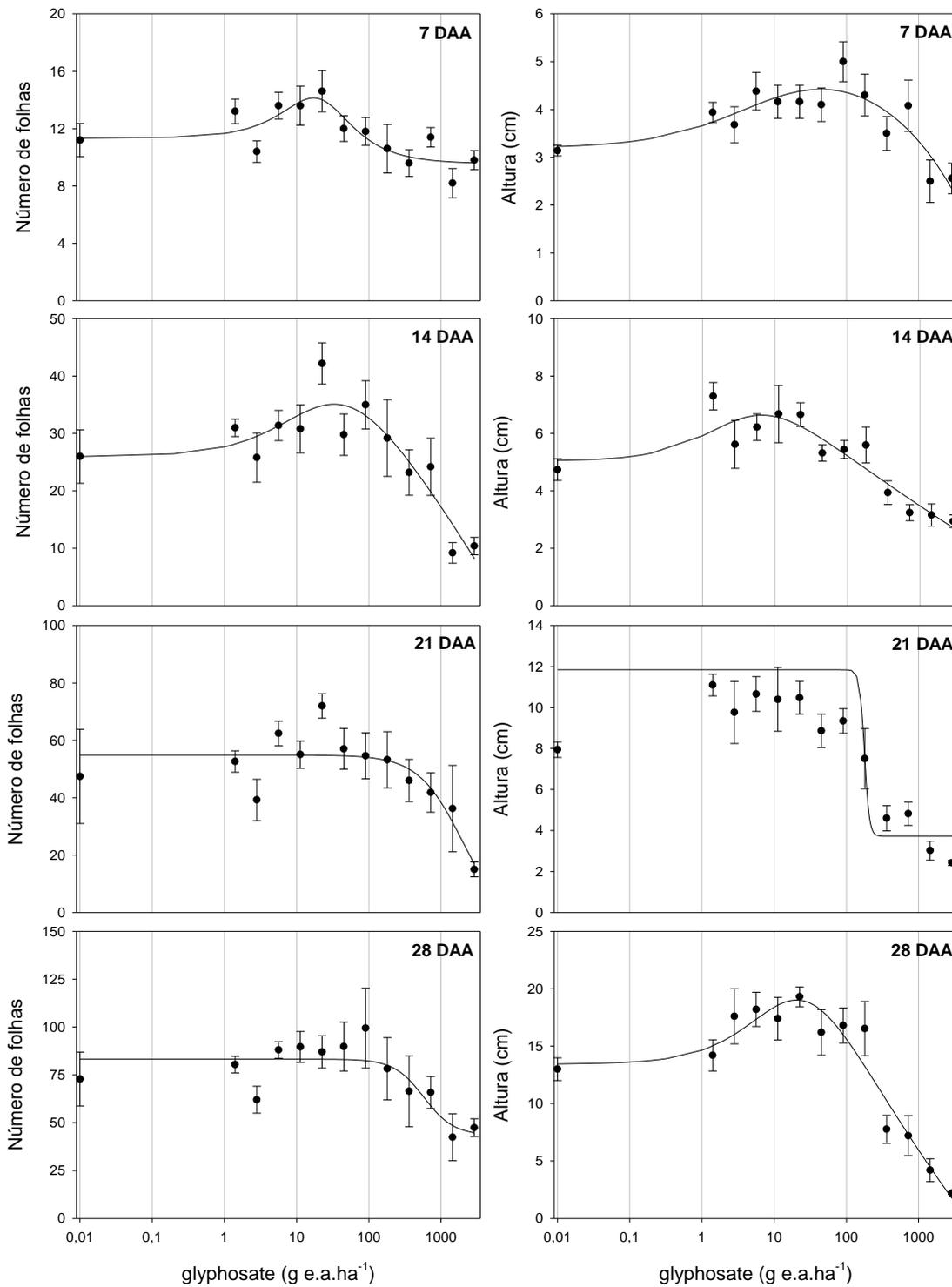
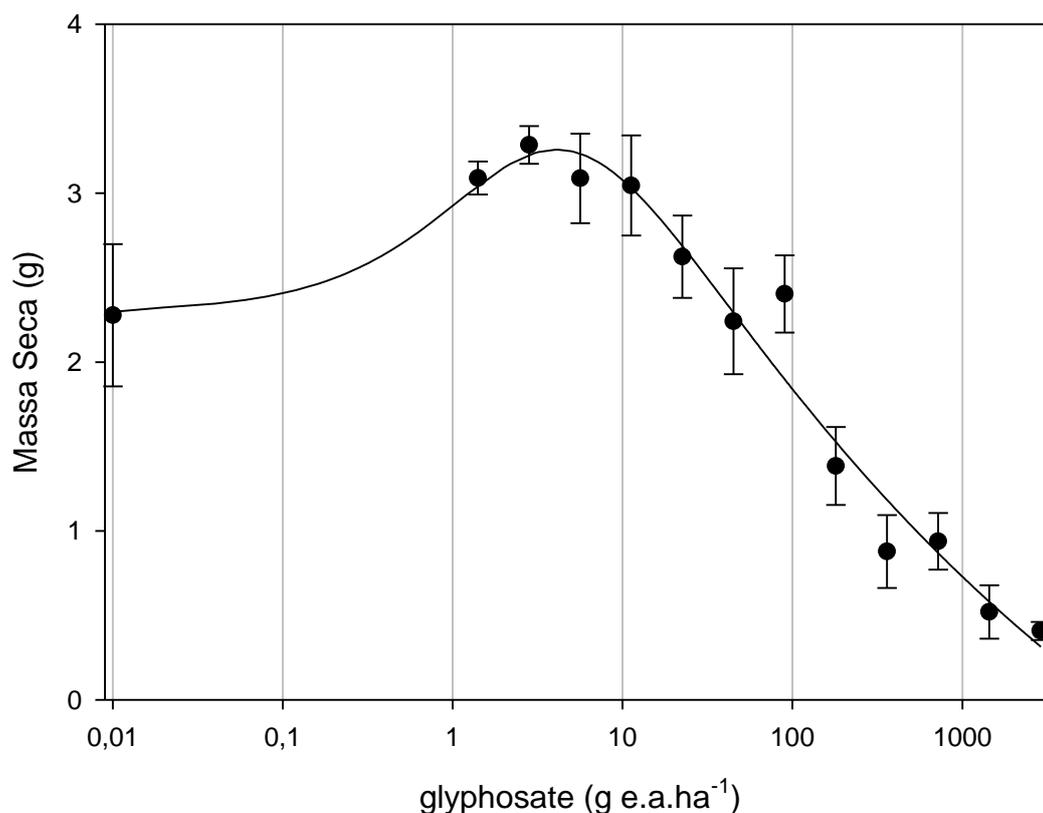


Figura 14 - Massa seca (g) do biótipo resistente (R) progênie. Primeira repetição. \pm erro padrão. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



Para o experimento com biótipo S progênie primeira repetição (Tabela 12 e Figuras 15 e 16) a ausência de estímulos de crescimento foi observada na maioria das épocas e variáveis analisadas apresentando um pequeno ajuste da equação de hormesis para variável altura de plantas aos 14 DAA nas doses 0,73125 e 1,40625 g. e.a. ha⁻¹ com um incremento de 26% em relação ao tratamento sem aplicação.

Mesmo apresentando um ajuste da equação para a altura de plantas aos 14 DAA a massa seca não apresentou incrementos. Aos 21 e 28 DAA, a variável altura mesmo não apresentando ajuste da equação, apresentou a média geral da dose de 1,40625 g. e.a. ha⁻¹ maior que a média da dose 0 g. e.a. ha⁻¹. Quando observamos o resultado na massa seca, a média desta mesma dose se equipara com o tratamento sem aplicação e conseqüentemente o motivo de um possível estímulo apresentado pela altura aos 14 DAA pode ter sido resultado de algumas alterações na morfologia da

espécie como por exemplo estiolamento do caule ou até mesmo uma maior distância dos entre nós da planta.

Tabela 12 - Valores de F ($p < 0,05$) e constantes do experimento de estudos dose resposta com o biótipo sensível (S) progênie. Primeira repetição.

