

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA**

GUILHERME DOMENI VALEZI

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES
NA CULTURA DA BATATA-DOCE**

Dracena
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA

GUILHERME DOMENI VALEZI

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES
NA CULTURA DA BATATA-DOCE

Trabalho de conclusão de curso
apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus
de Dracena como parte das exigências
para obtenção do título de Engenharia
Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Tropaldi

Dracena

2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "SELETIVIDADE DE HEBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NA CULTURA DA
BATATA-DOCE"

Modalidade: Trabalho de Atividade de pesquisa

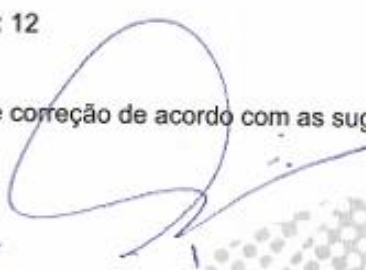
Autor: Guilherme Domeni Valezi

Orientador (a): Prof. Dr. Leandro Tropaldi

Co-orientador(es):

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 12/06/2024



Leandro Tropaldi

Prof. Dr. Leandro Tropaldi

Paulo Alexandre Monteiro Figueiredo

Prof. Dr. Paulo Alexandre
Monteiro Figueiredo

Vitor M Barreto

Prof. Dr. Vitor Corrêa de
Mattos Barretto

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Alessandro Valezi e a minha mãe Viviane Domeni, aos meus avós paternos e maternos, que sempre propuseram o melhor para mim e sempre estiveram ao meu lado em minhas decisões pessoais e profissionais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu avô Miguel que desde os 6 anos de idade me leva para o campo as 5h da manhã, e sempre cuidou de mim, me protegeu e ensinou e fez eu ter orgulho de me tornar um agricultor. Ao meu avô Abimel que sempre me apoiou em minhas decisões e me ensina tudo que eu queria saber sobre caminhões e logística.

Agradeço a minha avó Rosali pelas marmitas que ela fazia às 4:30h da manhã e também por sempre me cobrar o estudo, também a minha avó Hilda que cuidou de mim até os 2 anos de idade, nunca faltou amor em suas casas.

Agradeço ao meu pai Alessandro que sempre foi minha maior admiração na vida profissional, sempre me ensinou e confiou em mim quando íamos trabalhar juntos no campo, sempre ofereceu novas oportunidades e sempre me manteve de mente aberta; A minha mãe Viviane, que sempre cuidou de mim e me protegeu de todo o mal que me rodeava.

Ao meu irmão Gustavo por proporcionar histórias que jamais eu teria se eu não tivesse um irmão; Aos meus tios Leandro e Maria Fernanda, Fernando e Luana, que sempre me aturaram e deram conselhos na época do colegial, sempre me incentivaram a manter o foco nos estudos.

Agradeço a minha namorada Bárbara, que desde o primeiro minuto que a vi percebi que não seria apenas um beijo em uma festa de república e sim uma mulher para vida, sempre me apoiou nos estudos, sempre ficou ao meu lado em momentos difíceis e principalmente me tirou de um mundo sem perspectiva de vida.

Agradeço à República Viola em K.CO por me proporcionar momentos inesquecíveis em minha vida e principalmente me ensinar como um homem deve ser e também a casa onde morei com os meus irmãozinhos 020 da Zootecnia, foram momentos marcantes em nossas vidas que tenho certeza que nunca iremos esquecer.

Especialmente agradeço em especial aos professores Leandro Tropaldi por sempre confiar e acreditar em mim durante a graduação, Paulo Figueiredo que sempre esteve presente com aulas memoráveis e aconselhando no manejo da cana-de-açúcar e ao Professor Vitor Corrêa que sempre nos ensinou de forma

prática suas aulas nos levando a um maior conhecimento da vida real dentro da graduação.

Agradeço também a UNESP e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Unesp – PIBIC que por meio dos Editais 04/2022 e 09/2023 a concessão de bolsa de iniciação científica no período de 01/09/2022 a 31/08/2023 e 01/09/2023 a 31/08/2024, respectivamente. Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) da Unesp pelo apoio técnico-financeiro a realização deste trabalho. A Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Unesp – Câmpus de Dracena pela estrutura disponibilizada para a condução do experimento.

RESUMO

Este estudo abordou a avaliação da eficácia de herbicidas alternativos no controle de plantas daninhas na cultura da batata-doce. Conduzido entre outubro de 2022 a abril de 2023 em Dracena, SP, o experimento foi realizado em solo argiloso vermelho. Utilizou-se um delineamento experimental de blocos ao acaso com 10 tratamentos e quatro repetições, sendo um deles a Testemunha (sem aplicação). Os tratamentos foram aplicados antes da emergência das plantas daninhas e após o plantio das ramas da batata-doce. A análise dos tratamentos incluiu avaliações visuais de fitotoxicidade, teor de clorofila e produtividade das raízes comerciais e não comerciais. Os resultados revelaram diferenças significativas na fitotoxicidade entre os tratamentos, com uma tendência de redução ao longo do tempo. Glyphosate, oxyfluorfen e atrazine+S-metolachlor mostraram altos índices de fitotoxicidade até 35 dias após a aplicação, enquanto os demais tratamentos apresentaram níveis inferiores a 10%. Os índices de clorofila mostraram variação apenas na primeira avaliação (7 DAA), com os menores índices observados no tratamento com glyphosate, embora não tenham diferido significativamente de oxyfluorfen, metribuzin, linuron e atrazine+S-metolachlor. Nos períodos subsequentes, não foram observadas diferenças significativas. Os herbicidas pré-emergentes não afetaram a produtividade da cultura, exceto o glyphosate. Assim, os herbicidas pré-emergentes foram seletivos para a cultura da batata-doce, indicando potencial como ferramenta de manejo de plantas daninhas. Este estudo contribuiu para o entendimento do manejo de plantas daninhas na cultura da batata-doce, destacando a importância da escolha adequada de herbicidas para minimizar os impactos negativos na produtividade. Esses resultados podem orientar práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, promovendo uma produção agrícola mais saudável e rentável.

Palavras-chave: Plantas daninhas, herbicidas, batata-doce.

