

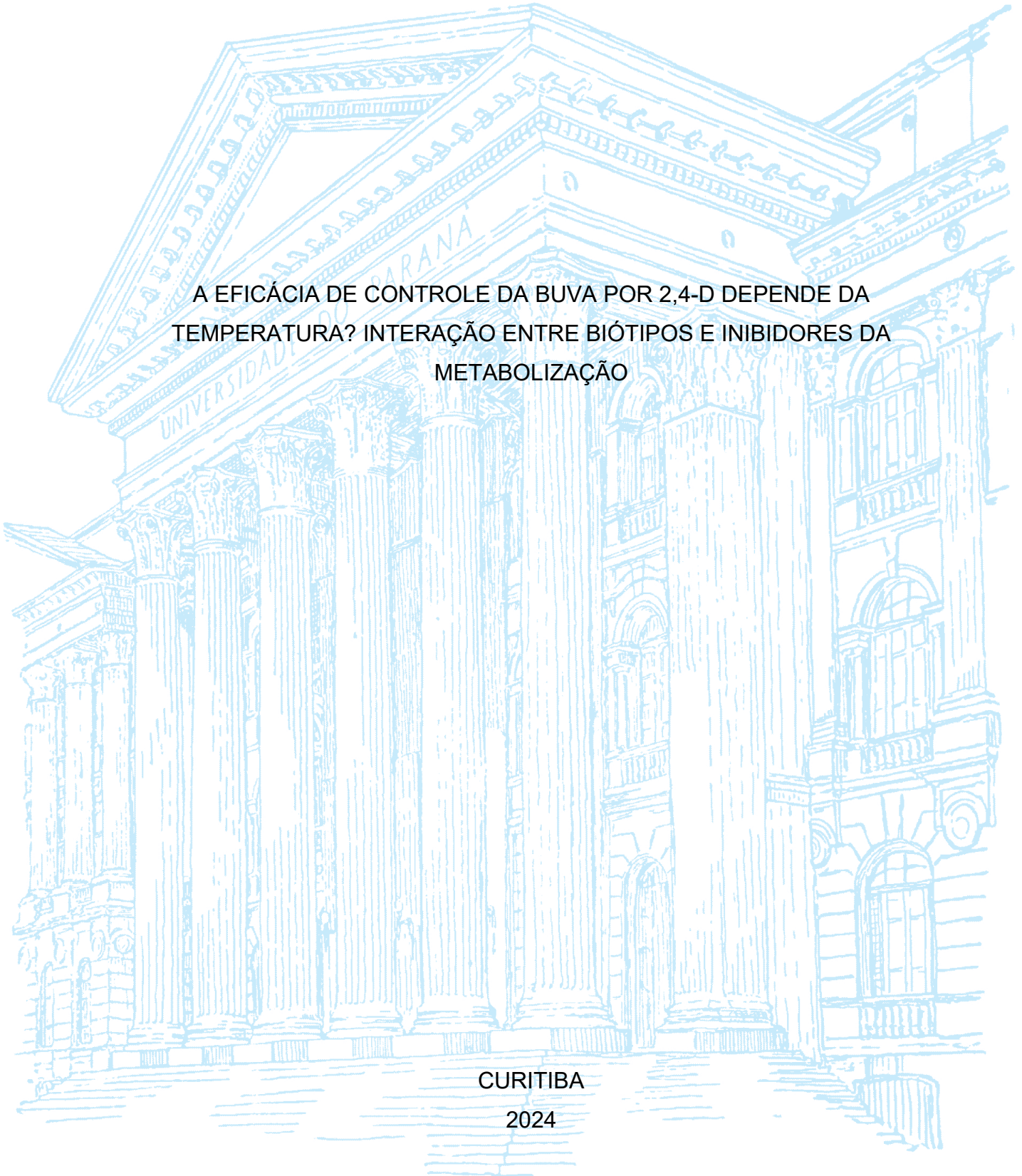
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINA DACAL DE AZEVEDO

A EFICÁCIA DE CONTROLE DA BUVA POR 2,4-D DEPENDE DA  
TEMPERATURA? INTERAÇÃO ENTRE BIÓTIPOS E INIBIDORES DA  
METABOLIZAÇÃO

CURITIBA

2024



CAROLINA DACAL DE AZEVEDO

A EFICÁCIA DE CONTROLE DA BUVA POR 2,4-D DEPENDE DA  
TEMPERATURA? INTERAÇÃO ENTRE BIÓTIPOS E INIBIDORES DA  
METABOLIZAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Arrobas Martins Barroso

CURITIBA

2024

## TERMO DE APROVAÇÃO

CAROLINA DACAL DE AZEVEDO

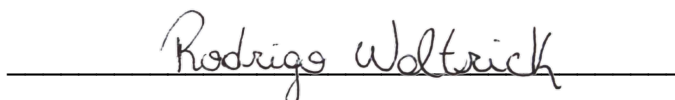
A EFICIÊNCIA DE CONTROLE DE BUVA POR 2,4-D DEPENDE DA  
TEMPERATURA? INTERAÇÃO ENTRE BIÓTIPOS E INIBIDORES DA  
METABOLIZAÇÃO

TCC apresentado ao curso de Graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.



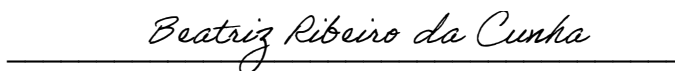
Prof. Dr. Arnur Arrobas Martins Barroso

Orientador – Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade - UFPR



Eng. Agr. Rodrigo Albino Waltrick

Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal - UFPR



Me. Beatriz Ribeiro da Cunha

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia – ESALQ/USP

Curitiba, 18 de dezembro de 2024.

Dedico este trabalho aos meus pais Luiz  
Alves de Azevedo e Zilma Dacal de  
Azevedo (in memoriam)

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por minha vida e por me motivar a seguir em frente.

Aos meus pais, pelo carinho, por me ensinarem a importância da dedicação nos estudos e me apoiarem incondicionalmente.

Às minhas irmãs, por todo incentivo e carinho, e por terem sido minha base ao longo da graduação e na vida.

À minha prima Angela e aos amigos Ana Flávia, Jessica e Breno, pelo acolhimento, incentivo e conversas.

Aos amigos da faculdade, especialmente a Damary, a Roberta e o Vinícius que estão comigo desde o início, pela amizade e apoio, e todas as conversas incentivadoras ao longo da graduação.

Aos professores que orientaram minha trajetória, principalmente ao professor Arthur Arrobas Martins Barroso, por todos os ensinamentos, oportunidades e orientação neste trabalho.

Aos colegas da Rede de Pesquisas em Matologia, pelo companheirismo e colaboração nas atividades.

À Universidade Federal do Paraná, pelo ensino de qualidade e estrutura oferecidos.

Ao professor Henrique da Silva Silveira Duarte pela disponibilização da câmara de crescimento tipo Fitotron utilizada neste experimento.

Ao professor Aldo Merotto Junior pelo fornecimento de 4-chloro-7-nitro-2,1,3-benzoxadiazole (NBD-Cl) utilizado neste trabalho.

Ao Rodrigo Albino Waltrick e à Beatriz Ribeiro da Cunha por aceitarem compor a banca de avaliação.

## RESUMO

Alguns relatos recentes demonstram que a buva tem escapado do controle pela aplicação do 2,4-D, sem manifestar o sintoma de rápida necrose, sendo necessário analisar se este fenômeno depende da temperatura ou de falhas de aplicação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia do controle de diferentes biótipos de buva pela aplicação de 2,4-D submetidas a diferentes temperaturas durante seu crescimento. Foram realizados dois experimentos para atender este objetivo, com sementes de segunda geração de biótipos resistente e suscetível de buva. Para analisar a influência da temperatura, metade das plantas de cada tratamento foi transferida para uma câmara de crescimento do tipo Fitotron por um período até a data das aplicações. Para o primeiro experimento foram mantidos à fotoperíodo de 12h, com temperatura de 30°C no período de luz e 20°C no período de escuridão por 20 dias, enquanto as outras plantas continuaram em casa de vegetação com temperatura média de 23°C. Para o segundo experimento foram mantidos à fotoperíodo de 12h, com temperatura de 25°C nos períodos de luz e de escuridão por 10 dias, enquanto o restante permaneceu em casa de vegetação com temperatura média de 27°C. O experimento 1 foi realizado testando a aplicação de diferentes doses de equivalente ácido (ea) (0; 83,75; 167,50; 335; 670; 1.340; 2.680; 5.360 g ea ha<sup>-1</sup>) de 2,4-D nos dois biótipos, para avaliar fatores de resistência. O experimento 2 foi realizado testando a aplicação de 2,4-D associado a inibidores de enzima (0; 670 g ea ha<sup>-1</sup> de 2,4-D; 670 g ea ha<sup>-1</sup> de 2,4-D + 2.000 g ha<sup>-1</sup> de Malathion; 670 g ea ha<sup>-1</sup> de 2,4-D + 270 g ha<sup>-1</sup> de NBD-Cl), nos dois biótipos, para avaliar a expressão de mecanismo de resistência. Realizou-se avaliação visual de controle, dando notas de 0 a 100%, aos 45 dias após a aplicação (DAA) para o experimento 1, e aos 30 DAA para o experimento 2. Em seguida foi coletada a parte aérea das plantas para a obtenção da massa seca para ambos os experimentos, e a coleta da raiz para o experimento 1. Os dados para o experimento 1 foram obtidos por regressões não lineares, e calculados, quando possível, da C50 e C80, da GR50 e GR80, e do fator de resistência. Para o experimento 2, os dados foram submetidos a análise de variância, com o auxílio do software Agroestat e quando significativos, tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey à 5%. Observou-se no experimento 1 que no frio as doses utilizadas para controle, redução de massa seca total, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes das plantas suscetíveis foram inferiores às observadas no calor, que não obteve controle e redução de massa seca em nível satisfatório, com exceção das raízes que foram afetadas. Ou seja, temperaturas mais baixas influenciaram positivamente a eficácia das doses utilizadas em biótipos resistentes. Já no experimento 2, o uso de Malathion em pré-tratamento a 2,4-D proporcionou maior efeito do herbicida com a redução da capacidade de rebrote das plantas de biótipo resistente, tanto no calor quanto no frio, que pode indicar que a resistência está relacionada a metabolização de 2,4-D pela P450.

Palavras-chave: *Conyza* spp.; resistência ao 2,4-D; temperatura; cytP450; GST.

## ABSTRACT

Recent reports demonstrate that horseweed has escaped to 2,4-D control without rapid necrosis symptoms. It is necessary to analyze whether this appearance depends on temperature and application failures. Thus, the objective of this work was to evaluate the effectiveness of controlling different *Conyza* biotypes through the application of 2,4-D subjected to different temperatures during their growth. Two experiments were carried out to meet this objective, with second generation seeds of resistant and susceptible biotypes. To analyze the influence of temperature, half of the plants from each treatment were supplied to a Fitotron-type growth chamber for a period until application data. For the first experiment, the plants were kept under a 12-hour photoperiod, with a temperature of 30°C during the light period and 20°C during the dark period for 20 days, while the other plants remained in a greenhouse with an average temperature of 23°C. For the second experiment, the plants were kept under a 12-hour photoperiod, with a temperature of 25°C during light and dark periods for 10 days, while the other plants remained in a greenhouse with an average temperature of 27°C. The experiment 1 was carried out testing the application of different doses of acid equivalent (ea) (0; 83.75; 167.50; 335; 670; 1,340; 2,680; 5,360 g ae ha<sup>-1</sup>) of 2,4-D in two biotypes, to evaluate resistance factors. The experiment 2 was carried out testing the application of 2,4-D associated with enzyme inhibitors (0; 670 g ae ha<sup>-1</sup> of 2,4-D; 670 g ae ha<sup>-1</sup> of 2,4-D + 2,000 g ae ha<sup>-1</sup> of Malathion; 670 g ae ha<sup>-1</sup> of 2,4-D + 270 g ha<sup>-1</sup> of NBD-Cl), in both biotypes, to evaluate the expression of resistance mechanisms. A visual control evaluation was carried out, giving grades from 0 to 100%, at 45 days after application (DAA) for experiment 1, and at 30 DAA for experiment 2. Afterwards, the aerial part of the plants was collected for obtaining the dry mass for both experiments, and collecting the roots for experiment 1. The data for experiment 1 were obtained by non-linear regressions, and calculated, when possible, from C50 and C80, from GR50 and GR80, and the resistance factor. For experiment 2, the data were subjected to analysis of variance, with the help of the Agroestat software and, when significant, their means were compared using the Tukey test at 5%. It was observed in experiment 1 that in the cold the doses used for control, reduction of total dry mass, dry mass of the aerial part and dry mass of the roots of susceptible plants were lower than those observed in the heat, which did not obtain control and reduction of dry mass at a satisfactory level, with the exception of the roots that were well affected. In other words, lower temperatures positively influenced the effectiveness of the doses used in resistant biotypes. In experiment 2, the use of Malathion in pre-treatment with 2,4-D provided a greater effect of the herbicide with a reduction in the regrowth capacity of plants with resistant biotypes, both in heat and cold, which may indicate that the enzyme is related to the metabolization of 2,4-D by cytP450.