Dias após aplicação (DAA)	7DAA		14DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	
Valor de F					
Tratamentos	5,17**	8,44**	10,58**	23,76**	
Hipóteses $f \neq 0$	1,26	0,047	0,849	6,727*	
Regressão	14,04**	25,39**	32,15**	54,47**	
Modelo	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 2	Eq. 1	
R ²	0,81	0,9	0,91	0,92	
Constantes					
b	1,07	0,560	0,193	1,74	
c	9,03	1,42	-19,92	1,97	
d	16,85	6,47	46,48	11,65	
e	0,814	17,49	98,73	1,75	
f				5,55	
Dias após aplicação (DAA)	21DAA		28DAA		
Variável	Folhas	Altura	Folhas	Altura	MMS
Valor de F					
Tratamentos	9,95**	25,51**	10,61**	24,51**	19,65**
Hipóteses $f \neq 0$	1,862	0,002	0,362	0,056	0,396
Regressão	28,60**	80,08**	32,54**	78,83**	61,01**
Modelo	Eq. 2				
R ²	0,86	0,94	0,92	0,96	0,93
Constantes					
b	0,19	0,962	0,241	1,20	0,83
c	-44,49	0,357	-59,16	0,068	0,021
d	84,33	18,84	119,01	27,44	4,40
e	69,85	11,59	50,11	17,83	3,41
f					

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Figura 15 - Número de folhas e altura (cm) em função das doses de glyphosate aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) do biótipo sensível (S) progênie. Primeira repetição. \pm erro padrão. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

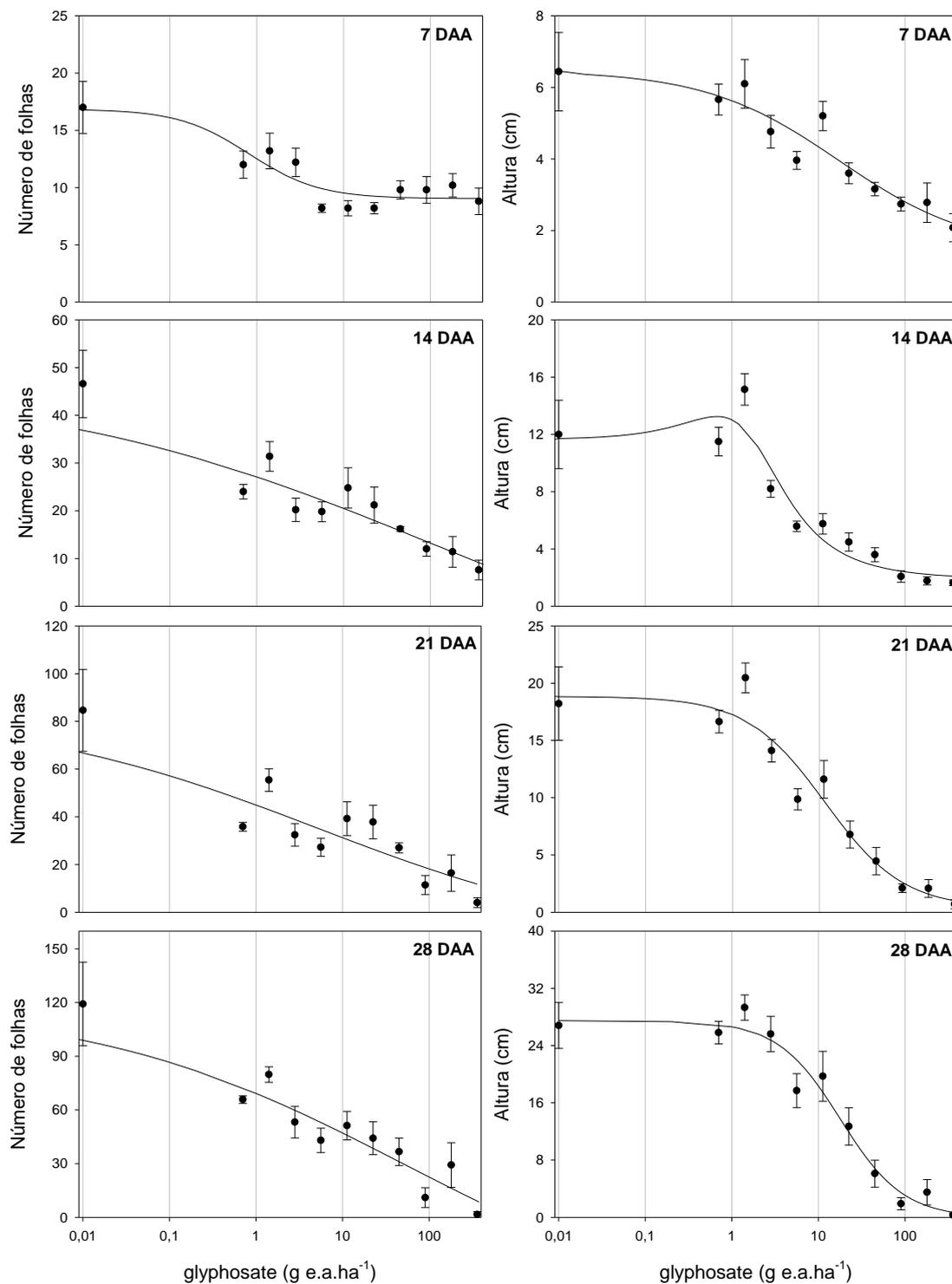
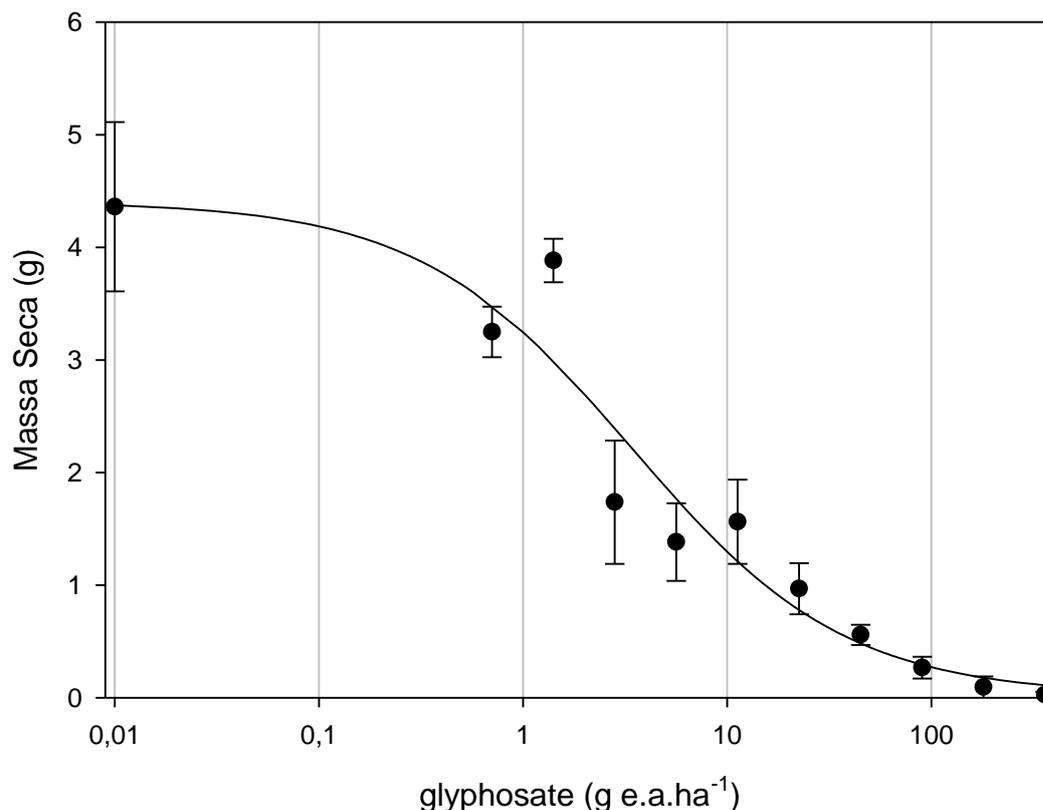


Figura 16 - Massa seca (g) do biótipo sensível (S) progênie. Primeira repetição. \pm erro padrão. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



De modo geral para este estudo, a presença dos estímulos no crescimento vegetativo de *Conyza* spp. em função das doses de glyphosate parecem estar vinculados a diferentes períodos em que ocorrem efeito e que as possíveis respostas parecem ser independentes da resistência ou sensibilidade da planta ao herbicida.

Estímulos observados durante as épocas de avaliações do número de folhas e altura de plantas e ausentes na massa seca evidenciam que após o efeito, as plantas sem aplicação (0 g. e.a. ha⁻¹) atingiram o mesmo patamar das variáveis das plantas submetidas a doses que apresentaram estímulo inicialmente. Cedergreen (2008) relatando que os estímulos de crescimento de cevada são observados por um período de seis semanas e após esse período nenhum comportamento é verificado, podemos tomar parte de que a *Conyza* spp., neste experimento, possivelmente apresenta uma janela de resposta ao estímulo de crescimento menor do que a cevada.

