

IDEAU

AVALIAÇÃO DE BIÓTIPOS DE *Amaranthus hybridus* COM POSSÍVEL RESISTÊNCIA AO HERBICIDA GLIFOSATO, EM DIFERENTES REGIÕES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

EVALUATION OF BIOTYPES *Amaranthus hybridus* WITH POSSIBLE RESISTANCE TO THE HERBICIDE GLYPHOSATE, IN DIFFERENT REGIONS OF THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

EVALUACIÓN DE BIOTIPOS DE *Amaranthus hybridus* CON POSIBLE RESISTENCIA AL HERBICIDA GLIFOSATO, EN DIFERENTES REGIONES DEL ESTADO DE RIO GRANDE DO SUL

Edinilso Gilnei Dutra

Bacharel em Agronomia, Faculdade IDEAU, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: edinilsodutra@gmail.com

Adalin Cezar Moraes de Aguiar

Doutor em Fitotecnia, Faculdade IDEAU, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: adalin-cezar@hotmail.com

Emily Rodrigues Moraes

Graduanda em Agronomia, Faculdade IDEAU, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: emilyrodrigues85869@gmail.com

Jéssica Tarine Barreto

Graduanda em Agronomia, Faculdade IDEAU, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: jessicabarreto.pf@hotmail.com

Katia Trevizan

Doutora em Agronomia, Faculdade IDEAU, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: trevizankatia@icloud.com

Ana Paula Rockenbach

Doutora em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: anapagronomia@yahoo.com.br

RESUMO

A resistência de plantas daninhas constitui um dos principais desafios no manejo de lavouras de grãos. Nesse contexto, o levantamento e a identificação de biótipos resistentes tornam-se fundamentais para subsidiar estratégias eficazes

DOI:10.55905/ramviv12n1-005

Submitted on: 10.8.2025 | Accepted on: 10.10.2025 | Published on: 10.22.2025

de controle. O objetivo deste estudo foi realizar um levantamento em diferentes regiões do estado do Rio Grande do Sul visando identificar possíveis ocorrências de *Amaranthus hybridus* resistentes ao glifosato. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UNIDEAU, em Passo Fundo (RS). Foram coletadas sementes de *A. hybridus* em lavouras localizadas nos municípios de Cruz Alta, Coronel Bicaco, São Luiz Gonzaga e Sertão. O ensaio foi instalado em esquema fatorial 4×8 , sendo o primeiro fator os locais de coleta das sementes e o segundo as doses do herbicida glifosato (0, 120, 240, 480, 960, 1920, 3840 e 7680 g i.a. ha⁻¹). As avaliações foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), considerando o percentual de intoxicação e a redução de matéria seca das plantas, permitindo o ajuste de curvas de resposta para estimar a dose capaz de reduzir em 50% a biomassa vegetal. Os resultados indicaram sensibilidade ao glifosato nos biótipos provenientes de Cruz Alta, São Luiz Gonzaga e Sertão, embora com variações nas doses efetivas. O biótipo oriundo de Coronel Bicaco apresentou resistência ao herbicida, exigindo elevadas doses para promover uma redução de 50% na massa seca.

Palavras-chave: Tolerância. Caruru. Glifosato. EPSPS.

ABSTRACT

Weed resistance is one of the main challenges in the management of grain crops. In this context, the survey and identification of resistant biotypes are essential to support effective control strategies. The objective of this study was to carry out a survey in different regions of the state of Rio Grande do Sul to identify possible occurrences of *Amaranthus hybridus* resistant to glyphosate. The experiment was conducted in a greenhouse at UNIDEAU, in Passo Fundo (RS). Seeds of *A. hybridus* were collected from crop fields located in the municipalities of Cruz Alta, Coronel Bicaco, São Luiz Gonzaga, and Sertão. The trial was arranged in a 4×8 factorial design, with the first factor corresponding to the seed collection sites and the second to the glyphosate herbicide doses (0, 120, 240, 480, 960, 1920, 3840, and 7680 g a.i. ha⁻¹). Evaluations were performed at 7, 14, 21, and 28 days after application (DAA), assessing the percentage of plant injury and dry matter reduction, allowing the adjustment of dose–response curves to estimate the rate required to reduce plant biomass by 50%. The results indicated glyphosate sensitivity in biotypes from Cruz Alta, São Luiz Gonzaga, and Sertão, although with variations in effective doses. The biotype from Coronel Bicaco showed resistance to the herbicide, requiring higher doses to achieve a 50% reduction in dry mass.

Keywords: Tolerance. Pigweed. Glyphosate. EPSPS.

RESUMEN

a resistencia de las malezas constituye uno de los principales desafíos en el manejo de los cultivos de granos. En este contexto, el relevamiento e identificación de biotipos resistentes son fundamentales para respaldar estrategias de control eficaces. El objetivo de este estudio fue realizar un relevamiento en diferentes regiones del estado de Rio Grande do Sul con el fin de identificar posibles ocurrencias de *Amaranthus hybridus* resistentes al

glifosato. El experimento se llevó a cabo en un invernadero de la UNIDEAU, en Passo Fundo (RS). Se recolectaron semillas de *A. hybridus* en campos agrícolas ubicados en los municipios de Cruz Alta, Coronel Bicaco, São Luiz Gonzaga y Sertão. El ensayo se instaló en un diseño factorial 4×8 , donde el primer factor correspondió a los sitios de recolección de semillas y el segundo a las dosis del herbicida glifosato (0, 120, 240, 480, 960, 1920, 3840 y 7680 g i.a. ha⁻¹). Las evaluaciones se realizaron a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación (DDA), considerando el porcentaje de fitotoxicidad y la reducción de materia seca de las plantas, lo que permitió ajustar curvas de respuesta para estimar la dosis capaz de reducir en un 50% la biomasa vegetal. Los resultados indicaron sensibilidad al glifosato en los biotipos provenientes de Cruz Alta, São Luiz Gonzaga y Sertão, aunque con variaciones en las dosis efectivas. El biotipo de Coronel Bicaco mostró resistencia al herbicida, requiriendo dosis elevadas para lograr una reducción del 50% en la masa seca.