ABSTRACT

This study addressed the evaluation of the effectiveness of alternative herbicides in controlling weeds in sweet potato cultivation. Conducted between October 2022 and April 2023 in Dracena, SP, the experiment was carried out in red clay soil. A randomized complete block design with nine herbicides and an untreated control was used. Treatments were applied before weed emergence and after sweet potato vine planting. Treatment analysis included visual assessments of phytotoxicity, chlorophyll content, and productivity of commercial and non-commercial roots. Results revealed significant differences in phytotoxicity among treatments, with a decreasing trend over time. Glyphosate, oxyfluorfen, and atrazine+S-metolachlor exhibited high phytotoxicity levels up to 35 days after application, while other treatments showed levels below 10%. Chlorophyll indices varied only in the first assessment (7 DAA), with the lowest levels observed in glyphosate-treated plots, although not significantly different from oxyfluorfen, metribuzin, linuron, and atrazine+S-metolachlor. No significant differences were observed in subsequent periods. Surprisingly, pre-emergence herbicides did not affect crop productivity, except glyphosate. Thus, pre-emergence herbicides demonstrated satisfactory selectivity for sweet potato cultivation, indicating their potential as weed management tools. This study contributes to understanding weed management in sweet potato cultivation, emphasizing the importance of proper herbicide selection to minimize negative impacts on productivity. These results can guide more sustainable and efficient agricultural practices, promoting healthier and more profitable crop production.

Keywords: Weeds, herbicides, sweet potato.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Dracena-SP Fonte: IBGE, 2023;

Figura 2 - Temperatura mínima, média e máxima (°C) e precipitação (mm) obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X instalada na FCAT/Unesp-Câmpus de Dracena durante a condução do experimento;

Figura 3 – A) Aplicação da adubação de base; B) adubo utilizado planta plantio; C) distribuição das ramas de batata-doce.

Figura 4 - . A e B) Regulagem do pulverizador; C) preparo das caldas de herbicidas; D) aplicação e planta que recebeu a aplicação. C

Figura 5 - Avaliação do índice de clorofila com o uso do clorofilômetro ClorofilLOG CFL 1030 (Falker), realizada aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação dos herbicidas.

Figura 6 - Gráfico de fitointoxicação dos tratamentos em 7,14,21,28 e 35 DAA;

Figura 7.1 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cla+Clb) aos 7, dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;

Figura 7.2 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cla+Clb) aos 14 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;

Figura 7.3 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cla+Clb) aos 21 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;

Figura 7.4 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cla+Clb) aos 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;

Figura 7.5 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cla+Clb) aos 35 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;

Figura 8 - Produtividade (kg ha^{-1}) final de raízes tuberosas classificadas em comerciais, não comerciais e total.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físico-químicas do solo 0-20cm da área que o experimento foi conduzido em 2022.

Tabela 2. Fitointoxicação aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1 Origem da Cultivar	13
3.1.1 Incorporação em processos agrícolas	13
3.1.2 Seletividade e adaptação a herbicidas	14
3.1.3 Interação Herbicida x Solo	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
Fitointoxicação da cultura:	20
Produtividade de raízes tuberosas:	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1 Índices de Fitointoxicação	21
5.2 Índice de clorofila:	23
6 CONCLUSÕES	29
7.REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma planta da família Convolvulaceae, originária das Américas, sendo considerada a terceira cultura alimentar mais importante do mundo entre as hortaliças tuberosas. As raízes tuberosas são a parte mais valiosa economicamente, devido ao seu alto valor nutricional, ricas em carboidratos, vitaminas e minerais, além de possuírem propriedades nutraceuticas. A demanda por essa hortaliça está crescendo globalmente, pois a batata-doce é reconhecida por seu papel na melhoria da segurança alimentar e saúde, sendo incorporada na dieta para uma alimentação mais equilibrada, tanto em sua forma natural quanto processada, como em suplementos e farinhas.

No Brasil, atualmente, a batata-doce é considerada uma cultura de suporte fitossanitário insuficiente, conforme a Instrução Normativa Conjunta Nº1/2014. Existem apenas três princípios ativos registrados para essa cultura: dois seletivos (linuron e clethodim) e o glyphosate, que é não seletivo e recomendado apenas para o manejo antes do plantio das ramas de batata-doce. Entre os herbicidas seletivos, o linuron é recomendado para aplicações em pré e/ou pós-emergência de algumas espécies de plantas daninhas de folhas estreitas e largas, enquanto o clethodim controla apenas espécies da família Poaceae em aplicações pós-emergentes. O manejo químico tem sido realizado com a aplicação de linuron logo após o plantio da batata-doce e de clethodim entre 20 e 30 dias após o plantio para controle das espécies de folha estreita. No entanto, os produtores frequentemente relatam dificuldades no controle de plantas daninhas nas áreas de produção, com muitos casos de escapes de controle de várias espécies, necessitando de operações adicionais de catação manual. Essas operações aumentam significativamente os custos de produção e apresentam riscos de ferimento das ramas e tubérculos. Portanto, há uma necessidade urgente de estudar herbicidas alternativos, visando expandir futuramente as ferramentas de manejo de forma eficaz, econômica e segura.

Nesse contexto, pesquisas sobre o efeito de herbicidas pré-emergentes com ação residual em batata-doce são de grande importância. têm sido realizados em vários países, buscando identificar alternativas para o manejo de plantas daninhas na cultura.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo central deste estudo foi verificar a seletividade de herbicidas alternativos à cultura da batata-doce, analisando os efeitos visuais e nos parâmetros produtivos e qualitativos das raízes tuberosas, com o intuito de identificar herbicidas com potencial de uso eficaz e seguro para o manejo de plantas daninhas nesta cultura.

2.2 Objetivos Específicos

1. Avaliar a fitotoxicidade de nove herbicidas alternativos aplicados em pré-emergência da cultura da batata-doce;
2. Analisar os teores de clorofila das plantas de batata-doce submetidas aos diferentes tratamentos herbicidas;
3. Determinar a produtividade das raízes tuberosas classificadas em comerciais, não comerciais e total, em resposta aos tratamentos herbicidas;
4. Comparar os efeitos dos herbicidas pré-emergentes sobre a produtividade da batata-doce com o tratamento controle (sem aplicação de herbicida).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Origem da Cultivar

De acordo com (FERREIRA, 2021). A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma planta dicotiledônea da família das Convolvuláceas, cuja origem remonta à América Central. Foi introduzida na Europa por Cristóvão Colombo no final do século XV e posteriormente disseminada para África e Ásia pelos espanhóis e portugueses. Hoje em dia, uma variedade de cultivares de batata-doce foi desenvolvida e adaptada para uma ampla gama de condições climáticas e de solo, resultado de extensas práticas de seleção e melhoramento genético (FERREIRA, 2021). Aspectos como rendimento, uniformidade da raiz comestível, teor de açúcar e matéria seca, bem como a cor e sabor da polpa, são amplamente explorados nas cultivares. Além disso, a resistência a pragas e doenças desempenha um papel crucial na criação de novas variedades.

3.1.1 Incorporação em processos agrícolas

A batata-doce desempenha um papel vital na agricultura familiar e na segurança alimentar, sendo uma cultura de grande valor socioeconômico. No entanto, os desafios enfrentados pelos produtores em pequena escala destacam a necessidade de medidas políticas e investimentos para fortalecer a produção e garantir a sustentabilidade do setor agrícola.