Outra possibilidade que pode elucidar melhor as diferentes respostas apresentadas pelos biótipos sejam pela presença da variabilidade genética presente no gênero *Conyza*. A presença de diferentes espécies de *Conyza* (*C. canadensis*, *C. bonariensis* e *C. sumatrensis*) em uma população pode provocar uma troca de alelos no qual pode contribuir para a variabilidade genética (MANGOLIN et al., 2012). Populações com grande variabilidade genética podem apresentar altas variações adaptativas e como consequência contribuem para que as plantas tolerem alguns efeitos de herbicidas (SANTOS et al., 2013). No caso de hormesis, possivelmente a variabilidade genética esteja ligada a genes responsáveis pela mediação da resposta hormética às subdoses de glyphosate em função do ambiente ou condições de condução experimental. A presença da variabilidade genética em biótipos pode ser um problema pois a previsão de resultados pode ser superestimada e, em alguns casos, mesmo apresentando respostas ao estímulo hormético no início do desenvolvimento vegetativo, não se torna possível observar a durabilidade deste efeito até os 28 DAA na massa seca.

As variáveis altura e número de folhas nos experimentos dos dois biótipos que apresentaram incrementos de massa, possivelmente tem uma relação. Todos os experimentos com hormesis apresentaram médias gerais maiores para estas duas variáveis. De outro lado, estas variáveis podem atuar como identificadoras de possíveis estímulos que ocorrem durante o ciclo experimental e podem indicar a durabilidade ou não da hormesis no desenvolvimento vegetativo da *Conyza* spp.

A temperatura também pode ser uma das responsáveis pelas diferentes respostas apresentadas pelos biótipos progenitores uma vez que em certas situações a amplitude térmica observada foram altas e possivelmente interferiram nos resultados. De outro lado se tomarmos como base as condições experimentais conduzidas com as progênes, observamos que mesmo em situações ideais para o desenvolvimento das espécies de *Conyza* spp. (temperaturas médias 16 a 22°C) a mesma não apresentou estímulos para o biótipo S enquanto que para a sua progenitora foi observado somente na segunda repetição experimental. Todavia a evidência de que possibilidade destes biótipos apresentarem respostas em certas épocas e ausência em outras pode estar relacionado a sua variabilidade genética.

4.3 Estudos das características fenológicas e desenvolvimento reprodutivo dos biótipos resistente e sensível

O estudo das características do desenvolvimento reprodutivo foi conduzido com os biótipos R e S progenitores. Aos 117 DAA foram avaliados o número de capítulos e o número de sementes por planta para ambos biótipos de acordo com as Figuras 17, 18, 19 e 20. Não houveram diferenças significativas entre os tratamentos. Porém vale ressaltar que a média geral dos tratamentos foram maiores que a média do tratamento 0 g.e.a. ha⁻¹.

Figura 17 - Número de capítulos do biótipo resistente (R) em função das doses de glyphosate. Média \pm intervalo de confiança. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

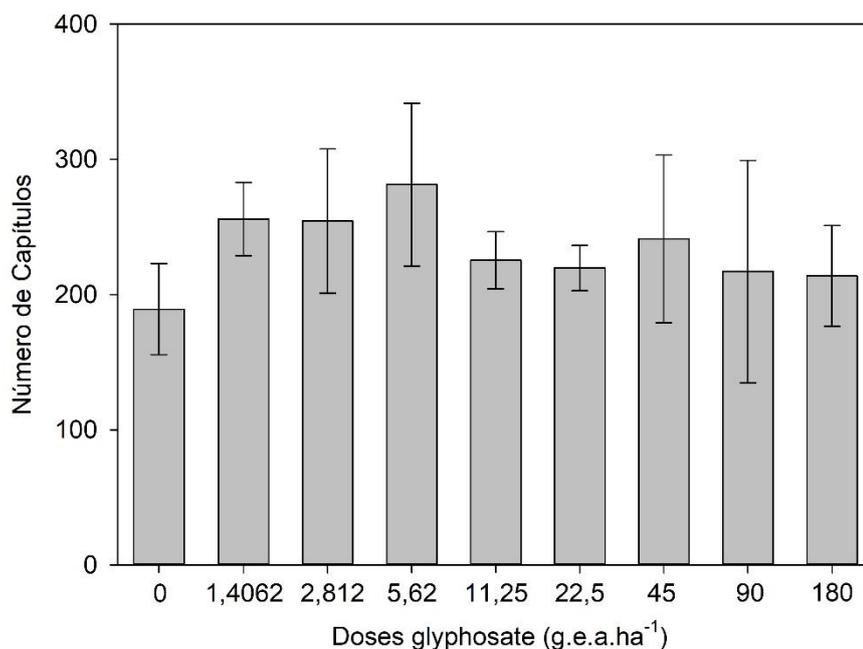


Figura 18 - Número de capítulos do biótipo sensível (S) submetida a doses de glyphosate. Média \pm intervalo de confiança. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

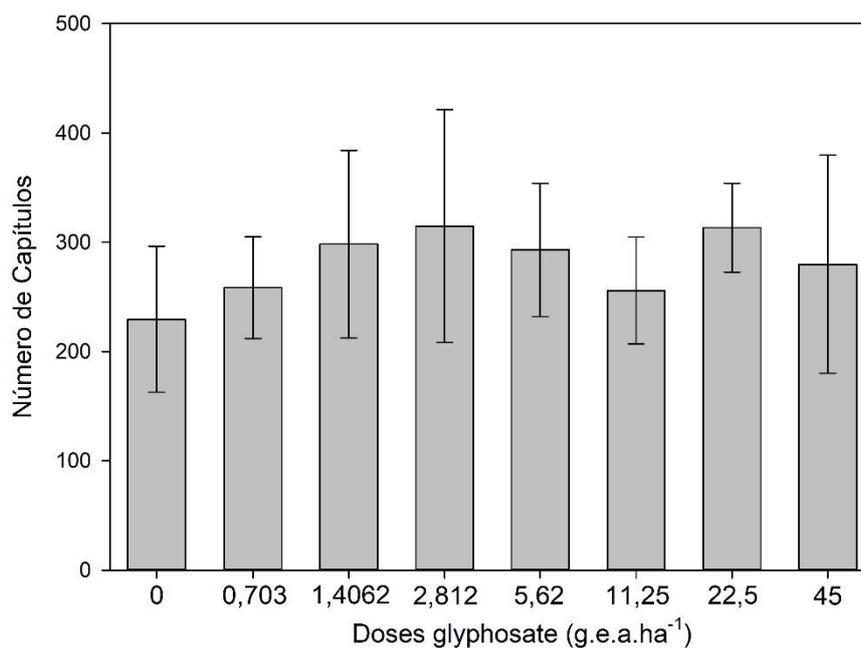


Figura 19 - Número de sementes por planta do biótipo resistente (R) submetida a doses de glyphosate. Média \pm intervalo de confiança. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

