

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM FUNÇÃO DE  
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS**

**LUÍS HENRIQUE CANOVA**

Passo Fundo

2022

**LUÍS HENRIQUE CANOVA**

**CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM FUNÇÃO DE  
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Agronomia.

Orientador:

Mauro Antônio Rizzardi

Passo Fundo

2022

CIP – Catalogação na Publicação

---

- C227c Canova, Luís Henrique  
Controle de plantas daninhas em função de características morfológicas [recurso eletrônico] / Luís Henrique Canova. – 2022.  
9.4 MB. ; PDF.
- Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2022.
1. Ervas daninhas – Controle. 2. Ervas daninhas – Imagens por sensoriamento remoto. 3. Herbicidas. I. Rizzardi, Mauro Antônio, orientador. II. Título.

CDU: 632.5

# ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



PPGAgro  
Programa de Pós-Graduação  
em Agronomia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

**“Controle de plantas daninhas em função de características morfológicas”**

Elaborada por

**Luis Henrique Canova**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em  
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

Aprovado em: 04/04/2022  
Pela Comissão Examinadora

**Dr. Mauro Rizzardi**  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientador - UPF

**Dr. Mário Bianchi**  
Examinador externo  
CCGL - Cruz Alta

**Dr. Anderson Nunes**  
Examinador externo  
IFGS - Sertão

**Dra. Nadia Canali Langaro**  
Coordenadora do PPGAgro

**Dr. Eraldo Lourenso Zanella**  
Diretor da Faculdade de Agronomia e  
Medicina Veterinária - FAMV/UPF

Dedico este trabalho aos meus pais e familiares que são meu alicerce e me motivam a seguir em frente por mais difícil que seja a jornada.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de utilizar este espaço para agradecer à todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa sempre, com saúde e forças para chegar até o final.

À minha família pelo apoio que sempre incondicional dado em todas as ocasiões.

Ao meu orientador Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi, que apesar da intensa rotina de sua vida acadêmica aceitou me orientar durante o mestrado. As suas valiosas indicações foram fundamentais.

À minha namorada que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico, auxiliando nos experimentos, inclusive nos finais de semana.

Aos meus colegas do PPGAgro pelas trocas de ideias e ajuda mútua, em especial à colega Serleni Sossmeier, que em inúmeras ocasiões contribuiu com o trabalho.

À Universidade de Passo Fundo e o seu corpo docente que demonstrou estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

Também quero agradecer à empresa ARPAC Drones, que me deu a oportunidade de conhecer e trabalhar com ferramentas e mapas gerados através de imagens obtidas por drones.

E finalmente à empresa Unity Agro, que me proporcionou recolocação no mercado de trabalho, mesmo com as dificuldades impostas pelo projeto e pelo mestrado.

*“To get something you never had, you have  
to do something you never did.”*

*DENZEL WASHINGTON*

## RESUMO

A presença de plantas daninhas é um dos principais problemas que impedem os produtores rurais de alcançarem patamares mais elevados de produtividade e de eficiência produtiva em suas propriedades. É de fundamental importância para o manejo adequado de plantas daninhas que haja uma correta identificação, enquanto a planta é jovem e suscetível aos tratamentos químicos menos complexos. Este trabalho tem como objetivo gerar dados que possam contribuir para o aprimoramento das ferramentas de manejo, bem como uso mais racional de herbicidas, visando o desenvolvimento de uma agricultura mais eficiente na utilização de recursos. O trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação de Plantas Daninhas da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF), onde plantas de picão-preto (*Bidens* spp.), capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) foram cultivadas em substrato até os 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a semeadura, a fim de se analisar a altura de planta, área foliar, cobertura de solo pela parte aérea de planta - calculada por software após captura de imagens de parte aérea - e a posterior avaliação de eficácia de controle químico quando sujeitadas a diferentes doses de herbicidas. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial, com quatro repetições. Os resultados demonstraram diferença entre o controle de plantas de picão-preto em função das doses de glifosato utilizadas e do estágio vegetativo, sendo que a menor dose (500 g e.a. ha<sup>-1</sup>) não controlou efetivamente as plantas aos 75 dias após a semeadura (DAS) e as doses de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> e 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> não controlaram efetivamente as plantas aos 60 DAS. No experimento com capim-amargoso, nenhuma das doses de produto testadas resultou em um controle eficiente das plantas aos 75 e 60 DAS e a menor dose de cletodim (96 g i.a. ha<sup>-1</sup>) em mistura com glifosato (1500 g e.a. ha<sup>-1</sup>) também não se mostrou eficiente no controle da planta daninha aos 45 DAS. Os resultados obtidos no experimento com azevém mostram que mesmo a menor dose de cletodim (96 g i.a. ha<sup>-1</sup>) em mistura com glifosato (1000 g e.a. ha<sup>-1</sup>) se mostrou eficiente para o controle em qualquer estágio de planta. Porém, pôde-se observar que plantas mais jovens (15 e 30 DAS) foram controladas mais rapidamente. A cobertura de solo pela parte aérea das plantas daninhas calculada a partir de imagens correlacionou-se positivamente com a área foliar das plantas (picão-preto: r = 0,92; capim-amargoso: r = 0,86; azevém r = 0,64), permitindo validar o método de aquisição aérea de imagens. A identificação de plantas daninhas em estágios iniciais de crescimento é factível. A partir destes resultados, pode-se dizer que é possível gerar mapas de infestação de plantas de picão-preto, capim-amargoso e azevém com alta capacidade de distinção entre plantas daninhas e culturas de interesse.

Palavras-chave: 1. Detecção. 2. Imagens. 3. Manejo.

## ABSTRACT

Weeds are one of the main problems that impede rural producers from reaching higher levels of productivity and productive efficiency on their properties. It is fundamental for the proper management of weeds that there is a correct identification, while the plant is young and susceptible to less complex chemical treatments. This work aims to generate data that can contribute to the improvement of management tools, as well as a more rational use of herbicides, aiming at the development of a more efficient resources usage in agriculture. The experiments were carried out in a greenhouse at the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine of the University of Passo Fundo (UPF), where Hairy Beggarticks (*Bidens* spp.), Sourgrass (*Digitaria insularis*) and Italian Ryegrass plants (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) were cultivated in substrate until 15, 30, 45, 60 and 75 days after sowing, in order to analyze plant height, leaf area, soil cover by the aerial part of the plant - calculated by software after capturing aerial part images - and the subsequent evaluation of chemical control effectiveness when subjected to different doses of herbicides. The experimental design was completely randomized, with treatments arranged in a factorial scheme, with four replications. The results show a difference between the control of Hairy Beggarticks plants depending on the doses of glyphosate used and the vegetative stage, being that the lowest dose (500 g a.e. ha<sup>-1</sup>) did not effectively control the plants at 75 days after sowing (DAS) and doses of 500 g a.e. ha<sup>-1</sup> and 1000 g a.e. ha<sup>-1</sup> did not effectively control the plants at 60 DAS. In the Sourgrass experiment, none of the product doses tested resulted in an efficient control of the plants at 75 and 60 DAS and the lowest dose of clethodim (96 g a.i. ha<sup>-1</sup>) mixed with glyphosate (1500 g a.e. ha<sup>-1</sup>) was also not efficient in weed control at 45 DAS. The results obtained in the experiment with Italian Ryegrass show us that even the lowest dose of clethodim (96 g a.i. ha<sup>-1</sup>) mixed with glyphosate (1000 g a.e. ha<sup>-1</sup>) was efficient to control plants at all stages. However, it was observed that younger plants (15 and 30 DAS) were controlled more quickly. Soil cover by the aerial part of the weeds calculated from images obtained high values of correlation with the leaf area of the plants, (Hairy Beggarticks:  $r = 0.92$ ; Sourgrass  $r = 0.86$ ; Italian Ryegrass  $r = 0.64$ ), validating the aerial image acquisition method. As discussed and demonstrated by several researchers, the identification of weeds in early stages of growth is feasible. From these results, we can say that it is possible to generate infestation maps of Hairy Beggarticks, Sourgrass and Italian Ryegrass plants with accurate detection of weed and crops.

Key words: 1. Detection. 2. Images. 3. Management.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>12</b>
2.1 Plantas daninhas a serem estudadas	12
2.1.1 Picão-preto ( <i>Bidens</i> spp.)	12
2.1.2 Capim-amargoso ( <i>Digitaria insularis</i> )	13
2.1.3 Azevém ( <i>Lolium perenne</i> var. <i>multiflorum</i> )	14
2.2 Detecção de plantas daninhas por imagens	14
2.3 Estádios de controle de plantas daninhas em pós-emergência	18
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
3.1 Controle de Picão-preto ( <i>Bidens</i> spp.)	22
3.2 Controle de capim-amargoso ( <i>Digitaria insularis</i> )	25
3.3 Controle de azevém ( <i>Lolium perenne</i> var. <i>multiflorum</i> )	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>28</b>
4.1 Picão-preto ( <i>Bidens</i> spp.)	28
4.2 Capim-amargoso ( <i>Digitaria insularis</i> )	38
4.3 Azevém ( <i>Lolium perenne</i> var. <i>multiflorum</i> )	45
4.4 Viabilidade da identificação de plantas daninhas no melhor momento de controle	50
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>53</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>64</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de commodities agrícolas do planeta. O agronegócio brasileiro é um dos pilares da economia, o qual ajuda o país a manter sua balança comercial favorável. Diante da crescente demanda pelos produtos agropecuários brasileiros, deve-se buscar formas de produzir mais em menos espaço e com menor uso de recursos naturais, ou seja, de forma mais eficiente.

Problemas relacionados ao controle de plantas daninhas são um dos fatores que impedem os produtores rurais brasileiros de alcançarem patamares mais elevados de eficiência produtiva. Plantas de picão-preto (*Bidens* spp.), capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e azevém (*Lolium multiflorum*) causam grandes danos às lavouras comerciais de diversas culturas e estão difundidas em grande parte do território nacional.

É de fundamental importância para o manejo adequado destas plantas daninhas que haja uma correta identificação enquanto a planta ainda é jovem e suscetível a tratamentos químicos menos complexos, gerando menores custos e impactos ambientais. Portanto, para alcançar a sustentabilidade, com redução de volume de herbicidas utilizados e dos custos de produção, é necessário lançar mão de ferramentas de precisão para a identificação e a aplicação de tratamentos.

Sensores ópticos para detecção e identificação de plantas daninhas estão tomando cada vez mais espaço na agricultura, bem como ferramentas que proporcionam a pulverização seletiva de plantas, ao invés da pulverização em área total. Os sistemas de detecção de plantas daninhas funcionam através da obtenção de imagens aéreas com o auxílio de drones, aeronaves e até mesmo satélites. Esses sistemas identificam as plantas em função do diâmetro e espaço que ocupam, e geram mapas de infestação.

Do ponto de vista de manejo, busca-se com este trabalho verificar a relação das características morfológicas com o momento ideal de controle utilizando ferramentas de detecção

por imagem aérea, a hipótese é de que a altura influencia na taxa de cobertura de solo pela planta, sendo capaz de ser detectada por ferramentas de imagem aérea, auxiliando no posicionamento do melhor momento de controle.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão de literatura tem o intuito de apresentar informações relacionadas ao controle químico em diferentes épocas de semeadura de três espécies de plantas daninhas de difícil controle (*Bidens* spp., *Digitaria insularis* e *Lolium multiflorum*), com grande ocorrência nas áreas produtoras de grãos do País. Para o levantamento das informações foram consultados artigos científicos publicados, sobretudo, nos últimos dez anos, considerando as principais descobertas sobre o tema da pesquisa publicadas em revistas científicas da área.

### 2.1 Plantas daninhas a serem estudadas

Neste tópico pretende-se abordar as três plantas daninhas escolhidas para constituir o experimento, as quais são de grande importância na maioria dos cultivos de grãos.

#### 2.1.1 Picão-preto (*Bidens* spp.)

*Bidens* spp. está presente em praticamente todo o território brasileiro, além de vários outros habitats tropicais. Entre as características presentes na planta, a abundante e longa produção de propágulos, o fotoblastismo preferencial, o uso eficiente da água, bem como características morfofisiológicas específicas, conferem vantagem na competição com as principais culturas anuais e perenes. A competição individual é tolerada pelas culturas, porém a espécie desenvolve-se em

altas densidades nas áreas cultivadas, o que lhe confere grande capacidade competitiva (SANTOS; CURY, 2011).

Ainda segundo Santos e Cury (2011), a espécie pode promover elevada extração de nutrientes; quanto maior a extração, maior será o potencial competitivo com a cultura de interesse. É capaz de acumular teores e quantidades totais relativamente altos de nitrogênio, fósforo e micronutrientes, além de ser uma das mais agressivas no uso da água e de outros recursos do solo nos principais cultivos agrícolas do Brasil.

A resistência de plantas daninhas é um fator de grande importância para a agricultura, pois dificulta ainda mais o manejo das áreas cultivadas. Em 2016 *B. pilosa* foi citada pela primeira vez como uma planta de múltipla resistência à herbicidas inibidores de fotossistema II (atrazina) e inibidores de ALS (imazethapyr), depois de estudo realizado em Quarto Centenário, Paraná, Brasil (TAKANO et al., 2016).

### **2.1.2 Capim-amargoso (*Digitaria insularis*)**

O manejo do capim-amargoso se destaca como um dos principais desafios enfrentados pelos produtores rurais brasileiros. Características relacionadas a sua biologia e ecologia, associado à ampla distribuição de biótipos resistentes ao glifosato, tornam essa planta daninha uma espécie de difícil controle (GAZZIERO et al., 2019). No Brasil, as infestações de áreas agrícolas com biótipos de capim-amargoso resistentes ao glifosato, resultam em aumento significativo nos custos de produção das culturas (SILVEIRA et al., 2018).

A translocação limitada do herbicida, a degradação rápida do glifosato e as alterações de dois aminoácidos na enzima EPSPS foram os responsáveis pela resistência dessa espécie daninha ao referido herbicida (CARVALHO et al., 2012). Um estudo de monitoramento da resistência de *D. insularis* nas regiões agrícolas brasileiras, com exceção da região norte, constatou o aumento da frequência e da dispersão de populações resistentes, entre 2012 e 2015 (LOPEZ OVEJERO et al., 2017). Os autores explicam que a rápida disseminação da resistência, de 2012 a 2015, foi

consequência das características biológicas da espécie, associadas às práticas agrícolas inadequadas.

### **2.1.3 Azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*)**

O azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) é uma espécie anual, de inverno, utilizada principalmente como forrageira e para fornecimento de palhada para o sistema plantio direto (VARGAS et al., 2015), considerada como a forrageira mais utilizada no Rio Grande do Sul e em regiões de clima subtropical e temperado do mundo (DORS et al., 2010). A sua característica de grande facilidade de dispersão torna a planta uma das espécies gramíneas de maior importância quando tratamos de plantas daninhas em culturas de cereais de inverno, pomares de frutíferas e mesmo em culturas de verão, quando em condições climáticas ideais (DORS et al., 2010; RIZZARDI et al., 2007; ZOBIOLE et al., 2018).

A aplicação repetida e continuada de glifosato selecionou biótipos de azevém resistentes. Contudo, após a identificação do azevém resistente ao glifosato, o uso intenso de somente inibidores da ALS ou de somente inibidores da ACCase de forma repetida selecionou biótipos de azevém resistentes a esses mecanismos (VARGAS et al., 2015). No Brasil, segundo o banco de dados internacional de plantas daninhas resistentes a herbicidas (HEAP, 2022) a espécie possui casos de resistência ao glifosato, ao iodosulfurom-metílico, resistência múltipla ao glifosato e cletodim, resistência múltipla ao cletodim e iodosulfurom-metílico e resistência múltipla ao glifosato, iodosulfurom-metílico e piroxsulam. As inúmeras resistências acabam por limitar o número de mecanismos de ação que controlam a espécie, dificultando cada vez mais o manejo.

## **2.2 Detecção de plantas daninhas por imagens**

Práticas de sensoriamento remoto estão sendo adotadas para obter imagens atualizadas das condições do campo. As plataformas mais comuns de sensoriamento remoto incluem satélites,

aviões, balões, helicópteros e drones, através de uma variedade de sensores. Em comparação com as imagens de satélite, as imagens adquiridas por drones geralmente têm vantagens temporais (possibilidade de obtenção diária) e resoluções mais altas (ZHANG; KOVACS, 2012).

Plantas daninhas são grandes problemas ecológicos e econômicos e foram uma das primeiras aplicações dos drones na agricultura (HUNT JR.; DAUGHTRY, 2017). De maneira geral, a agricultura de precisão pode ser dividida em coleta de dados, mapeamento da variabilidade do campo, tomada de decisão e práticas de manejo (ZHANG; KOVACS, 2012). No manejo de precisão de plantas daninhas, os drones possuem um grande potencial para gerenciar culturas e pastagens, detectar infestações, avaliar danos por herbicidas e monitorar de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Dentre as vantagens do uso de drones, pode-se citar a grande facilidade operacional, o baixo custo e a grande variedade de recursos para obtenção de imagens de forma ágil (HUANG et al., 2017).

O processo de reconhecimento e descrição de uma planta através de uma abordagem baseada em imagem envolve definir e medir algumas características visuais específicas, como cor (vermelho, verde e azul), forma (área, perímetro, eixo maior e menor) e características de textura (contraste de intensidade) (GOLZARIAN; FRICK, 2011). Ao mesmo tempo, a planta daninha a ser detectada deve ter uma assinatura espectral específica identificável pelas bandas da câmera utilizada (TAMOURIDOU et al., 2016). A razão entre o comprimento e largura da vegetação é uma das características mais significativas para um modelo de classificação baseado na fusão entre tamanho de pixel e recursos de análise baseada em objeto (GAO et al., 2018).