Keywords: *Conyza* spp.; 2,4-D resistance; temperature; cytP450; GST.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – COMPARAÇÃO ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE 2,4-D – EXPERIMENTO 1 .....	26
FIGURA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE RAÍZES DE BIÓTIPOS DE BUVA COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE 2,4-D – EXPERIMENTO 1 .....	32
FIGURA 3 – COMPARAÇÃO ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA – EXPERIMENTO 2.....	36

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – CURVAS DOSE-RESPOSTA PARA ÍNDICE DE CONTROLE VISUAL (%) .....	25
GRÁFICO 2 – CURVAS DOSE-RESPOSTA PARA REDUÇÃO DE MASSA SECA TOTAL DE BUVA (PORCENTAGEM DE REDUÇÃO EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA) .....	28
GRÁFICO 3 – CURVAS DOSE-RESPOSTA PARA REDUÇÃO DA MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE BUVA (PORCENTAGEM DE REDUÇÃO EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA).....	30
GRÁFICO 4 – CURVAS DOSE-RESPOSTA PARA REDUÇÃO DA MASSA SECA DAS RAÍZES DE BUVA (PORCENTAGEM DE REDUÇÃO EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA).....	31
GRÁFICO 5 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE CONTROLE VISUAL ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA (CALOR).....	34
GRÁFICO 6 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE CONTROLE VISUAL ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA (CALOR).....	35
GRÁFICO 7 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE CONTROLE VISUAL ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA (FRIO).....	37
GRÁFICO 8 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE CONTROLE VISUAL ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA (FRIO).....	37
GRÁFICO 9 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE MASSA SECA TOTAL ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA (CALOR).....	38
GRÁFICO 10 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE MASSA SECA TOTAL ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA (CALOR).....	39
GRÁFICO 11 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE MASSA SECA TOTAL ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA (FRIO) .....	40
GRÁFICO 12 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE MASSA SECA TOTAL ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA (FRIO) .....	40

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO UTILIZADO PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	20
TABELA 2 – TRATAMENTOS – EXPERIMENTO 1.....	21
TABELA 3 – TRATAMENTOS – EXPERIMENTO 2.....	23
TABELA 4 – DOSES NECESSÁRIAS PARA CONTROLE DE BUVA EM 50% (C50), EM 80% (C80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE NÃO VERNALIZADO (CALOR).....	26
TABELA 5 – DOSES NECESSÁRIAS PARA CONTROLE DE BUVA EM 50% (C50), EM 80% (C80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE VERNALIZADO (FRIO) .....	27
TABELA 6 – PRODUTOS COMERCIAIS COM INGREDIENTE ATIVO DE 2,4-D DIMETILAMINA .....	27
TABELA 7 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA TOTAL DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE NÃO VERNALIZADO (CALOR) .....	29
TABELA 8 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA TOTAL DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE VERNALIZADO (FRIO).....	29
TABELA 9 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE NÃO VERNALIZADO (CALOR) 31	
TABELA 10 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE VERNALIZADO (FRIO).....	31
TABELA 11 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA DAS RAÍZES DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE NÃO VERNALIZADO (CALOR) .....	33
TABELA 12 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA DAS RAÍZES DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE VERNALIZADO (FRIO).....	34

## LISTA DE SÍMBOLOS

® - marca registrada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1	OBJETIVOS .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1	PANORAMA GERAL DE BUVA RESISTENTE .....	15
2.2	INTERFERÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESENVOLVIMENTO DA BUVA E NA EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS .....	116
2.3	CONTROLE QUÍMICO POR 2,4-D.....	17
2.4	RESISTÊNCIA A HERBICIDAS.....	17
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1	EXPERIMENTO 1.....	19
3.1.1	Semeadura e aplicação .....	19
3.1.2	Avaliações .....	21
3.2	EXPERIMENTO 2.....	22
3.2.1	Semeadura e aplicação .....	22
3.2.2	Avaliações .....	23
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
4.1	EXPERIMENTO 1.....	25
4.1.1	Controle visual.....	25
4.1.2	Massa seca total.....	28
4.1.3	Massa seca da parte aérea .....	29
4.1.4	Massa seca das raízes .....	31
4.1	EXPERIMENTO 2.....	34
4.1.1	Controle visual.....	34
4.1.2	Massa seca da parte aérea .....	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A buva (*Conyza* spp.) pertence à família Asteraceae e é uma planta daninha de ciclo anual e herbácea, com reprodução por sementes (LORENZI, 2014). É autógama e capaz de produzir aproximadamente 200 mil sementes por planta. As sementes são fotoblásticas positivas, germinando principalmente do outono à primavera, coincidindo com o período de entressafra (ALBRECHT; ALBRECHT, 2021).

Os problemas causados por infestação de buva em culturas comerciais, atinge uma área de aproximadamente 16 milhões de hectares. Esse valor equivale a quase metade da área cultivada com soja no Brasil. Nas últimas safras, sua abrangência está aumentando a uma taxa superior a 20% por ano (ADEGAS et al., 2017).

O herbicida auxínico 2,4-D é amplamente utilizado para auxiliar no controle de buva. É classificado como auxínico, pois mimetiza a ação de hormônios reguladores de crescimento. A ação do herbicida ocasiona o sintoma de epinastia nas plantas e o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs). Também induz produção de ácido abscísico e de etileno, que ocasiona murchamento e morte de tecidos da planta (FIGUEIREDO et al., 2016).

O uso indiscriminado de herbicidas está relacionado com o fenômeno da resistência de plantas daninhas. Há um biótipo de buva que apresenta um sintoma atípico após aplicação de 2,4-D, denominado de rápida necrose. Esse sintoma se caracteriza como uma resposta de hipersensibilidade da planta, em que é possível notar o aparecimento de necrose foliar apenas 15 minutos depois da aplicação, e duas horas após a aplicação (QUEIROZ et al., 2019).

Relatos recentes demonstram que a buva tem escapado do controle pela aplicação do 2,4-D sem manifestar o sintoma de rápida necrose.

### 1.1 OBJETIVOS

Avaliar a eficácia do controle de diferentes biótipos de buva pela aplicação de 2,4-D submetidas a diferentes temperaturas durante seu crescimento e verificar se esse fenômeno pode ser um novo mecanismo de resistência ou se esta variação depende da temperatura e de falhas de aplicação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PANORAMA GERAL DE BUVA RESISTENTE

Principalmente em sistemas de plantio direto ocorre alta incidência de *Conyza* spp. Isto se deve tanto pelas características da planta daninha, quanto do sistema utilizado. Nesse caso, como não ocorre revolvimento do solo as sementes, que são fotoblásticas positivas, encontram ambiente favorável para sua germinação e dispersão de sementes quando sobram poucos resíduos sobre o solo (GAZZIERO, 1998). Dentro dos sistemas agrícolas brasileiros, a ocorrência de buva se dá principalmente em cultivos de grãos nas regiões Sul e Sudeste e a emergência concentra-se em áreas de pousio no período entressafra (YAMASHITA & GUIMARÃES, 2011).

As características anatômicas das sementes de buva facilitam sua dispersão pelo vento e sua alta prolificidade garante sua disseminação. Além disso, possui boa adaptabilidade ecológica e a sobrevivência de biótipos resistentes é favorecida pela diferenciação genética em suas populações. Esses aspectos tornam a buva uma planta de difícil controle (CONSTANTIN et al., 2013). Essas características ecofisiológicas da buva associadas com tipo de manejo, tratos culturais, sistema de plantio direto e o constante uso de herbicidas para o seu controle tem favorecido a seleção de biótipos resistentes e sua dominância na agricultura (BAJWA et al. 2016).

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas refere-se à habilidade de um biótipo em sobreviver e produzir sementes após a aplicação de dose normalmente letal de um herbicida (YUAN et al., 2007). É uma capacidade natural e herdável de alguns biótipos, que têm sua frequência aumentada pela pressão de seleção que ocorre pela aplicação sucessiva de um mesmo herbicida ou mesmo mecanismo de ação (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2004). Existem, atualmente, 532 casos únicos de plantas daninhas resistentes à herbicidas no mundo. Desses casos, 50 deles são registrados no Brasil e em 2017 houve a identificação de um biótipo de buva (*Conyza sumatrensis*) com resistência múltipla à cinco mecanismos de ação diferentes: 2,4-D, diuron, glifosato, paraquat e saflufenacil (HEAP, 2024).

## 2.2 INTERFERÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESENVOLVIMENTO DA BUVA E NA EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS

A temperatura influencia a velocidade e a porcentagem de germinação, uma vez que está relacionada à absorção de água e às reações bioquímicas envolvidas no processo germinativo (MARCOS FILHO, 2015). Foi observado que *Conyza* spp. apresenta quiescência quando não se encontra em situações de luminosidade e temperatura suficientes, tendo a germinação estimulada depois de atingir níveis adequados de luz e temperatura (YAMASHITA et al., 2016). A germinação de sementes de buva pode ocorrer entre 10 e 30°C, sendo 20°C a temperatura ótima (VIDAL et al., 2007).

Dependendo das condições ambientais, a buva pode comportar-se como uma espécie anual ou bienal, com dois períodos de emergência das plântulas de buva: primavera e outono. As plântulas que emergem no outono apresentam cor verde escuro e formam uma roseta basal, e na primavera podem ou não apresentar forma de roseta basal no início do desenvolvimento, mas passam a ter um crescimento ereto. O crescimento das plantas em forma de roseta permite fixação de carbono e acúmulo de energia em condições de baixas temperaturas (LOUX et al. 2006). Esses tipos de crescimento não são características herdadas, mas sim, controladas pelo ambiente em que a planta se encontra no momento da germinação, ou seja, o tipo de crescimento pode ser induzido mesmo em plantas de mesma geração parental (SCHRAMSKI et al., 2021).

Um estudo foi realizado em 2012 com o objetivo de comparar as características de crescimento de algumas plantas daninhas em ambiente natural e em câmaras climatizadas, com variadas temperaturas noturnas. Ao final do experimento as plantas foram medidas e pesadas, e as buvas cultivadas em câmara climatizada com temperatura mais elevada apresentaram maior desenvolvimento de caule e área foliar do que as de céu aberto (GAZZIERO et al., 2012). Existem poucos estudos sobre a influência da temperatura na eficácia da aplicação de 2,4-D em biótipos de buva, porém sabe-se que há maior eficiência no controle por 2,4-D aplicado em temperaturas entre 16 e 26°C e que baixas temperaturas reduzem a eficácia de herbicidas auxínicos devido a redução da absorção e translocação do herbicida nessas temperaturas (MONTGOMERY et al. 2017).