Khatib, Fregoneze, Fávaro e Santos (2020) destacam a importância do desenvolvimento de implementos agrícolas adequados para o plantio de batata-doce. Sua pesquisa, publicada na Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, apresenta uma modelagem de conjunto mecânico para esse fim, visando melhorar a eficiência e a produtividade no cultivo da cultura. Um estudo exploratório conduzido por Pedroso, Ferreira, Kereski e de Castro Vendrame, (2015) oferece insights valiosos sobre a produção de batata-doce em (MARIANO PIMENTEL(RS)). Publicado na COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional, o trabalho caracteriza a produção local, fornecendo informações importantes para o desenvolvimento de estratégias de manejo e aumento da

eficiência na região. Essas pesquisas ressaltam a importância de abordagens multidisciplinares e colaborativas para enfrentar os desafios enfrentados pelos produtores de batata-doce, promovendo assim a inovação e o desenvolvimento sustentável no setor agrícola.

3.1.2 Seletividade e adaptação a herbicidas

Na agricultura, a seletividade dos herbicidas é um fator crucial para garantir o controle eficaz das plantas aparentes, sendo definido como a capacidade de um herbicida, dependendo diferencialmente das espécies de plantas. Os herbicidas devem eliminar eficazmente as plantas específicas, embora sejam seletivos em relação às culturas de interesse comercial (DUHOUX et al., 2017). Eles serão classificados como seletivos ou não seletivos para uma determinada variedade de plantas (SILVA et al., 2019).

A seletividade refere-se à habilidade de um herbicida para controlar ou inibir o crescimento de plantas sem deficiência outras plantas de interesse comercial. Os herbicidas seletivos são utilizados para eliminar as plantas específicas ou retardar seu crescimento, permitindo que a cultura se estabeleça (BELUCI, L. 2014). Portanto, entender a seletividade de um herbicida e aplicá-lo corretamente é crucial para o sucesso do controle químico. A tolerância da cultura ao herbicida existe até certo limite de dosagem. Quando esse limite é ultrapassado, o herbicida pode retardar o crescimento ou até mesmo causar a morte da cultura comercial Silva (2019) destacam que a seletividade dos herbicidas depende de diversos fatores, incluindo características da planta (como estágio de desenvolvimento, compreensão e translocação diferencial), do herbicida (estrutura molecular, dose, formulação), do ambiente (textura do solo, disponibilidade de água) e do uso de protetores químicos. Estudar a seletividade desses produtos, isoladamente e em combinação com outros herbicidas, é essencial para evitar danos às plantas de interesse agrícola.

Herbicidas modernos e seletivos geralmente contêm agentes de proteção, chamados de safeners, antídotos ou protetores, que aumentam a capacidade da cultura de degradar o herbicida mais rapidamente. Isso ocorre devido à ativação de enzimas desintoxicantes, como a citocromo P450 monooxigenase (P450) e a

glutathione S-transferase (GST) (ROSENHAUER; ROSINGER; PETERSEN, 2016). Essas enzimas têm a função de converter compostos tóxicos em não tóxicos na planta, um processo conhecido como desintoxicação ou metabolização. Além disso, as plantas podem desenvolver outros mecanismos de defesa, como o uso de enzimas antioxidantes e alterações nos componentes fotossintéticos, para tolerar os herbicidas (AGOSTINETTO et al., 2016).

3.1.3 Interação Herbicida x Solo

O entendimento das interações entre herbicidas e solo é crucial para garantir a utilização segura desses produtos fitossanitários. Entre essas interações que influenciam e modificam a disponibilidade do herbicida na solução do solo estão a sorção e a dessorção (NETO et al., 2017). A sorção e a dessorção são importantes porque afetam o transporte, a taxa de degradação e a eficácia dos herbicidas, influenciando diretamente a quantidade e a concentração do herbicida disponível na solução do solo (LIMA, 2020).

A capacidade de sorção do solo é afetada por vários fatores, incluindo condições climáticas, atributos físicos, químicos e biológicos do solo (MARIANO, 2015), além da solubilidade, polaridade e capacidade de dissociação eletrolítica do herbicida, características da molécula dos herbicidas. Assim, mudanças nessas características podem alterar a dinâmica da molécula no solo e, conseqüentemente, sua atividade biológica (STREIT, 2005). Um fator que pode causar alterações e afetar a sorção e a dessorção de herbicidas, especialmente os iônicos, é a calagem, que envolve a aplicação de calcário no solo para aumentar o pH de solos ácidos, reduzir o efeito tóxico do Al^{+3} e fornecer Ca e Mg (BRADFORD, R, 2016).

O processo de lixiviação envolve o transporte das moléculas do herbicida em solução pela gravidade em direção às águas subterrâneas. Propriedades como sorção e persistência do herbicida, teor de matéria orgânica ou argila no solo, solubilidade da molécula do herbicida e a quantidade de água movimentada no perfil do solo, bem como propriedades físicas do solo como densidade,

porosidade e permeabilidade, influenciam os processos de lixiviação (TOMAS, 2008).

Além disso, a intensa lixiviação do herbicida pode diminuir a eficácia no controle de plantas daninhas, já que ele não será absorvido pela planta ou semente (BANDEIRA, 2021). Portanto, a diversidade dos solos cultiváveis, bem como suas características físicas e químicas, deve ser considerada na sorção e dessorção dos herbicidas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de pesquisa foi conduzido em campo durante o período de outubro de 2022 a abril de 2023, nas instalações da FCAT/Unesp – Câmpus de Dracena. A área experimental de “matologia” está localizada nas coordenadas $21^{\circ}27'35,4''\text{S}$ e $51^{\circ}33'10,7''\text{O}$, com uma altitude média de 378m, situada no município de Dracena-SP.

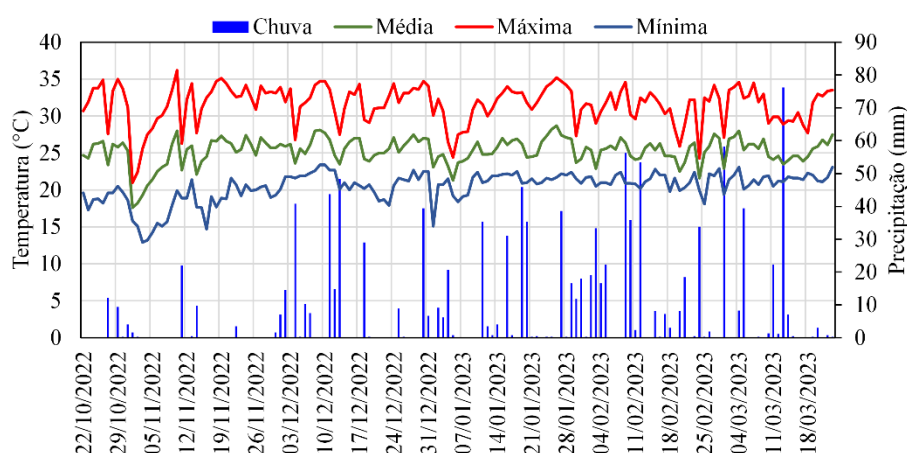
Figura 1: Localização da área de estudo no município de Dracena-SP

Fonte: IBGE, 2023.