A detecção de espécies de plantas daninhas, apesar de passar por grande evolução, ainda se dá com 90 a 95% de precisão em espécies de folha larga e de 60 a 65% de precisão para espécies gramíneas; estas últimas obtêm menores índices de precisão por possuírem similaridades morfológicas entre muitas espécies. Uma das formas de melhorar a precisão da detecção de plantas daninhas é através da combinação de características das plantas, como por exemplo cor, tamanho, formato e textura. Outra ferramenta interessante que auxilia na detecção é a diferenciação entre as linhas de cultivo e a vegetação na entrelinha com o uso de algoritmos com recursos de identificação espectral e espacial (BAGAVATHIANNAN, 2020).

Um dos métodos utilizados para o reconhecimento de plantas através de imagens é conhecido como “deep learning”, que permite que modelos computacionais que são compostos de várias camadas de processamento aprendam representações de dados com vários níveis de abstração, através de algoritmos que indicam para a máquina quando seus parâmetros internos para calcular a representação em cada camada devem ser alterados, a partir da representação na camada anterior (LECUN; BENGIO; HINTON, 2015). Outro método consiste na análise baseada em objeto, o qual identifica espectralmente e espacialmente objetos homogêneos de acordo com seus resultados de segmentação e então combina informações espectrais, texturais e geométricas de objetos para aumentar os resultados da classificação (GAO et al., 2018).

Estudos demonstram a importância de uma alta resolução espacial das imagens utilizadas para detectar plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento, bem como para detecção da cultura e da linha de cultivo. Utilizando imagens RGB com resolução de 0,8 cm por pixel houve dificuldade de distinção entre diferentes espécies daninhas, levando em consideração que a mistura de várias espécies de plantas no campo dificulta a precisão de distinção (SAPKOTA et al., 2020). Com mapas de detecção gerados a partir de imagens com 0,6 cm de resolução por pixel, De Castro et al. (2018) reforça a necessidade de alta resolução de imagens para uma correta identificação de plantas daninhas.

Zou et al., (2021) conseguiram obter um ortomosaico com resolução de 5 mm por pixel em um voo com drone à 20m de altura. Desta imagem, após treinamento de algoritmo, chegaram a um índice de segmentação entre cultura comercial e plantas daninhas de 93,5%. Porém, relatam dificuldade de processamento da imagem, com necessidade de segmentação em imagens menores em função do tamanho gerado por uma resolução e qualidade de imagem tão altos. Huang et al., (2018) também relatam dificuldade de processamento e necessidade de segmentação de um ortomosaico com resolução de 0,5 cm por pixel, porém os resultados obtidos em relação à geração de um mapa de infestação são promissores, com 94% de acurácia.

Para conseguir uma resolução de 0,3cm por pixel, Khan et al., (2021) precisaram realizar voo à uma altura de 2m do solo, o que demonstra limitação de alguns equipamentos. Já Rozemberg, Kent e Blank (2021) utilizaram uma câmera de 12,71 megapixel e precisaram de uma altura de

voo de 15m em relação ao solo para conseguir uma resolução de 0,5cm por pixel, relatando a alta quantidade de imagens e a baixa autonomia de bateria do drone como dificuldades.

Em trabalho visando desenvolver um método capaz de reconhecer espécies de plantas em imagens coloridas por meio de uma rede neural convolucional, foram utilizadas plantas entre 2 e 10 dias de idade com folhas entre 10 mm e 40 mm de comprimento. A rede neural foi treinada e testada com um total de 10413 imagens de plantas de 22 espécies, obtidas de seis conjunto de dados diferentes com variação de resolução de imagem, luminosidade e tipo de solo. A rede foi capaz de alcançar uma precisão de classificação de 86,2% (DYRMANN; KARSTOFT; MIDTIBY, 2016).

Em trabalho com objetivo de avaliar a efetividade do método de estimativa da área foliar da canola a partir de imagens digitais, Dalmago et al. (2017) mediram a área foliar de cada folha de plantas de canola com um planímetro ótico e, posteriormente, fotografaram com máquina fotográfica digital. As imagens obtidas foram processadas automaticamente por meio de algoritmo desenvolvido especificamente para estimativa da área foliar. Como resultado, os autores puderam concluir que o método de estimativa baseado em imagens digitais apresenta elevada acurácia na estimativa da área foliar da canola, em relação ao método padrão.

Um sistema de detecção de plantas daninhas baseado em imagens para futuro uso em robôs foi desenvolvido com a finalidade de discriminar as plantas daninhas filtrando as imagens para extrair cores e características da área, rotular cada objeto e, finalmente, classificar as plantas baseado na área ocupada. Os resultados deste estudo sugerem que a proposta de algoritmo para detecção de plantas daninhas tem alto desempenho e precisão validada com índices de sensibilidade e especificidade acima de 90% (PULIDO-ROJAS; MOLINA-VILLA; SOLAQUE-GUZMÁN, 2016).

### 2.3 Estádios de controle de plantas daninhas em pós-emergência

Como resultados de um trabalho com plantas daninhas (*Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli* e *Setaria viridis*) em diferentes alturas de planta (10, 20 e 30 cm), puderam ser observadas maiores produtividades de milho quando as plantas daninhas foram controladas com no máximo 10 cm de altura, além da maior facilidade de controle (menor dose de produto requerida) em comparação com plantas de 20 ou 30 cm de altura (SOLTANI; NURSE; SIKKEMA, 2016).

Ao se trabalhar com plantas de 10 e 30 cm das espécies *Amaranthus palmeri*, *Echinochloa crus-galli* e *Ipomoea lacunosa*, observou-se efeitos de antagonismo nas misturas, principalmente nas aplicações em plantas de 30 cm, o que leva os autores a concluir que a efetividade de uma mistura dependerá das espécies presentes no campo e do tamanho das plantas no momento da aplicação (MEYER; NORSWORTHY, 2019)

Buscando avaliar a eficácia de 2,4-D colina + glifosato no controle de espécies de plantas daninhas (*Amaranthus palmeri*, *Salsola tragus* e *Kochia scoparia*) em três alturas de planta (3 a 5 cm, 10 a 15 cm e 20 a 30 cm) obteve-se maior nível de controle paraplantas de 3 a 5 cm, com destaque para *Amaranthus palmeri* que obteve 93% de controle nesse estágio em comparação com 74% de controle em plantas com 10 a 30 cm (MANUCHEHRI; DOTRAY; KEELING, 2019).

Com objetivo de testar a redução de dose para o herbicida acifluorfen + bentazon no controle de picão-preto (*Bidens* spp.) e guanxuma (*Sida rhombifolia*), em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas daninhas, Rizzardi e Fleck (2004) constataram que o grau de controle de picão-preto variou entre as épocas de aplicação, independentemente das doses utilizadas. O melhor controle foi na aplicação em plantas daninhas com quatro folhas. A aplicação sobre plantas com duas folhas foi muito precoce, pois permitiu reinfestação posterior de plantas daninhas. Já a aplicação sobre plantas com seis folhas mostrou menor sensibilidade ao herbicida, especialmente no caso de guanxuma.

Avaliou-se o efeito de doses reduzidas da mistura comercial composta de fluazifop-p-butil + fomesafen, aplicada para o manejo de plantas daninhas infestantes de lavouras de feijão. Os resultados do trabalho mostram que doses equivalentes a 62,5% (1,25 L ha<sup>-1</sup>) da dose comercial já apresentam resultados de controle de 100% aos 14, 28 e 35 dias após o tratamento em plantas de 2 a 4 folhas, enquanto para obter o mesmo resultado de controle para plantas de 4 a 8 folhas foi necessário a utilização de 87,5% (1,75 L ha<sup>-1</sup>) da dose comercial recomendada (GALON et al., 2018).

Correia, Acra e Balieiro (2015) obtiveram baixo nível de controle populações de *Digitaria insularis* pelo herbicida glifosato, isolado e em mistura com com graminicidas em estágio reprodutivo, com cerca de 1 m de altura. Mesmo aplicações sequenciais (2,16 kg e. a. ha<sup>-1</sup> + 0,108 kg i. a. ha<sup>-1</sup> seguido de 1,44 kg e. a. ha<sup>-1</sup> + 0,108 kg i. a. ha<sup>-1</sup>) de glifosato + cletodim obtiveram controle de apenas 58,8% aos 55 dias após a aplicação.

Em trabalho visando relacionar a interação entre herbicidas inibidores da ACCase e diferentes formulações de glifosato no controle de *D. insularis*, foram utilizadas diferentes misturas de quatro graminicidas e três formulações de glifosato, aplicadas em plantas com quatro folhas e em plantas com 3-4 perfilhos. Todos os tratamentos foram efetivos (> 80% de controle), com exceção do uso de glifosato isolado (sal potássico e sal de amônio) quando aplicados em plantas em estágio inicial. Já nas plantas em perfilhamento, o controle foi comprometido, mesmo tendo doses corrigidas em função do estágio vegetativo (BARROSO et al., 2014).

Dors et al., (2010) avaliaram o grau de tolerância dos genótipos diploides e tetraploides de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) ao herbicida glifosato e constataram que os estádios fenológicos das plantas de ambos os genótipos afetam o grau de tolerância ao glifosato, ou seja, em estádios mais avançados de desenvolvimento o controle do azevém é menor, exceto para o estágio de pré-florescimento, no qual a planta é mais suscetível que o estágio de quatro perfilhos. Christoffoleti et al., (2005) buscaram herbicidas alternativos para controle de azevém resistente ao glifosato em diferentes estádios fenológicos e, com os resultados obtidos, puderam afirmar que quanto mais avançado o estágio de crescimento, mais difícil será o controle pelo glifosato, principalmente na dose de 960 g a.i. ha<sup>-1</sup>. Com o incremento na dose de glifosato, observou-se incremento significativo no controle em todos os estádios fenológicos avaliados; a mistura de

glifosato + cletodim, paraquat + diuron a 500 + 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>, em todas as fases de aplicação e cletodim e paraquat + diuron a 300 + 150 g a.i. ha<sup>-1</sup> nos estádios iniciais até a pré-floração mostraram-se como excelentes alternativas de manejo dessas populações.

Plantas de *Conyza sumatrensis* foram classificadas em três estádios de desenvolvimento (estádio 1: plantas com 8 folhas, estágio 2: plantas com 19 folhas e estágio 3: plantas com 45 folhas totalmente expandidas), sendo o maior controle observado nos estádios iniciais de desenvolvimento (ZOBIOLE et al., 2018). Os resultados deste experimento condizem com os resultados obtidos em outro trabalho semelhante, onde se buscou avaliar o desempenho de alguns herbicidas no controle de *C. bonariensis* resistente ao glifosato em diferentes estaturas. Neste trabalho pôde-se observar que o estágio de desenvolvimento está diretamente relacionado com a suscetibilidade a herbicidas, principalmente quando se trata de produtos de contato (SCHNEIDER; RIZZARDI; BIANCHI, 2019).

Em trabalho semelhante, buscou-se avaliar a eficiência do manejo de herbicidas, em aplicações únicas e sequenciais, no controle de *Conyza* spp., em dois estádios de desenvolvimento: de 4 a 6 folhas (3 a 5 cm) e 20 folhas (15 a 20 cm). Os resultados obtidos mostram que em plantas menores o controle é facilitado, porém existem possibilidades de se realizar um controle efetivo mesmo havendo plantas maiores, mas há necessidade de uso de mais mecanismos de ação e maior número de aplicações (CESCO et al., 2019).

Oliveira Neto et al. (2010) constataram que o controle de *Conyza bonariensis* é obtido quando as plantas apresentaram altura máxima de 11 cm para a aplicação de glifosato + 2,4-D (960 + 496 g e.a. ha<sup>-1</sup>) e 10 cm para a aplicação de glufosinato (400 g i.a ha<sup>-1</sup>), depois de avaliações de eficiência dos herbicidas aplicados em diferentes estádios de desenvolvimento (cotiledonar ou 0, 7, 14, 21 e 28 cm de altura).

Em trabalho realizado com *Conyza* spp., em dois estádios diferentes (4 a 6 folhas e 10 a 12 folhas), utilizando herbicidas mimetizadores de auxina (Dicamba e 2,4-D), misturados ou não ao glifosato, também pôde-se constatar que as plantas daninhas mais jovens demandaram menor dose de herbicidas, tanto para 95% quanto para 80% de controle (OSIPE et al., 2017).

Santos et al. (2014) demonstraram que os estádios de desenvolvimento alteram a eficácia dos herbicidas, e aplicações em estádios avançados de desenvolvimento diminuem a eficácia de controle em trabalho buscando avaliar a resposta de quatro biótipos *Conyza sumatrensis* à diferentes doses dos herbicidas clorimuron-etílico, glifosato e à associação de clorimuron-etílico + glifosato em três estádios vegetativos distintos (altura de 0,5-1 cm e 3-4 folhas; altura 1-2 cm e 6-7 folhas; e altura de 10-12 cm e 12-14 folhas).

Em experimento com objetivo de avaliar o efeito da adição do 2,4-D ao glifosato visando o controle de espécies de plantas daninhas consideradas de difícil controle (*Commelina benghalensis*, *Richardia brasiliensis*, *Euphorbia heterophylla*, *Spermacoce latifolia*, *Ipomoea grandifolia* e *Conyza* spp.), pôde-se observar que plantas mais desenvolvidas são mais dificilmente controladas, por muitas vezes requerendo ajustes de doses ou associação de diferentes herbicidas (TAKANO et al., 2013).

Para um manejo eficiente, do ponto de vista econômico, ecológico e social, deve haver um amplo trabalho de identificação e planejamento de ações de forma ágil, para que as plantas daninhas sejam controladas nos estádios vegetativos iniciais, enquanto ainda são suscetíveis à menores doses e misturas menos complexas de herbicidas. Percebe-se a necessidade da evolução dos conhecimentos e de ferramentas ligadas à detecção e mapeamento de plantas daninhas, bem como por em prática conhecimentos sobre manejo já divulgados pela pesquisa, visando uma agricultura eficiente e sustentável.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo e se estenderam durante o segundo semestre de 2020 e o ano de 2021. Foram comparadas doses de herbicida em diferentes alturas de planta para cada espécie (*Bidens* spp., *Digitaria insularis* e *Lolium perenne* var. *multiflorum*). O

delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial, com quatro repetições.

### 3.1 Controle de Picão-preto (*Bidens* spp.)

Os tratamentos consistiram na aplicação de diferentes doses de glifosato (Tabela 1) em plantas de picão-preto com diferentes idades (15, 30, 45, 60, e 75 dias após a semeadura), comparados com o tratamento testemunha, sem herbicida.

Como ainda não temos registro de plantas de picão-preto resistentes ao herbicida glifosato, para seu controle foi utilizado apenas esse herbicida, em aplicação única, com doses que variaram de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> até 2000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato (Zapp Qi®), visto que a recomendação da bula do produto varia de doses entre 350 g e.a. ha<sup>-1</sup> até 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> (em aplicação sequencial de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 500 g e.a. ha<sup>-1</sup>) ou 750 g e.a. ha<sup>-1</sup> em aplicação única (Syngenta Brasil, 2021).

**Tabela 1.** Doses do herbicida glifosato aplicadas para controle de picão-preto. Passo Fundo (RS), 2020.

Tratamentos	Dose (L ha <sup>-1</sup> )	Dose (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-----	-----
Glifosato <sup>1</sup>	1,0	500
Glifosato	2,0	1000
Glifosato	3,0	1500
Glifosato	4,0	2000

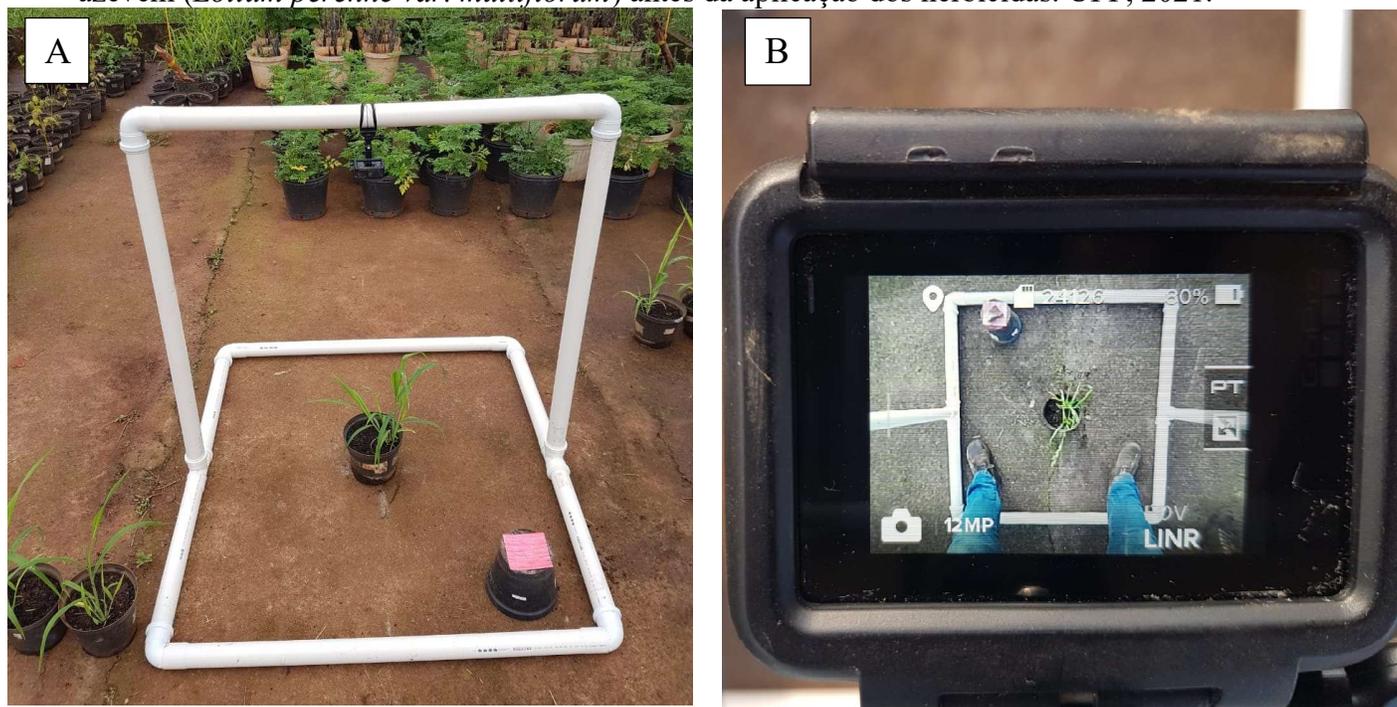
<sup>1</sup>Zapp Qi (glifosato, 500 g e.a. L<sup>-1</sup>)

As sementes foram semeadas em bandejas de isopor em épocas diferentes a fim de se obter gradientes de épocas de emergência. Após a emergência, foram transplantadas quatro plantas para cada vaso plástico com capacidade volumétrica de 4 litros, contendo substrato. Tanto as bandejas com sementes quanto os vasos com plantas foram mantidos sob irrigação diária.