### 2.3 CONTROLE QUÍMICO POR 2,4-D

Herbicidas auxínicos, como 2,4-D, são conhecidos como reguladores de crescimento, ou herbicidas hormonais, pois causam efeitos similares nas plantas ao ácido indol-3-acético (AIA) ou auxina, e permanecem ativas no metabolismo das plantas por maior tempo do que as auxinas naturais, que são rapidamente inativadas por degradação e conjugação (SONG, 2014; NUNES et al., 2023). São translocados via xilema e floema e causam efeitos mesmo em baixas doses, como em casos de deriva (COSTA et al., 2020). Com a aplicação desses herbicidas, há a indução de síntese de ácido abscísico (ABA) pela planta e, com isso, ocorre o fechamento dos estômatos e a redução da respiração e da fotossíntese. Com ABA em excesso, ocorre o acúmulo de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), que resulta em oxidação e contribui na fitotoxicidade (GAINES, 2020).

Os sinais de injúria por herbicidas auxínicos variam em alguns sintomas como epinastia, interrupção de crescimento, clorose e necrose, e em casos de alta concentração do herbicida, ocorre a ruptura da epiderme, o desenvolvimento de raízes secundárias e a malformação de órgãos, que leva à senescência e morte da planta (SILVA et al., 2011). A eficácia de herbicidas auxínicos depende da molécula específica utilizada e da técnica de aplicação. Normalmente são utilizados em aplicações em pré-semeadura para controle de *Conyza* spp. em culturas de grãos (HEDGES et al., 2019).

### 2.4 RESISTÊNCIA A HERBICIDAS

Muitos estudos são realizados para analisar a eficácia do controle químico e os mecanismos de resistência à diferentes herbicidas observados especialmente em espécies de buva. A resistência a herbicidas dificulta o manejo da buva e pode aumentar o custo numa produção (BACCIN, 2022). A resistência de plantas daninhas a herbicidas tem grande importância no setor produtivo, visto que há impacto econômico com o aumento dos custos com herbicidas para o controle das daninhas. Numa análise realizada, em 2017, sobre os custos com manejo químico no Brasil, foi estimado que o incremento médio anual de controle de buva ultrapassou um bilhão de reais (ADEGAS et al., 2017).

Os mecanismos de resistência a herbicidas podem estar relacionados ao local de ação (RELA) ou não relacionados ao local de ação (N-RELA). O aumento da metabolização de herbicidas por plantas daninhas é um mecanismo N-RELA, que pelo aumento da atividade de enzimas detoxificadoras há uma redução da toxicidade do herbicida pela transformação em compostos menos tóxicos para as plantas (BARROSO; MURATA, 2021). As principais enzimas envolvidas no processo de detoxificação são citocromo P450 monooxigenase (cytP450) e glutathione S-transferase (GST). A cytP450 atua pela conversão da estrutura molecular do herbicida por oxidação, redução, hidrólise ou hidroxilação, tornando o produto mais reativo (POWLES & YU, 2010; DALAZEN et al., 2016). A GST realiza a detoxificação por meio da conjugação de glutathione (GSH), transformando o herbicida em composto não tóxico (GAINES et al., 2020).

Para detectar a ocorrência de metabolização de herbicidas por essas enzimas, alguns inibidores de enzimas podem ser utilizados, como o inseticida organofosforado Malathion, que é inibidor da enzima cytP450 (YASUOR et al., 2009), e 4-chloro-7-nitro-2,1,3-benzoxadiazole (NBD-Cl), que é inibidor da enzima GST (CUMMINS et al., 2013). Ao ocuparem as enzimas, haverá espaço para atuação do herbicida, que poderá ser menos degradado.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do experimento foi utilizado um biótipo de buva denominado como biótipo 7. As sementes de buva foram coletadas nas coordenadas de latitude 24° 27' 48" S e longitude 53° 33' 34" W, acondicionadas em sacos de papel e trazidas ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade na Universidade Federal do Paraná – UFPR, localizado em Curitiba – PR. Estudos anteriores com este biótipo mostraram característica segregante com relação ao controle das plantas após a aplicação do herbicida 2,4-D. Foi então feita uma divisão do biótipo em população resistente (7R) e outra suscetível (7S) ao 2,4-D. A fim de atender aos objetivos do trabalho, foram realizados dois experimentos, com a segunda geração destas plantas.

#### 3.1 EXPERIMENTO 1: EFEITO DA TEMPERATURA EM DIFERENTES DOSES DE 2,4-D APLICADAS EM BIÓTIPOS DE BUVA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com condições de desenvolvimento parcialmente controladas, no período entre junho e setembro de 2023.

##### 3.1.1 Semeadura e aplicação

Para a primeira parte do experimento, foram utilizados os biótipos resistente e suscetível, semeados em bandejas contendo solo peneirado e mantidos em ambiente vernalizado (BOD) em temperatura de 5°C e fotoperíodo de 8h por 4 semanas, e em seguida transferidos para casa de vegetação para o seu desenvolvimento. Para a segunda parte do experimento, no mesmo dia que foi feita a transferência dessas bandejas para casa de vegetação, foram semeados novamente biótipos resistente e suscetível em bandejas com solo peneirado e mantidos em casa de vegetação para o seu desenvolvimento. Foi utilizada uma bandeja para cada biótipo em cada etapa do experimento, totalizando 4 bandejas. As características químicas do solo utilizado estão descritas a seguir (TABELA 1).

TABELA 1 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO UTILIZADO PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Ph		MO g/dm <sup>3</sup>	P			Complexo sortivo (cmol/dm <sup>3</sup> )							
CaCl	SMP		Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	Rem. mg/L	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Soma de Bases (SB)	CTC pH 7,0		
7,50	7,72	31,81	107,47	-	1,59	8,30	3,00	0,0	1,38	12,89	14,27		
mg/dm <sup>3</sup>						Relação entre cátions			Saturações (%)				
Enxofre S	Boro B	Ferro Fe	Cobre Cu	Manganês Mn	Zinco Zn	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Bases V%	Al M%	Ca	Mg	K
10,44	0,34	46,67	0,60	30,60	4,50	2,8/1	5,2/1	1,9/1	90,3	0,0	58,2	21,0	11,1

FONTE: Laboratório Agro TecSolo – Campo Largo – PR (2023).

Após germinação e crescimento no período de 4 semanas, quando apresentaram 3 folhas verdadeiras, foram transplantadas à vasos plásticos de 3L preenchidos com solo peneirado devidamente adubado com 100 kg ha<sup>-1</sup> da formulação NPK 04–14–08, com cinco repetições de cada biótipo. Foram utilizados 40 vasos para cada biótipo em cada situação de desenvolvimento pretendida, totalizando 160 vasos. Foram utilizados os seguintes tratamentos: 40 vasos do biótipo 7R não vernalizado (calor); 40 vasos do biótipo 7S não vernalizado (calor); 40 vasos do biótipo 7R vernalizado (frio); 40 vasos do biótipo 7S vernalizado (frio).

Todos os vasos permaneceram em casa de vegetação, com temperatura média de 23°C e sob irrigação automática por aspersão distribuída ao longo do dia. Quando as plantas atingiram de 4 a 6 folhas expandidas, 40 vasos do biótipo 7R não vernalizado e 40 vasos do biótipo 7S não vernalizado foram transferidos para uma câmara de crescimento de plantas do tipo Fitotron, em que foram mantidos à fotoperíodo de 12h, com temperatura de 30°C no período de luz e 20°C no período de escuridão, por 20 dias.

O experimento foi realizado com 8 tratamentos com 5 repetições (TABELA 2). Quando as plantas atingiram um estágio médio fenológico com aproximadamente 10 folhas expandidas, o 2,4-D dimetilamina (Aminol ® 806, Adama®, Brasil, Londrina) foi aplicado nas doses de equivalente ácido (g ea ha<sup>-1</sup>) de 0; 83,75; 167,50; 335; 670; 1.340; 2.680; 5.360. Para a aplicação, foi utilizado um pulverizador experimental costal pressurizado à base de CO<sub>2</sub>, com duas pontas do tipo leque XR 11002 espaçadas 50 cm entre elas, a 0,5 m acima do alvo, com volume de calda de

200 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi realizada às 11:00hs,  $\pm 17^{\circ}\text{C}$  e condição de alta luminosidade.

TABELA 2 – TRATAMENTOS – EXPERIMENTO 1

Tratamento	Dose (g ea ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Biótipo			
		7R <sup>2</sup>	7S <sup>3</sup>	7R <sup>4</sup>	7S <sup>5</sup>
1	0	Bandeja semeada: BOD	Bandeja semeada: BOD	Bandeja semeada: casa de vegetação	Bandeja semeada: casa de vegetação
2	83,75	à 5°C e	à 5°C e	com	com
3	167,50	fotoperíodo de 8	fotoperíodo de 8	temperatura	temperatura
4	335	horas por 4	horas por 4	média 23°C;	média 23°C;
5	670	semanas;	semanas;	Plantas em	Plantas em
6	1.340	vaso: casa de	vaso: casa de	vaso: Fitotron	vaso: Fitotron
7	2.680	vegetação com	vegetação com	em fotoperíodo	em fotoperíodo
8	5.360	temperatura média de 23°C	temperatura média de 23°C	de 12 horas à 30°C/20°C	de 12 horas à 30°C/20°C

FONTE: A autora (2024).

<sup>1</sup>Dose em equivalente ácido 2,4-D; <sup>2</sup>Biótipo 7R de *Conyza* spp. resistente a 2,4-D com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio); <sup>3</sup>Biótipo 7S de *Conyza* spp. suscetível a 2,4-D com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio); <sup>4</sup>Biótipo 7R de *Conyza* spp. resistente a 2,4-D com desenvolvimento em ambiente não vernalizado (calor); <sup>5</sup>Biótipo 7S de *Conyza* spp. suscetível a 2,4-D com desenvolvimento em ambiente não vernalizado (calor).

### 3.1.2 Avaliações

Seguindo a escala de notas proposta pela Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974), realizou-se avaliação visual de controle, com notas de 0 a 100%, em que 0% representa ausência de sintomas e 100% a morte das plantas. A avaliação visual de controle foi feita a 45 dias após a aplicação (DAA). Também foram coletadas amostras da parte aérea e das raízes para pesagem de massa seca. Após 33 dias da aplicação, a parte aérea das plantas foi cortada rente à superfície do solo, amostradas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar à 68°C por 72 horas. As raízes foram lavadas, colocadas em sacos de papel e levadas para secar na estufa. Depois do processo de secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica de precisão para determinação da massa seca.

Com os dados obtidos pelas avaliações visuais de controle e massa seca, foi utilizado o software OriginPro8.5 para a obtenção de regressões não-lineares de controle e de redução da massa seca em relação à testemunha dose 0. O tratamento dos dados por regressões não-lineares é feito tendo como base a

equação Slogistic1,  $y = \frac{a}{1+e^{-k(x-xc)}}$ , em que “y” é a dose de produto utilizada, “a” é amplitude expressa em y, “xc” o ponto de inflexão central de Y e “k” o coeficiente da fórmula. Após essas avaliações determinou-se a dose necessária de herbicida para controlar 50% e 80% (C50 e C80) da população de plantas, dose necessária para reduzir o crescimento da planta em 50% e 80% (GR50 e GR80) e o fator de resistência ( $F = R/S$ ), que consiste em dividir a dose do biótipo resistente pela dose do biótipo suscetível, que define quantas vezes a dose necessária para controlar o biótipo resistente é superior a dose que controla o biótipo suscetível.

### 3.2 EXPERIMENTO 2: EFEITO DA TEMPERATURA E USO DE INIBIDORES DA METABOLIZAÇÃO

O experimento foi realizado no período entre março e agosto de 2024, em casa de vegetação com condições de desenvolvimento parcialmente controladas.