O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico, com uma textura predominantemente arenosa, conforme a classificação da EMBRAPA (2013). Quanto ao clima da região, é caracterizado como do tipo Aw, tropical com estação seca bem definida. A precipitação média anual é de 1.132 mm, e a temperatura média anual é de 23,9°C. Durante a pesquisa, os dados climáticos, incluindo precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa do ar, foram obtidos a partir de uma estação meteorológica próxima à área experimental.

Figura 2. Temperatura mínima, média e máxima (°C) e precipitação (mm) obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X instalada na FCAT/Unesp-Câmpus de Dracena durante a condução do experimento - safra 2022/2023



O solo da área experimental foi amostrado e analisado quanto às características físico e químicas, não havendo a necessidade da aplicação de calcário. O preparo do solo foi de forma convencional com gradagem pesada, aração e gradagem leve.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo 0-20cm da área que o experimento foi conduzido em 2022.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H ⁺ Al ³⁺ ₃	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³								mg dm ⁻³
5,8	12	78	0	12	3,8	30	8	42	54	78	4
Areia total			Argila		Silte		Textura do solo				
g Kg ⁻¹											
858			87		55		Arenosa				

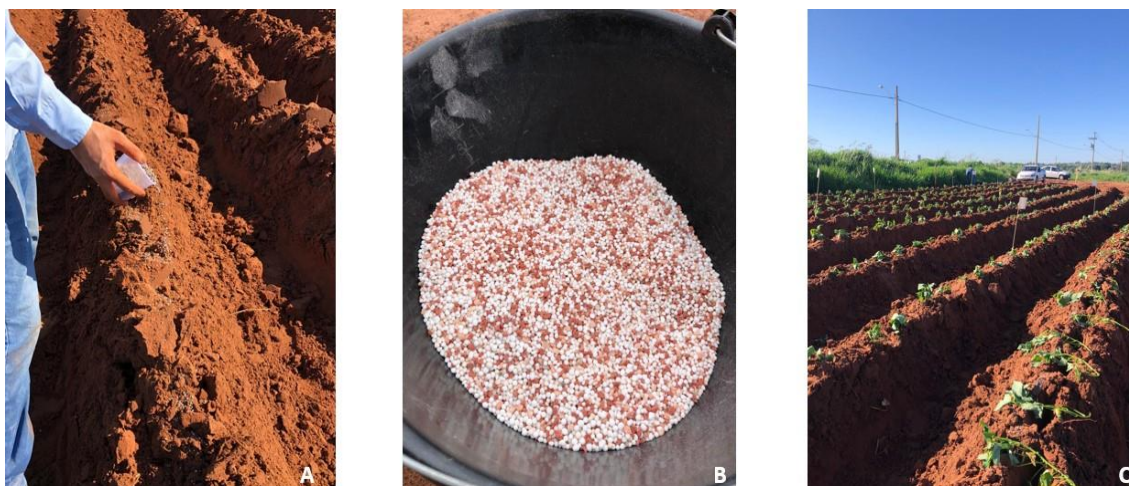
Fonte: Tabela elaborada com base na Análise de solo.

O levantamento das leiras foi realizado de forma mecanizada, com um arado, deixando as leiras a um espaçamento de 1,2 m entre si. As parcelas foram constituídas por 3,6 m de largura (três linhas de batata-doce) e 5m de comprimento, sendo a segunda linha da parcela (centro) com 4 m de comprimento considerada como área útil e totalizando 5,2 m².

A adubação de base foi realizada com fertilizante N-P-K 04-14-08, no plantio das ramas e de cobertura realizada com ureia e KCl com uma dosagem de 105g por cada fileira de 5 m, foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura embasado na análise de solo. O plantio da batata-doce foi realizado nas leiras já fertilizadas.

Para o plantio, foram utilizadas ramas de aproximadamente 40 cm de comprimento da cultivar Canadense. As ramas foram retiradas de matrizes jovens e plantadas uma rama por cova, com 10-12 cm de profundidade no topo das leiras, utilizando-se o espaçamento de 30 cm entre plantas.

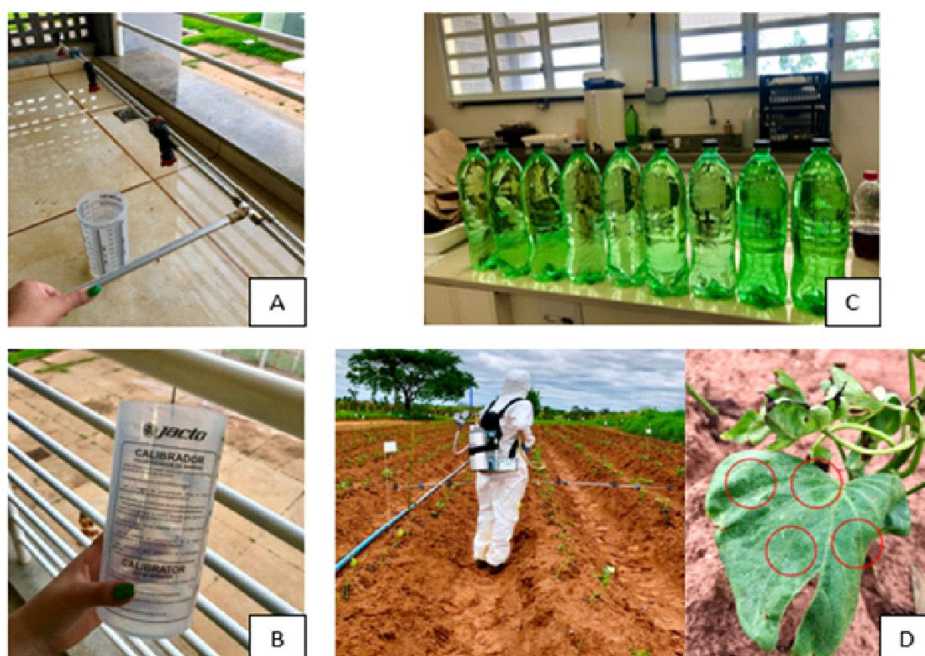
Figura 3. A) Aplicação da adubação de base; B) adubo utilizado planta plantio; C) distribuição das ramas de batata-doce.