Palabras clave: Tolerancia. Bledo. Glifosato. EPSPS

1 INTRODUÇÃO

A agricultura surgiu no mundo há cerca de 12.000 anos, na era neolítica, no momento em que o homem deixou de ser nômade e passou a produzir seu próprio alimento. Com o surgimento da agricultura, comunidades foram criadas, e o aperfeiçoamento do cultivo do solo possibilitou uma sobra de produtos, proporcionando negociações comerciais, iniciando assim a atividade econômica.

Dentre as principais atividades agrícolas, se destaca a produção de grãos, atividade que gera milhões de empregos direta e indiretamente, movimentando a economia e gerando alimento para a população. O Brasil ocupa um lugar de importância na produção e comercialização de grãos sendo o quarto maior produtor mundial. Diversos fatores contribuíram para que o país chegasse nessa posição. Dentre eles pode-se destacar a prática do plantio direto, a mecanização agrícola e melhoramento genético de cultivares.

Com o melhoramento genético foi possível desenvolver plantas adaptadas às diversas regiões do país, aumentando a produtividade, resistência a doenças e facilitando o controle de plantas daninhas pós emergentes. Dentre os principais eventos relacionados ao melhoramento genético, se destaca o desenvolvimento da soja e milho resistentes ao herbicida glifosato (RR),

consolidando o sistema de plantio direto, possibilitando um amplo controle de plantas daninhas em pós emergência das culturas com tecnologia RR. Porém, o uso excessivo do mesmo princípio ativo e do mecanismo de ação durante o ciclo da cultura acarretou em seleções de plantas daninhas resistentes ao herbicida.

O objetivo do estudo foi realizar um levantamento de algumas regiões distintas do estado do Rio Grande do Sul com possíveis incidências de Caruru resistente ao herbicida glifosato, identificando pontos onde espécies de *Amaranthus* adquiriram resistência. O levantamento é de total importância para um manejo e controle adequado, evitar que plantas que possuem resistência se cruzem ou continuem o ciclo reprodutivo de sementes alimentando o banco de sementes do nosso solo e gerando altos custos para seu controle e prejuízos na produção de grãos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PLANTAS DANINHAS E SUA CAPACIDADE DE INTERFERÊNCIA

De uma maneira geral, qualquer cultura ou planta pode ser considerada daninha se a mesma estiver interferindo de maneira negativa nas atividades humanas (Carvalho, 2013). Devido à sua natureza competitiva, as plantas invasoras se mostram um grande problema para a agricultura. As mesmas, na maioria dos casos, produzem uma grande quantidade de sementes que podem ser levadas por correntes de ar por vários quilômetros, disseminando o problema para outras lavouras. Além do mais, essas sementes podem ficar dormentes e viáveis no solo por muitos anos, podendo assim ocorrer a germinação por vários anos e em épocas distintas (Embrapa, 2021).

Os problemas gerados por plantas infestantes em uma lavoura de cultura podem ser variados. De forma direta, a interferência da planta daninha que se caracteriza pela competição da planta invasora por espaço, nutrientes essenciais, água e luz (Chaves, 2003; Vargas, 2006). Algumas espécies de daninhas podem produzir substâncias alelopáticas, causando prejuízos no desenvolvimento e estabelecimento de uma lavoura agrícola (Vargas, 2006).

Quando não manejadas corretamente, essas plantas podem ainda causar prejuízos no período de entressafra, pois algumas espécies são hospedeiras de pragas e patógenos (Chaves, 2003).

2.2 GÊNERO *Amaranthus hybridus*

Popularmente conhecido como caruru roxo ou gigante, essa espécie é caracterizada pelo seu grande poder de ramificação, desenvolvendo-se eretamente e podendo chegar a 1 metro de altura. Possui coloração verde ou avermelhada e um caule com espessura média de 3 centímetros, conferindo a essa planta resistência ao seu desenvolvimento. Sua proliferação se dá apenas via semente, tendo uma inflorescência que formam espigas cilíndricas e densas encontradas no final do caule e nas axilas foliares. Quando atingem o ponto de maturação fisiológica, os frutos se abrem exibindo a semente que apresenta uma superfície brilhante e lisa. Uma planta adulta de caruru gigante pode produzir mais de 200.000 sementes tendo sua dispersão facilitada por animais, máquinas agrícolas e sementes não certificadas (Grazziero, 2006).

A espécie *Amaranthus hybridus* apresenta duas variedades predominantes, o *Amaranthus hybridus var. Paniculatus* e *Amaranthus hybridus var. patulus*. Como características o *Paniculatus* possui caule pouco ramificado com uma estatura média entre 0,5 a 1,0 metro de altura, tanto o caule quanto os pecíolos juntamente com sua inflorescência apresentam coloração roxa. A espécie *Amaranthus hybridus var. patulus*, possui basicamente as mesmas características da variedade *Paniculatus*, porém nessa variedade o caule pode não apresentar coloração arroxeadada e sua inflorescência é verde (Lorenzi, 2014).

2.3 HERBICIDA GLIFOSATO

O glifosato, herbicida mundialmente conhecido, é um inibidor da atividade da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase. Como modo de atuação age dificultando a síntese da clorofila, diminui a síntese de proteínas e eleva o

acúmulo do ácido indolacético, dificultando a sobrevivência das plantas. Por ser um produto químico, a eficiência no controle pode ser influenciada por diversos fatores relacionados ao momento da aplicação, como velocidade do vento, qualidade da água, umidade relativa do ar e temperatura. Alguns estudos apontam que o pH da calda também é fator importante para maior aproveitamento do produto, além da tecnologia de aplicação utilizada (Grazziero *et al.*, 2016).

2.4 GÊNERO *Amaranthus hybridus* RESISTENTE AO GLIFOSATO

Uma planta é considerada resistente quando a mesma não é controlada pelo produto na dose sugerida por bula, que geralmente seria fatal para outras espécies ou biótipos. Essa resistência está ligada a dificuldade de as moléculas do herbicida atuar no sítio específico no metabolismo da planta. Sendo assim, a molécula poderá chegar no sítio específico da planta em doses normais ou superiores as recomendadas por bula do produto e mesma assim não causar a morte ou muitas vezes nem mesmo causar sintoma algum na planta alvo (Presoto, 2018).