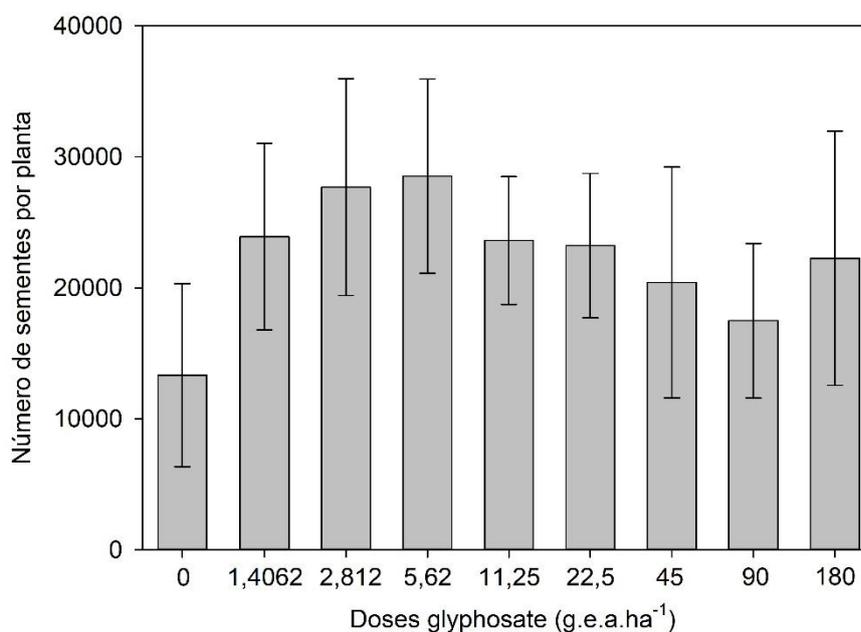
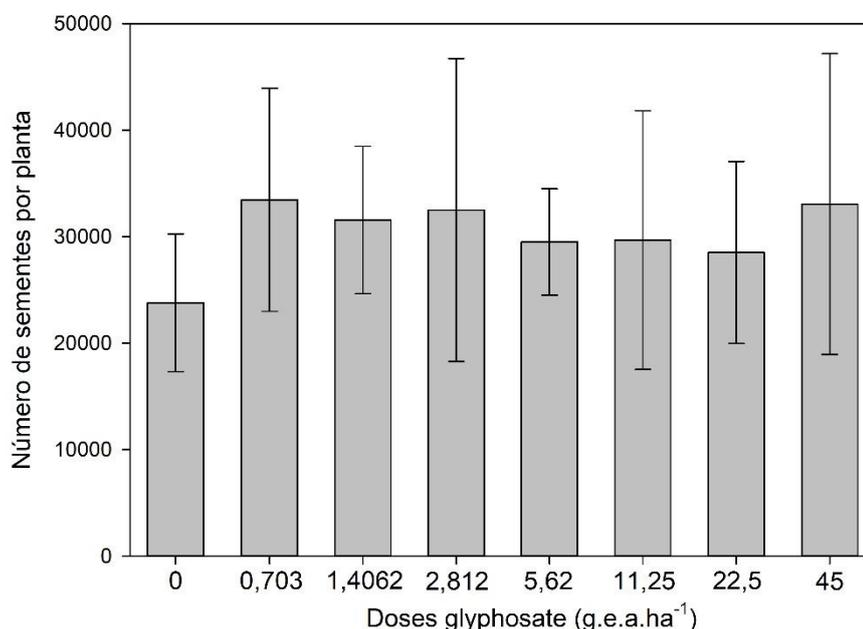


Figura 20 - Número de sementes por planta do biótipo sensível (S) submetida a doses de glyphosate. Média \pm intervalo de confiança. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



As médias observadas para o número de capítulos das plantas que foram submetidas às doses de glyphosate apresentaram tendências maiores do que a dose 0 g. e.a. ha⁻¹ no qual as doses que apresentaram esse comportamento para o biótipo R se encontram partir da dose de 1,4062 g. e.a. ha⁻¹ com as maiores médias para as doses de 1,40625 a 5,625 g. e.a. ha⁻¹. O incremento para a média do número de capítulos e número de sementes para o biótipo R foi de cerca de 48,2% e 114% respectivamente na dose de 5,625 g. e.a. ha⁻¹ em relação a dose 0 g. e.a. ha⁻¹ (Figuras 17 e 19).

Para o biótipo S (Figura 18 e 20) um comportamento semelhante foi observado entre as doses de 0,703125 a 2,8125 g. e.a. ha⁻¹. Para o biótipo S o incremento foi de 36,7% e 40,6% para número de capítulos e número de sementes por planta na dose de 2,8125 g. e.a. ha⁻¹ respectivamente em relação a dose 0 g. e.a. ha⁻¹ de glyphosate.

Resultados com efeitos de baixas doses de glyphosate no desempenho reprodutivo de *Brassica* spp. relatam que as plantas apresentaram um número maior de flores em duas cultivares sensíveis ao produto (*Brassica napus*) no qual possivelmente houve um efeito estimulante do glyphosate em subdosagens na produção de flores desta espécie (LONDO, et al., 2014).

Gomes (2014) observou que o número total de capítulos abertos e o total de capítulos em uma população de *C. sumatrensis* aos 127 DAA foi maior na dose de 90 g. e.a. ha⁻¹ sendo que o número total de capítulos foi cerca de 2,2 vezes maior que a testemunha sem aplicação.

A variabilidade genética em biótipos de *Conyza* spp. e a ausência de diferenças estatísticas possivelmente estão relacionados. A variabilidade genética é um fator presente na espécie e pode ser identificada tanto em condições controladas quanto a condições de campo. Estudos recentes de Marochio et al. (2017) mostram a presença de genomas ancestrais de *C. canadensis* em plantas de buva na Região Sul do Brasil, onde a *C. sumatrensis* é a espécie que mais prevalece. Os autores ressaltam que essa diversidade molecular nos biótipos resistentes de *C. sumatrensis* indicam um alto potencial para colonizar novas áreas e facilitar a sua persistência. Deste modo, estudos de hormesis podem apresentar comportamentos diferentes da *Conyza* spp. quando submetida a baixas doses de glyphosate.

As características fenológicas de ambos biótipos foram alteradas no decorrer do experimento. Na variável “bolting” (início da extensão caulinar) para o biótipo R (Figura 21) podemos observar que as médias gerais dos tratamentos indicam que as doses entre 1,40625 a 45 g. e.a. ha⁻¹ necessitaram de uma menor somatória de unidades termiais para atingir tal estágio em relação a dose 0 g. e.a. ha⁻¹. Para o tratamento sem aplicação a soma termal necessária foi de 129, enquanto que na dose de 1,40625 g. e.a. ha⁻¹ foi de 96.

Para o biótipo S (Figura 22) a soma termal do tratamento 0 g. e.a. ha⁻¹ foi de 116 enquanto que para as melhores médias das demais doses (0,703125 a 5,625 g. e.a. ha⁻¹) variaram de 99 a 107 unidades termiais. As doses subsequentes das que apresentaram as melhores médias para a variável para ambos biótipos apresentaram resultados semelhantes quando comparados ao tratamento 0 g. e.a. ha⁻¹.

Figura 21 - Soma térmica para o estágio “bolting” do biótipo resistente (R) submetida a doses de glyphosate. Média \pm intervalo de confiança. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.

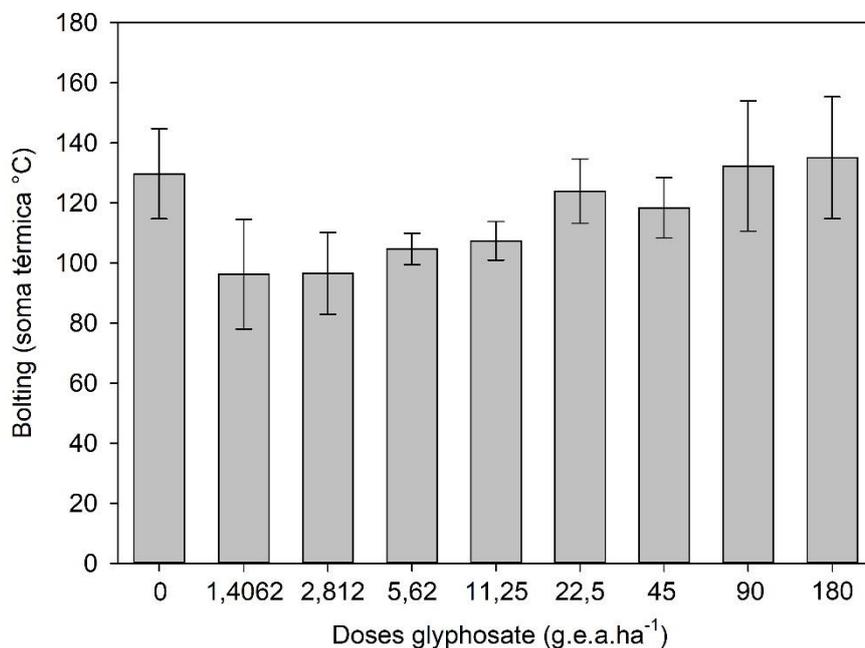
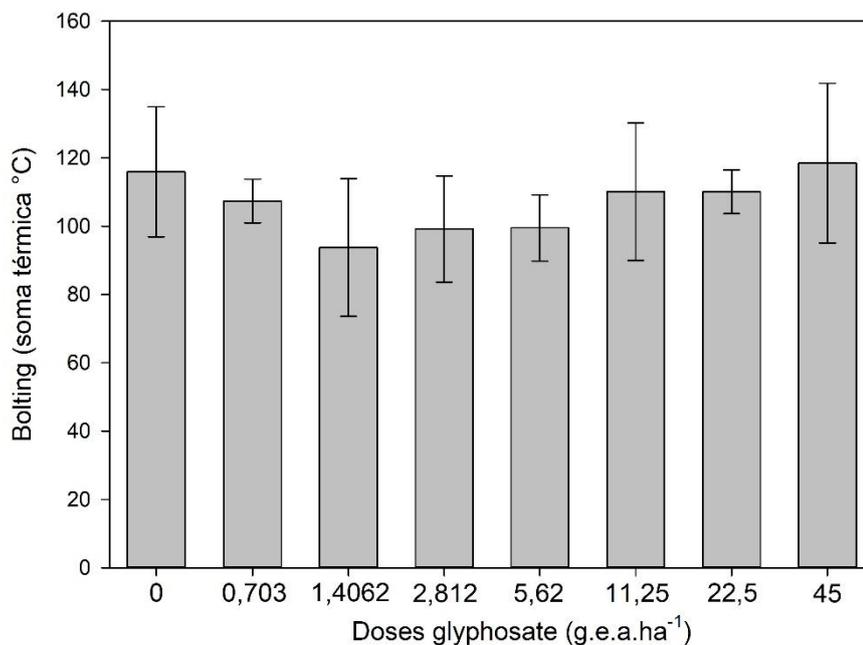
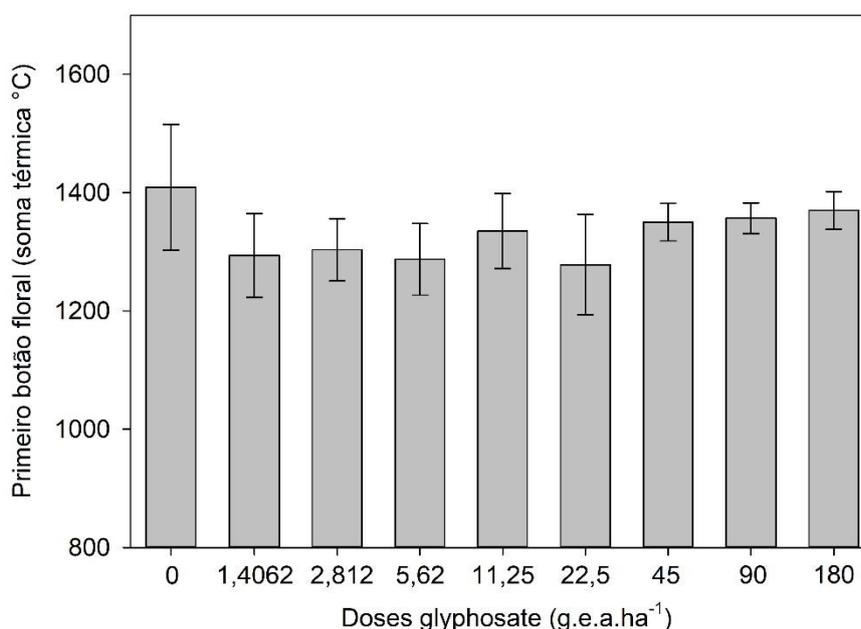