#### 3.2.1 Semeadura e aplicação

Foram utilizados os biótipos resistente e suscetível, semeados em bandejas contendo solo peneirado e mantidos em casa de vegetação por 4 semanas. Diferentemente do Experimento 1, em que bandejas permaneceram em BOD, neste experimento todas as bandejas semeadas permaneceram em casa de vegetação. Quando as plantas apresentaram 3 folhas verdadeiras, foram transplantadas à vasos plásticos de 3L preenchidos com solo peneirado devidamente adubado com  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  da formulação NPK 04–14–08, com quatro repetições de cada biótipo. Todos os vasos permaneceram em casa de vegetação, com temperatura média de  $23^\circ\text{C}$  e sob irrigação automática por aspersão distribuída ao longo do dia. Quando as plantas atingiram 12 folhas expandidas, 24 vasos do biótipo 7R e 24 vasos do biótipo 7S foram transferidos para uma câmara de crescimento de plantas do tipo Fitotron, em que foram mantidos à fotoperíodo de 12h, com temperatura de  $25^\circ\text{C}$  nos períodos de luz e de escuridão, por 10 dias.

Foram utilizados 48 vasos para cada biótipo em cada situação de desenvolvimento pretendida, totalizando 96 vasos. O experimento foi realizado com 4 tratamentos com 4 repetições (TABELA 3). Os tratamentos consistiram em:

Tratamento 1 – testemunha; Tratamento 2 – aplicação isolada de 2,4-D; Tratamento 3 – aplicação de 2,4-D combinada com Malathion; Tratamento 4 – aplicação de 2,4-D combinada com 4-chloro-7-nitro-2,1,3-benzoxadiazole (NBD-CI).

Quando as plantas atingiram um estágio fenológico com aproximadamente 20 folhas expandidas, foi feita a aplicação dos inibidores Malathion no Tratamento 3 e NBD-CI no Tratamento 4 em volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação de Malathion foi em dose de 2.000 g ha<sup>-1</sup>, e NBD-CI foi em dose de 270 g ha<sup>-1</sup>. Após quatro horas, foi aplicado o 2,4-D dimetilamina (Aminol ® 806, Adama®, Brasil, Londrina) em dose recomendada em bula de equivalente ácido de 670 g ea ha<sup>-1</sup>. Para estas aplicações foi utilizado um pulverizador experimental costal pressurizado à base de CO<sub>2</sub>, com duas pontas do tipo leque XR 11002 espaçadas 50 cm entre elas, a 0,5 m acima do alvo, com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi realizada às 12:00hs, ±24°C e condição de alta luminosidade.

TABELA 3 – TRATAMENTOS – EXPERIMENTO 2

Tratamento	Aplicação	Biótipo			
		7R <sup>4</sup>	7S <sup>5</sup>	7R <sup>6</sup>	7S <sup>7</sup>
1	Testemunha	Plantas em vaso: casa de vegetação com temperatura média de 23°C	Plantas em vaso: casa de vegetação com temperatura média de 23°C	Plantas em vaso: Fitotron em fotoperíodo de 12 horas à 25°C	Plantas em vaso: Fitotron em fotoperíodo de 12 horas à 25°C
2	2,4-D <sup>1</sup>				
3	2,4-D + Malathion <sup>2</sup>				
4	2,4-D + NBD-CI <sup>3</sup>				

FONTE: A autora (2024).

<sup>1</sup>Dose em equivalente ácido de 670 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; <sup>2</sup>Dose de 2.000 g ha<sup>-1</sup> de malathion, após 4 horas dose em equivalente ácido de 670 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; <sup>3</sup>Dose de 270 g ha<sup>-1</sup> de NBD-CI, após 4 horas dose em equivalente ácido de 670 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; <sup>4</sup>Biótipo 7R de *Conyza* spp. resistente a 2,4-D com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio); <sup>5</sup>Biótipo 7S de *Conyza* spp. suscetível a 2,4-D com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio); <sup>6</sup>Biótipo 7R de *Conyza* spp. resistente a 2,4-D com desenvolvimento em ambiente não vernalizado (calor); <sup>7</sup>Biótipo 7S de *Conyza* spp. suscetível a 2,4-D com desenvolvimento em ambiente não vernalizado (calor).

### 3.2.2 Avaliações

Os critérios de avaliação utilizados no experimento 2 foram avaliação visual de controle e pesagem de massa seca da parte aérea das plantas. A avaliação visual de controle (ALAM, 1974), feita com notas de 0 a 100%, em que 0% representa ausência de sintomas e 100% a morte das plantas, foi realizada a 30 dias após a aplicação (DAA). Para comparar os diferentes comportamentos das buvas nessas diferentes condições, foram coletadas amostras da parte aérea para

pesagem de massa seca. Após 52 dias das aplicações, as partes aéreas das plantas foi cortada rente à superfície do solo, amostradas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar à 68°C por 72 horas. As amostras foram pesadas em balança analítica de precisão para determinação da massa seca.

Os dados de controle visual e de massa seca foram analisados em esquema fatorial 2 fatores, sendo fator biótico (biótipo de buva resistente ou suscetível) e ambiente (crescimento em diferentes temperaturas), em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o auxílio do programa estatístico AgroEstat® e quando significativos tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% ( $p \leq 0,05$ ).

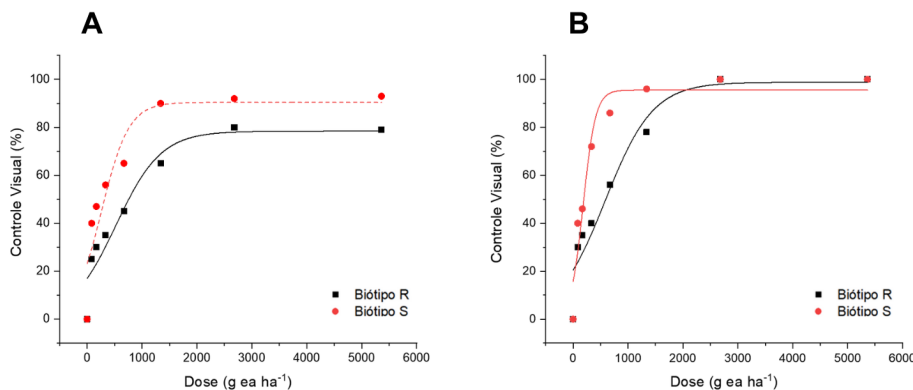
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 EXPERIMENTO 1: EFEITO DA TEMPERATURA EM DIFERENTES DOSES DE 2,4-D APLICADAS EM BIÓTIPOS DE BUVA

Os resultados a seguir são provenientes dos dados obtidos por meio dos ensaios de curva de dose-resposta pelo software OriginPro8.5 e análise das doses necessárias para controle visual, massa seca total, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes, aos 45 DAA.

#### 4.1.1 Controle visual

GRÁFICO 1 – CURVAS DOSE-RESPOSTA PARA ÍNDICE DE CONTROLE VISUAL (%)



FONTE: A autora (2024).

A: controle visual aos 45 DAA, em ambiente não vernalizado (calor),

Biótipo resistente - equação  $y = 78,40287/1 + e^{-0,00244(x-525,94415)}$ ,  $R^2 = 0,89693$

Biótipo suscetível - equação  $y = 90,43097/1 + e^{-0,00404(x-263,49179)}$ ,  $R^2 = 0,82524$

B: controle visual aos 45 DAA, em ambiente vernalizado (frio),

Biótipo resistente - equação  $y = 98,80009/1 + e^{-0,0023(x-584,41359)}$ ,  $R^2 = 0,90846$

Biótipo suscetível - equação  $y = 95,5414/1 + e^{-0,00883(x-183,57671)}$ ,  $R^2 = 0,92007$

Visualmente é possível notar a diferença entre os tratamentos dos biótipos, sendo maior o controle das plantas suscetíveis em relação às plantas resistentes e maior em plantas que se desenvolveram em ambientes mais frios em relação à ambientes com temperatura mais elevada, independente do biótipo (FIGURA 1).

FIGURA 1 – COMPARAÇÃO ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE 2,4-D – EXPERIMENTO 1



FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Comparação entre tratamentos de biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambientes com diferentes temperaturas (calor e frio), com doses crescentes de 2,4-D da esquerda para direita.

Foi possível observar, 45 dias após a aplicação, que em buvas crescendo em ambiente não vernalizado (calor) (TABELA 4), doses iguais ou superiores a 316,09 g ea ha<sup>-1</sup> são necessárias para controlar 50% das plantas na população suscetível. Para a população resistente, esse valor foi igual a 757,45 g ea ha<sup>-1</sup>, apresentando fator de resistência igual a 2,39. Para controle de 80% das plantas, que é o índice mínimo de eficiência de controle da população de plantas daninhas pela Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), na população suscetível foi igual a 767,93 g ea ha<sup>-1</sup>, e para a população resistente não foi atingido controle de 80% das plantas. Nesse caso, seria necessária uma dose, no mínimo, 6,97 vezes maior do que a maior dose de 2,4-D aplicada.

TABELA 4 – DOSES NECESSÁRIAS PARA CONTROLE DE BUVA EM 50% (C50), EM 80% (C80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE NÃO VERNALIZADO (CALOR)

Biótipo	Parâmetros			
	C <sub>50</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	FR <sub>50</sub>	FR <sub>80</sub>
7R	757,45	-	2,39	6,97
7S	316,09	767,93	-	-

FONTE: A autora (2024).

Para buvas com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio), as C50 para os biótipos 7S e 7R, ficaram em 194,15 e 594,98 g ea ha<sup>-1</sup>, respectivamente (TABELA 5), com fator de resistência igual a 3,06. As C80 nessa situação foram

iguais a 369,22 g ea ha<sup>-1</sup>, para a população suscetível, e 1214,83 g ea ha<sup>-1</sup>, para a população resistente, e o fator de resistência ligado ao controle de 80% das plantas foi de 3,29. Apesar das doses de herbicida utilizadas neste experimento terem atingido nível satisfatório no controle de 80% das plantas, em situações de frio, a dose comercial de outros herbicidas com 2,4-D dimetilamina como ingrediente ativo para cultura da soja (TABELA 6) não seria suficiente para atingir o controle de 80% das plantas resistentes.

TABELA 5 – DOSES NECESSÁRIAS PARA CONTROLE DE BUVA EM 50% (C50), EM 80% (C80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE VERNALIZADO (FRIO)

Biótipo	Parâmetros			
	C <sub>50</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	FR <sub>50</sub>	FR <sub>80</sub>
7R	594,98	1214,83	3,06	3,29
7S	194,15	369,22	-	-

FONTE: A autora (2024).

TABELA 6 – PRODUTOS COMERCIAIS COM INGREDIENTE ATIVO DE 2,4-D DIMETILAMINA

Produto comercial	Concentração (g ea L <sup>-1</sup> )	Dose máxima (L pc ha <sup>-1</sup> )	Dose máxima (g ea ha <sup>-1</sup> )
Campeon	670	1,5	1.005
DMA 806 BR	670	1,5	1.005
Exemplo LV	600	1,5	900
Fluente	670	1,5	1.005
U 46 BR	670	1,5	1.005
U 46 Prime	670	1,5	1.005
2,4-D Agroimport	670	1,5	1.005
2,4-D Tecnomyl	670	1,5	1.005
2,4-D 806 RN	670	1,5	1.005

FONTE: adaptado do site Agrofit – MAPA (2024).

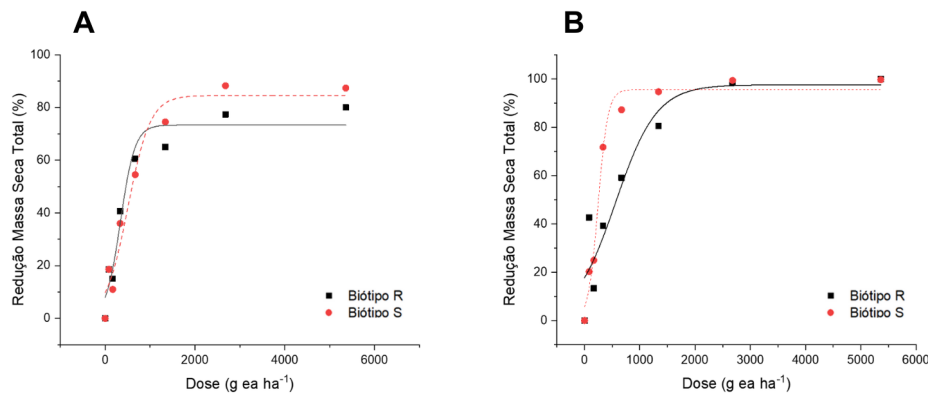
LEGENDA: Lista de produtos comerciais com ingrediente ativo de 2,4-D dimetilamina encontrados no site Agrofit, registrados para a cultura da soja e *Conyza* spp. com as respectivas concentrações de equivalente ácido por hectare (ea ha<sup>-1</sup>).