Se tratando de *Amaranthus hybridus*, informações dão conta que na Argentina, país vizinho ao Rio Grande do Sul, desde 2013 há relatos de resistência dessa espécie a glifosato. Inclusive alguns casos atuais apontados, mostram algumas populações de *A. hybridus* com resistência múltiplas aos herbicidas Chlorimuron-ethyl (ALS), Glifosato (EPSPS) e 2,4-D e Dicamba (auxinas sintéticas) (Olivi, 2019). O estado do Rio Grande do Sul foi o primeiro estado brasileiro a relatar resistência da espécie *A. hybridus*, ao herbicida Glifosato no ano de 2018. Acredita-se que a espécie de caruru resistente tenha entrado no estado gaúcho pela Argentina, ou pelo Uruguai (Syngenta, 2020).

3 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na casa de vegetação do Instituto de Desenvolvimento Educacional localizado em Passo Fundo, tendo como

coordenadas geográficas $-28^{\circ}14'22''\text{S}$ $-52^{\circ}22'31''\text{W}$. O experimento foi elaborado utilizando plantas de *Amaranthus hybridus*, cujas inflorescências foram coletadas nos municípios gaúchos de Cruz Alta, latitude $-28^{\circ} 34' 32''$ e longitude $-53^{\circ} 42' 15''$; Coronel Bicaco, latitude $-27^{\circ} 45' 41''$ e longitude $-53^{\circ} 39' 25''$; São Luiz Gonzaga, latitude $-28^{\circ} 25' 38''$ e longitude $-54^{\circ} 34' 37''$; e Sertão, latitude $-28^{\circ} 02' 35''$ e longitude $-52^{\circ} 22' 32''$. As sementes foram coletadas dentro de lavouras que possuíam a cultura da soja como cultura comercial agrícola, e em locais com possíveis casos de resistência ao herbicida Glifosato. A Figura 01 apresenta o mapa do estado do Rio Grande Do Sul com destaque para as cidades onde foram realizadas as coletas.

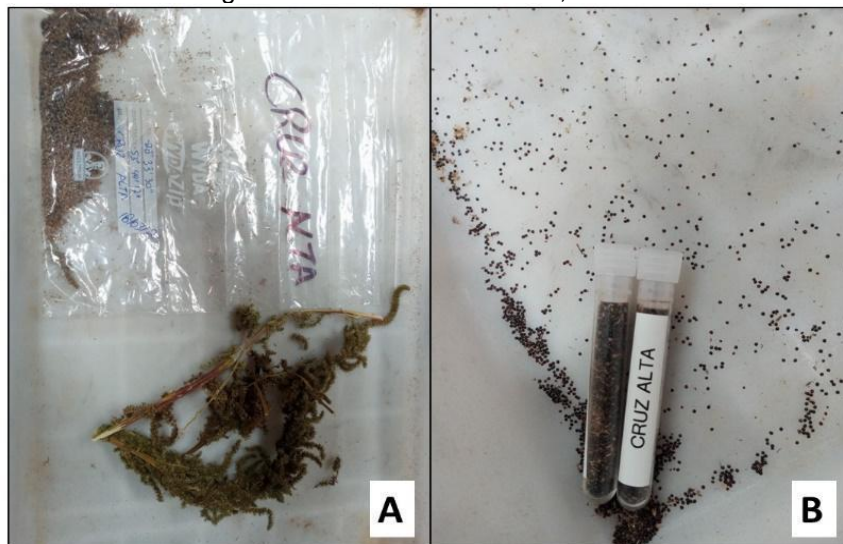
Figura 1: Mapa do estado Rio Grande do Sul com pontos vermelhos em destaque para locais onde foram realizadas as coletas no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.



Fonte: Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

Após a coleta, as inflorescências foram acondicionadas em envelopes identificados, e posteriormente levadas ao secador de grãos onde ficaram por 24hs a uma temperatura de 42°C . Após a secagem, as sementes foram extraídas das inflorescências e peneiradas, obtendo assim as amostras a serem utilizadas para elaboração do ensaio como mostra a Figura 02.

Figura 2: Obtenção de amostra para realização do experimento. A) Inflorescências de *Amaranthus hybridus*. B) Sementes de *Amaranthus hybridus* classificadas e identificadas, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

A semeadura ocorreu no dia 15 de agosto de 2022. Foram utilizados recipientes com 500ml de volume, que foram preenchidos com 70% de substrato e 30% de solo. Cada recipiente recebeu aproximadamente 10 sementes, depositadas a uma profundidade de cerca de 1cm. A adubação de base foi realizada junto com a semeadura, utilizando o fertilizante NPK 10-30-20 na dose de 200kg/ha⁻¹. A irrigação foi realizada pelo sistema de aspersão da casa de vegetação.

O início da germinação ocorreu 8 dias após a semeadura. Foram realizados dois manejos de raleio, sendo o primeiro aos 12 dias após o início da germinação, deixando duas plantas por recipiente, e o segundo 20 dias após germinação deixando apenas 1 plantas por recipiente. Após o segundo raleio, foi realizada uma adubação nitrogenada utilizando ureia na formulação 45-00-00 na dose de 150kg/ha⁻¹.

O ensaio foi conduzido em um esquema fatorial 4x8, sendo o primeiro fator os locais de coleta de sementes e o segundo fator as dosagens de aplicação do herbicida Glifosato. Dessa forma, constituiu 4 Tratamentos sendo considerado cada local de coleta como um tratamento. Em cada tratamento foi

avaliado a curva de resposta de diferentes doses do herbicida glifosato, aplicados via foliar no período recomendado por bula.

As doses definidas para avaliação foram 0 dose de bula, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4 e 8 vezes a dose de bula. Para cada dose avaliada dentro de cada tratamento foram executadas 5 repetições. Para o ensaio foi utilizado delineamento inteiramente casualizado. A aplicação do experimento ocorreu no dia 22 de setembro de 2022, no período da tarde. A temperatura no momento da aplicação era de 22 °C, a umidade relativa do ar estava em 61%, a velocidade do vento em 3,4 km/h, e a nebulosidade do céu estava baixa. Após a aplicação as plantas permaneceram fora da estufa por um período de 6 horas para total absorção do produto.