Fonte: Área experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com 10 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por nove herbicidas: flumioxazin (25 g i.a. ha⁻¹), oxyfluorfen (480 g i.a. ha⁻¹), S-metolachlor (1440 g i.a. ha⁻¹), clomazone (1080 g i.a. ha⁻¹), metribuzin (480 g i.a. ha⁻¹), pendimetalin (1200 g i.a. ha⁻¹), linuron (450 g i.a. ha⁻¹), atrazine+S-metolachlor (1295+1015 g i.a. ha⁻¹), glyphosate (720 g e.a. ha⁻¹) aplicados em pré-emergência das plantas daninhas e após o plantio das ramas de batata-doce, além de uma testemunha sem aplicação de herbicidas. Para a escolha da dose a ser utilizada considerou-se a faixa que o produto é recomendado para a maioria das culturas registradas. O tratamento glyphosate foi incluído visando haver um tratamento que provocasse intensa fitointoxicação à cultura. Todas as parcelas experimentais foram mantidas livres da presença das plantas daninhas durante todo o ciclo de cultivo.

Figura 4. A e B) Regulagem do pulverizador; C) preparo das caldas de herbicidas; D) aplicação e planta que recebeu a aplicação. C



Fonte: Área experimental

Durante todo o ciclo de cultivo da batata-doce foram adotadas as práticas de manejo recomendadas para a cultura na região, incluindo irrigação, controle de pragas e doenças, quando foi necessário.

Análises:

Fitointoxicação da cultura: As injúrias visuais dos herbicidas nas plantas de batata-doce foram avaliadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Para isso, foi estabelecido uma escala percentual de notas, atribuídas por meio da comparação visual com a testemunha (sem aplicação de herbicidas), considerando-se zero (0) para ausência de injúrias (sintomas) e 100% para a morte de todas as plantas (SBCPD, 1995).

Índices de clorofila: Existem duas formas predominantes de clorofilas, ou seja, *a* e *b* que estruturalmente diferem ligeiramente entre si. A principal função da clorofila é converter energia luminosa em energia química, processo que ocorre nos cloroplastos (STREIT *et al.*, 2005). Portanto, essas variáveis são importantes para melhor compreender a seletividade de herbicidas e suas interações com o desenvolvimento das plantas. Os índices de clorofila A, clorofila B e total (Clorofila a + Clorofila b) foram obtidos aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA dos herbicidas utilizando-se o clorofilômetro ClorofiLOG CFL1030 (Falker) (Figura 4). As leituras foram realizadas na folha mais recente totalmente expandida de cinco plantas por parcelas, e sempre procurando evitar as nervuras do limbo foliar.

Figura 5. Avaliação do índice de clorofila com o uso do clorofilômetro ClorofiLOG CFL 1030 (Falker), realizada aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicação dos herbicidas.



Produtividade de raízes tuberosas: Na colheita (~140 dias após o plantio) foram coletadas todas as raízes tuberosas da linha central de quatro metros de comprimento (área útil) de cada parcela. Posteriormente, as raízes tuberosas foram classificadas e contadas. As raízes tuberosas lisas de formato alongado e uniforme e com peso entre 80 e 800 g foram classificadas como comercializáveis, enquanto as raízes tuberosas deformadas e com tamanho maior que 800 g ou menor que 80 g foram contabilizadas como raízes não comercializáveis. Após classificadas, as raízes tuberosas foram pesadas para a obtenção das produtividades comercial e não comercial. A produtividade total foi obtida pelo somatório das produtividades comercial e não comercial.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($P \leq 0,05$). Os efeitos dos tratamentos foram comparados pelo teste de comparação de médias de Tukey ao nível de significância de 5%. As análises foram realizadas por meio do software R e pacotes específicos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Índices de Fitointoxicação

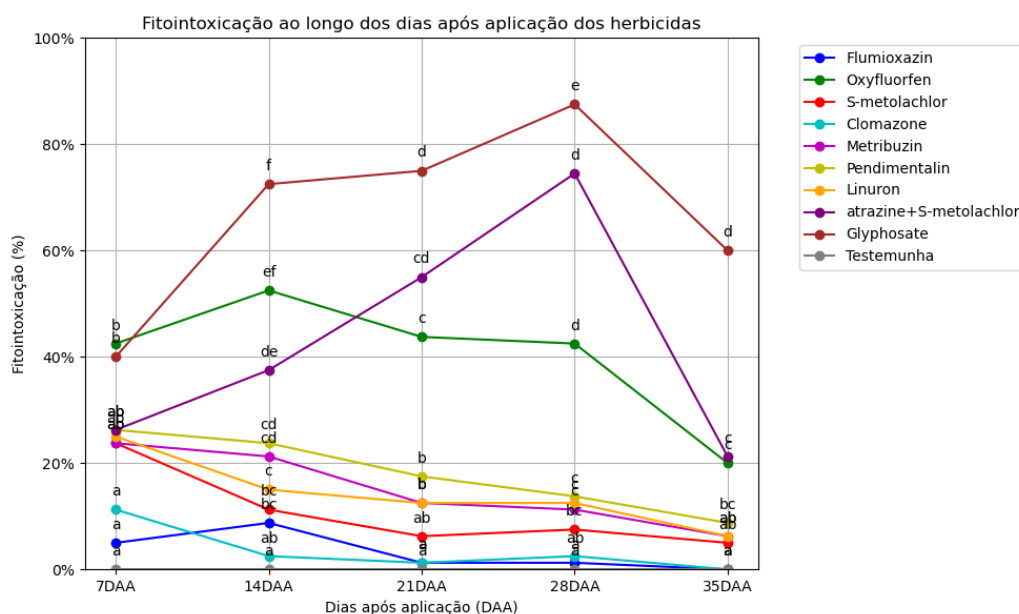
Diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos nos diferentes períodos de avaliação que se estenderam até aos 35 DAA, (COSTA, 2021) sendo que os valores médios de fitointoxicação para a maioria dos tratamentos foram reduzindo com o avançar do desenvolvimento da cultura (MENDES, 2022).

Tabela 2. Fitointoxicação aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce.