De acordo com os dados observados, os biótipos resistentes necessitam de doses maiores para seu controle, independente das situações. No calor, não houve porcentagem de controle superior a 80% em ambos os biótipos. Enquanto no frio, em doses maiores há praticamente um controle total das plantas, inclusive em biótipos resistentes. Isso indica que o desenvolvimento em diferentes temperaturas afeta o controle das buvas, tanto suscetíveis quanto resistentes. No estudo realizado por Fisher et al. (2022), foi observado um efeito semelhante em buvas resistentes e suscetíveis ao glifosato, em que houve diferença na sensibilidade entre os crescimentos de buvas em diferentes temperaturas pela redução na retenção de

glifosato, com possível concentração mais diluída do herbicida dentro da planta, em buvas que se desenvolveram em temperaturas mais altas quando comparadas com as que se desenvolveram em ambientes mais frios.

#### 4.1.2 Massa seca total

GRÁFICO 2 – CURVAS DOSE-RESPOSTA PARA REDUÇÃO DE MASSA SECA TOTAL DE BUVA (PORCENTAGEM DE REDUÇÃO EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA)



FONTE: A autora (2024).

A: redução da massa seca total aos 45 DAA, em ambiente não vernalizado (calor),

Biótipo resistente - equação  $y = 73,3652/1 + e^{-0,00618(x-339,5958)}$ ,  $R^2 = 0,93972$

Biótipo suscetível - equação  $y = 84,57276/1 + e^{-0,00402(x-507,8412)}$ ,  $R^2 = 0,95106$

B: redução da massa seca total aos 45 DAA, em ambiente vernalizado (frio),

Biótipo resistente - equação  $y = 97,58449/1 + e^{-0,00268(x-560,5632)}$ ,  $R^2 = 0,85702$

Biótipo suscetível - equação  $y = 95,63741/1 + e^{-0,01128(x-244,24197)}$ ,  $R^2 = 0,97804$

Com relação a porcentagem de redução da massa seca total das buvas em relação à testemunha no calor (TABELA 7), não foi observado fator de resistência ligado à GR50, pois a GR50 do biótipo resistente foi igual a 462,61 g ea ha<sup>-1</sup> e do biótipo suscetível foi igual a 599,66 g ea ha<sup>-1</sup>, ou seja, foi necessária uma menor dose para reduzir a massa em 50% das plantas resistentes comparada a dose necessária para essa redução em plantas suscetíveis. Isso ocorreu, pois foi considerada a raiz na massa total, que foi muito afetada nas plantas, inclusive nas resistentes. E para a redução de massa em 80% das plantas, a GR80 para o biótipo suscetível foi de 1220,10 g ea ha<sup>-1</sup>, e para o biótipo resistente foi observado que seria necessária uma dose 4,39 vezes maior do que a maior dose aplicada (5.360 g ea ha<sup>-1</sup>) de herbicida para atingir essa redução. Uma possível explicação, seria pela maior produção de biomassa em buvas com crescimento em ambiente não vernalizado (calor) quando comparado com buvas com crescimento em ambiente vernalizado (frio), que foi observado por Schramski et al. (2021) em estudo feito com

buvas resistentes e suscetíveis ao glifosato em diferentes temperaturas de crescimento.

TABELA 7 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA TOTAL DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE NÃO VERNALIZADO (CALOR)

Biótipo	Parâmetros			
	GR <sub>50</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	GR <sub>80</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	FR <sub>50</sub>	FR <sub>80</sub>
7R	462,61	-	-	4,39
7S	599,66	1220,10	-	-

FONTE: A autora (2024).

Para buvas que se desenvolveram em temperaturas mais frias (TABELA 8) foi observado fator de resistência ligado à GR50 e à GR80, sendo a dose necessária para reduzir em 50% a massa das plantas resistentes 2,29 vezes maior do que a dose necessária para essa redução das plantas suscetíveis, e para a redução de 80% da massa a dose para plantas resistentes foi 2,89 vezes maior do que a dose necessária para reduzir a massa das plantas suscetíveis. Assim como foi observado para o controle de 80% das plantas, tanto no frio quanto no calor, para a redução de massa seca total a dose comercial de muitos herbicidas com o mesmo ingrediente ativo (TABELA 6) não seria eficaz para reduzir 80% da massa das buvas resistentes.

TABELA 8 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA TOTAL DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE VERNALIZADO (FRIO)

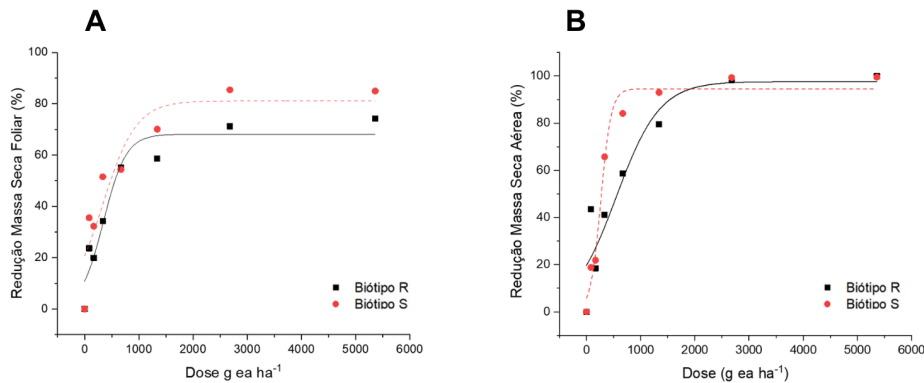
Biótipo	Parâmetros			
	GR <sub>50</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	GR <sub>80</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	FR <sub>50</sub>	FR <sub>80</sub>
7R	579,00	1124,94	2,29	2,89
7S	252,33	388,95	-	-

FONTE: A autora (2024).

#### 4.1.3 Massa seca da parte aérea

Para analisar se houve aumento da expressão de resistência, foram obtidos dados de massa seca da parte aérea. Os fatores de resistência ligados à massa seca da parte aérea para as condições analisadas foram inferiores quando comparados aos fatores de resistência ligados ao controle visual. Isso porque o fator de resistência ligado ao controle visual não leva em consideração a quantidade de carbono ainda presente nas plantas analisadas, que é o que ocorre pela análise quantitativa pela pesagem da massa seca.

GRÁFICO 3 – CURVAS DOSE-RESPOSTA PARA REDUÇÃO DA MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE BUVA (PORCENTAGEM DE REDUÇÃO EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA)



FONTE: A autora (2024).

A: redução da massa seca da parte aérea aos 45 DAA, em ambiente não vernalizado (calor),  
 Biótipo resistente - equação  $y = 68,11649/1 + e^{-0,00479(x-346,46323)}$ ,  $R^2 = 0,90952$   
 Biótipo suscetível - equação  $y = 81,06075/1 + e^{-0,00322(x-331,18974)}$ ,  $R^2 = 0,81127$   
 B: redução da massa seca da parte aérea aos 45 DAA, em ambiente vernalizado (frio),  
 Biótipo resistente - equação  $y = 97,65894/1 + e^{-0,00249(x-551,48934)}$ ,  $R^2 = 0,8544$   
 Biótipo suscetível - equação  $y = 94,60903/1 + e^{-0,010035(x-264,63309)}$ ,  $R^2 = 0,97357$

No calor (TABELA 9), o fator de resistência ligado à redução de 50% da massa da parte aérea foi de 1,16. E na redução de 80% da massa das plantas, não foi observado fator de resistência, sendo necessária uma dose 3,20 vezes superior à dose máxima utilizada para atingir essa redução. O desenvolvimento de caule e área foliar em temperatura mais elevada foi elevado, assim como observado por Gazziero et al. (2012), o que pode ter dificultado a redução de 80% de massa da parte aérea das plantas nessa condição. E segundo Souza et al. (2023), ocorre redução da translocação de 2,4-D em plantas resistentes pelo acúmulo do herbicida nas folhas tratadas, enquanto no biótipo suscetível há translocação para outras folhas da planta e para as raízes, o que explicaria a diferença na redução de massa seca da parte aérea entre os biótipos resistente e suscetível em ambiente com temperatura mais elevada.

TABELA 9 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE BUVA EM 50% (GR<sub>50</sub>), EM 80% (GR<sub>80</sub>) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE NÃO VERNALIZADO (CALOR)

Biótipo	Parâmetros			
	GR <sub>50</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	GR <sub>80</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	FR <sub>50</sub>	FR <sub>80</sub>
7R	558,25	-	1,16	3,20
7S	478,85	1672,07	-	-

FONTE: A autora (2024).

Porém, no frio (TABELA 10), os fatores de resistência ligados à redução de 50% e 80% de massa foram iguais a 2,07 e 2,69, respectivamente, e apesar disso foi possível atingir redução da massa seca da parte aérea do biótipo resistente em 80% com as doses aplicadas. Isso indica que em temperaturas mais baixas pode não haver redução da translocação do herbicida em plantas resistentes, ou ainda há herbicida não metabolizado atuando em baixa temperatura. Como observado por Figueiredo et al. (2022), em que a população resistente de *Amaranthus tuberculatus* metabolizou quase totalmente o 2,4-D em plantas que se desenvolveram em altas temperaturas, enquanto as plantas de temperaturas mais baixas ainda apresentavam uma porcentagem do herbicida ativa.

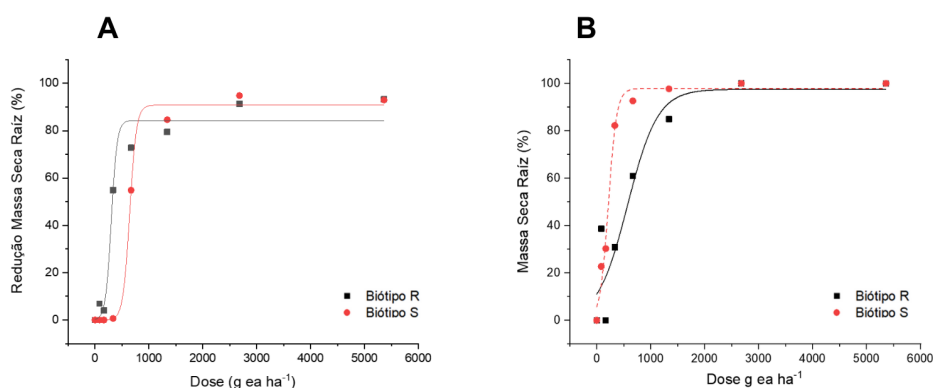
TABELA 10 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE VERNALIZADO (FRIO)

Biótipo	Parâmetros			
	GR <sub>50</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	GR <sub>80</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	FR <sub>50</sub>	FR <sub>80</sub>
7R	570,71	1157,28	2,07	2,69
7S	275,65	428,92	-	-

FONTE: A autora (2024).

#### 4.1.4 Massa seca das raízes

GRÁFICO 4 – CURVAS DOSE-RESPOSTA PARA REDUÇÃO DA MASSA SECA DAS RAÍZES DE BUVA (PORCENTAGEM DE REDUÇÃO EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA)



FONTE: A autora (2024).