As avaliações sobre eficiência de controle foram realizadas 7, 14 e 21 dias após a aplicação, onde foi dado notas que variaram de 0% a 100% sobre a intoxicação das plantas, onde 0% correspondia a uma planta sem sinais de intoxicação ou controle efetivo do herbicida e 100% correspondia a uma planta totalmente controlada com a aplicação do herbicida. Aos 28 DAA, realizou-se a coleta de material para análise matéria seca, onde as plantas coletadas foram secadas na estufa por 72 horas a uma temperatura de 70 °C, e após, foram pesadas. Após isso, foi elaborada uma curva de resposta relacionado a eficiência de controle do Herbicida Glifosato em relação ao *Amaranthus hybridus*.

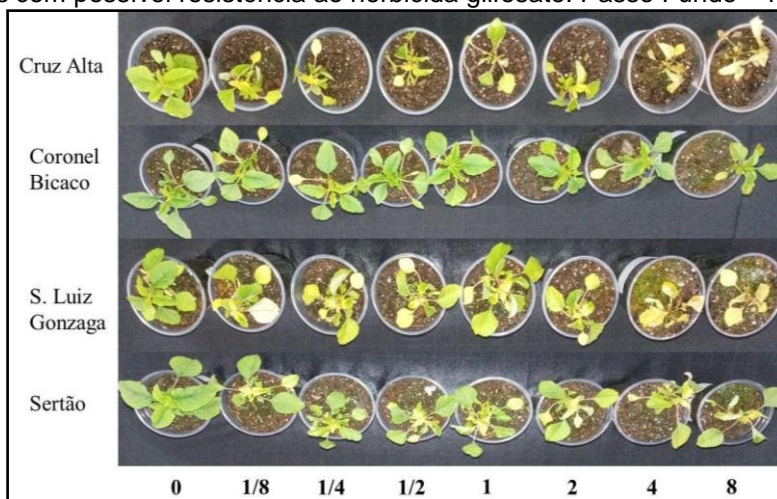
Para interpretação dos resultados as variáveis de intoxicação e matéria seca foram submetidas a análise estatística utilizando o modelo log-logístico não linear proposto por Seefeldt *et al.* (1995), em que D e C correspondem aos níveis máximos e mínimos relacionados a curva de resposta, b corresponde a declividade da curva em torno da C50, a C50 refere-se a dose-resposta correspondente a intoxicação de 50% das plantas e redução de 50% da matéria seca:

$$Y = C \frac{(D-C)}{1 + \left(\frac{x}{C50}\right)^{-b}} \quad (1)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aos 7 DAA, foi realizada a primeira avaliação, sendo essa apenas visual devido aos baixos sintomas apresentados pelas plantas. Foi possível analisar que os biótipos coletados nos municípios de Cruz Alta e São Luiz Gonzaga, possuíam pequenos sinais de intoxicação a partir da dose de 120 gramas de ingrediente ativo por hectare (g.i.a/ha^{-1}), que aumentavam gradativamente conforme o acréscimo da dose de ingrediente ativo aplicado, sendo possível perceber uma maior taxa de intoxicação a partir da dose de $3840 \text{ g.i.a/ha}^{-1}$ conforme mostra a Figura 03.

Figura 3: Avaliação da porcentagem de intoxicação das diferentes doses de herbicida nos quatro biótipos avaliados aos 7 DAA, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

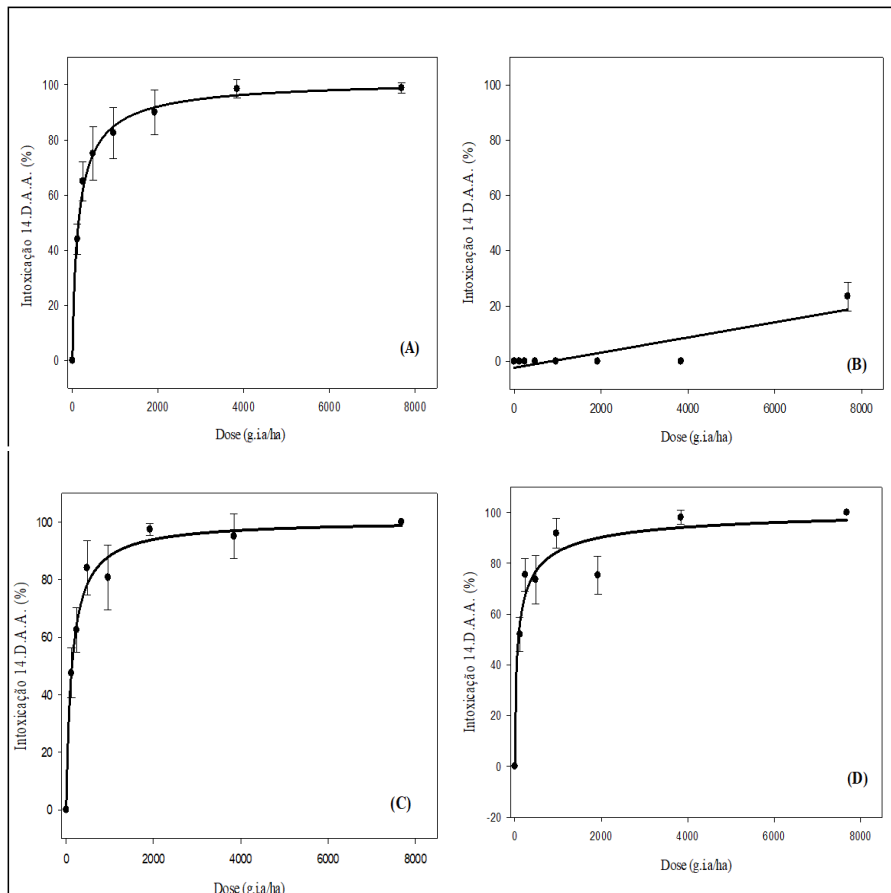
O biótipo do município de Sertão apresentou leve sinais de intoxicação, similares em todas as doses avaliadas a partir da dose de $120 \text{ g.i.a/ha}^{-1}$. Em contrapartida, o biótipo do município de Coronel Bicaco não mostrou sintoma algum de intoxicação ao herbicida Glifosato nem mesmo na dose de $7680 \text{ g.i.a/ha}^{-1}$ em nenhuma de suas repetições analisadas conforme mostra a Figura 03.