Aos 75 dias após a semeadura das primeiras plantas procedeu-se a medição da altura, onde três das plantas contidas em cada vaso foram cortadas rente ao solo e posteriormente medidas com régua milimetrada. Na sequência fez-se a quantificação da área foliar, utilizando as folhas retiradas das plantas que posteriormente haviam sido medidas para altura, as quais foram submetidas à medição com uso de um integrador de área foliar Licor, modelo LI 3100C para obtenção da área foliar de cada planta. Finalizadas as medições, os dados de cada planta foram anotados e fez-se a média da altura e da área foliar para cada idade de planta.

Na planta restante no vaso procedeu-se a captura de imagem (Figura 1). Para isso foi desenvolvido um suporte com regulagem de altura, visando imobilizar a câmera à uma distância 164 cm do solo, tendo em vista que o software utilizado para cálculo da porcentagem da cobertura de solo pela parte aérea das plantas é primordialmente idealizado para smartphones, onde acaba-se capturando a imagem à altura do torso. A câmera utilizada foi uma GoPro Hero 5 Black com resolução de 12 megapixel, configurada na resolução máxima e no modo de captura de imagem linear. A partir das imagens obtidas da planta, foi utilizado um software (Canopeo) para cálculo da porcentagem da cobertura de solo pela parte aérea de planta, com as seguintes configurações: proporção de vermelho para verde 0,95; proporção de azul para verde 0,95; excesso mínimo verde 20 (Apêndices 16, 17 e 18). Com os resultados obtidos para porcentagem de cobertura de solo pela parte aérea de cada planta, realizou-se o cálculo da médias dos valores para cada idade de planta.

**Figura 1** – Estrutura montada para fixação da câmera (A) e captura de imagem de plantas de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) antes da aplicação dos herbicidas. UPF, 2021.



O cálculo da cobertura de solo pela parte aérea de planta é necessário para que se possa averiguar, com base na literatura atual, se a tecnologia de mapeamento de plantas daninhas se adequa às necessidades do ponto de vista de identificação e manejo precoce, nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta daninha, momento em que esta é mais suscetível aos herbicidas.

Na sequência foram aplicados os tratamentos herbicida (Apêndice 3), com o auxílio de pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub> com pontas de pulverização do tipo jato plano XR 11002 com espaçamento de 0,50 m entre si, na altura de 0,50 m acima do alvo, com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. Após a aplicação dos herbicidas, os vasos com as plantas foram mantidos em casa de vegetação e irrigados (Apêndice 4), a fim de que o estresse hídrico não afetasse os resultados de controle.

### 3.2 Controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*)

Devido ao fato de sabidamente trabalhar com um biótipo de capim-amargoso resistente ao herbicida glifosato, optou-se por realizar o experimento com aplicação de doses fixas deste herbicida e diferentes doses do graminicida cletodim, pois foi constatado um efeito sinérgico entre estes dois herbicidas quando em mistura para controle de capim-amargoso resistente ao glifosato, quando em comparação com a aplicação apenas do herbicida cletodim (MELO et al., 2012).

A dose recomendada em bula do herbicida Zapp Qi® para controle de capim-amargoso é de 1400 g e.a. ha<sup>-1</sup> (Syngenta Brasil, 2021), já as doses do herbicida Poquer (cletodim) variam de 96 g i.a. ha<sup>-1</sup> até 336 g i.a. ha<sup>-1</sup> (192 g i.a. ha<sup>-1</sup> + 144 g i.a. ha<sup>-1</sup>) (ADAMA Global, 2022). Portanto, em associação, utilizou-se 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato associado com doses que variaram de 96 g i.a. ha<sup>-1</sup> até 384 g i.a. ha<sup>-1</sup> de cletodim.

Os tratamentos consistiram na aplicação de diferentes doses de glifosato + cletodim (Tabela 2) em plantas de capim-amargoso com diferentes idades (15, 30, 45, 60 e 75 dias a partir da semeadura).

**Tabela 2.** Doses do herbicida glifosato + cletodim aplicadas para controle de capim-amargoso. Passo Fundo (RS), 2020.

Tratamentos	Dose (L ha <sup>-1</sup> )	Dose ( g e.a. ha <sup>-1</sup> ou g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-----	-----
Glifosato <sup>1</sup> + cletodim <sup>2</sup>	3,0 + 0,4	1500 + 96
Glifosato + cletodim	3,0 + 0,8	1500 + 192
Glifosato + cletodim	3,0 + 1,2	1500 + 288
Glifosato + cletodim	3,0 + 1,6	1500 + 384

<sup>1</sup>Zapp Qi® (glifosato, 500 g e.a. L<sup>-1</sup>); <sup>2</sup>Poquer (cletodim, 240 g L<sup>-1</sup>)

Os procedimentos de semeadura, condução e aplicação foram os mesmos descritos para o Experimento 3.1.

### 3.3 Controle de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*)

Devido ao fato de, assim como no experimento com capim-amargoso, sabidamente ocorrerem biótipos de azevém resistentes ao herbicida glifosato, o experimento foi realizado com a aplicação de doses fixas deste herbicida associado a diferentes doses do graminicida cletodim.

A dose recomendada em bula do herbicida Zapp Qi® para controle de azevém é de 1050 g e.a. ha<sup>-1</sup> (Syngenta Brasil, 2021), já a dose recomendada para o herbicida Poquer (cletodim) é de 103,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> (ADAMA Global, 2022). Assim como no experimento com capim-amargoso, por se tratar de uma associação de herbicidas foram utilizados 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato e doses de cletodim que variaram de 96 g i.a. ha<sup>-1</sup> até 384 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

Os tratamentos consistiram na aplicação de diferentes doses de glifosato + cletodim (Tabela 3) em plantas de azevém com diferentes idades (15, 30, 45, 60 e 75 dias a partir da semeadura).

**Tabela 3.** Doses do herbicida glifosato + cletodim aplicadas para controle de azevém. Passo Fundo (RS), 2020.

Tratamentos	Dose (L ha <sup>-1</sup> )	Dose ( g e.a. ha <sup>-1</sup> ou g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-----	-----
Glifosato <sup>1</sup> + cletodim <sup>2</sup>	2,0 + 0,4	1000 + 96
Glifosato + cletodim	2,0 + 0,8	1000 + 192
Glifosato + cletodim	2,0 + 1,2	1000 + 288
Glifosato + cletodim	2,0 + 1,6	1000 + 384

<sup>1</sup> Zapp Qi® (glifosato, 500 g e.a. L<sup>-1</sup>); <sup>2</sup> Poquer (cletodim, 240 g L<sup>-1</sup>)

Os procedimentos de semeadura, condução, aplicação foram os mesmos descritos para o Experimento 3.3.1.

As avaliações de controle das plantas daninhas foram realizadas visualmente, em escala percentual associada ao índice de 0 a 100 %, escala em que 0% representa ausência de efeito do herbicida sobre as plantas, e 100% representa morte das plantas. As avaliações foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas para controle de azevém e aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 63 dias após a aplicação dos herbicidas para controle de picão-preto e capim-amargoso. A partir dos resultados das avaliações de controle foi obtido um grau de eficiência para cada planta daninha em função da idade da planta.

Após o fim das avaliações visuais de controle, aos 63 DAA, a parte aérea das plantas foi coletada, embalada individualmente em sacos de papel e levada à estufa (DeLeo Equipamentos Laboratoriais, Porto Alegre/RS) a uma temperatura de 60 °C para secagem por 72h até massa constante e obtenção da massa seca de parte aérea a partir da pesagem em balança de precisão com medição mínima de 0,02 g modelo AL 500C (Marconi Equipamentos para Laboratórios Ltda, Piracicaba/SP). O objetivo foi comparar a massa seca da testemunha, sem aplicação de herbicida, com os demais tratamentos, para obter um resultado mais preciso de controle do que apenas as avaliações visuais.

Os dados de massa seca foram submetidos à transformação pelo método de  $\sqrt{x + 1}$  para redução do coeficiente de variação e posteriormente à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Após foi realizada a análise de correlação pelo método de Spearman a partir dos dados de massa seca, controle para cada dose de herbicida, altura de planta, área foliar e cobertura de solo pela parte aérea. As análises estatísticas foram feitas com auxílio do software R Studio (R CORE TEAM, 2020), através dos pacotes ExpDes.pt, corrplot, corrgram, pacman, ggplot2, dplyr, scales e ggpubr.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Picão-preto (*Bidens* spp.)

Os dados de altura, área foliar e cobertura do solo pela parte aérea da planta são importantes para que se possa traçar um paralelo entre eles e o controle obtido pela aplicação das diferentes doses de herbicida. A Tabela 4 contém estes dados para todas as idades de planta.

**Tabela 4.** Média de altura, área foliar e cobertura de solo pela parte aérea de plantas de picão-preto com diferentes idades, antes da aplicação dos tratamentos. Passo Fundo (RS), 2021.

Idade das Plantas (DAS) <sup>1</sup>	Altura (cm)	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Cobertura (%)
15	2,31	0,00	0,29
30	4,47	51,94	0,64
45	9,96	261,51	1,64
60	31,11	502,75	3,03
75	34,85	221,80	1,69

<sup>1</sup> Dias após a semeadura

A Tabela 5 demonstra os resultados obtidos após a comparação de médias através do teste de Tukey, para as avaliações de controle aos 63 DAA, onde pode-se perceber que, plantas mais velhas (60 e 75 DAS) não foram controladas com a menor dose de glifosato (500 g e.a. ha<sup>-1</sup>), além de que as plantas com 60 DAS não foram totalmente controladas com a dose de 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato. Todas as doses de glifosato foram eficientes no controle de plantas entre 15 e 45 DAS.

O controle das plantas de picão-preto no início da expansão do primeiro par de folhas, com 2,31 cm de altura (15 DAS) foi satisfatório com todas as doses de glifosato aplicadas. Como demonstrado na Tabela 5, as plantas tratadas com doses de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> a 2000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato obtiveram controle de 100% aos 7 DAA, controle esse mantido até os 63 DAA.

Através dos resultados obtidos para as plantas com 15, 30 e 45 DAS, pode-se traçar um paralelo com o trabalho de Galon et al. (2018), que constatou que doses equivalentes a 62,5% (1,25

L ha<sup>-1</sup>) da dose comercial do produto fluazifop-p-butil + fomesafen já apresentam resultados de controle de 100% em plantas de 2 a 4 folhas, enquanto para obter o mesmo resultado de controle para plantas de 4 a 8 folhas foi necessário a utilização de 87,5% (1,75 L ha<sup>-1</sup>) da dose comercial recomendada.

O controle das plantas de picão-preto aos 30 e 45 DAS (4,47 e 9,96 cm de altura respectivamente), para plantas de menor altura foi elevado com todas as doses de glifosato aplicadas. Como demonstrado na Tabela 5, as plantas tratadas com doses de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> a 2000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato obtiveram controle de 100% aos 14 DAA, controle esse mantido até os 63 DAA. Estes dados vão ao encontro do que se constatou por Rizzardi e Fleck (2004), que obtiveram resultados semelhantes com o herbicida acifluorfen + bentazon, o qual obteve melhor controle de plantas de picão-preto com quatro folhas.

**Tabela 5** – Controle (%) de picão-preto (*Bidens* spp.) aos 63 dias após aplicação de glifosato. Passo Fundo, 2021.

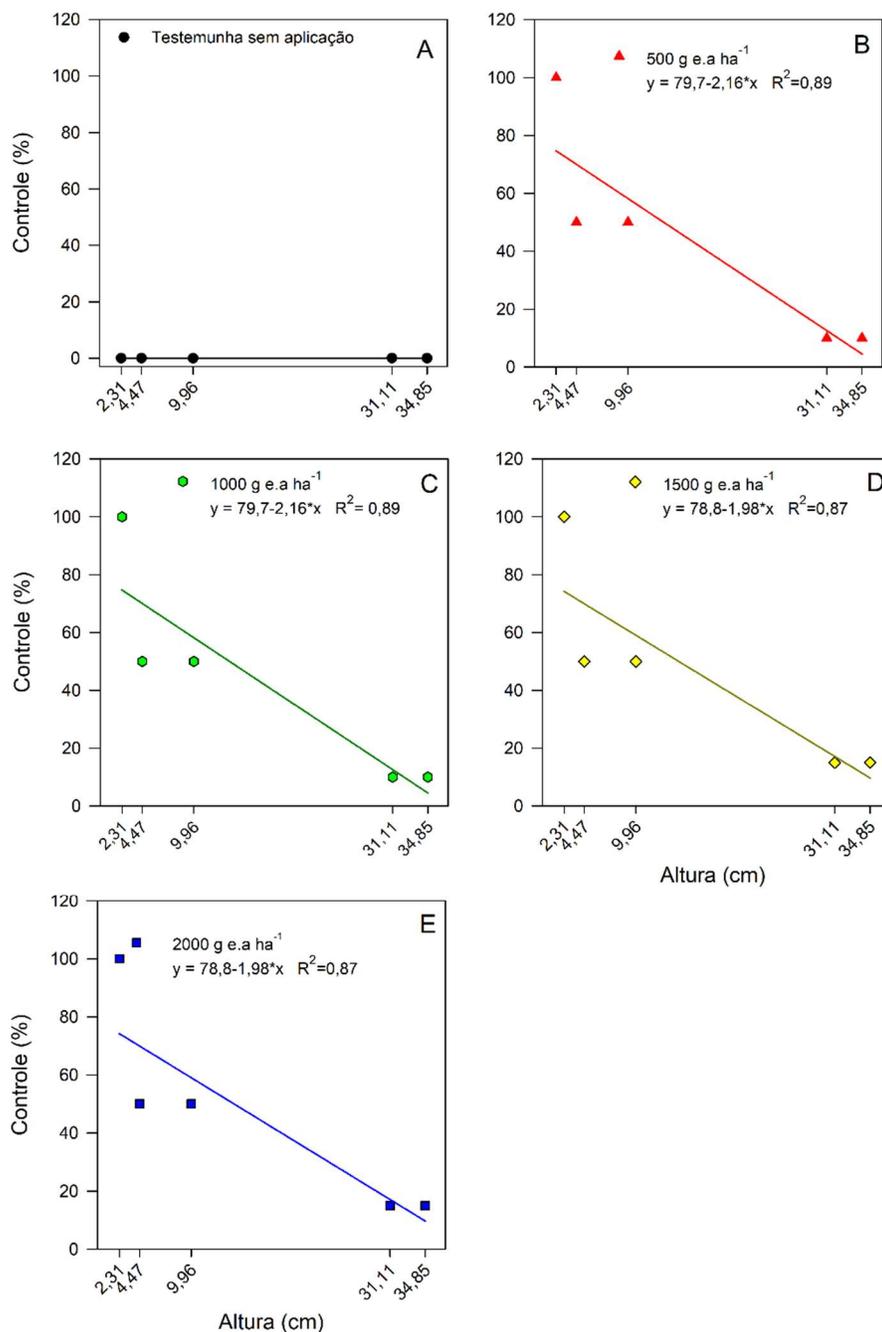
Idade das Plantas	Glifosato (g e.a. ha <sup>-1</sup> )					MÉDIA
	0	500 g	1000 g	1500 g	2000 g	
15 DAS <sup>1</sup>	0 a B <sup>2</sup>	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
30 DAS	0 a B	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
45 DAS	0 a B	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
60 DAS	0 a B	20 b B	87,5 a A	100 a A	100 a A	61,5
75 DAS	0 a B	25 b B	100 a A	100 a A	100 a A	65
MÉDIA	0	69	97,5	100	100	73,3

<sup>1</sup> Dias após a semeadura. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas para comparação de época de plantio e maiúscula nas linhas para comparação de doses de herbicida não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