A: redução da massa seca das raízes aos 45 DAA, em ambiente não vernalizado (calor),

Biótipo resistente - equação  $y = 84,30834/1 + e^{-0,01866(x-302,40423)}$ ,  $R^2 = 0,96095$

Biótipo suscetível - equação  $y = 90,83654/1 + e^{-0,01599(x-643,81366)}$ ,  $R^2 = 0,99428$

B: redução da massa seca das raízes aos 45 DAA, em ambiente vernalizado (frio),

Biótipo resistente - equação  $y = 97,54395/1 + e^{-0,00359(x-572,88202)}$ ,  $R^2 = 0,86615$

Biótipo suscetível - equação  $y = 97,84661/1 + e^{-0,01293(x-215,47848)}$ ,  $R^2 = 0,98309$

Ao observar as raízes que receberam sub-doses, nota-se que as raízes das plantas suscetíveis começaram a diminuir, e das resistentes, aparentemente, apresentaram um estímulo de desenvolvimento (FIGURA 2). Esse estímulo pode ser explicado por hormese, termo proposto por Southam e Ehrlich (1943), para explicar um efeito estimulador em alguma característica de um organismo após o contato com uma dose baixa de algum composto.

FIGURA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE RAÍZES BIÓTIPOS DE BUVA COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE 2,4-D – EXPERIMENTO 1



FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Comparação entre raízes de biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambientes com diferentes temperaturas (calor e frio), com doses crescentes de 2,4-D da esquerda para direita.

As raízes de buva das plantas resistentes foram afetadas significativamente no calor (TABELA 11), sendo que não foi observado fator de resistência nem para redução de 50% da massa das raízes, nem para 80% de redução. Isso porque as doses necessárias para redução da massa das raízes foram inferiores nas plantas resistentes, com GR50 de 322,59 g ea ha<sup>-1</sup> para plantas resistentes e 656,47 g ea ha<sup>-1</sup> para plantas suscetíveis, e GR80 de 459,00 g ea ha<sup>-1</sup> para plantas resistentes e de 768,81 g ea ha<sup>-1</sup> para plantas suscetíveis. De acordo com resultados obtidos por Souza et al. (2023), a absorção de 2,4-D foi inicialmente mais rápida em plantas de *Conyza sumatrensis* com resistência por rápida necrose, mas que pode também ter acontecido neste experimento e justificaria as doses inferiores na redução das massas secas das raízes do biótipo resistente.

TABELA 11 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA DAS RAÍZES DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE NÃO VERNALIZADO (CALOR)

Biótipo	Parâmetros			
	GR <sub>50</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	GR <sub>80</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	FR <sub>50</sub>	FR <sub>80</sub>
7R	322,59	459,00	-	-
7S	656,47	768,81	-	-

FONTE: A autora (2024).

A redução da massa seca das raízes no frio (TABELA 12) apresentou fatores de resistência superiores aos observados na redução de massa seca da parte aérea, indicando que as raízes foram mais afetadas do que a parte aérea. A GR50 das plantas resistentes foi de 586,89 g ea ha<sup>-1</sup> e das plantas suscetíveis foi de 218,88 g ea ha<sup>-1</sup>, com fator de resistência ligado à GR50 igual a 2,68. A GR80 para o biótipo resistente foi de 995,06 g ea ha<sup>-1</sup> e para o suscetível foi de 331,46 g ea ha<sup>-1</sup>, com FR80 igual a 3,00. Ainda de acordo com Souza et al. (2023), grande parte de 2,4-D aplicado ficou retido nas folhas das plantas resistentes, ou seja, a translocação do herbicida foi dificultada, e no biótipo suscetível não houve retenção de 2,4-D nas folhas e foi translocado até as raízes. Um resultado semelhante pode ter sido observado neste experimento, o que colaboraria para o processo de resistência do biótipo analisado.

TABELA 12 – DOSES NECESSÁRIAS PARA REDUZIR A MASSA SECA DAS RAÍZES DE BUVA EM 50% (GR50), EM 80% (GR80) E FATOR DE RESISTÊNCIA (FR), EM AMBIENTE VERNALIZADO (FRIO)

Biótipo	Parâmetros			
	GR <sub>50</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	GR <sub>80</sub> (g ea ha <sup>-1</sup> )	FR <sub>50</sub>	FR <sub>80</sub>
7R	586,89	995,06	2,68	3,00
7S	218,88	331,46	-	-

FONTE: A autora (2024).

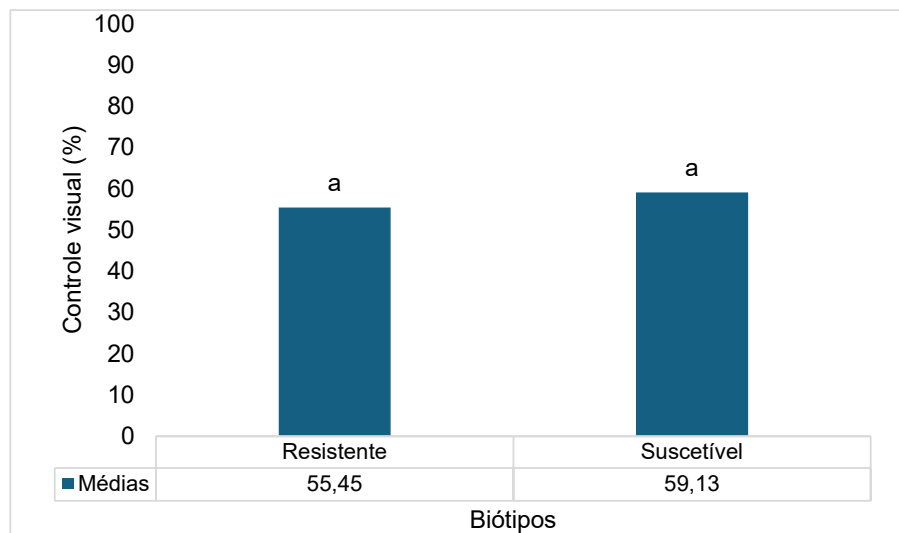
#### 4.2 EXPERIMENTO 2: EFEITO DA TEMPERATURA E USO DE INIBIDORES DA METABOLIZAÇÃO

Os resultados a seguir são provenientes dos dados obtidos por meio da análise em esquema fatorial 2 fatores, sendo eles biótipo (resistente ou suscetível) e tratamentos (aplicação de 2,4-D isolado, aplicação de 2,4-D e Malathion, aplicação de 2,4-D e NBD-Cl), no programa estatístico Agrostat para controle visual e massa seca de buvas, aos 30 DAA.

#### 4.2.1 Controle visual

Com relação ao fator biótipo de buvas crescendo em ambiente não vernalizado (calor) (GRÁFICO 5), não houve diferença significativa, apresentando um controle visual entre os biótipos muito próximo, no biótipo resistente houve média de controle visual de 55,45% e no suscetível foi de 59,13%. Seguindo a escala de notas (ALAM, 1974) e o índice mínimo de eficiência o controle de 80% da população de plantas daninhas (SBCPD, 1995), o controle observado nesse experimento foi ineficiente. Entretanto, esse resultado era esperado devido a aplicação feita em plantas com aproximadamente 20 folhas expandidas, sendo que o controle ideal deve ser feito em buvas no estágio de 6 a 8 folhas (ALBRECHT; ALBRECHT, 2020).

GRÁFICO 5 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE CONTROLE VISUAL ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA (CALOR)



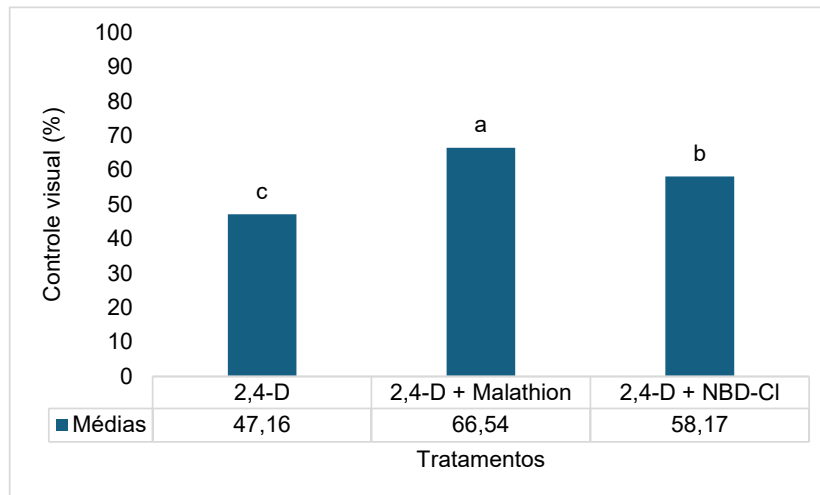
FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente não vernalizado (calor), aos 30 DAA.

Já no fator de tratamentos houve diferença estatística no calor (GRÁFICO 6), com menor média de controle visual para a aplicação de 2,4-D isolado (47,16%) e maior média observada no controle visual para aplicação de 2,4-D com Malathion (66,54%). Pode-se afirmar por esse dado que a aplicação associada do Malathion aumentou o efeito de controle visual das plantas, independente do biótipo analisado. Houve rebrote em biótipos resistentes com aplicação de 2,4-D isolado e 2,4-D e NBD-CI, tanto no calor quanto no frio, o que não foi observado para tratamentos com 2,4-D e Malathion (FIGURA 3). Ou seja, o uso de Malathion em conjunto com 2,4-D

como inibidor da enzima cytP450, proporcionou maior efeito do herbicida com a redução da capacidade de rebrote das plantas de biótipo resistente, o que também foi observado por Angonese (2022) em buvas resistentes ao 2,4-D com rápida necrose.

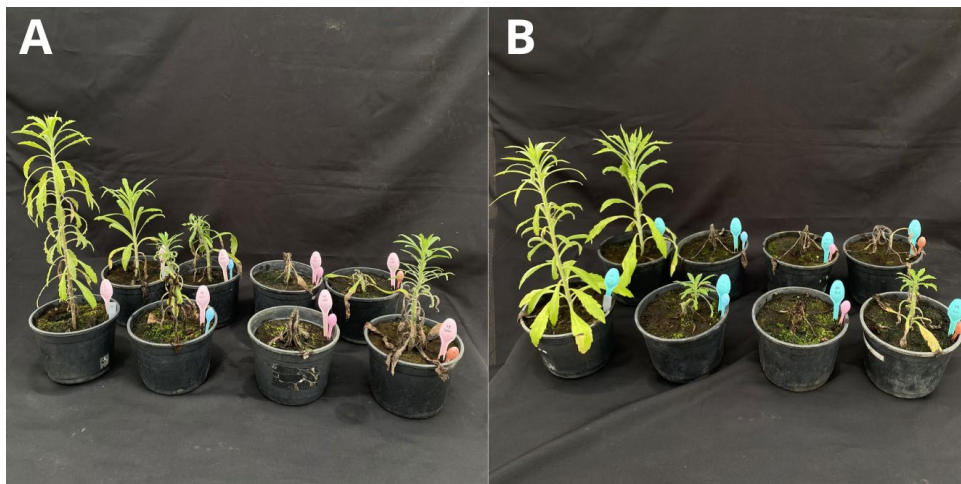
GRÁFICO 6 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE CONTROLE VISUAL ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA (CALOR)



FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Tratamentos com aplicação de 2,4-D, 2,4-D e Malathion, 2,4-D e NBD-Cl em biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente não vernalizado (calor), aos 30 DAA.