A partir da segunda avaliação realizada as 14 DAA, onde os sintomas sobre algumas plantas se intensificaram e outras demonstravam tolerância, foram tabuladas notas de porcentagens, gerando assim uma curva de resposta

C50 de cada biótipo baseado na dose que foi aplicada. Através desse parâmetro, é possível saber a dose necessária de herbicida que permite um controle de 50% da população.

A Figura 04 e Tabela 01 apresenta as curvas de resposta C50 obtidas na avaliação de 14 DAA. Na avaliação da curva de resposta aos 14 DAA, pode-se constatar que o biótipo do município de Cruz Alta necessitou de 148,73 g.i.a/ha⁻¹, para obter um controle de 50 % das plantas avaliadas, o biótipo do município de São Luiz Gonzaga para obter o mesmo percentual de controle precisou de 134,07 g.i.a/ha⁻¹. O biótipo mais sensível se mostrou sendo o do município de Sertão, onde o mesmo atingiu o controle de 50% das plantas necessitando de uma dose de 85,40 g.i.a/ha⁻¹. O biótipo do município de Coronel Bicaco se mostrou resistente às aplicações de glifosato em todas as doses avaliadas, demonstrando uma leve intoxicação na dose extrema, mas que não foi suficiente para acarretar controle, dessa forma possivelmente seu controle necessitaria de doses acima de 7680 g.i.a/ha⁻¹.

Figura 4: Resposta a aplicação de diferentes doses do herbicida Glifosato aos 14 dias após a aplicação. A) Biótipo de Cruz Alta, B) Biótipo de Coronel Bicaco, C) Biótipo de S. Luiz Gonzaga, D) Biótipo de Sertão, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

Tabela 1: Equação gerada para obter C50 de controle nos biótipos avaliados aos 14 dias após a aplicação, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.

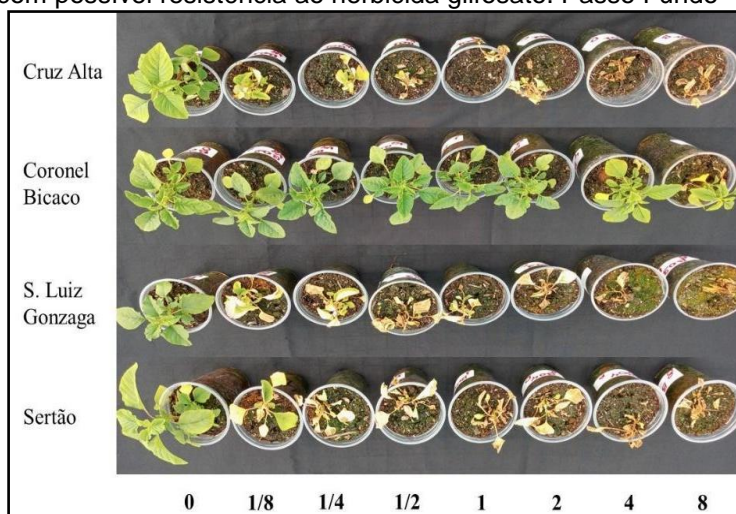
Biótipo	Equação	R ²	C ₅₀
Cruz Alta	$Y = -0,16 \frac{(102,19+0,16)}{1+\left(\frac{x}{148,73}\right)^{-0,85}}$	0,99	148,73
Coronel Bicaco	$Y = -2,27 + 0,0027x$	0,76	>7680
São Luiz Gonzaga	$Y = -0,05 \frac{(100,60+0,05)}{1+\left(\frac{x}{134,07}\right)^{-0,98}}$	0,99	134,07
Sertão	$Y = -0,16 \frac{(102,67+0,16)}{1+\left(\frac{x}{85,40}\right)^{-0,63}}$	0,95	85,40

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

Constatou-se que os biótipos de Cruz Alta, São Luiz Gonzaga e Sertão obtiveram um acréscimo nos sintomas de intoxicação gerados pelo herbicida Glifosato a partir da dose de 120 g.i.a/ha⁻¹. A dose de 960 g.i.a/ha⁻¹ e doses

acima geraram um controle satisfatório das plantas destes três locais acima. O biótipo de Coronel Bicaco expressou baixa resposta à aplicação do herbicida, tendo apenas um leve amarelecimento das plantas submetidas às doses de 3840 e 7680 g.i.a/ha⁻¹. As demais doses não provocaram as plantas sintoma algum de intoxicação, como pode-se perceber na Figura 05.

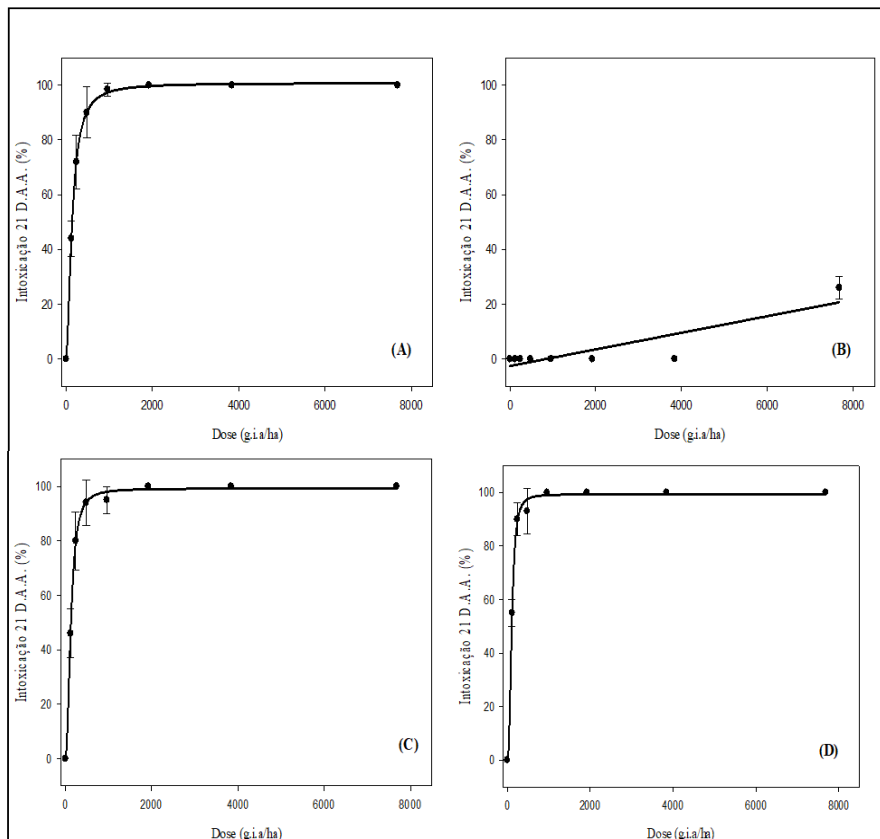
Figura 5: Avaliação da porcentagem de intoxicação das diferentes doses de herbicida nos quatro biótipos avaliados aos 14 DAA, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