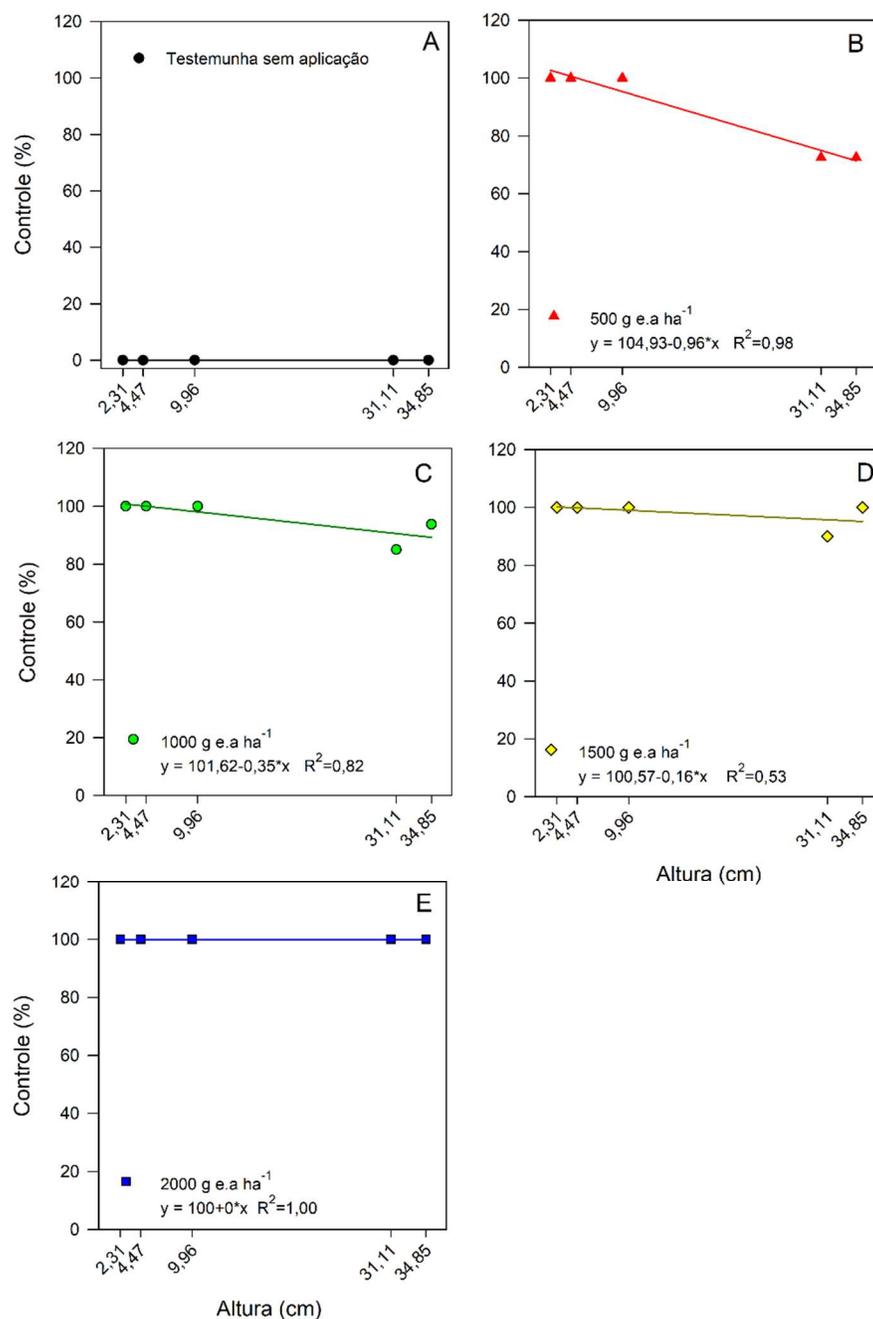
O controle das plantas de picão-preto em fase de florecimento, com média de 31,11 cm de altura (60 DAS) não foi eficiente quando utilizadas doses de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> a 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato. As plantas tratadas com doses de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> e 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato não obtiveram controle de 100% aos 63 DAA. As plantas tratadas com a dose de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato apresentaram alto índice de rebrote, já as plantas tratadas com a dose de 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup>

do herbicida não estavam completamente controladas ou apresentavam início de rebrote. As plantas tratadas com as doses de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> e 2000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato foram completamente controladas aos 35 DAA e não apresentaram rebrotas posteriormente.

**Figura 2** – Controle de *Bidens* spp. aos 7 dias após a aplicação (DAA) de diferentes doses de glifosato (Zapp Qi®) em função da altura de plantas. (A) Testemunha sem herbicida; (B) 500 g e. a. ha<sup>-1</sup>; (C) 1000 g e. a. ha<sup>-1</sup>; (D) 1500 g e. a. ha<sup>-1</sup>; (E) 2000 g e. a. ha<sup>-1</sup>. Passo Fundo, RS, 2021.

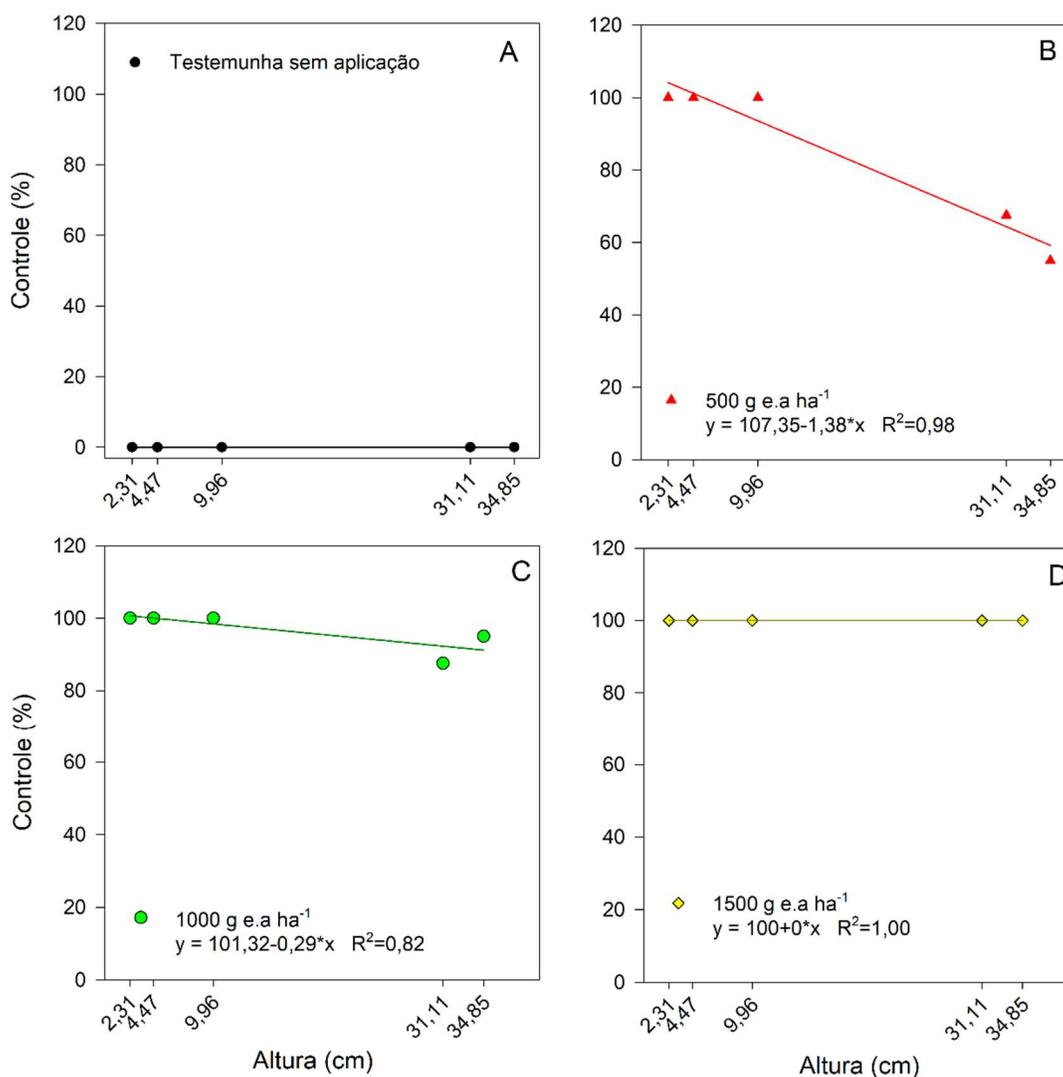


**Figura 3** – Controle de *Bidens* spp. aos 21 dias após a aplicação (DAA) de diferentes doses de glifosato (Zapp Qi®) em função da altura de plantas. (A) Testemunha sem herbicida; (B) 500 g e. a. ha<sup>-1</sup>; (C) 1000 g e. a. ha<sup>-1</sup>; (D) 1500 g e. a. ha<sup>-1</sup>; (E) 2000 g e. a. ha<sup>-1</sup>. Passo Fundo, RS, 2021.

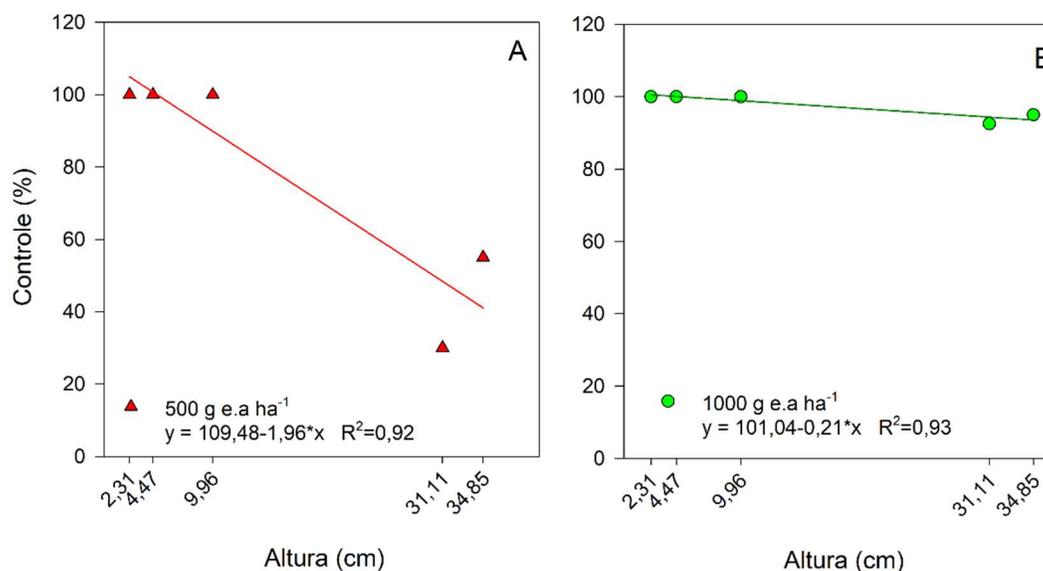


O controle das plantas de picão-preto, de maneira geral foi elevado, principalmente levando em consideração o fato de que as plantas estavam em fase final do estágio reprodutivo, com média de 34,85 cm de altura (75 DAS), com sementes viáveis já produzidas. As plantas tratadas com doses de 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> a 2000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato foram 100% controladas aos 63 DAA. Já as plantas tratadas com a dose de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> começaram a apresentar rebrote a partir dos 28 DAA, que se pronunciou aos 35 DAA conforme a Figura 4, o que levou à um controle ineficiente nos 63 DAA

**Figura 4** – Controle de *Bidens* spp. aos 35 dias após a aplicação (DAA) de diferentes doses de glifosato (Zapp Qi®) em função da altura de plantas. (A) Testemunha sem herbicida; (B) 500 g e. a. ha<sup>-1</sup>; (C) 1000 g e. a. ha<sup>-1</sup>; (D) 1500 g e. a. ha<sup>-1</sup>. Passo Fundo, RS, 2021.



**Figura 5** – Controle de *Bidens* spp. aos 49 dias após a aplicação (DAA) de diferentes doses de glifosato (Zapp Qi®) em função da altura de plantas. (A) 500 g e. a. ha<sup>-1</sup>; (B) 1000 g e. a. ha<sup>-1</sup>. Passo Fundo, RS, 2021.



A comparação pelo teste de Tukey nos revela que para a primeira época de semeadura (75 DAS) apenas houve diferença estatística entre a massa seca da testemunha e os demais tratamentos, conforme demonstrado na Tabela 6. Porém, visualmente, pôde-se perceber um início de rebrote das plantas que passaram pelo tratamento com a dose de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato. Como o rebrote estava em fase inicial, como demonstrado no Apêndice 8 isso não influenciou nos resultados de massa seca das plantas.

Já para as plantas com altura média de 31,11 cm (60 DAS), houve uma diferença estatística entre a testemunha e os demais tratamentos, mas também entre o tratamento de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato e os demais tratamentos (Tabela 6), o que reforça o fato de haver diferença de controle em função das doses do herbicida. Para as demais épocas de semeadura houve apenas diferença estatística entre a massa seca da testemunha e os tratamentos (Tabela 6), o que já era esperado, visto que as plantas demonstravam controle visual satisfatório, como demonstrado nos Apêndices 8 e 9.

Para a dose de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato houve diferença estatística entre a primeira e segunda época de semeadura de picão-preto (75 e 60 DAS) e as demais épocas de semeadura (Tabela 6). Já para as demais doses de herbicida (1000 g e.a. ha<sup>-1</sup>, 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> e 2000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato) não houve diferença estatística entre a massa seca obtida aos 63 DAA, porém, como já mencionado, as plantas tratadas com 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato aos 75 DAS e as plantas tratadas com 500 g e.a. ha<sup>-1</sup> e 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato aos 60 DAS apresentaram início de rebrote.

**Tabela 6** – Massa seca (g por planta) de picão-preto (*Bidens spp.*) aos 63 dias após aplicação de glifosato. Passo Fundo, 2021.

Idade	Glifosato (g e.a. ha <sup>-1</sup> )					MÉDIA
	0	500	1000	1500	2000	
15 DAS <sup>1</sup>	1,686 ± 0,45 <sup>2</sup> e A <sup>3</sup>	0,000 ± 0,0 b B	0,00 ± 0,0 a B	0,00 ± 0,0 a B	0,00 ± 0,0 a B	0,337
30 DAS	4,103 ± 1,84 d A	0,020 ± 0,01 b B	0,016 ± 0,01 a B	0,018 ± 0,01 a B	0,028 ± 0,01 a B	0,837
45 DAS	14,390 ± 3,03 a A	0,069 ± 0,02 b B	0,055 ± 0,03 a B	0,044 ± 0,03 a B	0,130 ± 0,10 a B	2,938
60 DAS	9,850 ± 1,38 b A	1,904 ± 0,46 a B	0,628 ± 0,32 a C	0,608 ± 0,36 a C	0,585 ± 0,26 a C	2,715
75 DAS	6,930 ± 2,75 c A	0,974 ± 0,53 a B	0,605 ± 0,26 a B	0,481 ± 0,17 a B	0,742 ± 0,60 a B	1,946
MÉDIA	7,392	0,593	0,261	0,230	0,297	1,755

<sup>1</sup>Dias após a semeadura. <sup>2</sup>Desvio padrão. <sup>3</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas para comparação de época de plantio e maiúscula nas linhas para comparação de doses de herbicida não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

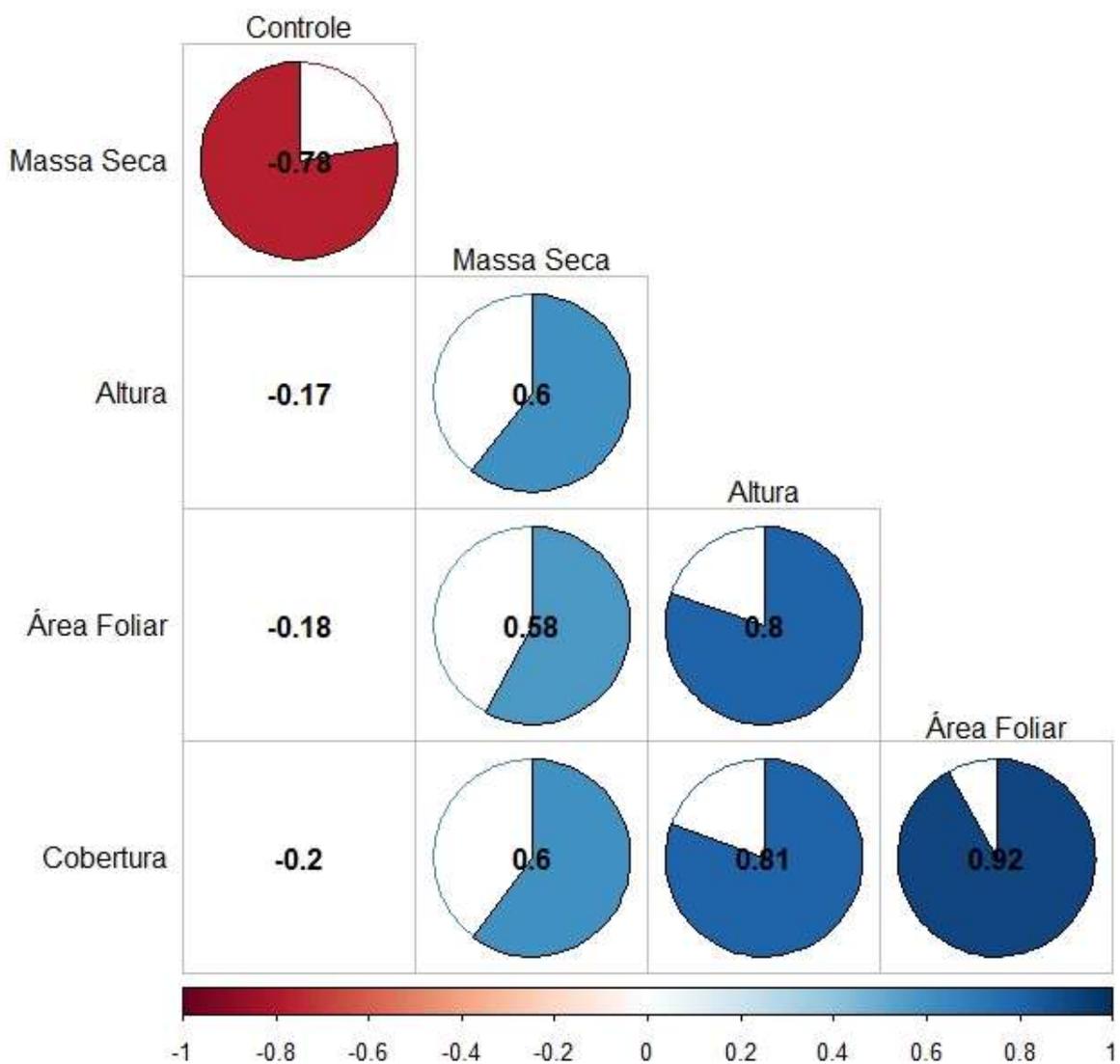
Através de análise de correlação, pode-se afirmar que houve uma correlação negativa entre o controle e a massa seca de parte aérea (Figura 6 ). Isto quer dizer que, de maneira geral, quanto maior foi o controle averiguado em escala visual, menor foi a massa seca de parte aérea obtida, pois o coeficiente de correlação neste caso é  $r = - 0,76$  em uma escala que vai de -1 a 1, onde valores próximos dos extremos indicam alta correlação entre as variáveis e valores próximos a zero indicam baixa ou nenhuma correlação.