Tratamentos	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	35DAA
Flumioxazin	5,00 a	8,75 bc	1,25 a	1,25 a	0,00 a
Oxyfluorfen	42,50 b	52,50 ef	43,75 c	42,50 d	20,00 c
S-metolachlor	23,75 ab	11,25 bc	6,25 ab	7,50 bc	5,00 ab
Clomazone	11,25 a	2,50 ab	1,25 a	2,50 ab	0,00 a
Metribuzin	23,75 ab	21,25 cd	12,50 b	11,25 c	6,25 ab
Pendimetalin	26,25 ab	23,75 cd	17,50 b	13,75 c	8,75 bc
Linuron	25,00 ab	15,00 c	12,50 b	12,50 c	6,25 ab
atrazine+S-metolachlor	26,25 ab	37,50 de	55,00 cd	74,50 d	21,25 c
Glyphosate	40,00 b	72,50 f	75,00 d	87,50 e	60,00 d
Testemunha	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
CV. (%)	27,21	20,12	18,55	14,90	25,95

¹ Testemunha sem aplicação de herbicida. 2 CV coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 6. Gráfico de fitointoxicação dos tratamentos em 7,14,21,28 e 35 DAA



O estudo comparou a eficácia de vários herbicidas na produtividade de raízes tuberosas, medindo seus efeitos em diferentes intervalos de tempo após a aplicação (DAA). Como já esperado os resultados indicaram que o Glyphosate foi o herbicida mais fitointoxicou as plantas de batata-doce, apresentando valores de 40,00% (7DAA), 72,50% (14DAA), 75,00% (21DAA), 87,50% (28DAA) e 60,00% (35DAA), diferindo significativamente da testemunha em todos os tempos. Em contraste, o Flumioxazin teve valores inferiores a 5,00% (7DAA) não

diferindo significativamente da testemunha (sem aplicação de herbicida) na maioria dos tempos. O Oxyfluorfen também se destacou, com valores de 42,50% (7DAA), 52,50% (14DAA), mas depois demonstrou diminuição de valores, diferindo significativamente da testemunha em todos os tempos. O S-metolachlor apresentou valores de 23,75% (7DAA), 11,25% (14DAA), e também demonstrou redução dos valores. O Clomazone teve valores de 11,25% (7DAA), 2,50% (14DAA), 1,25% (21DAA), 2,50% (28DAA) e 0,00% (35DAA), sem diferença significativa em relação à testemunha na maioria dos tempos. O Metribuzin mostrou valores de 23,75% (7DAA), 21,25% (14DAA) após isso apresentou redução nos valores, diferindo significativamente em alguns tempos, enquanto o Pendimetalin teve valores de 26,25% (7DAA), 23,75% (14DAA), 17,50% (21DAA), 13,75% (28DAA) e 8,75% (35DAA), também com diferença significativa em alguns tempos. O Linuron apresentou valores de 25,00% (7DAA), 15,00% (14DAA), 12,50% (21DAA e 28DAA), e 6,25% (35DAA), diferindo significativamente em alguns tempos.

A combinação de Atrazine e S-metolachlor teve valores de 26,25% (7DAA), 37,50% (14DAA), 55,00% (21DAA), 74,50% (28DAA) e 21,25% (35DAA), mostrando alta fitointoxicação em 28DAA. A testemunha, utilizada como referência, apresentou um valor constante de 0,00% em todos os tempos. O coeficiente de variação (CV) variou de 14,90% a 27,21%, indicando a variação relativa dos dados.

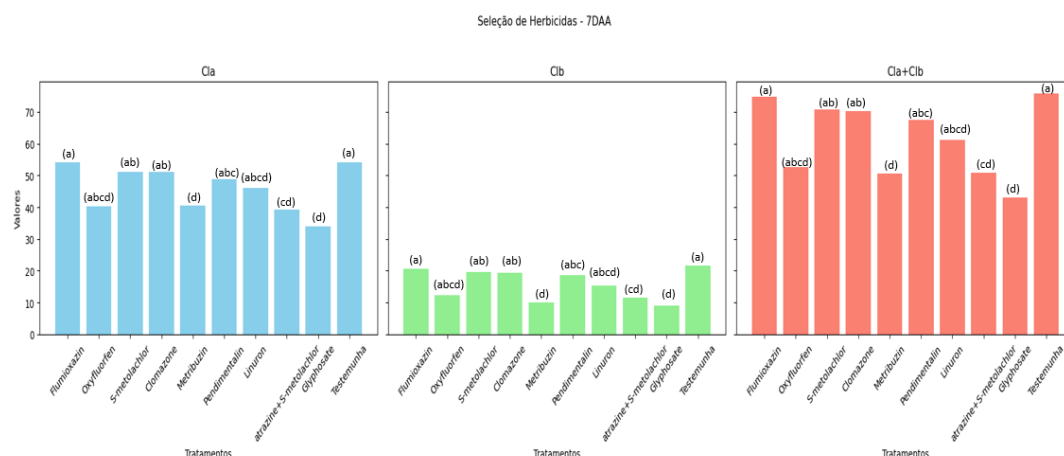
O Glyphosate, um herbicida pós-emergente, demonstrou a maior fitointoxicação geral, enquanto o Flumioxazin e o Clomazone apresentaram resultados comparáveis à testemunha em termos de eficácia. A combinação de Atrazine e S-metolachlor também mostrou alta fitointoxicação em 28DAA, os demais herbicidas mostraram redução nos valores com o decorrer do tempo, mostrando que as plantas conseguiram metabolizar a molécula desses herbicidas.

5.2 Índice de clorofila:

Apenas aos 7 DAA diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos para Cla, Clb e total. Desse modo, para clorofila a, o glyphosate foi o tratamento que mais reduziu o índice de clorofila, mas não se diferenciou de

oxyfluorfen, metribuzin, linuron e atrazine+S-metolachlor. Para a clorofila *b* no mesmo período, o glyphosate e metribuzin foram os tratamentos que proporcionaram os menores índices, 9,05 e 9,95 respectivamente, não se diferenciando de oxyfluorfen, linuron e atrazine+S-metolachlor. Por fim, o índice de clorofila total, o tratamento glyphosate também foi o que provocou maiores reduções e que não se diferiram de oxyfluorfen, metribuzin, linuron e atrazine+S-metolachlor (figura 7). No entanto, não foi observado diferenças significativas nos períodos avaliados posteriormente (14, 21, 28 e 35 DAA), exceto para a clorofila *b* aos 28 DAA (figura 7), demonstrando que com o crescimento das ramas e por consequência da emissão de novas folhas, os índices de clorofila não foram afetados.