Quando analisado a curva de resposta obtida aos 21 DAA, é possível perceber que o biótipo de Cruz Alta necessitou de 139,80 g.i.a/ha⁻¹, dessa forma ocorreu uma pequena redução de cerca de 6% na dose de ingrediente ativo necessário para que ocorresse um controle de 50% comparado com a avaliação aos 14 DAA. O biótipo de São Luiz Gonzaga obteve um comportamento similar, gerando um controle de 50% com a dose de 127,56 g.i.a/ha⁻¹, reduzindo em 6,5% a dose de ingrediente ativo quando confrontado com a avaliação aos 14 DAA. O biótipo de Sertão, ao contrário dos dois primeiros biótipos avaliados, necessitou de 110,20 g.i.a/ha⁻¹, um acréscimo de 29% comparado com a avaliação realizada aos 14 DAA. O biótipo do município de Coronel Bicaco se mostrou estável em relação à primeira avaliação, demonstrando uma leve intoxicação na dose extrema, porém não suficiente para acarretar controle. (Figura 06).

Figura 6: Resposta a aplicação de diferentes doses do herbicida Glifosato aos 21 dias após a aplicação. A) Biótipo de Cruz Alta, B) Biótipo de Coronel Bicaco, C) Biótipo de S. Luiz Gonzaga, D) Biótipo de Sertão, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

Nessas condições, a variação na dose diminuiu 53,2% entre os biótipos de Cruz Alta e Sertão, comparados com a avaliação aos 14 DAA. A Tabela 02 apresenta a equação realizada com base nos dados obtidos para gerar a dose correspondente a 50% de controle (C50) aos 21 DAA.

Tabela 2: Equação gerada para obter 50% de controle nos biótipos avaliados aos 21 dias após a aplicação, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.

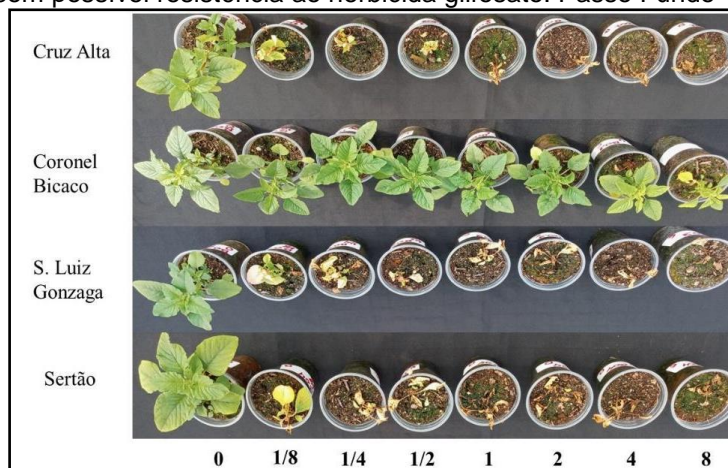
Biótipo	Equação	R ²	C ₅₀
Cruz Alta	$Y = -0,05 \frac{(100,73+0,05)}{1 + \left(\frac{x}{139,80}\right)^{-1,74}}$	0,99	139,80
Coronel Bicaco	$Y = -2,51 + 0,003x$	0,77	>7680
São Luiz Gonzaga	$Y = -0,05 \frac{(99,21+0,05)}{1 + \left(\frac{x}{127,56}\right)^{-1,09}}$	0,99	127,56
Sertão	$Y = -0,04 \frac{(99,29+0,04)}{1 + \left(\frac{x}{110,20}\right)^{-2,69}}$	0,99	110,20

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

Na avaliação visual aos 21 DAA observou-se que nos biótipos dos municípios de São Luiz Gonzaga e Sertão ocorreu o controle total das plantas a partir da dose de 480 g.i.a/ha⁻¹. O biótipo de Cruz Alta obteve esse controle a partir da dose recomendada por bula de 960 g.i.a/ha⁻¹. Da mesma forma, foi possível perceber que nestes três biótipos a dose de 120 g.i.a/ha⁻¹, não ocasionou a morte das plantas, porém a mesma não se desenvolveu permanecendo do mesmo estágio vegetativo do momento da aplicação. Da mesma forma, a dose de 240 g.i.a/ha⁻¹, quando analisada nos três biótipos já mencionados, não proporcionou o controle total das plantas, porém acarretou em uma forte injúria com algumas plantas apresentando folhas necrosadas pela ação do herbicida.

O biótipo de Coronel Bicaco, como nas demais avaliações visuais, não demonstrou sintomas de intoxicações nas doses de 120, 240, 480, 960 e 1920 g.i.a/ha⁻¹. Nesta avaliação foi possível perceber que as plantas da dose de 3840 g.i.a/ha⁻¹, que haviam apresentando um leve sintoma de amarelecimento na avaliação dos 14 DAA se recuperaram vindo a se desenvolver normalmente como as demais plantas deste biótipo, apenas a dose de 7680 g.i.a/ha⁻¹, permaneceu com sintomas de uma leve injúria provocada pela alta dosagem de ingrediente ativo que foi submetida, porém não sendo o suficiente para ocasionar a morte das plantas, como apresenta a Figura 07.