Pôde-se observar uma correlação positiva entre a altura de plantas e a massa seca de parte aérea, o que é esperado, pois, de maneira geral, quanto mais alta a planta, maior espera-se que seja a sua massa. Para a área foliar e a cobertura do solo pela parte aérea podemos observar a mesma correlação com a massa seca.

A altura de plantas teve uma alta correlação positiva com a área foliar ( $r = 0,8$ ) e com a cobertura do solo pela parte aérea ( $r = 0,81$ ), outro fato que já era esperado, visto que, de maneira geral, plantas mais altas possuem maior o número de folhas e conseqüentemente ocupam uma maior área. Este dado indica uma alternativa para futuros modelos de recomendação de herbicidas com base na cobertura de solo pela parte aérea da planta, visto que há uma alta correlação entre esta e a altura de planta, que normalmente é utilizada para recomendação de dosagem de produtos.

Os dados com maior nível de correlação positiva – mais próximo a 1 - obtida para as plantas de picão-preto nesta análise foram a cobertura de solo pela parte aérea e a área foliar ( $r = 0,92$ ), o que reforça e certifica o software escolhido para avaliação do nível de cobertura do solo pela parte aérea das plantas.

**Figura 6** – Análise de correlação para as variáveis controle, matéria seca, altura de planta, área foliar e cobertura do solo de plantas de picão-preto (*Bidens* spp.) em diferentes idades (épocas de semeadura). Passo Fundo, RS, 2021.



## 4.2 Capim-amargoso (*Digitaria insularis*)

**Tabela 7.** Média de altura , área foliar e cobertura de solo pela parte aérea de plantas de capim-amargoso com diferentes idades, antes da aplicação dos tratamentos. Passo Fundo (RS), 2021.

Idade das Plantas (DAS) <sup>1</sup>	Altura (cm)	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Cobertura (%)
15	1,93	0,00	0,10
30	6,39	10,81	0,32
45	27,09	72,09	1,98
60	50,00	114,75	6,64
75	65,64	129,50	5,87

<sup>1</sup> Dias após a semeadura.

De acordo com a Tabela 8, houve diferença estatística no controle de plantas em função da época de semeadura com todas as doses da mistura de glifosato + cletodim. Abaixo serão discutidos os resultados obtidos e demonstrada a evolução do controle.

O controle das plantas de capim-amargoso em estágio vegetativo inicial, com média de 1,93 cm de altura (15 DAS) foi eficiente com todas as doses de herbicidas utilizadas. Como demonstrado na Tabela 8, as plantas tratadas com doses de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 96 g i.a. a 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 384 g i.a. de glifosato + cletodim obtiveram controle de 100% aos 7 DAA, controle esse mantido até os 63 DAA.

O controle das plantas de capim-amargoso em estágio inicial de perfilhamento, com média de 6,39 cm de altura (30 DAS) foi eficiente com todas as doses de herbicidas utilizadas. Como demonstrado na Tabela 8, as plantas tratadas com doses de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 96 g i.a. ha<sup>-1</sup> a 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 384 g i.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato + cletodim obtiveram controle de 100% aos 21 DAA, controle esse mantido até os 63 DAA. Estes resultados corroboram o constatado por Barroso et al. (2014), que obtiveram > 80% de controle em plantas com quatro folhas.

**Tabela 8** – Controle (%) de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) aos 63 dias após aplicação de doses fixas de glifosato e diferentes doses de cletodim. Passo Fundo, 2021.

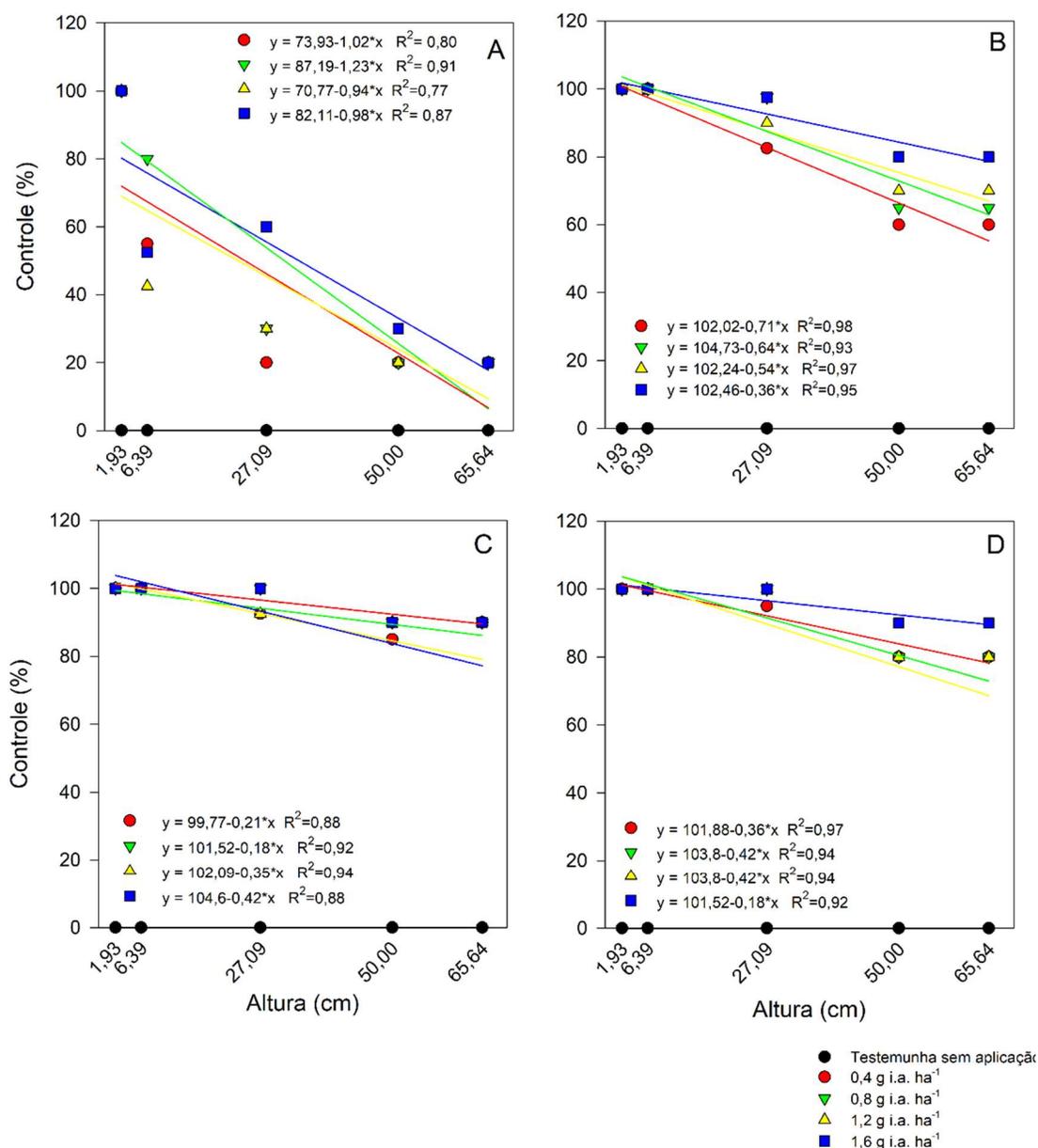
Idade	Glifosato (g e.a. ha <sup>-1</sup> ) + Cletodim (g ha <sup>-1</sup> )					MÉDIA
	0	1500 + 96	1500 + 192	1500 + 288	1500 + 384	
15 DAS <sup>1</sup>	0 a B <sup>2</sup>	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
30 DAS	0 a B	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
45 DAS	0 a C	95 b B	100 a A	100 a A	100 a A	79
60 DAS	0 a C	80 c B	80 b B	80 b B	90 b A	66
75 DAS	0 a C	80 c B	80 b B	80 b B	90 b A	66
MÉDIA	0	91	92	92	96	74,2

<sup>1</sup>Dias após a semeadura. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas para comparação de época de plantio e maiúscula nas linhas para comparação de doses de herbicida não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O controle das plantas de capim-amargoso em estágio de perfilhamento pleno, com média de 27,09 cm de altura (45 DAS) foi eficiente com as doses de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 192 g i.a. ha<sup>-1</sup>; 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 288 g i.a. ha<sup>-1</sup>; 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 384 g i.a. ha<sup>-1</sup> (glifosato + cletodim). Estas plantas não apresentavam sinais de rebrote a partir dos 49 DAA, conforme a Figura 7. Já as plantas tratadas com a dose de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 96 g i.a. ha<sup>-1</sup> (glifosato + cletodim) apresentavam colmos levemente esverdeados a partir dos 49 DAA.

O controle das plantas de capim-amargoso em início de estágio reprodutivo, com média de 50 cm de altura (60 DAS) não foi eficiente com nenhuma das doses de glifosato + cletodim, como visto na Figura 6. Assim como as plantas mais velhas, estas também apresentavam partes do colmo esverdeadas a partir dos 49 DAA, sugerindo que haveria rebrote. Já em plantas de capim-amargoso no final do estágio reprodutivo, com média de 65,64 cm de altura (75 DAS), o controle não foi eficiente com nenhuma das doses de glifosato + cletodim. As plantas apresentavam partes do colmo esverdeadas a partir dos 49 DAA, demonstrando início de rebrote (Apêndices 10, 11, 12 e 13). Estes resultados corroboram os resultados obtidos por Correia, Acra e Balieiro (2015), que obtiveram baixo nível de controle de plantas em estágio reprodutivo. Mesmo aplicações sequenciais de glifosato + cletodim obtiveram controle de apenas 58,8% aos 55 dias após a aplicação.

**Figura 7** – Controle de *Digitaria insularis* após a aplicação de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato (Zapp Qi®) associado à diferentes doses de cletodim (Poquer) em função da altura de plantas. (A) 7 dias após a aplicação; (B) 21 dias após a aplicação; (C) 35 dias após a aplicação; (D) 49 dias após a aplicação. Passo Fundo, RS, 2021.



A comparação pelo teste de Tukey mostra que apenas houve diferença estatística entre a massa seca das testemunhas e os demais tratamentos (Tabela 9). Porém, visualmente, pôde-se perceber que todas as plantas, independente da dose de glifosato + cletodim aplicada aos 75 e 60

DAS apresentavam colmos esverdeados como demonstrado nos Apêndices 10, 11, 12 e 13, o que demonstra rebrote caso o experimento fosse estendido.

Para a terceira época de semeadura (45 DAS), pôde-se observar que as plantas que passaram pelo tratamento com 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 96 g i.a. de glifosato + cletodim apresentavam colmos esverdeados aos 63 DAA, conforme o Apêndice 10, porém, pelo teste de Tukey (Tabela 9), a massa seca não diferiu dos demais tratamentos que obtiveram 100% de controle na escala visual. Já as plantas da quarta e quinta época de semeadura obtiveram 100% de controle em escala visual visto que tiveram sua massa seca de parte aérea zerada, independente da dose de herbicida aplicada.

No tratamento de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 96 g i.a. ha<sup>-1</sup>, 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 192 g i.a. ha<sup>-1</sup> e 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 384 g i.a. ha<sup>-1</sup> da mistura (glifosato + cletodim) houve diferença estatística, conforme a Tabela 9, entre a massa seca das plantas de primeira e segunda época de semeadura (75 e 60 DAS) e as demais (45, 30 e 15 DAS).

Já para a dose de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 288 g i.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato + cletodim a massa seca das plantas em 75 DAS não diferiu das plantas em 60 DAS porém diferiu das demais, já a massa seca das plantas em 60 DAS não diferiu das plantas em 45 DAS, porém diferiu das demais e, para finalizar, as demais épocas não diferiram entre si (Tabela 9).

**Tabela 9** – Massa seca (g) de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) após aplicação de doses fixas de glifosato e diferentes doses de cletodim. Passo Fundo, 2021.

Idade	Glifosato (g e.a. ha <sup>-1</sup> ) + Cletodim (g ha <sup>-1</sup> )					MÉDIA
	0	1500 + 96	1500 + 192	1500 + 288	1500 + 384	
15 DAS <sup>1</sup>	3,744 ± 3,86 <sup>2</sup> d A <sup>3</sup>	0,00 ± 0,0 b B	0,00 ± 0,0 b B	0,00 ± 0,0 c B	0,00 ± 0,0 b B	0,749
30 DAS	15,265 ± 3,37 c A	0,00 ± 0,0 b B	0,00 ± 0,0 b B	0,00 ± 0,0 c B	0,00 ± 0,0 b B	3,053
45 DAS	15,394 ± 3,03 c A	0,311 ± 0,14 b B	0,266 ± 0,22 b B	0,501 ± 0,14 bc B	0,061 ± 0,08 b B	3,307
60 DAS	27,569 ± 5,87 a A	2,356 ± 0,71 a B	1,849 ± 0,36 a B	1,519 ± 0,52 ab B	1,384 ± 0,40 a B	6,935
75 DAS	22,464 ± 2,89 b A	2,587 ± 0,52 a B	2,287 ± 0,41 a B	2,101 ± 0,66 a B	2,122 ± 0,53 a B	6,312
MÉDIA	16,887	1,051	0,880	0,824	0,713	4,071

<sup>1</sup>Dias após a semeadura. <sup>2</sup>Desvio padrão. <sup>3</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas para comparação de época de plantio e maiúscula nas linhas para comparação de doses de herbicida não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

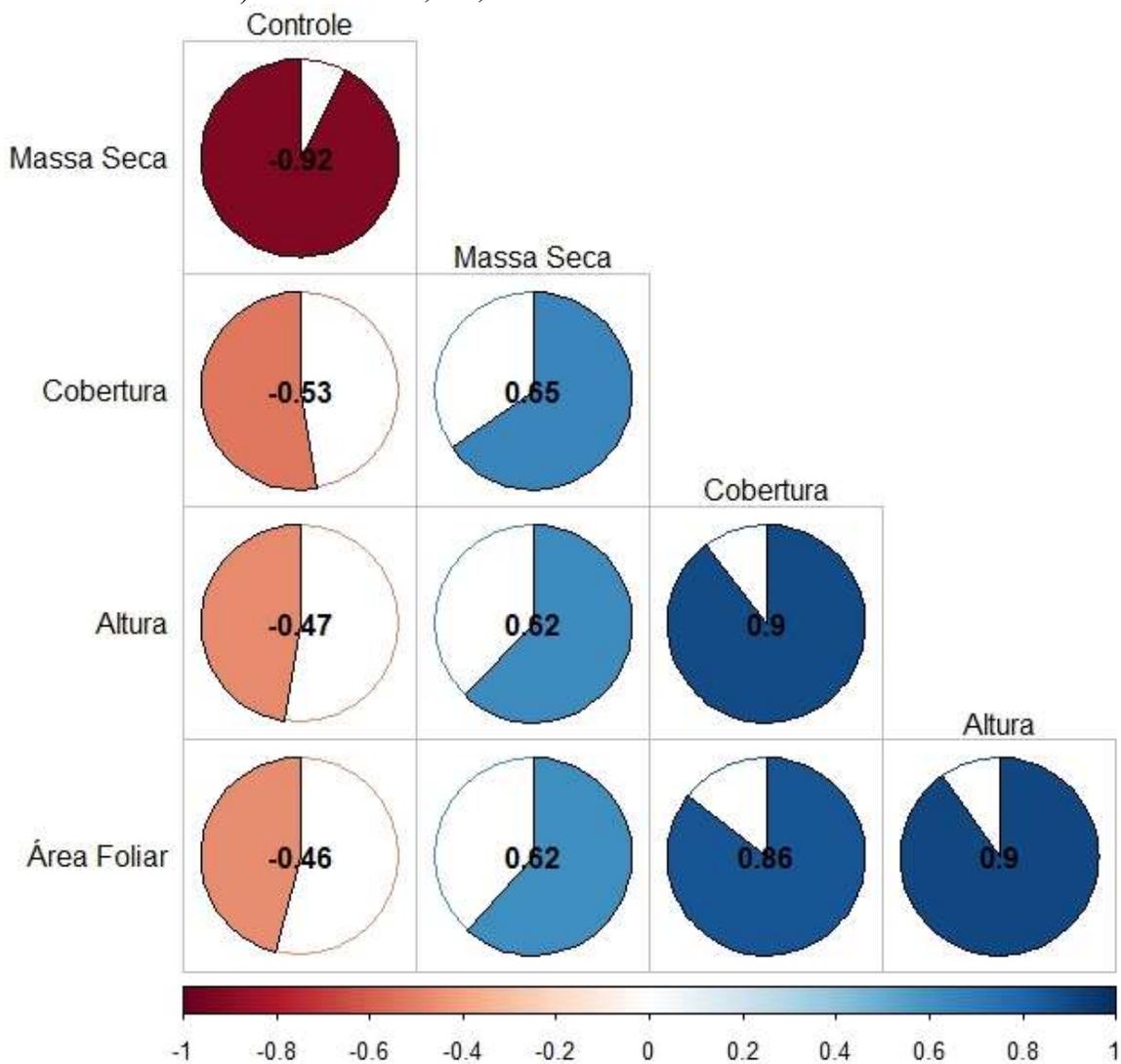
Através de análise de correlação, pode-se afirmar que houve uma correlação negativa ( $r = -0,92$ ) entre o controle e a massa seca de parte aérea (Figura 3). Isto quer dizer que, quanto maior foi o controle averiguado em escala visual, menor foi a massa seca de parte aérea obtida.