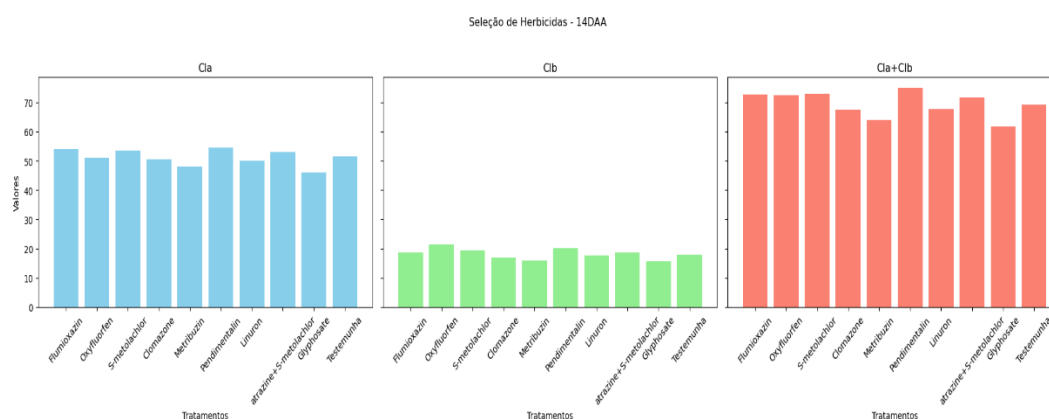
Figura 7.1 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cl_a+Cl_b) aos 7, dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;



Aos 7 dias após a aplicação (7DAA), observa-se que o tratamento com Flumioxazin apresentou o maior valor de Clorofila A (54,11), seguido de perto pela Testemunha (54,01), indicando que esses dois tratamentos mantiveram níveis relativamente altos de Clorofila A. Em contrapartida, o tratamento com Glyphosate apresentou o menor valor de Clorofila A (33,98), sugerindo uma redução significativa. Para Clorofila B, a Testemunha também teve o maior valor (21,67), enquanto o Glyphosate apresentou o menor (9,05), indicando novamente um impacto adverso do Glyphosate na clorofila das plantas. Quando

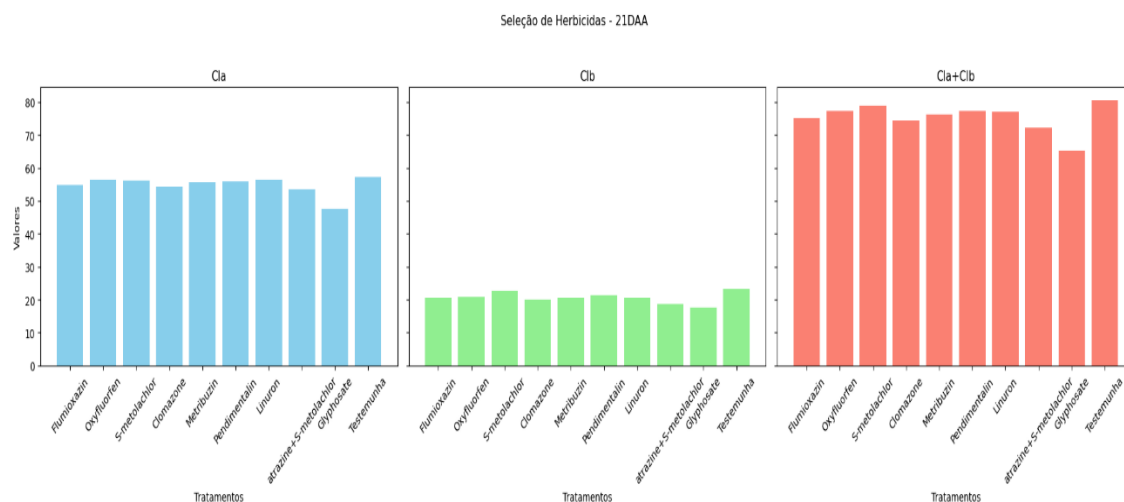
se consideram os valores combinados de Clorofila A e B (Cla+Clb), a Testemunha manteve o maior valor (75,68), seguida de Flumioxazin (74,66), enquanto Glyphosate teve o menor valor (43,03). Esses dados sugerem que o Glyphosate tem um impacto inicial mais severo na redução dos níveis de clorofila das plantas em comparação com os outros herbicidas testados.

Figura 7.2 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cla+Clb) aos 14 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;



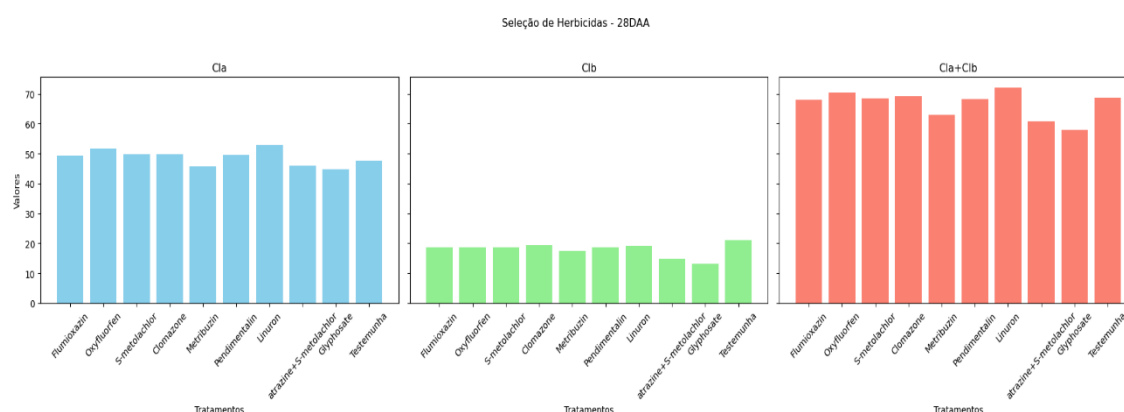
Após 14 dias da aplicação (14DAA), Pendimetalin mostrou o maior valor de Clorofila A (54,55), seguido por Flumioxazin (53,99), indicando que esses tratamentos continuam a manter níveis altos de clorofila. Glyphosate ainda apresentou um valor menor de Clorofila A (46,00), embora a diferença não tenha sido estatisticamente significativa. No caso da Clorofila B, Oxyfluorfen teve o maior valor (21,26), e Glyphosate continuou com o menor valor (15,74), novamente sem diferenças significativas. Para os valores combinados de Clorofila A e B, Pendimetalin liderou com 74,82, enquanto Glyphosate ficou com o menor valor (61,74), sugerindo um impacto contínuo, embora menor, do Glyphosate.

Figura 7.3 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cla+Clb) aos 21 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;



Aos 21 dias após a aplicação (21DAA), a Testemunha apresentou o maior valor de Clorofila A (57,12), indicando uma recuperação ou manutenção estável das plantas não tratadas. Glyphosate continuou com o menor valor (47,58), mas sem uma diferença estatística significativa. S-metolachlor teve o maior valor de Clorofila B (22,76), e Glyphosate o menor (17,74), ainda sem diferenças significativas. Considerando Clorofila A e B combinadas, a Testemunha manteve maior valor (80,38), enquanto Glyphosate teve o menor (65,32), embora as diferenças não tenham sido significativas.