Figura 22 - Soma térmica para o estágio “bolting” do biótipo sensível (S) submetida a doses de glyphosate. Média \pm intervalo de confiança. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



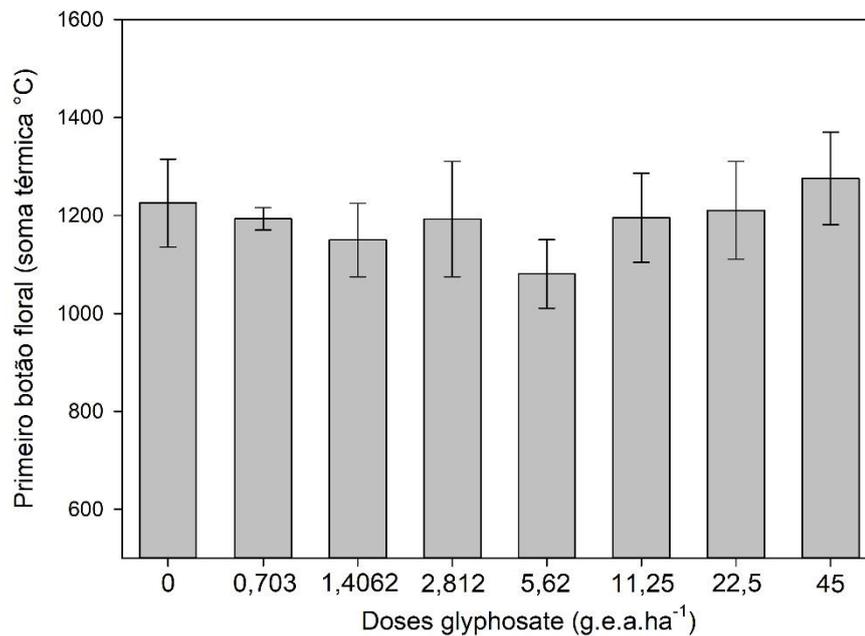
Para a variável primeiro botão floral não houve diferenças significativas para o biótipo R (Figura 23). Porém as médias das plantas submetidas a aplicação de glyphosate a partir da dose de 1,40625 g. e.a. ha⁻¹ apresentaram um comportamento mais precoce no avanço deste estágio relação à média do tratamento 0 g. e.a. ha⁻¹. A soma térmica necessária para o surgimento do primeiro botão floral para a dose de 0 g. e.a. ha⁻¹ foi de 1408 unidades termais enquanto que para as demais doses 1,40625; 2,8125; 5,625; 11,25; 22,5; 45 e 90 g. e.a. ha⁻¹ foram de 1293, 1303, 1287, 1335, 1278, 1350, 1356 e 1370 unidades termais respectivamente.

Figura 23 - Soma térmica para o estágio “primeiro botão floral” do biótipo resistente (R) submetida a doses de glyphosate. Média ± intervalo de confiança. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



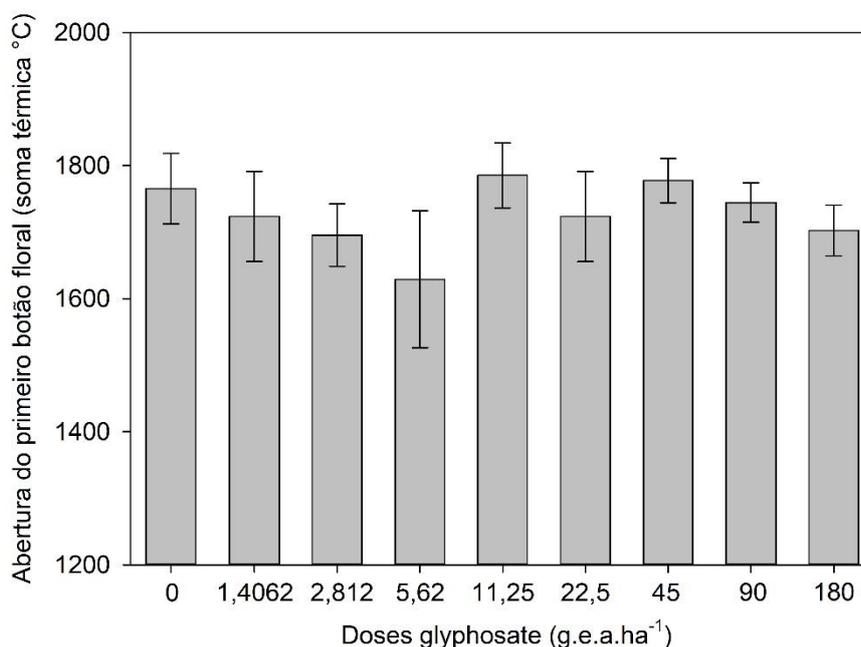
O surgimento do primeiro botão floral para o biótipo S (Figura 24) também não apresentou diferenças significativas, porém podemos observar um leve adiantamento do estágio fenológico na dose de 5,625 g.e.a. ha⁻¹ com uma soma de unidades termais correspondente a 1080 enquanto que para o tratamento 0 g. e.a. ha⁻¹ foi de 1225.

Figura 24 - Soma térmica para o estágio “primeiro botão floral” do biótipo sensível (S) submetida a doses de glyphosate. Média \pm intervalo de confiança. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



Nas avaliações da abertura do primeiro botão floral para o biótipo R (Figura 25) não houve diferenças significativas. As médias se comportaram com uma tendência no avanço do estágio mais rapidamente entre as doses de 1,40625 a 5,625 g. e.a. ha⁻¹ com a soma das unidades termais variando de 1723 a 1629. Para o tratamento 0 g. e.a. ha⁻¹ a soma termal necessária foi de 1765. As doses subsequentes à 5,625 g. e.a. ha⁻¹ apresentaram um comportamento semelhante aos resultados da dose de 0 g. e.a. ha⁻¹ e em alguns casos a superou. Quando verificamos os resultados nas doses mais altas, possivelmente há outro efeito na diminuição do período para a abertura do primeiro botão floral. Provavelmente este comportamento pode ser resultado de um início de fitointoxicação destas doses e conseqüentemente, como questão de sobrevivência, adiantarem seu ciclo para se reproduzirem.