Também foi observada correlação negativa entre o controle e a altura de plantas ( $r = -0,47$ ), área foliar ( $r = -0,46$ ) e cobertura de solo pela parte aérea ( $r = -0,53$ ). Estes dados reforçam o fato de que uma planta mais alta, com maior área foliar tende a ter um controle mais oneroso, requerendo maior volume de herbicidas e diferentes estratégias de manejo, como demonstrado por Correia, Acra e Balieiro (2015) que obtiveram o melhor controle de capim-amargoso quando aplicaram métodos mecânicos (roçada) seguidos pela aplicação de herbicidas 33 dias após a roçada, quando as plantas rebrotaram.

Ainda conforme a Figura 8, pôde-se observar uma correlação positiva entre a massa seca de parte aérea e a altura de plantas ( $r = 0,62$ ), área foliar ( $r = 0,62$ ) e a cobertura do solo pela parte aérea ( $r = 0,65$ ). Dados que indicam, de maneira geral, que a massa da planta aumenta em função do aumento de sua altura, área foliar e cobertura de solo pela parte aérea.

A altura de planta teve uma alta correlação positiva com a área foliar ( $r = 0,90$ ) e com a cobertura do solo pela parte aérea ( $r = 0,90$ ). E da mesma forma, a cobertura de solo pela parte aérea e a área foliar, tiveram alta correlação positiva ( $r = 0,86$ ). O que, da mesma forma que no experimento anterior, indica uma alternativa para futuros modelos de recomendação de herbicidas com base na cobertura de solo pela parte aérea da planta.

**Figura 8** – Análise de correlação para as variáveis controle, matéria seca, altura de planta, área foliar e cobertura do solo de plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) em diferentes idades (épocas de semeadura). Passo Fundo, RS, 2021.



### 4.3 Azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*)

**Tabela 10.** Média de altura , área foliar e cobertura de solo pela parte aérea de plantas de azevém com diferentes idades, antes da aplicação dos tratamentos. Passo Fundo (RS), 2021.

Idade das Plantas (DAS) <sup>1</sup>	Altura (cm)	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Cobertura (%)
15	7,31	0,00	0,00
30	28,97	14,64	0,71
45	42,24	33,96	1,02
60	68,15	24,48	2,70
75	63,23	28,86	2,30

<sup>1</sup> Dias após a semeadura.

A partir dos resultados obtidos observa-se que as médias de controle aos 35 DAA são estatisticamente iguais para todas as doses da mistura de glifosato + cletodim utilizadas, conforme demonstrado pela Tabela 11. A seguir serão discutidos os resultados e apresentados gráficos da evolução de controle para as diferentes épocas de semeadura.

O controle das plantas de azevém em estádios vegetativos iniciais até finais (15 DAS e média de 7,31 cm de altura, 30 DAS e média de 28,97 cm de altura, 45 DAS e média de 42,24 cm de altura) foi eficiente com todas as doses de herbicidas utilizadas. Como demonstrado na Tabela 11, as plantas tratadas com doses de 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 96 g i.a. ha<sup>-1</sup> a 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 384 g i.a. ha<sup>-1</sup> da mistura glifosato + cletodim obtiveram controle de 100% aos 14 DAA, controle esse mantido até os 63 DAA. Os resultados obtidos são semelhantes aos obtidos por Christoffoleti et al., (2005) que afirmam que quanto mais avançado o estágio de crescimento de populações resistentes ao glifosato, mais difícil será o controle pelo herbicida isolado, porém, a mistura de glifosato + cletodim mostrar-se como excelente alternativa de manejo dessas populações.

O controle das plantas de azevém em estágio reprodutivo, com 68,15 e 63,23 cm de altura média (60 e 75 DAS respectivamente) foi eficiente com todas as doses de herbicidas utilizadas. Como demonstrado na Tabela 11, as plantas tratadas com doses de 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 96 g i.a. ha<sup>-1</sup>

a 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 384 g i.a. ha<sup>-1</sup> da mistura glifosato + cletodim obtiveram controle de 100% aos 21 DAA, controle esse mantido até os 63 DAA.

**Tabela 11** – Controle (%) de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) aos 35 dias após aplicação de doses fixas de glifosato e diferentes doses de cletodim. Passo Fundo, 2022.

Idade das Plantas	Glifosato (g e.a. ha <sup>-1</sup> ) + Cletodim (g ha <sup>-1</sup> )					MÉDIA
	0	500 g	1000 g	1500 g	2000 g	
15 DAS <sup>1</sup>	0 a B <sup>2</sup>	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
30 DAS	0 a B	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
45 DAS	0 a B	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
60 DAS	0 a B	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
75 DAS	0 a B	100 a A	100 a A	100 a A	100 a A	80
MÉDIA	0	100	100	100	100	80

<sup>1</sup>Dias após a semeadura. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas para comparação de época de plantio e maiúscula nas linhas para comparação de doses de herbicida não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A comparação pelo teste de Tukey para as plantas tratadas aos 75 DAS mostra que não houve diferença estatística entre a massa seca das testemunhas e os demais tratamentos. Isso se deve ao fato de as plantas estarem em estágio de final de ciclo como mostrado no Apêndice 15. As plantas que foram tratadas aos 60 DAS também tiveram comportamento semelhante, mas mesmo estando em estádios mais avançados em seu ciclo, pôde-se observar diferença estatística entre as duas doses mais altas de cletodim, conforme a Tabela 12.

As demais plantas tratadas aos 45, 30 e 15 DAS apresentaram comportamento semelhante ao observado nos demais experimentos, onde apenas a testemunha apresentou diferença estatística em sua massa seca, o que mostra que as demais doses de produto foram suficientes para reduzir a massa seca das plantas ao menor nível possível naquele momento. Conforme a Tabela 12, houve diferença estatística entre as plantas tratadas aos 75 e 60 DAS e as tratadas aos 45, 30 e 15 DAS para todas as doses de produto, onde as primeiras apresentaram massa seca superior às demais.

**Tabela 12** – Massa seca (g) de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) após aplicação de doses fixas de glifosato e diferentes doses de cletodim. Passo Fundo, 2022.

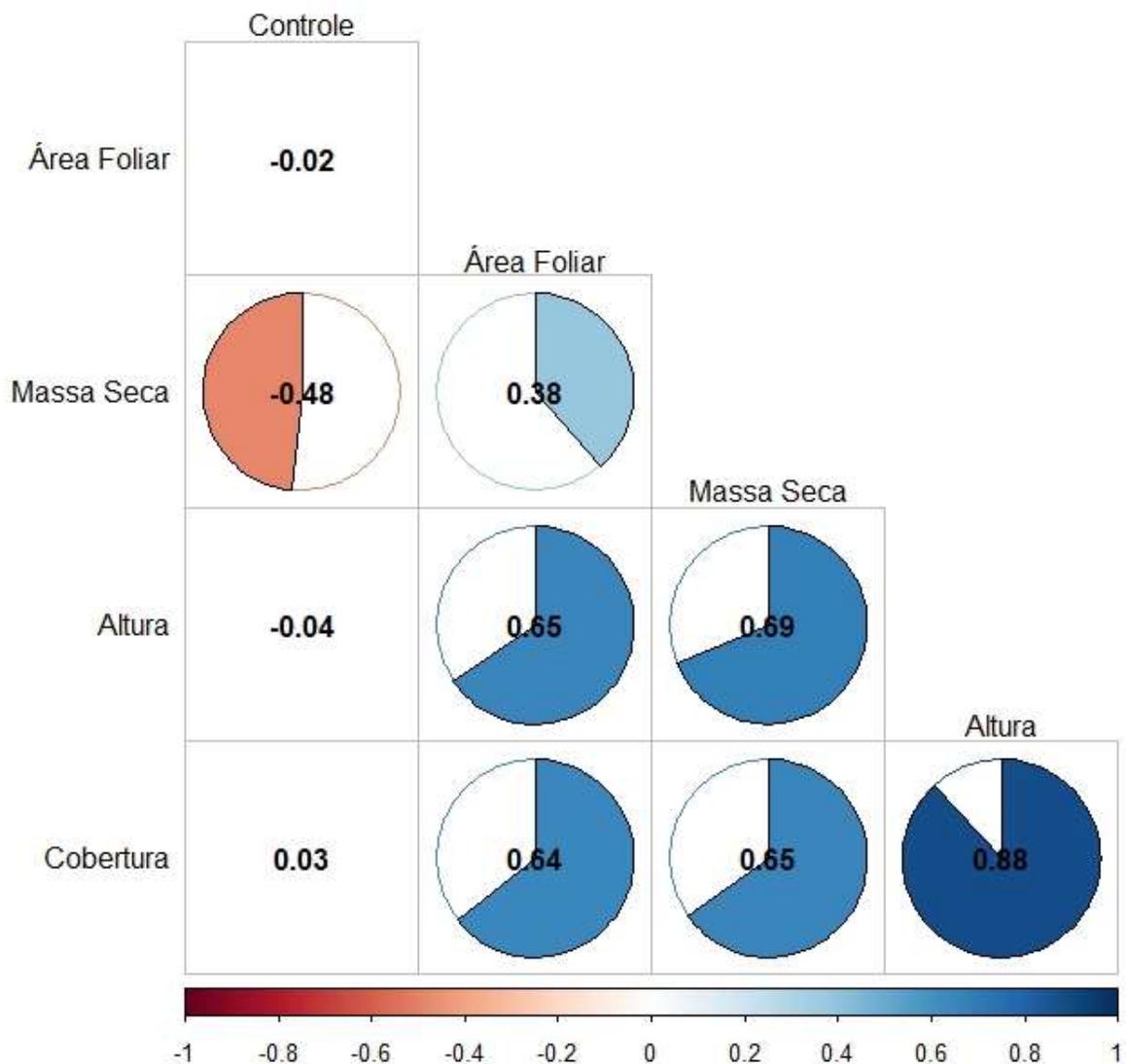
ÉPOCA	DOSE					MÉDIA
	Testemunha	1000 g e.a. ha <sup>-1</sup> + 96 g i.a. ha <sup>-1</sup>	1000 g e.a. ha <sup>-1</sup> + 192 g i.a. ha <sup>-1</sup>	1000 g e.a. ha <sup>-1</sup> + 288 g i.a. ha <sup>-1</sup>	1000 g e.a. ha <sup>-1</sup> + 384 g i.a. ha <sup>-1</sup>	
15 DAS <sup>1</sup>	1,042 ± 0,60 <sup>2</sup> b A <sup>3</sup>	0,00 ± 0,0 b B	0,00 ± 0,0 b B	0,00 ± 0,0 b B	0,00 ± 0,0 b B	0,208
30 DAS	1,723 ± 0,74 ab A	0,316 ± 0,32 b B	0,173 ± 0,09 b B	0,245 ± 0,03 b B	0,295 ± 0,03 b B	0,550
45 DAS	2,042 ± 0,87 a A	0,096 ± 0,03 b B	0,077 ± 0,03 b B	0,115 ± 0,02 b B	0,096 ± 0,05 b B	0,485
60 DAS	2,226 ± 0,81 a A	1,856 ± 0,29 a AB	1,076 ± 0,43 a AB	1,592 ± 0,66 a B	1,094 ± 0,12 a B	1,569
75 DAS	2,049 ± 1,47 a A	1,415 ± 0,53 a A	1,746 ± 0,36 a A	1,140 ± 0,22 a A	1,802 ± 0,59 a A	1,630
MÉDIA	1,816	0,737	0,614	0,618	0,657	0,889

<sup>1</sup>Dias após a semeadura. <sup>2</sup>Desvio padrão. <sup>3</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas para comparação de época de plantio e maiúscula nas linhas para comparação de doses de herbicida não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos pela análise de correlação demonstraram, conforme a Figura 9, que houve uma correlação negativa entre o controle e a massa seca de parte aérea (-0,48). Isto quer dizer que, quanto maior foi o controle averiguado em escala visual, menor foi a massa seca de parte aérea obtida. Porém pode-se observar que o coeficiente de correlação é mais baixo do que o observado nos experimentos com picão-preto e capim-amargoso. Isto se deve ao fato de que, mesmo as plantas de azevém do tratamento testemunha estavam em processo de redução de massa, pois já haviam completado o seu ciclo, conforme observado no Apêndice 15.

Pôde-se observar uma correlação positiva entre a altura de plantas e a massa seca de parte aérea ( $r = 0,69$ ), área foliar ( $r = 0,38$ ) e a cobertura do solo pela parte aérea ( $r = 0,65$ ), altura e área foliar ( $r = 0,65$ ), cobertura de solo e massa seca ( $r = 0,65$ ), além de cobertura de solo e altura de planta ( $r = 0,88$ ). Este último, mesmo influenciado pelo estágio avançado das plantas, ainda demonstrou ser uma boa métrica para futuros modelos de recomendação de herbicidas, assim como demonstrado pelos demais experimentos.

**Figura 9** – Análise de correlação para os dados obtidos de plantas de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) em diferentes épocas de semeadura. Passo Fundo, RS, 2022.



#### 4.4 Viabilidade da identificação de plantas daninhas no melhor momento de controle

Khan et al. (2021) chegaram a altos índices de precisão (90%) para detecção de plantas daninhas nas imagens das culturas em fase inicial de crescimento como mostrado na Figura 10, onde a detecção era uma tarefa desafiadora devido a características espectrais da cultura e das plantas daninhas serem muito semelhantes. Os voos realizados neste experimento foram a 2 m de altitude e resultaram em 2700 imagens em média com resolução de 0,3 cm/pixel em uma área de 2000 m<sup>2</sup>.

**Figura 10** – Amostra de imagens obtidas por drone em campo de cultivo de morango. (A) Planta daninha e (B) morango. Fonte: Khan et al. (2021).



Zou et al., (2021) conseguiram obter um ortomosaico (Figura 11) com resolução de 5 mm por pixel em um voo com drone à 20m de altitude. Desta imagem, após treinamento de algoritmo, chegaram a um índice de segmentação entre cultura comercial e plantas daninhas de 93,5%.

**Figura 11** – Amostra de imagens obtidas por drone em campo de cultivo de calêndula. (A) imagens recortadas da imagem em mosaico; (B) imagens para treinamento da rede; (C) imagens para teste de precisão de densidade de plantas daninhas. Fonte: Zou et al., (2021).



Para Huang et al. (2018), que realizaram voo em altitude de 10 m para atingir uma resolução de 0,5 cm por pixel, em uma área de 3000 m<sup>2</sup>, houve dificuldade de processamento e necessidade de segmentação de um ortomosaico. Os resultados do trabalho foram de uma precisão de 94% na identificação de plantas daninhas (*Cyperus iria* e *Leptochloa chinensis*) em arroz. Já Rozemberg, Kent e Blank (2021), que utilizaram uma câmera de 12,71 megapixel, precisaram de uma altitude de voo de 15 m em relação ao solo para conseguir uma resolução de 0,5 cm por pixel, relatando a alta quantidade de imagens e a baixa autonomia de bateria do drone como dificuldades.

Através de imagens RGB com resolução de 0,8 cm por pixel Sapkota et al. (2020) relatam grande dificuldade de distinção entre diferentes espécies daninhas. De Castro et al. (2018) confeccionaram mapas de detecção a partir de imagens obtidas em voos a 30 m de altitude e 0,6 cm de resolução por pixel, reforçam a necessidade de alta resolução de imagens para uma correta identificação de plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento.

Quando comparados os dados de altura, área foliar e controle das plantas deste trabalho com os dados de qualidade de imagem e precisão de detecção de plantas daninhas obtidos pelas pesquisas supracitadas, pode-se dizer que a identificação de picão-preto, capim-amargoso e azevém nos momentos ideais de controle, onde serão necessários menores volumes de herbicidas para o seu controle efetivo, é factível. Entretanto, existem alguns fatores a considerar quanto a viabilidade da

utilização dos drones na criação de mapas de infestação com alta resolução e elevadas taxas de diferenciação entre plantas daninhas e cultura comercial. Dentre eles pode-se elencar:

- Autonomia de voo do drone: as baterias dos drones DJI© Phantom 4 Pro (Shenzhen Dajiang Baiwang Technology Co.) que são drones amplamente utilizados em pesquisa e à campo, tem autonomia de voo de 30 minutos segundo a fabricante. O drone DJI© Mavic 3, também relatado em experimentos, possui autonomia de 40 minutos de voo (sem vento) segundo a fabricante. Portanto, para mapeamento de grandes áreas, há a necessidade de múltiplas baterias, o que aumenta expressivamente os custos operacionais.