FIGURA 3 – COMPARAÇÃO ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA – EXPERIMENTO 2

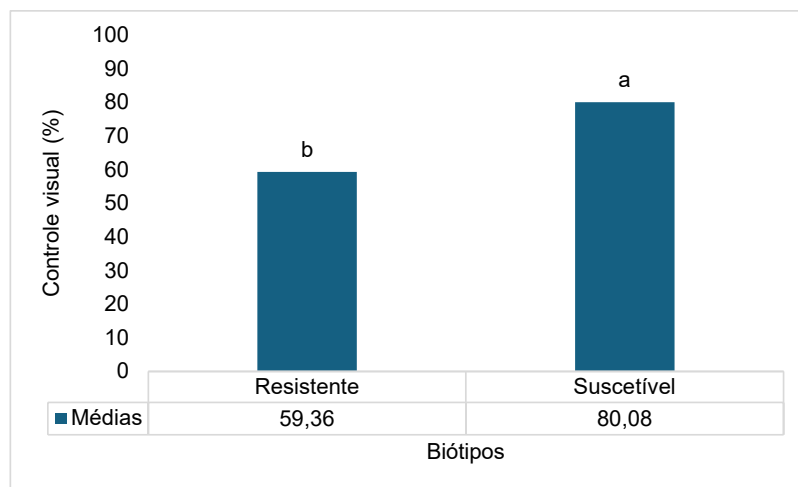


FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Comparação entre tratamentos de biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp., da esquerda para direita: testemunha, 2,4-D, 2,4-D e Malathion, 2,4-D e NBD-Cl. Os vasos de biótipos resistentes foram colocados em frente aos biótipos suscetíveis. A – *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente não vernalizado (calor); B – *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio)

Segundo Mahan et al. (2004), diferentes temperaturas podem influenciar a interação entre enzimas e seus inibidores, o que leva a uma variação na atividade da enzima. Essa variação foi observada no experimento, pois entre as buvas que cresceram em ambiente vernalizado (frio) (GRÁFICO 7), houve efeito significativo no fator biótipo, com buvas suscetíveis apresentando média maior de controle visual de 80,08%, enquanto as da população resistente apresentou média de 59,36%.

GRÁFICO 7 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE CONTROLE VISUAL ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA (FRIO)

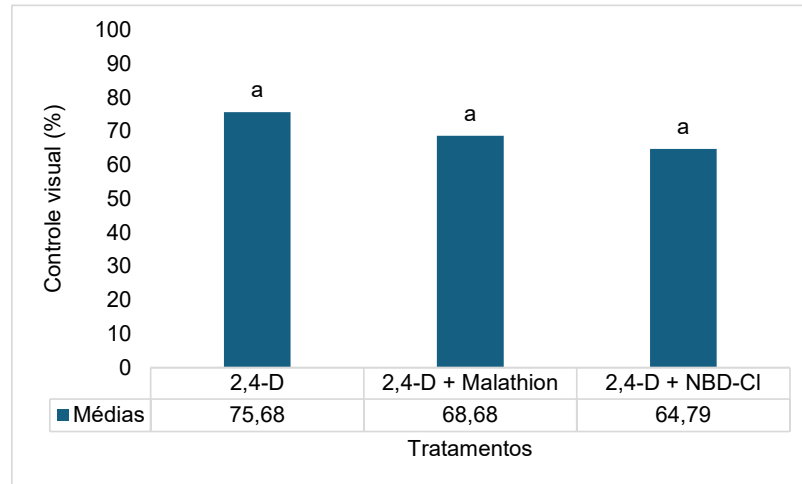


FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio), aos 30 DAA.

Com relação as diferentes aplicações, não houve diferença estatística entre os tratamentos no frio (GRÁFICO 8), apresentando média de controle visual de 75,68% em aplicação de 2,4-D isolado, 68,68% em aplicação de 2,4-D e Malathion e 64,79% em aplicação de 2,4-D e NBD-CI. Esse resultado contrasta com o que foi observado para as aplicações deste experimento no calor e com o resultado de Angonese (2022). Entretanto, em estudo realizado por Souza et al. (2023) foi observado que o pré-tratamento com Malathion não afetou a sensibilidade de *Conyza sumatrensis* ao 2,4-D, indicando que a detoxificação do 2,4-D pela enzima cytP450 não ocorre nas plantas resistentes, o que corrobora com Mahan et al. (2004) e a variação na atividade de enzimas de acordo com a temperatura.

GRÁFICO 8 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE CONTROLE VISUAL ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA (FRIO)



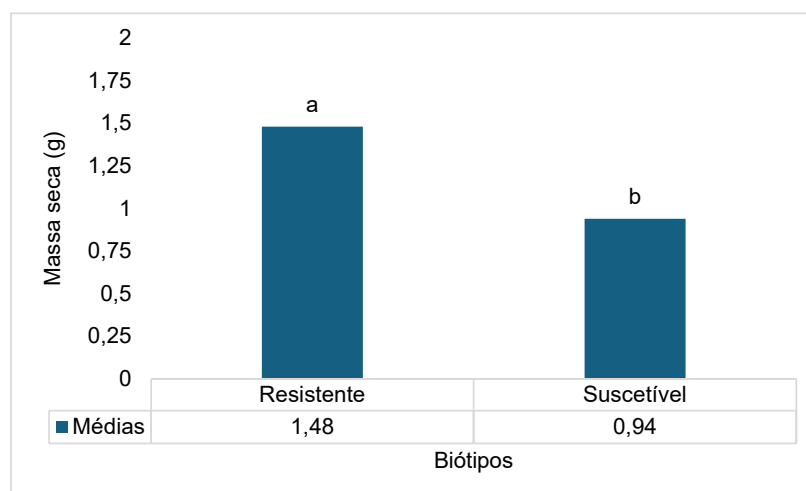
FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Tratamentos com aplicação de 2,4-D, 2,4-D e Malathion, 2,4-D e NBD-CI em biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio), aos 30 DAA.

#### 4.2.2 Massa seca da parte aérea

Plantas do biótipo resistente produziram mais massa seca do que as do biótipo suscetível em todos os tratamentos no calor e no frio, como observado nos GRÁFICOS 9 e 11. Isso porque a análise quantitativa pela pesagem da massa seca evidencia a quantidade de carbono ainda presente nas plantas analisadas, que em plantas resistentes é maior pela dificuldade de controle.

GRÁFICO 9 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE MASSA SECA TOTAL ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA (CALOR)

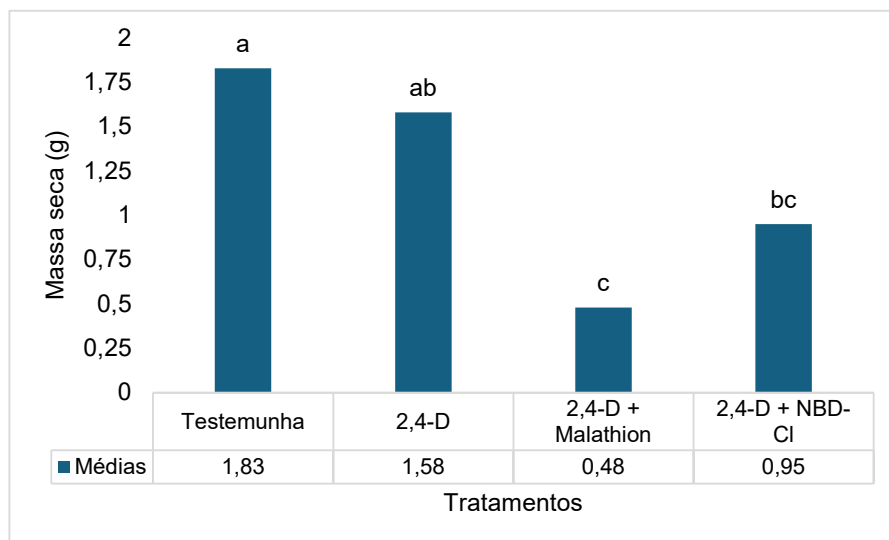


FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente não vernalizado (calor), aos 30 DAA.

Entre os tratamentos (GRÁFICO 10), a testemunha e o tratamento com aplicação de 2,4-D isolado apresentaram maior produção de massa seca, evidenciando que apenas o uso do herbicida não reduz significativamente a massa seca, o que corrobora com os resultados observados nas regressões de massa seca total do Experimento 1. Ou seja, o impacto observado na redução de massa seca é menor quando comparado com o controle visual. O impacto significativo estatisticamente sobre a massa seca ocorreu no tratamento com aplicação de 2,4-D e Malathion, que apresentou maior redução de massa seca independente do biótipo. Figueiredo et al. (2018) observou redução de massa seca em plantas de *Amaranthus tuberculatus* após prévia aplicação de Malathion.

GRÁFICO 10 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE MASSA SECA TOTAL ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA (CALOR)



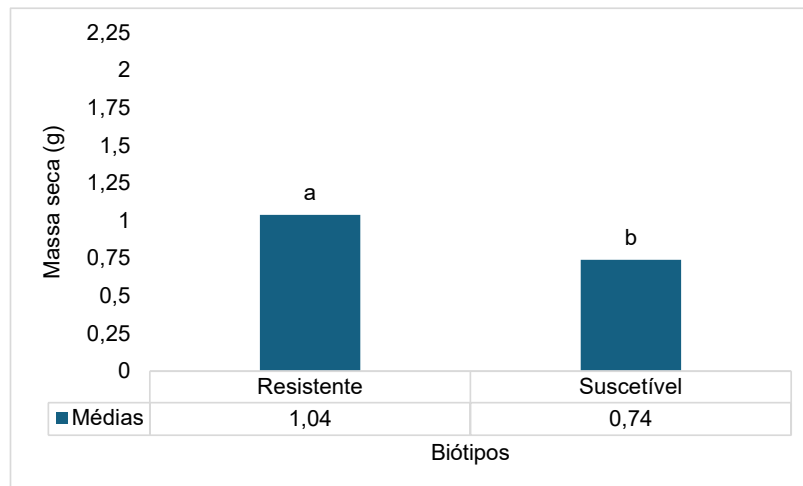
FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Tratamentos com aplicação de 2,4-D, 2,4-D e Malathion, 2,4-D e NBD-Cl em biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente não vernalizado (calor), aos 30 DAA.

Com relação aos tratamentos (GRÁFICO 12), não houve diferença estatística entre as aplicações feitas, sendo que a redução de massa seca do tratamento de 2,4-D e Malathion foi praticamente o mesmo do que a redução observada com a aplicação isolada de 2,4-D. O efeito de redução de massa seca em pré-tratamento com NBD-Cl e 2,4-D pode ocorrer devido aos elevados níveis de estresse oxidativo que esse inibidor causa em ambos os biótipos, na presença ou na ausência do herbicida, como observado por Angonese (2022), que associa o estresse oxidativo à presença de acetona na diluição do inibidor. Entretanto, neste

estudo não houve diluição do produto com acetona e a média de controle visual foi próxima ao tratamento com aplicação prévia de Malathion, que pode indicar que independente da diluição esse inibidor aumenta o estresse oxidativo na planta.

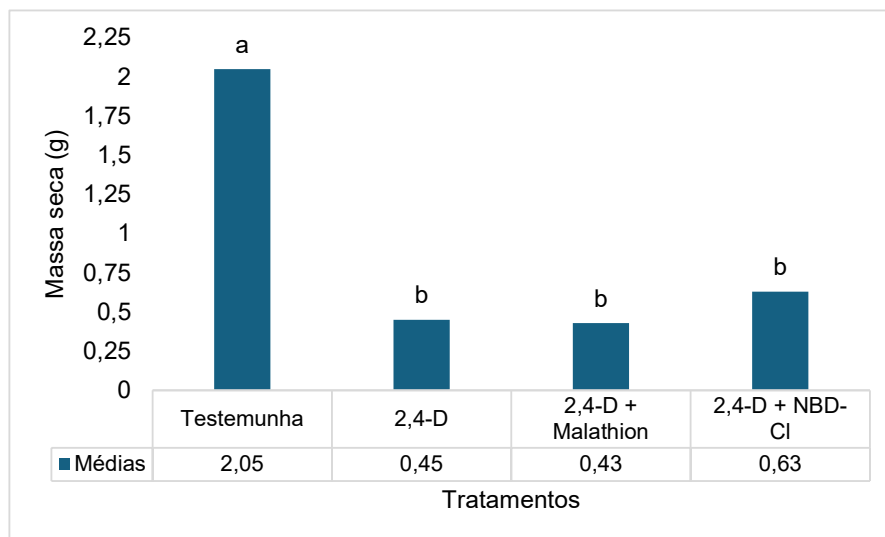
GRÁFICO 11 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE MASSA SECA TOTAL ENTRE BIÓTIPOS DE BUVA (FRIO)



FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Tratamentos com aplicação de 2,4-D, 2,4-D e Malathion, 2,4-D e NBD-Cl em biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio), aos 30 DAA.