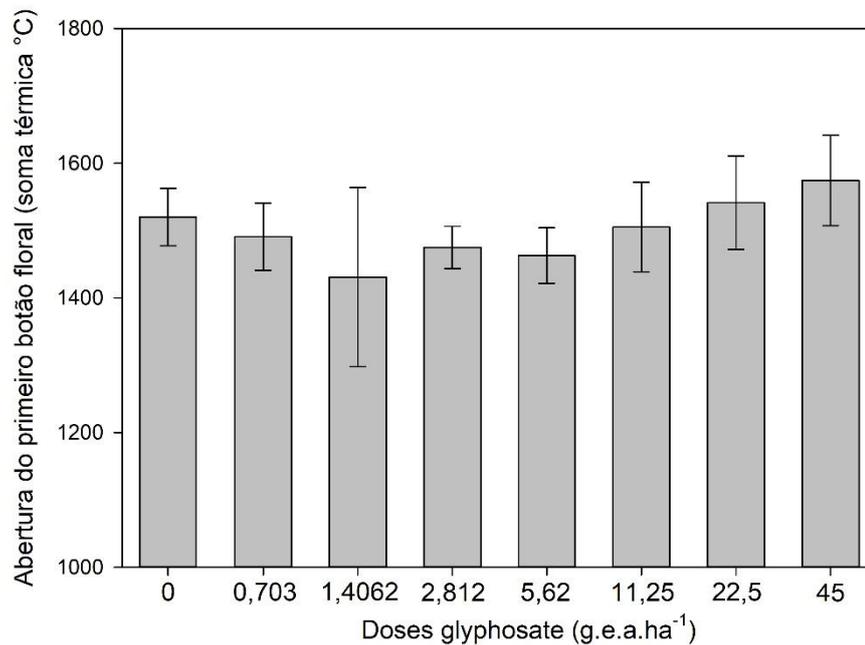
Figura 25 - Soma térmica para o estágio “abertura do primeiro botão floral” do biótipo resistente (R) submetida a doses de glyphosate. Média \pm intervalo de confiança. *g. e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



A abertura do primeiro botão floral do biótipo S (Figura 26) também demonstrou resultados não significativos, mas com uma leve tendência a diminuir a soma termal necessária para a entrada neste estágio. A dose de 1,40625 g. e.a. ha⁻¹ foi a que apresentou a menor média para avanço do estágio em torno de 1430 unidades termais. As demais doses a partir desta apresentam uma tendência a aumentar a quantidade termal necessária que possivelmente pode estar relacionado com efeitos fitotóxicos não-letais no qual biótipos sensíveis respondem.

A fitointoxicação apresenta efeitos negativos na redução dos níveis de clorofila pelo acúmulo de AMPA no qual aumenta os sintomas de fitointoxicação (ALBRECHT; AVILA, 2010). Zobiolo (2011) relata que a taxa fotossintética e a clorofila diminuem quando há o aumento nas doses de glyphosate.

Figura 26 - Soma térmica para o estágio “abertura do primeiro botão floral” do biótipo (S) submetida a doses de glyphosate. Média \pm intervalo de confiança. *g.e.a. ha⁻¹= gramas de equivalente ácido por hectare.



No contexto geral o biótipo S apresentou maiores médias nas variáveis reprodutivas enquanto que para o biótipo R os resultados são um pouco menores. Este efeito pode ser relacionado com o custo de resistência apresentado pelo biótipo R. A resistência de plantas daninhas aos herbicidas pode diminuir a aptidão ecológica e, nestes casos, a ausência do herbicida em uma população de plantas daninhas pode favorecer o desenvolvimento do biótipo sensível sobre o resistente que vai lentamente desaparecendo do local devido a sua baixa habilidade competitiva (ANDERSON et al., 1996). Em estudos realizados por Shrestha et al. (2010) com biótipos de *C. canadensis*, não há penalidade na aptidão ecológica para o biótipo resistente quando comparado o biótipo sensível, garantindo uma competição com biótipos sensíveis independente da presença de glyphosate.

Como neste estudo não houve comparação entre os biótipos, no contexto geral de plantas daninhas, vale ressaltar que as plantas do biótipo S apresentaram médias das variáveis reprodutivas maiores do que as do biótipo R.

Em estudos realizados por Vargas et al. (2005) avaliando o desenvolvimento de *Lolium multiflorum* sensível e resistente ao glyphosate, observaram que a planta sensível desta espécie produziu maior número de sementes, maior número de

sementes por inflorescência, maior número de perfilhos, menor período até a floração e um menor ciclo. Os autores ressaltam as características apresentadas pelo biótipo sensível podem apresentar uma oportunidade no controle dos biótipos resistentes se a pressão de seleção (uso de glyphosate) for retirada.

A habilidade da *Conyza* spp. em crescer se reproduzir mais cedo em no contexto prático pode representar uma série de possibilidades e de explicações de evolução da resistência por glyphosate. Subdosagens deste herbicida podem facilmente ser geradas por problemas na tecnologia de aplicação, principalmente pela deriva, e como consequência algumas plantas de *Conyza* spp. possivelmente responderem aos efeitos destas doses de formas adversas, sendo pelo estímulo de crescimento inicial ou até por um avanço fenológico e reprodução mais precoce.

Quando comparamos os resultados de crescimento e desenvolvimento vegetativo com os resultados obtidos no desempenho reprodutivo (levando em consideração os biótipos progenitores) as respostas horméticas em muitos casos não são muito aparentes no crescimento inicial da planta. Por outro lado, quando consideramos todo o ciclo reprodutivo desta espécie podemos verificar que os efeitos de hormesis por glyphosate podem ir além dos estímulos de crescimento vegetativo da planta. Em muitos trabalhos que relatam hormesis indicam um incremento de características vegetativas. Deste modo, se aplicar esses efeitos em uma condição agrícola, possivelmente a competição entre cultura e planta daninha estaria favorável ao desenvolvimento da planta invasora e como consequência, causaria prejuízos no desenvolvimento da cultura. De outro lado, quando nos referimos em efeitos de hormesis no ciclo reprodutivo da planta daninhas, podemos ter como base o potencial de produção de sementes e o adiantamento do ciclo que as plantas podem apresentar dependendo da dose aplicada. Gomes (2014) relata que a antecipação do florescimento e o aumento do número total de capítulos e capítulos abertos ocorreu em uma população de *C. sumatrensis* entre as doses de 90 a 360 g. e.a. ha⁻¹ de glyphosatet.

Mesmo não apresentando diferenças significativas entre as doses nas variáveis do desenvolvimento reprodutivo e fenológico da *Conyza* spp. a tendência observada nos resultados e o intervalo de confiança gerado indica uma grande variação nos dados. O possível efeito hormesis nas características reprodutivas da buva não é descartado e, devido a variabilidade genética apresentada pela espécie, resultados

precisos deste efeito tão sensível apresenta uma dificuldade na sua previsão. A massiva produção de flores e sementes a autopolinização da espécie *Conyza* spp. não demonstra ser a forma mais frequente de reprodução. A ocorrência de hibridização entre *C. canadensis* e outras espécies do gênero *Conyza* tem a ocorrência em populações associadas e ocorrem de forma frequente (THEUBAUD; ABBOTT, 1995).

Neste estudo os biótipos de *Conyza* spp. foram coletados na região agrícola de Assis Chateaubriand no Oeste do Paraná e, mesmo coletados individualmente e conduzidos os experimentos com os biótipos, possivelmente a troca de alelos e cruzamentos de espécies podem ter ocorrido em campo e como consequência influenciar na ausência de significância dos resultados. Quando comparado o estudo de hormesis conduzido por Gomes (2014) podemos observar um outro comportamento totalmente diferente das relatadas neste estudo e como consequência a variabilidade genética se mostrou um dos fatores mais limitantes para a obtenção de resultados mais consistentes sobre as possíveis respostas que o gênero *Conyza* apresenta perante a aplicação de baixas doses de glyphosate.

De modo geral a hormesis por glyphosate na *Conyza* spp. deve ser estudado com mais frequência, pois o conhecimento do funcionamento deste efeito se torna crucial para o controle de plantas daninhas e ajuda a elucidar as suas adaptações ecológicas. Isolar o efeito da variabilidade genética em uma espécie como a *Conyza* spp. parece ser um desafio para próximos estudos que serão realizados para entender a dinâmica de hormesis, porém este estudo nos mostra um pouco sobre a presença de possíveis efeitos que possam ocorrer no crescimento e desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da buva.