- Altitude de voo: os inúmeros trabalhos acessados relatam altitudes de voo de 2 m a 60 m para obtenção de imagens com boa qualidade. Este fator isolado não é um problema, mas quanto menor a altitude, maior é o número de imagens e o tempo de voo necessários para cobrir toda a área.

- Processamento de imagens: conforme relatados em alguns dos trabalhos citados, o grande volume de imagens gera um elevado número de horas de processamento computacional, requerendo máquinas de ponta para diminuir esse tempo.

- Qualidade da câmera: quanto maior for a qualidade da câmera utilizada, maior será a qualidade das imagens obtidas e portanto o voo poderá ser realizado em maior altitude, diminuindo o número de horas de voo e também o número total de imagens a ser processado.

- Modelo de classificação utilizado: diversas técnicas e modelos de algoritmos são relatados nos trabalhos citados, por exemplo, Islam et al. (2021) testaram 3 diferentes algoritmos de aprendizado de máquina e constataram que houve diferença entre eles na acurácia de identificação de plantas daninhas em um campo de pimenta.

## 5. CONCLUSÃO

O controle de plantas de picão-preto (*Bidens* spp.) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*) difere em função das doses de herbicida utilizadas e das características morfológicas. Se tratando de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*), não há diferença de controle em função das características de planta quando utilizado cletodim em mistura com glifosato, mesmo para a menor dose de graminicida utilizada.

Plantas de picão-preto (*Bidens* spp.) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*) são controladas mais facilmente quando apresentam menor cobertura de solo.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda há muito espaço para evolução, principalmente na utilização de drones para mapeamento de grande áreas, buscando a identificação de plantas daninhas em estádios iniciais de crescimento, porém a pesquisa evolui a cada dia, o que leva a crer que o uso dos drones será cada vez mais difundido, auxiliando a cadeia produtiva na melhor utilização de recursos e menor impactos ambientais pelo menor uso de herbicidas.

## REFERÊNCIAS

ADAMA GLOBAL. Informações técnicas – Poquer. **Bula Poquer**, v. 2, 2021. Disponível em: <<https://www.adama.com/brasil/pt/protecao-de-cultivos/herbicidas/poquer>>. Acesso em: Acesso em 21 dez. 2020

BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C.; FILHO, R. V. Interação entre herbicidas inibidores da accase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**, v. 32, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582014000300018&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582014000300018&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 12 abr. 2020.

BAGAVATHIANNAN, M. **Precision agriculture technologies for sustainable weed management**. Pelotas: Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade UFPEL 2020. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/ceherb/muthukumar-bagavathiannan/>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

CANOPEO. **Oklahoma State University Department of Plant and Soil Sciences**. Disponível em: <<https://www.canopeoapp.com/>>. Acesso em 04 nov. 2021.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; CRUZ-HIPOLITO, H. E.; ROJANO-DELGADO, A. M.; PRADO, R.; GIL-HUMANES, J.; BARRO, F.; CASTRO, M. D. L. Pool of Resistance Mechanisms to Glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 2, p. 615-622, 2012. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/action/showCitFormats?doi=10.1021%2Fjf204089d&href=/doi/10.1021%2Fjf204089d>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

CASSOL, M.; MATTIUZZI, M. D.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; BACCIN, L. C.; SOUZA, C. N. Z. Efficiency of Isolated and Associated Herbicides to Control Glyphosate-Resistant Sourgrass. **Planta Daninha**, v. 37, 2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582019000100259&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582019000100259&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 12 abr. 2020.

CESCO, V. J. S.; NARDI, R.; KRENCHINSKI, F. H.; ALBRECHT, A. J. P.; RODRIGUES, D. M.; ALBRECHT, L. P. Management of Resistant *Conyza spp.* During Soybean Pre-sowing. **Planta Daninha**, v. 37, 2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582019000100238&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582019000100238&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 14 abr. 2020.

CORREIA, N. M.; ACRA, L. T.; BALIEIRO, G. Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 93-101, 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582015000100093&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582015000100093&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 19 abr. 2020.

CHRISTOFFOLETI P. J.; TRENTIN, R.; TOCCHETTO, S.; MAROCHI, A.; GALLI, A. J. B.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M. Alternative Herbicides to Manage Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) Resistant to Glyphosate at Different Phenological Stages. **Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 40, p. 59-67, 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15656163/>>. Acesso em 21 dez. 2021.

DALMAGO, G. A.; GOUVÊA, J. A. de; CUNHA, G. R. da; VICARI, M. B.; KOVALESKI, S. Uso de imagens digitais para estimativa da área foliar da canola. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 275-279. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170234/1/CNPT-ID44258.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2020.

DE CASTRO, A. I.; TORRES-SÁNCHEZ, J.; PEÑA, J. M.; JIMÉNEZ-BRENES, F. M.; CSILLIK, O.; LÓPEZ-GRANADOS, F. An Automatic Random Forest-OBIA Algorithm for Early Weed Mapping between and within Crop Rows Using UAV Imagery. **Remote Sensing**, 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/10/2/285#cite>>. Acesso em: 23 ago. 2020.

DORS, C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SANCHOTENE, D. M.; DIAS, A. C. R.; MANFRON, P. A.; DORNELLES, S. H. B. Suscetibilidade de Genótipos de *Lolium Multiflorum* ao Herbicida Glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, p 401-410, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/K5FQ8qxH6xtmGyXP9KLpymJ/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2022.

DYRMANN, M.; KARSTOFT, H.; MIDTIBY, H. S. Plant species classification using deep convolutional neural network. **Biosystems Engineering**, v. 151, p. 72-80, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511016301465?via%3Dihub>>. Acesso em: 16 ago. 2020.

EMBRAPA. Laboratório de Agrometeorologia – Embrapa Trigo. **Gráfico de temperatura**. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/graficos.php>>. Acesso em 08 fev. 2022.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese)**. v. 1.2.0, 2018. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>>.

GALON, L.; CASTOLDI, C. T.; FORTE, C. T.; DAVID, F. A. de; PERIN, G. F.; RADUNZ, A. L. Weed Management in Beans Using Subdoses of Fluazifop-P-Butyl + Fomesafen. **Planta Daninha**, v. 36, 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582018000100255&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582018000100255&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 18 abr. 2020.

GAO, J.; FRENCH, A. P.; POUND, M. P.; HE, Y.; PRIDMORE, T. P.; PIETERS, J. G. Deep convolutional neural networks for image-based Convolvulus sepium detection in sugar beet fields. **Plant Methods**, v. 16, n. 29, 2020. Disponível em: <<https://plantmethods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13007-020-00570-z#citeas>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

GAO, J.; LIAO, W.; NUYTENS, D.; LOOTENS, P.; VANGEYTE, J.; PIŽURICA, A.; HE, Y.; PIETERS, J. G. Fusion of pixel and object-based features for weed mapping using unmanned aerial vehicle imagery. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 67, p. 43-53, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243417303252?via%3Dihub>>. Acesso em: 02 set. 2020.

GAŠPAROVIĆ, M.; ZRINJSKI, M.; BARKOVIĆ, Đ.; RADOČAJ, D. An automatic method for weed mapping in oat fields based on UAV imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 173, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816991930359X?via%3Dihub>>. Acesso em: 08 set. 2020.

GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; SILVA, A. F.; CONCENÇO, G. Estimating Yield Losses in Soybean Due to Sourgrass Interference. **Planta Daninha**, v. 37, 2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582019000100246&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582019000100246&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 12 abr. 2020.

GERHARDS, R.; OEBEL, H. Practical experiences with a system for site-specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. **Weed Research**, n. 46, p. 185–193, 2006. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3180.2006.00504.x>>. Acesso em: 09 ago. 2020.

GOLZARIAN, M. R.; FRICK, R. A. Classification of images of wheat, ryegrass and brome grass species at early growth stages using principal component analysis. **Plant Methods**, v. 7, 2011. Disponível em: <<https://plantmethods.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-4811-7-28#citeas>>. Acesso em: 05 set. 2020.

GONZALEZ-DE-SANTOS, P.; RIBEIRO, A.; FERNANDEZ-QUINTANILLA, C.; LOPEZ-GRANADOS, F.; BRANDSTOETTER, M.; TOMIC, S.; PEDRAZZI, S.; PERUZZI, A. PAJARES, G.; KAPLANIS, G.; PEREZ-RUIZ, M.; VALERO, C.; CERRO, J.; VIERI, M.; RABATEL, G.; DEBILDE, B. Fleets of robots for environmentally-safe pest control in agriculture. **Precision Agriculture**, v. 18, p. 574–614, 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-016-9476-3#citeas>>. Acesso em: 09 set. 2020.

HEAP, I. Herbicide Resistant Italian Ryegrass Globally (*Lolium perenne ssp. multiflorum*). **The International Herbicide-Resistant Weed Database**. Online. Disponível em: <[www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)>. Acesso em 04 jan. 2022.

HUANG, H.; DENG, J.; LAN, Y.; YANG, A.; DENG, X.; WEN, S.; ZHANG, H.; ZHANG, Y. Accurate Weed Mapping and Prescription Map Generation Based on Fully Convolutional Networks Using UAV Imagery. **Sensors**, v. 18, 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/18/10/3299>>. Acesso em 17 dez. 2021.

HUANG, Y.; REDDY, K. N.; FLETCHER, R. S.; PENNINGTON, D. UAV Low-Altitude Remote Sensing for Precision Weed Management. **Weed Technology**, v. 32, p. 2-6, 2017.

Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/uav-lowaltitude-remote-sensing-for-precision-weed-management/6C81EEBF460FF0FC9E48F51E331425C5>>. Acesso em: 19 jun. 2020.

HUNT JR., E. R.; DAUGHTRY, C. S. T. What good are unmanned aircraft systems for agricultural remote sensing and precision agriculture?. **International Journal of Remote Sensing**, v. 39, p. 5345-5376, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2017.1410300>>. Acesso em: 02 jun. 2020.

ISLAM, N.; RASHID, M. M.; WIBOWO, S.; XU, C. -Y.; MORSHED, A.; WASIMI, S. A.; MOORE, S.; RAHMAN, S. M. Early Weed Detection Using Image Processing and Machine Learning Techniques in an Australian Chilli Farm. **Agriculture** v. 11, 2021. <<https://doi.org/10.3390/agriculture11050387>>. Acesso em 19 set. 2021.

KASSAMBARA, A. **ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots**. v. 0.4.0, 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>>.

KHAN, S.; TUFAIL, M.; KHAN, M. T.; KHAN, Z. A.; IQBAL, J.; ALAM, M. A novel semi-supervised framework for UAV based crop/weed classification. **Plos One**, v. 16, 2021. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0251008>>. Acesso em: 03 jan. 2022.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. **Nature**, v. 521, p. 436-444, 2015. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature14539#citeas>>. Acesso em: 08 ago. 2020.

LOPEZ OVEJERO, R. F.; TAKANO, H. K.; NICOLAI, M.; FERREIRA, A.; MELO, M. S. C.; CAVENAGHI, A. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OLIVEIRA, R. S. Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across brazilian agricultural production areas. **Weed Science**, v. 65, n. 2, p. 285-294, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/wsc.2016.31>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

MANUCHEHRI, M.; DOTRAY, P.; KEELING, J. W. Efficacy of 2,4-D Choline as Influenced by Weed Size in the Texas High Plains. **Journal of Experimental Agriculture International**,

v. 35, n. 2, p. 1-8, 2019. Disponível em:  
<<https://www.journaljeai.com/index.php/JEAI/article/view/30199>>. Acesso em: 08 set. 2020.

MELO, M. S. C. de; ROSA, L. E.; BRUNHARO, C. A. C. G.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 195-203, 2012. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/145>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

MEYER, C. J.; NORSWORTHY, J. K. Influence of weed size on herbicide interactions for Enlist™ and Roundup Ready® Xtend® technologies. **Weed Technology**, v. 33, p 569-577, 2019. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/influence-of-weed-size-on-herbicide-interactions-for-enlist-and-roundup-ready-xtend-technologies/B54C4207DDA03F7185EA6E32D21614EA>>. Acesso em: 06 ago. 2020.

OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; DAN, H. A.; BRAZ, G. B. P.; JUMES, T. M. C.; SANTOS, G.; CONSTANTIN, J. OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Manejo de Conyza bonariensis com glyphosate + 2,4-D e amônio-glyphosinate em função do estágio de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 3, p. 73-80, 2010. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/87>>. Acesso em: 02 set. 2020.

OSIPE, J. B.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; TAKANO, H. K.; BIFFE, D. F. Spectrum of weed control with 2,4-d and dicamba herbicides associated to glyphosate or not. **Planta Daninha**, v. 35, 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582017000100251&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582017000100251&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 17 abr. 2020.

PEÑA, J. M.; TORRES-SÁNCHEZ, J.; DE CASTRO, A. I.; KELLY, M.; LÓPEZ-GRANADOS, F. Weed Mapping in Early-Season Maize Fields Using Object-Based Analysis of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Images. **PLoS ONE**, v. 8, 2013. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0077151>>. Acesso em: 06 set. 2020.

PULIDO-ROJAS, C. A.; MOLINA-VILLA, M. A.; SOLAQUE-GUZMÁN, L. E. Machine vision system for weed detection using image filtering in vegetables crops. **Revista Facultad de Ingeniería**, n. 80, p. 124-130, 2016. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/309276796\\_Machine\\_vision\\_system\\_for\\_weed\\_detection\\_using\\_image\\_filtering\\_in\\_vegetables\\_crops](https://www.researchgate.net/publication/309276796_Machine_vision_system_for_weed_detection_using_image_filtering_in_vegetables_crops)>. Acesso em: 19 jun. 2020.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

RINKER, T. W.; KURKIEWICZ, D. **pacman: Package Management for R**. v. 0.5.0, 2017. Buffalo, New York. Disponível em: <<http://github.com/trinker/pacman>>.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G. Dose econômica ótima de acifluorfen + bentazon para controle de picão-preto e guaxuma em soja. **Planta daninha**, v. 22, n. 1, p. 117-125, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582004000100015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582004000100015&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 abr. 2020.

RIZZARDI, M. A.; VARGAS, L.; TOLEDO, R. E. B.; STASIEVSKI, A. Controle de Azevém Resistente ao Herbicida Glifosato em Pomares de Maçã e em Áreas de Pré-Semeadura da Cultura da Soja. **I Simpósio Internacional Sobre Glyphosate – Trabalhos Científicos**. P. 96-99, 2007.

ROZENBERG, G.; KENT, R.; BLANK, L. Consumer-grade UAV utilized for detecting and analyzing late-season weed spatial distribution patterns in commercial onion fields. **Precision Agriculture**, v. 22, p. 1317-1332, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-021-09786-y>>. Acesso em 09 jan. 2022.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, v. 29, n. spe, p. 1159-1172, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582011000500024&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582011000500024&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 24 abr. 2020.

SANTOS, F. M.; VARGAS, L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; AGOSTINETTO, D.; MARIANI, F.; DAL MAGRO, T. Differential susceptibility of biotypes of *Conyza sumatrensis* to Chlorimuron-ethyl herbicide. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 427-435, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582014000200021&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582014000200021&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 14 abr. 2020.

SAPKOTA, B.; SINGH, V.; COPE, D.; VALASEK, J.; BAGAVATHIANNAN, M. Mapping and Estimating Weeds in Cotton Using Unmanned Aerial Systems-Borne Imagery.

**AgriEngineering**, v. 2, p. 350-366, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2624-7402/2/2/24#cite>>. Acesso em: 19 set. 2020.

SCHNEIDER, T.; RIZZARDI, M. A.; BIANCHI, M. A. Buva - Desempenho por estatura.

**Revista Cultivar**. 2019. Disponível em: <<https://www.upherb.com.br/int/buva-desempenho-por-estatura>>. Acesso em: 08 set. 2020.

SILVEIRA, H. M. da; LANGARO, A. C.; CRUZ, R. A. de la; SEDIYAMA, T. SILVA, A. A. da. Glyphosate efficacy on sourgrass biotypes with suspected resistance collected in GR-crop fields. **Acta Sci., Agron.**, v. 40, 2018. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1807-86212018000100607&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212018000100607&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 16 abr. 2020.

SOLTANI, N.; NURSE, R. E.; SIKKEMA, P. H. Biologically effective dose of glyphosate as influenced by weed size in corn. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 96, p 455-460, 2016.

Disponível em: <<https://cdnscepub.com/doi/10.1139/cjps-2015-0256>>. Acesso em: 16 set. 2020.

SYNGENTA BRASIL. Zapp QI 620. **Bula - Zapp QI 620**, 2021. Disponível em:

<<https://www.syngenta.com.br/product/crop-protection/herbicida/zapp-qi-620>>. Acesso em 21 dez. 2020

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; B. P.; FRANCHINI, L. H. M.; BRAZ, G. B. P.; RIOS, F. A.; GHENO, E. A.; GEMELLI, A. Efeito da adição do 2,4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle.

**Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2013. Disponível em:

<<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/207>>. Acesso em 19 set. 2020.

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; FRANCHINI, L. H. M.; BURGOS, N. R. Multiple resistance to atrazine and imazethapyr in hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). **Ciência e agrotecnologia**, v. 40, n. 5, p. 547-554, 2016.

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542016000500547&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542016000500547&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 21 abr. 2020.

TAMOURIDOU, A. A.; ALEXANDRIDIS, T. K.; PANTAZI, X. E.; LAGOPODI, A. L.; KASHEFI, J.; MOSHOU, D. Evaluation of UAV imagery for mapping *Silybum marianum* weed patches. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, p. 2246-2259, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2016.1252475>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

VARGAS, L.; MARIANI, F.; GAZZIERO, D.; KARAM, D.; AGOSTINETO, D. Azevém Resistente: Manejo e Controle. **II Colóquio Internacional sobre Plantas Daninhas Resistentes a Herbicidas**, 2015. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1028894/1/azevem.gazziero.2015.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2021.