Figura 7: Avaliação da porcentagem de intoxicação das diferentes doses de herbicida nos quatro biótipos avaliados aos 21 DAA, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

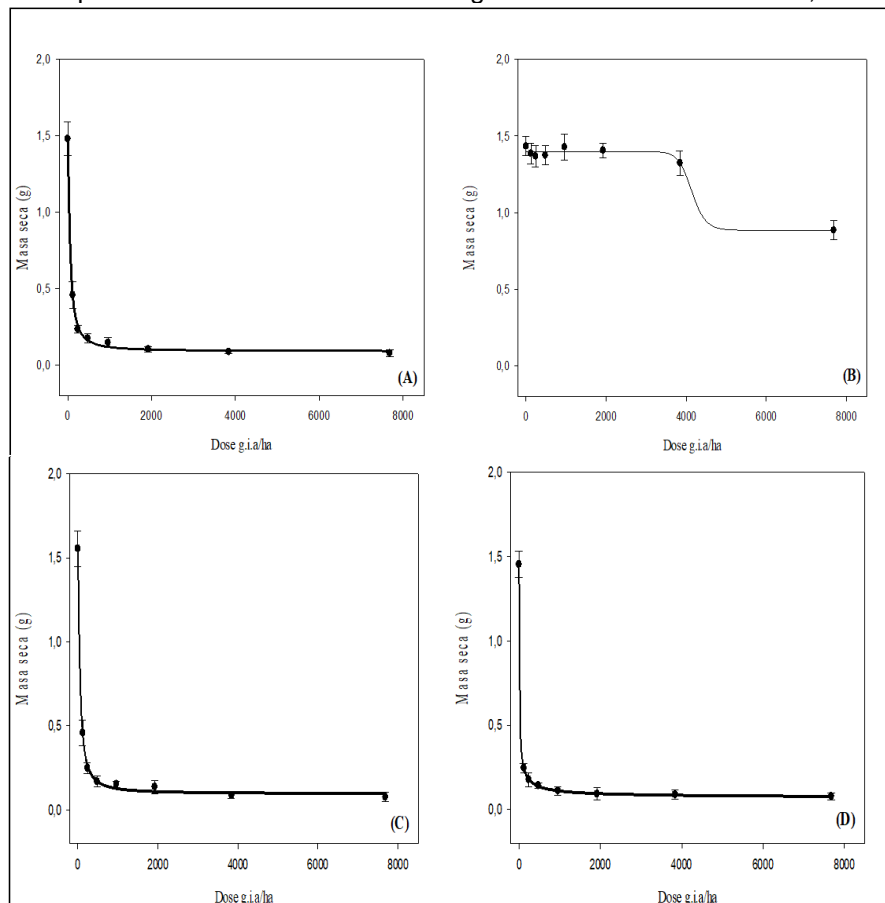
Os sintomas de intoxicação nas plantas de *Amaranthus hybridus* foram se intensificando no decorrer do tempo para os biótipos de Cruz Alta, São Luiz Gonzaga e Sertão. O aumento da taxa de intoxicação conforme o passar dos dias se deve ao fato de que, quando glifosato entra em contato com as plantas, primeiramente haverá uma absorção rápida do produto, posteriormente essa absorção se torna mais lenta, são etapas distintas influenciadas por fatores como espécie ou biótipo avaliado, condições climáticas, dose aplicada entre outros (Yamada *et al*, 2007).

A baixa incidência de sintomas nas plantas de *Amaranthus hybridus* na primeira avaliação aos 7 dias após a aplicação, pode estar relacionado ao fato de não haver uma estabilidade na temperatura, tendo na grande maioria dias em que a temperatura média diária não ultrapassava os 15 °C. Sob condições de temperaturas mais elevadas, ocorre uma maior atividade enzimática e metabólica, possibilitando uma maior absorção e translocação do produto. Temperaturas abaixo de 20 °C diminuem essas atividades sendo mais lenta a absorção e translocação (Vidal *et al*, 2014).

O biótipo de *Amaranthus hybridus* do município de Coronel Bicaco apresentou baixos sintomas de intoxicação, sendo que aos 21 DAA, apenas a dose máxima de glifosato havia causado um leve amarelecimento foliar seguido de um pequeno atraso no desenvolvimento vegetativo. Comportamento similar foi observado por Lamego *et. al.* (2021), que realizou um experimento em lavouras com incidência de *Amaranthus hybridus* com suspeitas de resistência a glifosato. Diferentes doses de glifosato foram utilizadas, onde, ao final do experimento, foi possível constatar a existência de plantas resistentes mesmo submetidas a aplicação do herbicida na concentração de 11.520 g.i.a/ha⁻¹.

Ao final do experimento, transcorridos 28 dias após a aplicação, realizou-se a avaliação de massa seca, obtendo dessa maneira uma curva de resposta que irá determinar o nível de interferência do herbicida no desenvolvimento das plantas a Figura 08 apresenta os resultados obtidos na avaliação.

Figura 8: Avaliação de Massa seca nas diferentes doses do herbicida Glifosato aos 28 dias após a aplicação. A) Biótipo de Cruz Alta, B) Biótipo de Coronel Bicaco, C) Biótipo de S. Luiz Gonzaga, D) Biótipo de Sertão, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

De acordo com as curvas de resposta obtidas aos 28 DAA, observa-se uma certa paridade entre os biótipos dos municípios de Cruz Alta e São Luiz Gonzaga, onde o primeiro obteve uma redução de 50% da massa seca com a dose de $54,97 \text{ g.i.a/ha}^{-1}$, já o segundo necessitou de $50,01 \text{ g.i.a/ha}^{-1}$ para que ocorresse redução de 50%. O biótipo do município de Sertão, por sua vez, precisou apenas de $8,97 \text{ g.i.a/ha}^{-1}$, para gerar um controle de 50% nas plantas avaliadas. O biótipo de Coronel Bicaco, como pode-se perceber, apresentou estabilidade na curva, vindo a sofrer interferência apenas sob influência da dose mais alta aplicada sobre o mesmo, a redução 50% da matéria seca nas plantas, apenas foi possível na dose de $4132,84 \text{ g.i.a/ha}^{-1}$. As respostas obtidas na avaliação de massa seca validam os resultados alcançados nas curvas de intoxicação dos 14 e 21 DAA, tanto no que tange aos biótipos sensíveis, quanto

nos biótipos mais resistentes. A Tabela 03 apresenta a equação realizada com base nos dados obtidos para gerar a dose correspondente a redução de 50% de matéria seca (C50) aos 28 DAA.