GRÁFICO 12 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE MASSA SECA TOTAL ENTRE TRATAMENTOS DE BIÓTIPOS DE BUVA (FRIO)



FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: Tratamentos com aplicação de 2,4-D, 2,4-D e Malathion, 2,4-D e NBD-Cl em biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. com desenvolvimento em ambiente vernalizado (frio), aos 30 DAA.

## 5 CONCLUSÃO

Com relação às diferentes temperaturas analisadas no Experimento 1, no calor, a dose máxima aplicada não foi suficiente para atingir 80% de controle, massa seca total e massa seca da parte aérea das buvas resistentes. Já no frio as doses utilizadas para controle, redução de massa seca total, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes das plantas suscetíveis no frio foram inferiores às observadas no calor. Ou seja, temperaturas mais baixas influenciaram positivamente a eficácia das doses utilizadas em biótipos resistentes.

No Experimento 2, no calor, houve maior controle pelo uso de Malathion como inibidor da enzima cytoP450. O pré-tratamento com uso de Malathion proporcionou maior efeito do herbicida com a redução da capacidade de rebrote das plantas de biótipo resistente, tanto no calor quanto no frio. Como esse efeito não foi observado nos biótipos suscetíveis, isso pode indicar que a enzima está relacionada a metabolização de 2,4-D.

## REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VARGAS, L.; KARAM, D.; SILVA, A. F.; AGOSTINETTO, D. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: Embrapa, 2017. Circular técnica.

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P. **Manejo de buva (*Conyza spp.*)**. Comitê de Ação a Resistência aos Herbicidas, 2020.

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P. **Mapeamento da buva (*Conyza spp.*) com resistência a herbicidas**. Comitê de Ação a Resistência aos Herbicidas - HRAC-BR, junho/2021. Informe técnico.

ANGONESE, P. S. **Efeito de inibidores metabólicos e análise do transcriptoma de *Conyza sumatrensis* para caracterização do mecanismo de resistência ao herbicida 2,4-d relacionado à rápida necrose**. 2022. 141 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre (RS), 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/252787>. Acesso em: 12 dezembro 2024.

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 1., 1974, Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. ALAM. 1974.

BACCIN, L. C.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; VICTORIA FILHO, R. **Mechanisms of multiple resistance to herbicides in *Conyza spp.* complex**. Journal of Plant Protection Research. v. 62, n. 2, p. 113–121, 2022.

BAJWA, A. A.; SADIA, S.; ALI, H. H.; JABRAN, K.; PEERZADA, A. M.; CHAUHAN, B. S. **Biology and management of two important *Conyza* weeds: a global review**. Environ Sci Pollut Res. v. 23, p. 24694–24710, 2016.

BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. In: MARKUS, C.; BARROSO, A. A. M.; DALAZEN, G.; RONCATTO, E.; MEROTTO JUNIOR, A. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. p. 327-345.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 507-515, 2004.

CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. Resumos dos trabalhos técnico-científicos. Florianópolis: SBCPD, 1995. 456p. 13/12

CONSTANTIN, J. et al. **Buva: Fundamentos e recomendações para Manejo**. Ompipax editora. Curitiba PR. 104p. 2013.

COSTA, E. M.; JAKELAITIS, A.; ZUCHI, J.; PEREIRA, L. S.; VENTURA, M. V. A.; OLIVEIRA, G. S.; SOUZA, G. D.; SILVA, J. N. Simulated drift of Dicamba and 2,4-D on Soybeans: Effects of Application Dose and Time. **Bioscience Journal**. v. 36, n. 3, p. 857–864, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n3a2020-47742>. Acesso em: 19 novembro 2024.

CUMMINS, I. et al. Key role for a glutathione transferase in multiple-herbicide resistance in grass weeds. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, DC, v. 110, n. 15, p. 5812-5817, 2013.

DALAZEN, G.; MARKUS, C.; KASPARY, T. E.; PISONI, A.; GALLON, M., DE QUEIROZ, A. R. S.; JÚNIOR, A. M. Occurrence and importance of herbicide resistance caused by degradation enhancement for weed management. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 26-38, 2016.

FIGUEIREDO, M. R. A.; BARNES, H.; BOOT, C. M.; FIGUEIREDO, A. B. T. B.; NISSEN, S. J.; DAYAN, F. E.; GAINES, T. A. Identification of a Novel 2,4-D Metabolic Detoxification Pathway in 2,4-D-Resistant Waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 70, n. 49, p. 15380-15389, 2022. Disponível em: <https://doi:10.1021/acs.jafc.2c05908>. Acesso em: 12 dezembro 2024.

FIGUEIREDO, M. R. A.; LEIBHART, L. J.; REICHER, Z. J.; TRANEL, P. J.; NISSEN, S. J.; WESTRA, P.; BERNARDS, M. L.; KRUGER, G. R.; GAINES, T. A.; JUGULAM, M. Metabolism of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid contributes to resistance in a common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) population. **Pest Management Science**, Malden, v. 74, n. 10, p. 2356-2362, 2018.

FIGUEIREDO, M. R. A.; GAINES, T. A.; NISSEN, S. J. Resistência de plantas daninhas a herbicidas análogos das auxinas. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4 ed. Piracicaba; ESALQ. 2016.

FISHER, J. L.; SPRAGUE, C. L.; PATTERSON, E. L.; SCHRAMSKI, J. A. Investigations into differential glyphosate sensitivity between two horseweed (*Conyza*

canadensis) growth types. **Weed Science**, v. 71, n. 1, p. 22–28, 2023. Disponível em: <https://doi:10.1017/wsc.2022.69>. Acesso em: 10 dezembro 2024.

GAINES, T. A.; DUKE, S. O.; MORRAN, S.; RIGON, C. A.; TRANEL, P. J.; KÜPPER, A.; DAYAN, F. E. Mechanisms of evolved herbicide resistance. **Journal of Biological Chemistry**, v. 295, n. 30, p. 10307-10330, 2020.

GAINES, T. A. The quick and the dead: a new model for the essential role of ABA accumulation in synthetic auxin herbicide mode of action. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 12, p. 3383–3385, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa178>. Acesso em: 19 novembro 2024.

GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; KARAM, D.; NICODEMOS, L. C. Avaliação da influência da temperatura no desenvolvimento de buva, caruru e capim-amargoso. In: WORKSHOP SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS, 2012, Jaguariúna. Anais... Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012.

GAZZIERO, D. L. P. Control of Weeds in: No-tillage Cultivation. In: no-tillage cultivation of soybean and future research needs in south america, Foz do Iguacu. **Proceedings...** IRCAS, p.43-52, 1998.

HEAP, I. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Disponível em: <[www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)>. Acesso em 16 de setembro de 2024.

HEDGES, B. K.; SOLTANI, N.; ROBINSON, D. E.; HOOKER, D. C.; SIKKEMA, P. H. Control of glyphosate-resistant Canada fleabane in Ontario with multiple effective modes-of-action in glyphosate/dicamba-resistant soybean. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 99, n. 1, p. 78-83, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0067>. Acesso em: 21 novembro 2024.

LORENZI, H. (2014). Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. 7ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

LOUX, M.; STACHLER, J.; JOHNSON, B.; NICE, G.; DAVIS, V.; NORDBY, D. **Biology and management of horseweed**. Purdue University Extension. 2006. Disponível em: <http://www.extension.purdue.edu/extmedia/gwc/gwc-9-w.pdf>. Acesso em: 19 novembro 2024.

MAHAN, J. R.; DOTRAY, P. A.; LIGHT, G. G. Thermal dependence of enzyme function and inhibition; implications for, herbicide efficacy and tolerance. **Physiologia**

**plantarum**, v. 120, n. 2, p. 187-195, 2004. Disponível em: <https://doi:10.1111/j.0031-9317.2004.0255.x>. Acesso em: 14 dezembro 2024.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2º ed. Londrina: Inovação Distribuidora de Livros Ltda, 2015. 659p.

MONTGOMERY, G. B.; TREADWAY, J. A.; REEVES, J. L.; STECKEL, L. Effect of time of day of application of 2,4-D, dicamba, glufosinate, paraquat, and saflufenacil on horseweed (*Conyza canadensis*) control. **Weed Technology**, Champaign, v. 31, n. 4, p. 550-556, 2017.

NUNES, R. T.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; LORENZETTI, J. B.; DANILUSSI, M. T. Y.; SILVA, R. M. H. da; BARROSO, A. A. M. Soybean injury caused by the application of subdoses of 2,4-D or dicamba, in simulated drift. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 58, n. 4, p. 327–333, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03601234.2023.2173927>. Acesso em: 21 novembro 2024.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, n.1, p.317-347, 2010.

QUEIROZ, A. R. S. et al. Rapid necrosis: A novel plant resistance mechanism to 2,4-D. **Weed Science**, v. 68, n. 1, p. 6–18, 2019.

SCHRAMSKI, J.A.; SPRAGUE, C. L.; PATTERSON, E. L. Environmental cues affecting horseweed (*Conyza canadensis*) growth types and their sensitivity to glyphosate. **Weed Science**. v. 69, n. 4, p. 412–421, 2021. Disponível em: <https://doi:10.1017/wsc.2021.27>. Acesso em: 18 novembro 2024.

SILVA, F. M. L.; CAVALIERI, S. D.; SÃO JOSÉ, A. R.; ULLOA, S. M.; VELINI, E. D. Atividade residual de 2, 4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 29–36, 2011. Disponível em: <https://doi.org.10.7824/rbh.v10i1.85>. Acesso em: 18 novembro 2024.

SONG, Y. Insight into the mode of action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) as an herbicide. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 56, n. 2, p. 106-188, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jipb.12131>. Acesso em: 19 novembro 2024.

SOUTHAM, C. M.; EHRLICH, J. Effects of extracts of western red-cedar heartwood on certain wood-decaying fungi in culture. **Phytopathology**, v. 33, p. 517–524, 1943.

SOUZA, A. D. S.; LEAL, J. F. L.; MONTGOMERY, J. S.; ORTIZ, M. F.; SIMÕES ARAUJO, A. L.; MORRAN, S.; FIGUEIREDO, M. R. A.; LANGARO, A. C.; ZOBIOLE, L. H. S.; NISSEN, S. J.; GAINES, T. A.; PINHO, C. F. Nontarget-site resistance due to rapid physiological response in 2,4-D resistant *Conyza sumatrensis*: reduced 2,4-D translocation and auxin-induced gene expression. **Pest Management Science**, v. 79, n. 10, p. 3581-3592, 2023. Disponível em: <https://doi:10.1002/ps.7541>. Acesso em: 13 dezembro 2024.

VIDAL, R. A. et al. Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 309–315, 2007.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; CARVALHO, M. A. C.; MASSAROTO J. A.; KOGA, P. S.; CAMPOS, O. R. Germinação de sementes de duas espécies de *Conyza* em função da presença ou ausência de luz e interação com a adição de nitrato e ácido giberélico no substrato. **Ambiência**, v. 12, n. 2, p. 655-666, 2016. Disponível em: <https://doi:10.5935/ambiencia.2016.02.10>. Acesso em: 20 novembro 2024.

YAMASHITA, O. M. & GUIMARÃES, S. C. Germinação de sementes de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* em função da presença de alumínio no substrato. **Ciência Rural**, 41 (4): 599-601, 2011.

YASUOR, H.; OSUNA, M. D.; ORTIZ, A.; SALDAÍN, N. E.; ECKERT, J. W.; FISCHER, A. J. Mechanism of resistance to penoxsulam in late watergrass [*Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss.]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 57, p. 3653-3660, 2009.

YUAN, J. S.; TRANEL, P. J.; STEWART JUNIOR, C. N. Non-target-site herbicide resistance: a family business. **Trends in Plant**, v. 12, n. 1, p. 6-13, 2007.