WEI, T.; SIMKO, V. **R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix**. v. 0.84, 2017. Disponível em: <<https://github.com/taiyun/corrplot>>.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York, 2016.

WICKHAM, H.; FRANÇOIS, R.; HENRY, L.; MÜLLER, K. **dplyr: A Grammar of Data Manipulation**. v. 1.0.2, 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>>.

WICKHAM, H.; SEIDEL, D. **scales: Scale Functions for Visualization**. V. 1.1.1, 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=scales>>.

WRIGHT, K. **corrgram: Plot a Correlogram**. v. 1.14, 2021. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=corrgram>>.

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. **Precision Agriculture**, v. 13, p. 693-712, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-012-9274-5>>. Acesso em: 19 jun. 2020.

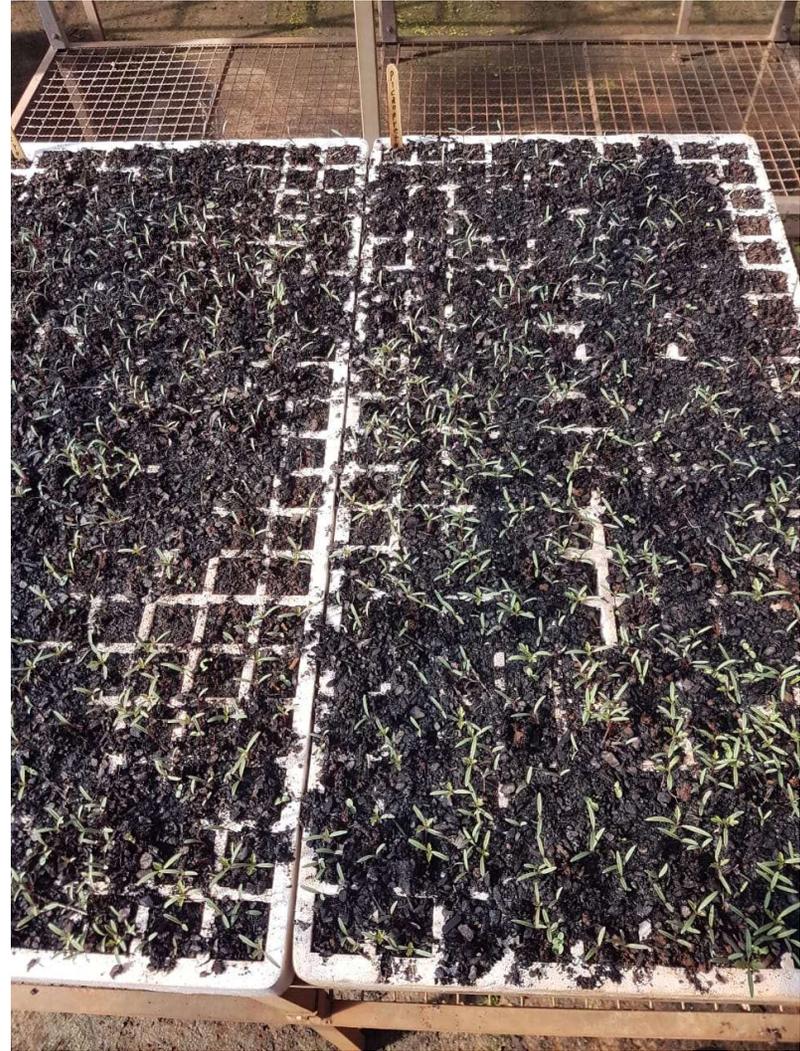
ZOBIOLE, L. H. S.; GAST, R.; MASTERS, R. A.; PEREIRA, G. R.; RUBIN, R. Pyroxsulam: Sulfonamide Herbicide For Weed Control In Wheat In Brazil. **Planta Daninha**, v. 36, 2018. Disponível em: <doi: 10.1590/S0100-83582018360100064>. Acesso em 16 dez. 2021.

ZOBIOLE, L. H. S.; KRENCHINSKI, F. H.; MORATELLI, G.; COSTA, N. V. Sumatran Fleabane Control using Glyphosate in Association with Halauxifen-Methyl Formulations. **Planta Daninha**, v. 36, 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582018000100279&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582018000100279&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 13 abr. 2020.

ZOU, K.; CHEN, X.; ZHANG, F.; ZHOU, H.; ZHANG, C. A Field Weed Density Evaluation Method Based on UAV Imaging and Modified U-Net. **Remote Sensing**, v. 13, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/13/2/310>>. Acesso em 03 jan. 2022.

## APÊNDICES

Apêndice 1 – Bandejas com plântulas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) à direita e picão-preto (*Bidens spp.*) à esquerda cultivadas em casa de vegetação. UPF, 10 de outubro de 2020.



Apêndice 2 – Vasos com com plântulas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) à direita e picão-preto (*Bidens spp.*) à esquerda cultivadas em casa de vegetação. UPF, 16 de outubro de 2020.



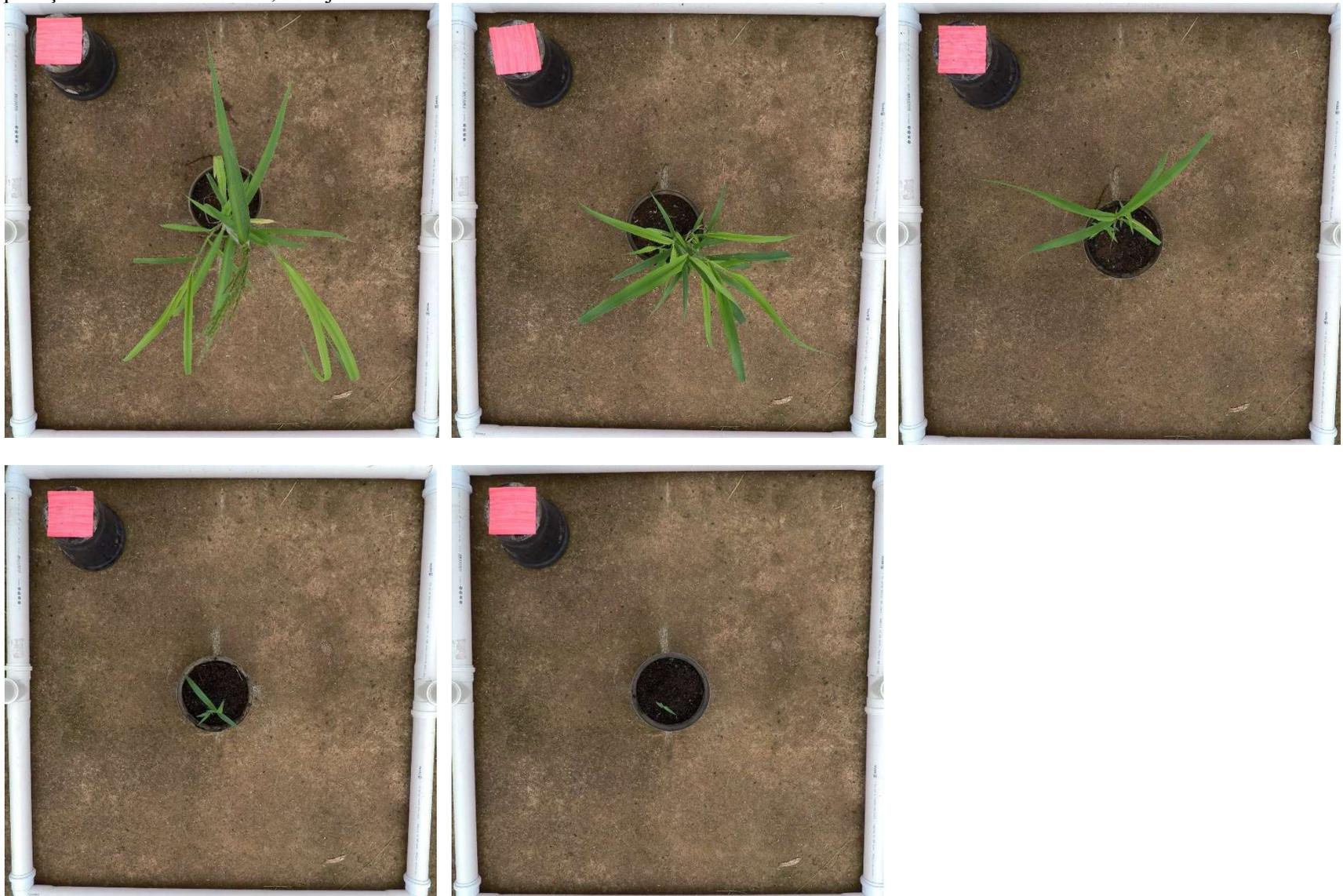
Apêndice 3 – Plantas de picão-preto (*Bidens spp.*) ordenadas pelas épocas de semeadura (15 DAS, 30 DAS, 45 DAS, 60 DAS e 75 DAS) separadas por dose de herbicida a ser aplicada. UPF, 28 de dezembro de 2020.



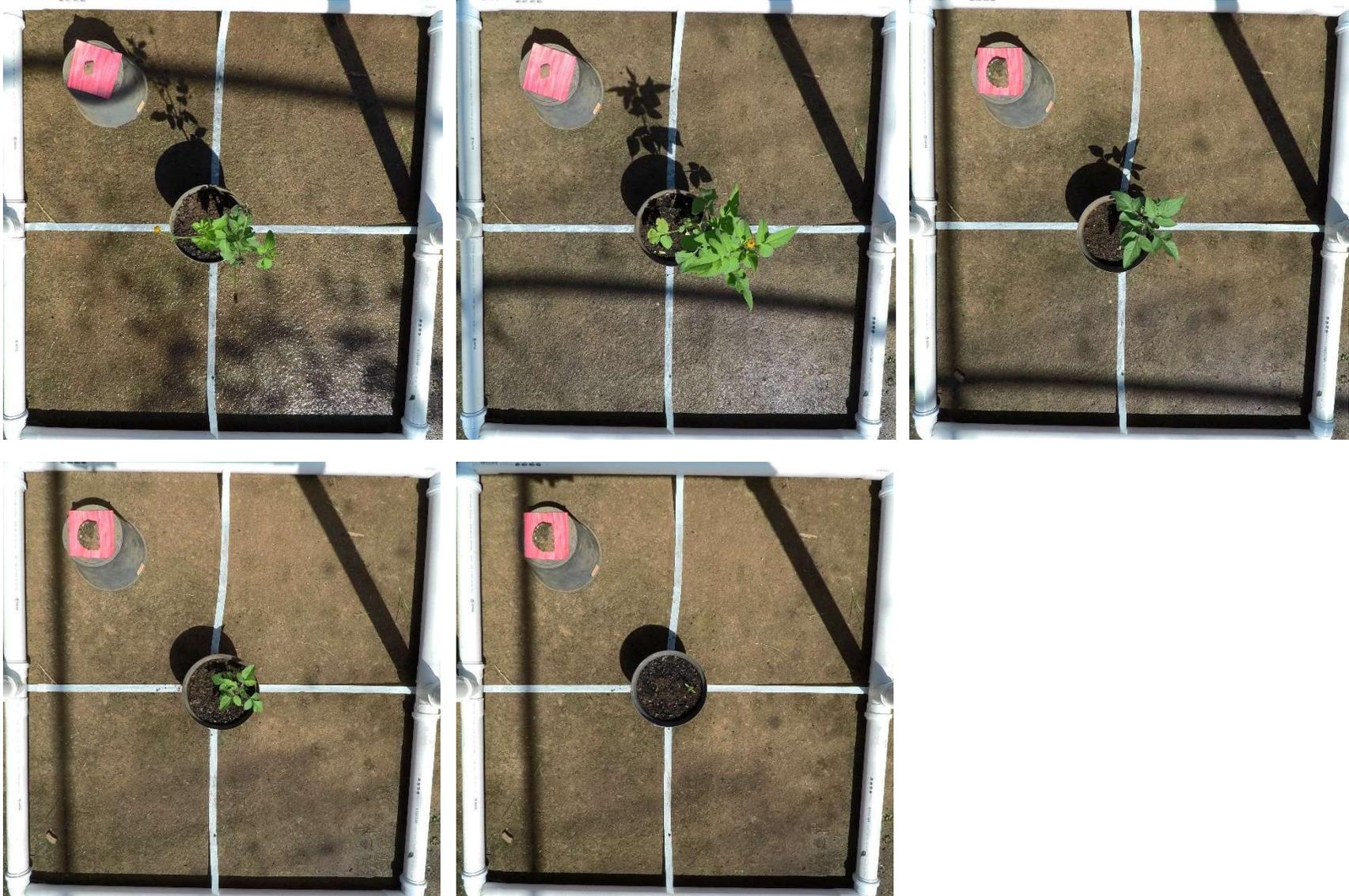
Apêndice 4 – Plantas de picão-preto (*Bidens spp.*) ordenadas pelas épocas de semeadura (15 DAS, 30 DAS, 45 DAS, 60 DAS e 75 DAS) após a captura de imagens e aplicação do herbicida. UPF, 28 de dezembro de 2020.



Apêndice 5 – Captura de imagem de parte aérea de plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) em diferentes épocas de semeadura antes da aplicação dos herbicidas. UPF, 5 de janeiro de 2021.



Apêndice 6 – Captura de imagem de parte aérea de plantas de picão-preto (*Bidens spp.*) em diferentes épocas de semeadura antes da aplicação dos herbicidas. UPF, 28 de dezembro de 2020.



Apêndice 7 – Captura de imagem de parte aérea de plantas de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) em diferentes épocas de semeadura antes da aplicação dos herbicidas. UPF, 10 de outubro de 2021.



Apêndice 8 –Plantas de picão-preto (*Bidens spp.*) apresentando rebrota aos 63 DAA de glifosato na dose de 500 g e.a. ha<sup>-1</sup>. UPF, 03 de março de 2021.



Apêndice 9 – Plantas de picão-preto (*Bidens spp.*) apresentando rebrota aos 63 DAA de glifosato na dose de 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup>. UPF, 03 de março de 2021.



Apêndice 10 – Plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) apresentando sinais de rebrota aos 63 DAA de glifosato + cletodim na dose de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 96 g i.a. ha<sup>-1</sup>. UPF, 10 de março de 2021.



Apêndice 11 – Plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) apresentando sinais de rebrota aos 63 DAA de glifosato + cletodim na dose de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 192 g i.a. ha<sup>-1</sup>. UPF, 10 de março de 2021.



Apêndice 12 – Plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) apresentando sinais de rebrota aos 63 DAA de glifosato + cletodim na dose de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 288 g i.a. ha<sup>-1</sup>. UPF, 10 de março de 2021.



Apêndice 13 – Plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) apresentando sinais de rebrota aos 63 DAA de glifosato + cletodim na dose de 1500 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 384 g i.a. ha<sup>-1</sup>. UPF, 10 de março de 2021.



Apêndice 14 – Plantas de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) completamente controladas aos 35 DAA de glifosato + cletodim na dose de 1000 g e.a. ha<sup>-1</sup> + 96 g i.a. ha<sup>-1</sup>. UPF, 13 de novembro de 2021.



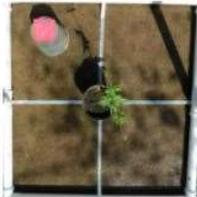
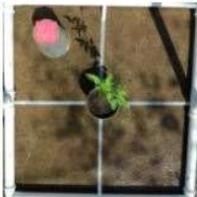
Apêndice 15 – Plantas de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) do tratamento testemunha aos 35 DAA dos demais tratamentos com herbicidas. UPF, 13 de novembro de 2021.



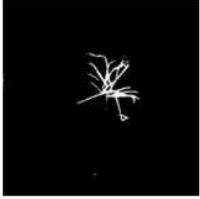
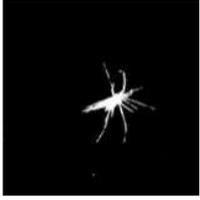
Apêndice 16 – Exemplo do processamento e medição da porcentagem de área ocupada pela parte aérea de plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) aos 60 DAS feitas pelo software Canopeo. UPF, 5 de janeiro de 2021.

21			other	GOPR1379.JPG	9.9
22			other	GOPR1367.JPG	5.3
23			other	GOPR1403.JPG	6.1
24			other	GOPR1369.JPG	7.5
25			other	GOPR1381.JPG	7.6

Apêndice 17 – Exemplo do processamento e medição da porcentagem de área ocupada pela parte aérea de plantas de picão-preto (*Bidens spp.*) aos 75 DAS feitas pelo software Canopeo. UPF, 28 de dezembro de 2020.

101			other	GOPR1020.JPG	1.5
102			other	GOPR1024.JPG	2
103			other	GOPR1028.JPG	1.3
104			other	GOPR1037.JPG	1.4
105			other	GOPR1030.JPG	1.4

Apêndice 18 – Exemplo do processamento e medição da porcentagem de área ocupada pela parte aérea de plantas de azevém (*Lolium perenne* var. *multiflorum*) aos 45 DAS feitas pelo software Canopeo. UPF, 10 de outubro de 2021.

246			other	GOPR1506.JPG	0.7
247			other	GOPR1508.JPG	1.5
248			other	GOPR1492.JPG	1.6
249			other	GOPR1490.JPG	1.5
250			other	GOPR1489.JPG	1.6

Apêndice 19 – Temperaturas médias, média das máximas e média das mínimas (°C) para os anos de 2020 (A) e 2021 (B). Dados: Embrapa Trigo.