Tabela 3: Equação gerada para obter 50% de redução de massa seca nos biótipos avaliados aos 28 dias após a aplicação, no ensaio de Avaliação de biótipos de *amaranthus hybridus* com possível resistência ao herbicida glifosato. Passo Fundo – RS, 2022.

Biótipo	Equação	R ²	C ₅₀
Cruz Alta	$Y = -0,09 \frac{(1,48+0,09)}{1+(\frac{x}{54,98})^{-1,34}}$	0,99	54,98
Coronel Bicaco	$Y = 1,54 - 9,85x$	0,81	>7680
São Luiz Gonzaga	$Y = -0,09 \frac{(1,55+0,09)}{1+(\frac{x}{50,07})^{-1,29}}$	0,99	50,07
Sertão	$Y = -0,07 \frac{(1,45+0,07)}{1+(\frac{x}{8,97})^{-0,74}}$	0,99	8,97

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

Confrontando os dados expostos, entende-se que os resultados da avaliação de massa seca são proporcionais aos resultados obtidos quando analisado o percentual de intoxicação das plantas em resposta às doses em que foram submetidas. Parâmetros semelhantes foram percebidos por Silva *et al* (2017), onde observou-se níveis variados de intoxicação de biótipos distintos de *Conyza spp.* remetidos a diferentes doses de glifosato. Quando submetidos a avaliação de massa seca, pode-se perceber semelhança em relação aos dados de intoxicação, sendo que as plantas com maiores sintomas de intoxicação apresentaram considerável redução da biomassa.

Os resultados encontrados por Conte (2022) na avaliação de massa seca de *Euphorbia heterophylla*, submetida a diferentes doses do herbicida glifosato, apresentam a comprovação dos dados obtidos nas avaliações de intoxicação, onde plantas suscetíveis ao herbicida que foram controladas ou possuíram altas taxas de intoxicação, tiveram reduções consideráveis na massa seca quando confrontadas com o tratamento onde não ocorreu aplicação.

5 CONCLUSÃO

Os biótipos de Cruz Alta, São Luiz Gonzaga e Sertão mostraram suscetibilidade às aplicações a partir da dose de bula, da mesma forma esses

três biótipos também apresentaram sintomas significativos em doses abaixo da dose recomendada. O biótipo do município de Coronel Bicaco se mostrou resistente às aplicações realizadas, não vindo a sofrer danos agressivos ou até mesmo a morte como os demais biótipos apresentaram, apenas a dose extrema de 7680 g.i.a/ha⁻¹, causou uma leve intoxicação, porém não foi letal as plantas avaliadas. Casos como esse devem ser monitorados e controlados, para evitar sua disseminação de sementes, seja ela na mesma área ou em áreas vizinhas.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, S. J. P. 3. **Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus***. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 4, p. 647–655, 2007. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/brag/a/zGfy4DJ4wdg9MgdKDCqwqxy/?lang=pt>>. Acesso em 07 de setembro de 2022.

CARVALHO, T. C. *et al.* **Anatomia foliar, morfologia e aspectos ecológicos das espécies da família Amaranthaceae da Reserva Particular do Patrimônio Natural Cara, em Alto Paraíso, GO, Brasil**. *Biota Neotropica*, [s.l.], [s.d.]. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/bn/a/sgRNvbq8HSNZntxyGxKfDmD/?lang=pt>>. Acesso em 07 de setembro de 2022.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. **Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 367–379, 2003. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/pd/a/gwwV6Mp4W6nVzmRkvCFvLdh/?lang=pt>>. Acesso em 02 de setembro de 2022

CONTE, J. **Investigação da suspeita de resistência de *Euphorbia heterophylla* aos herbicidas glyphosate e fomesafen**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em:
<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/232842/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 out. 2022.

EMBRAPA. **Plantas daninhas**. [S.l.], [s.d.]. Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/tema-plantas-daninhas/sobre-o-tema>>. Acesso em: 13 maio 2022.

GRAZZIEIRO, E. *et al.* **A era glyphosate**. [S.l.], 2016. Disponível em:
<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1048102/1/ID436782016cap1LVglyphosate.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2022.

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

LAMEGO, F. *et al.* **Caruru resistente: a resistência múltipla de *Amaranthus hybridus* a glifosato e possivelmente aos inibidores da enzima ALS está disseminada na região da Campanha do Rio Grande do Sul e em municípios ao redor: problema requer prevenção e manejo**. [S.l.], 2022. Disponível em:
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134394/1/Caruru-resistente.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2022.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014.

OLIVI, L. **Surgem novos casos de *Amaranthus (caruru)* resistentes ao glifosato em Ponta Grossa (PR)**. *Notícias Agrícolas*, 2019. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/agronegocio/248143-surgem-novos-casos-de-amaranthus-caruru-resistentes-ao-glifosato-em-ponta-grossa-pr.html>>. Acesso em: 14 maio 2022.

PRESOTO, A. P. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4478277/mod_resource/content/1/Revis%C3%A3o%20Resist%C3%A2ncia%20de%20Plantas%20Daninhas.pdf>. Acesso em: 2 set. 2022.

SILVA, W. T. *et al.* **Avaliação de dose resposta em biótipos de buva resistentes ao glifosato**. *Embrapa Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163072/1/Avaliacao-dose.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2022.

SYNGENTA. **Caruru-roxo resistente a glifosato na região Sul causa alerta no campo**. *Canal Rural*, 2020. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/conteudo-patrocinado/syngenta-soja-caruru-roxo-resistente-a-glifosato-na-regiao-sul/>>. Acesso em: 13 maio 2022.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. *Embrapa Trigo*, Passo Fundo, 2006. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do58.pdf>. Acesso em: 4 set. 2022.

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. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/download/39028/23775>>. Acesso em: 14 out. 2022.

YAMADA, T. *et al.* **Efeito do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agrônômicas**. [S.l.]: IPNI, [s.d.]. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/737CD8A86525A2EC83257AA1005FE1B9/\\$FILE/Encarte-119.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/737CD8A86525A2EC83257AA1005FE1B9/$FILE/Encarte-119.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2022.