5 CONCLUSÕES

- O biótipo B2 foi o mais resistente e o B3 o mais sensível de acordo com o GR50 e CR50;

- Incrementos de massa seca foram observados para o biótipo S progenitor nas doses de 0,703125 a 22,5 g. e.a. ha⁻¹ na segunda repetição experimental e para a progênie do biótipo R nas doses de 1,40625 a 45 g. e.a. ha⁻¹ na primeira repetição experimental;

- Para as variáveis de desenvolvimento reprodutivo o biótipo resistente apresentou as melhores médias de soma termal entre as doses de 1,40625 a 45 g. e.a. ha⁻¹. Para o biótipo sensível, entre as doses de 0,703125 a 5,625 g. e.a. ha⁻¹.

- O biótipo resistente apresentou estímulos de crescimento vegetativo e desenvolvimento reprodutivo doses maiores em relação as respostas apresentadas pelo biótipo sensível.

- O biótipo resistente mostrou-se mais apto a estimular sua reprodução e como resultado da aplicação de baixas doses de glyphosate, o que pode ser relevante para a sua seleção em condições de campo e a formação de populações resistentes como resultado do uso de glyphosate.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, D. D. et al. Competition between triazine-resistant and -susceptible common waterhemp (*Amaranthus rudis*). **Weed Science**, v.44, n. 4 p.853–859,1996.

ALBRECHT, A.J.P., BARROSO, A.A.M., ALBRECHT, L.P. Aplicação de subdoses de glifosato no algodoeiro. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, v. 6, n. 121, p.76 – 78, 2013.

ALBRECHT, L.P.; ÁVILA, M. R. Manejo de glyphosate em soja RR e a qualidade das sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 2, p. 45-54, 2010.

ALCORTA, M. et al. Effect of vineyard orientation on growth and phenology of glyphosateresistant and glyphosate-susceptible horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, v. 59, n. 1, p. 55-60, 2011.

ALVES, L. W. R.; SILVA, J. B.; SOUZA, I. F. Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.) **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 887-897, 2000.

ANDERSEN, M. C. Diaspore morphology and seed dispersal in several wind-dispersed Asteraceae. **American Journal of Botany**, v. 80, n. 5, p. 487-495, 1993.

BELZ, R. G.; CEDERGREEN, N.; DUKE, S. O. Herbicide hormesis—can it be useful in crop production? **Weed Research**, v. 51, n. 4, p. 321-332, 2011.

BELZ, R.G.; DUKE, S.O. Herbicides and plant hormesis. **Pest Management Science** v. 70, n. 5, p. 698-707, 2014.

BENNETT, P. G.; MONTES, G. Effect of glyphosate formulation on sugarcane ripening. **Sugar Journal**, v. 66, n. 1, p. 22, 2003.

BHOWMIK, P. C.; BEKECH, N. N. Horseweed (*Conyza canadensis*) seed production, emergence, and distribution in no-till and conventional tillage corn (*Zea mays*). **Agronomy (Trends in Agricultural Sciences)**, v. 1, n. 2, p. 67-71, 1993.

BOUDET, A. M.; GRAZIANA, A.; RANJEVA, R. I. In: VAN SUMERE, C. F.; LEA, P. J. **The biochemistry of plant phenolics**. Oxford: Claredon Press, 1985, 135p.

BRAIN, P.; COUSENS, R. An equation to describe dose responses where there is stimulation of growth at low doses. **Weed Research**, v. 29, n. 2, p. 93-96, 1989.

CALABRESE, E. J.; MATTSON, M. P. Hormesis provides a generalized quantitative estimate of biological plasticity. **Journal of Cell Commun Signal**, v. 5, n. 1, p. 25-38, 2011.

CALABRESE, E. J. Hormesis: from mainstream to therapy. **Journal of Cell Commun Signal**, v. 8, n. 4, p. 289-291, 2014.

CARDINALI, V.C.B. **Caracterização fisiológica, enzimática e molecular dos mecanismos de resistência da planta daninha *Conyza bonariensis* ao herbicida glyphosate e alternativas de controle**. 2009, 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Fitotecnia) – ESALQ/USP Piracicaba, Piracicaba, 2009.

CARVALHO, L.B.; ALVES, P.L.C.A.; DUKE, S.O. Hormesis with glyphosate depends on coffee growth stage. **Anais Academia Brasileira de Ciências** v. 85, n. 2, p. 813-821, 2013.

CASELEY, J. C.; COUPLAND, D. Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake movement and acidity. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. A. **The herbicide glyphosate**. London, Butterworths, p. 92-123, 1985.

CASTRO, P.R.C. Maturadores químicos em cana-de-açúcar. **Saccharum**, v. 1, n. 4, p. 12–16, 1999.

CASTRO, P.R.C.; D. K. MESCHEDE, D.K. Glyphosate: uso como maturador em cana-de-açúcar. In: VELINI E. D. et al. **Glyphosate**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2009. cap. 18, p. 429–459.

CASTRO, P.R.C. et al. Ação comparada de Ethrel, Fuzilade e Roundup, em duas épocas de aplicação, na maturação e produtividade da cana-de-açúcar “SP 70-1143”. **Revista de Agricultura Piracicaba**, v. 77, n. 1 p. 23–38, 2002.

CEDERGREEN N. et al. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose–Response**. v.5, n. 2, p. 150–162, 2007.

CEDERGREEN, N. Is the growth stimulation by low doses of glyphosate sustained over time? **Environmental Pollution**, v. 156, n. 3, p. 1099-1104, 2008.

CHACALIS, D.; REDDY, K. N.; ELMORE, C.D. Characterization of leaf surface, wax composition, and control of redvine and trumpetcreeper with glyphosate. **Weed Science**, Lawrence, v.49, n.2, p.156-163, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. L. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos da resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3. ed. HRAC-BR: Piracicaba, 2008. 120p.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Complexos metálicos com o herbicida glyphosate: revisão. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n.6, p. 1038-1045, 2005.

DAUER, J. T.; MORTENSEN, D. A.; VANGESSEL, M. J. Temporal and spatial dynamics of long-distance *Conyza canadensis* seed dispersal. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, n. 1, p. 105-114, 2007.

DAVIS, V.M. et al. Growth and seed production of horseweed (*Conyza canadensis*) populations resistant to glyphosate, ALS-inhibiting, and multiple (glyphosate+ALSinhibiting) herbicides. **Weed Science**, v. 57, n. 5, p. 494-504, 2009.

DELLACIOPPA, G. et al. Translocation of the precursor of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase into chloroplasts of higher plants in vitro. **Proceedings of National Academy of Sciences USA**, v. 83, n. 18, p. 6973-6877, 1986.

DICK, R. E.; QUINN, J. P. Glyphosate-degrading isolates from environmental samples: occurrence and pathways of degradation. **Applied Microbiology Biotechnology**, Frankfurt, v. 43, n. 3, p. 545-550, 1995.

DUKE, S. O. et al. Hormesis: is it an important factor in herbicide use and allelopathy? **Outlooks Pest Management** v. 17, n.1, p. 29–33, 2007.

DUKE, S. O. Secondary effects of glyphosate on plants. In: MESCHEDE, D. K.; GAZZIERO, D. A **Era Glyphosate: Agricultura, Meio Ambiente e Homem**. Londrina: Midiograph, 2016. cap. 8, p. 87-96.

DUSKY, J. A. et al. Response of eight sugarcane cultivars to glyphosine and glyphosate ripeners. **Journal of Plant Growth Regulation** v. 4, n.1, p. 225–235, 1986.

FEDTKE, C.; DUKE, S. O. Herbicides. In: HOCK, B.; ELSTNER, E. F. **Plant Toxicology**. 4. ed. New York: CRC Press, 2004. p. 662p.

FERREIRA, J. F. S.; REDDY, K. N. Absorption and translocation of glyphosate in *Erythroxylum coca* and *E. novogranatense*. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 193-199, 2000.

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. **Glyphosate: a unique global herbicide**. American Chemical Society, 1997.

GE, X. et al. Rapid vacuolar sequestration: the horseweed glyphosate resistance mechanism. **Pest Management Science**, v.66, n. 6, p.345-348, 2010.

GOMES, G.L.G.C. **Caracterização bioquímica e morfofisiológica de populações de Buva (*Conyza* spp.) resistentes ao glyphosate**. 2014, 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP Campus de Botucatu, Botucatu dezembro de 2014.

HALL, Marshall. **Combinatorial theory**. John Wiley & Sons, 1998

HOLM, L. et al. **World weeds. Natural histories and Distribution**. New York: John Wiley & Sons, 1997. 1129p.

JORDAN, T.N. Effects of temperature and relative humidity on the toxicity of glyphosate to bermudagrass (*Cynodon dactylon*). **Weed Science**, Champaign, v.25, n. 5, p.448-451, 1977.

JÚNIOR, O. P. A. et al. GLYPHOSATE: propriedade, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

KNEZEVIC, S. Z.; STREIBIG, J. C.; RITZ, C. Utilizing R software package for dose-response studies: the concept and data analysis. **Weed Technology**, v. 21, n. 3, p. 840-848, 2007.

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

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, n. 1, p. 84-89, 2005.

KOGER, C. H. et al. Glyphosate resistant horseweed (*Conyza canadensis*) in Mississippi. **WeedTechnology**, v. 18, n. 3, p. 820-825, 2004.

LUCHINI, L. C. Considerações sobre algumas propriedades físico químicas do glyphosate. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. 1. ed. atual. Botucatu, SP: FEPAF, 2009. cap. 3, p. 21-30.

MANGOLIN, C. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; MACHADO, M. F. P. S. Genetic diversity in weeds. In: FERNANDEZ, R. A. **Herbicides – Environmental impact studies and management approaches**. Ed. Rijeka, Croatia: Intech, 2012. p. 223-248.

MATTSON, M. P. Hormesis defined. **Ageing Research Reviews**, v. 7, n. 1, 2007.

MAROCHIO, C. A. et al. Genetic admixture in species of *Conyza* (Asteraceae) as revealed by microsatellite makers. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 39, n.4, p. 437-445, 2017.

MARTINSON, K.B. et al. Time of day of application effect on glyphosate and glufosinate efficacy. **Crop Management**, Madison, v. 4, n.1, 2005.

MESCHEDE, D. K. et al. Respostas fisiológicas da cana-de-açúcar ao uso de glyphosate como maturador. IN: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2009. cap. 19, p. 445-460.

MESCHEDE, D.K.; ZUCARELI, C.; BARBOSA, A.P. Subdoses de glyphosate: Hormese na cultura do milho. In: MESCHEDE, D. K.; GAZZIERO, D. **A Era Glyphosate: Agricultura, Meio Ambiente e Homem**. Londrina: Midiograph, 2016. cap. 9, p. 97-120.

MILA, I.; SCALBERT, A. EXPERT, D. Iron withholding by plant polyphenols and resistance to pathogen and rots. *Phytochemistry*, New York, v. 42, n. 6, p. 1551-1555, 1996.

- MONQUERO, P. A. et al. Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.2, p.203-210, 2004a.
- MONQUERO, P. A. et al. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004b.
- MORAES, C. P. **Controle e hormesis de glyphosate em *Brachiaria decumbens***. 2016, 69 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP Campus de Botucatu, Botucatu julho de 2016.
- MOREIRA, M. S. et al. Resistência de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.25, n.1, p.157-164, 2007.
- NANDULA, V. K. et al. Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, v. 54, n. 5, p. 898-902, 2006.
- PETERSON, M. L. et al. New simplified inhibitors of EPSP synthase: the importance of ring size for recognition at the shikimate 3-phosphate site. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, New York, v. 6, n. 23, p. 2853-2858, 1996.
- POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, p. 317-347, 2010.
- REAM, J. E. et al. EPSP synthase: binding studies using isothermal titration microcalorimetry and equilibrium dialysis and their implications for ligand recognition and kinetic mechanism. **Biochemistry**, Washington, v. 31, n. 24, p. 5528-5534, 1992.
- REGEHR, D. L.; BAZZAZ, F. A. The population dynamics of *Erigeron canadensis*, a successional winter annual. **Journal of Ecology**, v. 67, n. 3, p. 923-933, 1979.
- SANTOS, G. et al. Aspectos da biologia e germinação da buva. In: CONSTANTIN, J. et al. **Buva: fundamentos e recomendações para manejo**. 1. ed. Curitiba: Omnipax, 2013. cap. 3, p. 11-25.
- SCHABENBERGER, O.; KELLS, J.J.; PENNER, D. Statistical tests for hormesis and effective dosage in herbicide dose–response. **Agronomy Journal** v. 91, n. 4, p. 713–721, 1999.
- SCHUETTE, J. Environmental fate of glyphosate. **Environmental monitoring & pest management department of pesticide regulation Sacramento, CA 95824-5624**, 1998: Disponível em: <www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/fatememo/glyphos.pdf>- acesso em 15 de abril de 2018.

- SHANER, D. L.; LINDENMEYER, R. B.; OSTLIE, M. H. What have the mechanisms of resistance to glyphosate taught us? **Pest Management Science**, v.68, n. 1, p. 3–9, 2012.
- SHRESTHA, A. et al. Growth, phenology, and intraspecific competition between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible horseweeds (*Conyza canadensis*) in the San Joaquin Valley of California. **Weed Science**, v. 58, n. 2, p. 147-153, 2010.
- SHRESTHA, A. et al. Distribution of glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) in Central California and their phenological development. **Journal of Pest Science**, v. 87, p. 201-209, 2014.
- SINGH, B. K.; SHANER, D. L. Rapid determination of glyphosate injury to plants and identification of glyphosate resistant plants. **Weed Technology**, Champaign, v. 12, n. 3, p. 527–530, 1998.
- SOARES, D. J. et al. Growth and development of *Conyza bonariensis* based on days of thermal units. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 1, p. 45-53, 2017.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS (SBCPD). **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995.
- STEBBING, A. R. D. Tolerance and hormesis – increased resistance to copper in hydroids linked to hormesis. **Marine Environmental Research**, v. 54, n. 3, p. 805-809, 2002.
- STEINMAUS, S. J.; PRATHER, T. S.; HOLT, J. S. Estimation of base temperatures for nine weed species. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 343, p. 275-286, 2000.
- STREIBIG, J. C. Models for curve-fitting herbicide dose response data. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 30, n. 1, p. 59-64, 1980.
- SU, L. Y. et al. The relationship of glyphosate treatment to sugar metabolism in sugarcane: new physiological insights. **Journal Plant Physiology**. v. 140, n. 2, p. 168–173, 1992.
- SUBIROS, J. F. Efecto de la aplicación de glyphosate como madurador em três cultivares de caña de azúcar. **Turrialba** v. 40, n. 4, p. 527–534, 1990.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002, 719 p.
- THEBAUD, C.; ABBOTT, R. J. Characterization of invasive *Conyza* species (Asteraceae) in Europe: quantitative trait and isozyme analysis. **American Journal of Botany**, v. 85, n. 2, p. 360-368, 1995.

TOMILIN, C. (Ed.). **A word compendium: the pesticide manual: - Incorporating the agrochemicals handbook.** 10 ed. Surrey, United Kingdom, Crop Protection Publications, 1994.

TRAVLOS, I. S.; CHACHALIS, D. Relative competitiveness of glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible populations of hairy fleabane, *Conyza bonariensis*. **Journal of Pest Science**, v. 86, n. 2, p. 345-351, 2013.

TREMMELE, C. D.; PETERSON, K. M. Competitive subordination of piedmont old field successional dominant by an introduced species. **American Journal of Botany**, v. 70, n. 8, p. 1125-1132, 1983.

VANGESSEL, M. J. Glyphosate resistant horseweed from Delaware. **Weed Science**, v. 49, n. 6, p. 703-705, 2001.

VARGAS, L. et al. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevem (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 153-160, 2005.

VELINI, E. D. et al. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. 1. ed. atual. Botucatu, SP: FEPAP, 2009. cap. 5, p. 113-133.

VELINI, E.D. et al. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science** v. 64, n.4, p. 489-496, 2008.

VIDAL, R. A. et al. Fatores ambientais que afetam a eficácia de glifosato: síntese do conhecimento. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 24, p. 43-52, 2014.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (WSSA). Herbicide resistance and herbicide tolerance defined. **Weed Technology**, v. 12, n. 4, p. 789, 1998.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (WSSA). **Herbicide Resistant Sumatran Fleabane Globally**. Disponível em:

<<http://www.weedscience.org/Summary/Species.aspx>>. Acessado em: 10 de abril de 2018.

WU, W. et al. Germination, persistence and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* [L.] Cronquist). **Weed Biology and Management**, v. 7, n. 1, p. 192-199, 2007.

ZANATTA, J. F. et al. Teores de água no solo e eficácia do herbicida glyphosate no controle de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.3, p.799-811, 2007.

ZINZOLKER, A.; KIGEL, J.; RUBIN, B. Effects of environmental factors on the germination and flowering of *Conyza albida*, *C. bonariensis* and *C. canadensis*. **Phytoparasitica**, v.13, n. 3/4, p. 229-230, 1985.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Prevenção de Injúrias Causadas por Glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácidos. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 195-205, 2011.