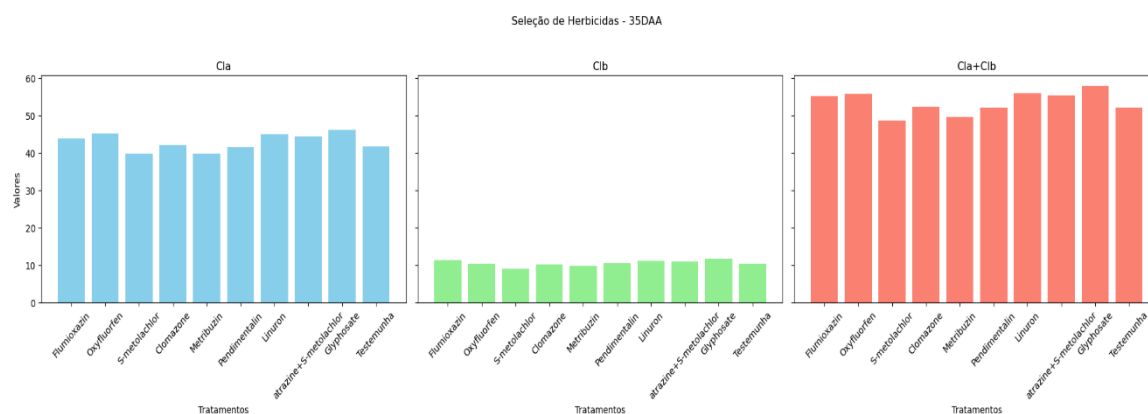
Figura 7.4 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cla+Clb) aos 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;



Após 28 dias da aplicação (28DAA), Linuron apresentou o maior valor de Clorofila A (52,87), sugerindo que este tratamento é relativamente seguro para

a planta neste estágio. Glyphosate teve o menor valor (44,66), mas novamente sem diferenças significativas. Em termos de Clorofila B, a Testemunha teve o maior valor (21,13), enquanto Glyphosate apresentou o menor (13,26), com uma diferença significativa apenas neste parâmetro. Para os valores combinados de Clorofila A e B, Linuron liderou com 71,97, enquanto Glyphosate teve o menor valor (57,93), indicando um impacto continuado do Glyphosate.

Figura 7.5 - Índice de clorofila a clorofila b e total (Cla+Clb) aos 35 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas na cultivar Canadense em função dos herbicidas estudados, pulverizados 3 dias após o plantio das ramas de batata-doce;

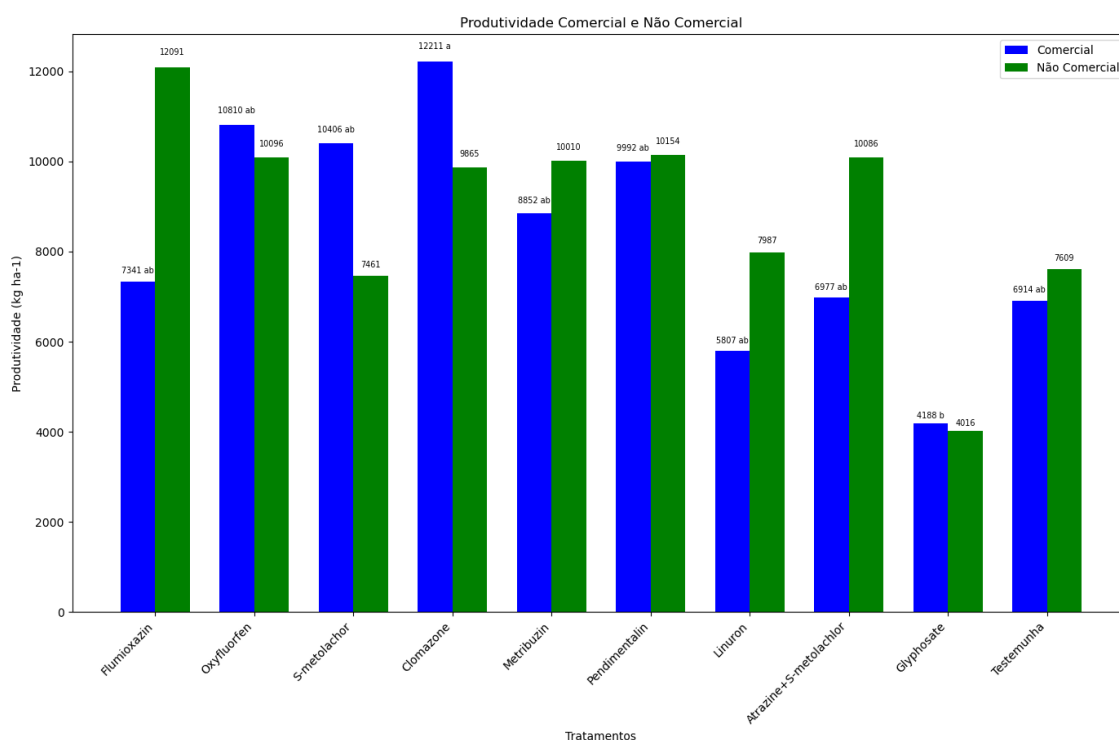


Aos 35 dias após a aplicação (35DAA), Glyphosate apresentou o maior valor de Clorofila A (46,15), o que representa uma inversão de seu desempenho anterior. S-metolachlor teve o menor valor (39,70), mas sem diferenças significativas. Para Clorofila B, Glyphosate também teve o maior valor (11,63), enquanto S-metolachlor teve o menor (8,92), ainda sem diferenças significativas. Considerando Clorofila A e B combinadas, Glyphosate teve o maior valor (57,78), e S-metolachlor o menor (48,62), sem diferenças significativas.

Em resumo, Flumioxazin e a Testemunha geralmente apresentaram valores altos nos primeiros dias após a aplicação, indicando menor impacto negativo inicial sobre as plantas. Glyphosate consistentemente mostrou os menores valores iniciais de clorofila, sugerindo um efeito mais severo sobre a saúde das plantas nos primeiros dias após a aplicação. No entanto, a partir dos 35 dias, Glyphosate apresentou uma recuperação inesperada nos níveis de

clorofila, o que merece investigação adicional para entender as razões dessa variação. As diferenças significativas entre os tratamentos foram mais pronunciadas nos primeiros 7 dias após a aplicação, com diferenças diminuindo ao longo do tempo, sugerindo uma possível recuperação ou adaptação das plantas aos herbicidas. Esta análise sugere que, embora alguns herbicidas possam inicialmente reduzir significativamente os níveis de clorofila, as plantas podem se recuperar ao longo do tempo, com Glyphosate mostrando um comportamento variável que necessita de mais estudos.

Figura 8. Produtividade (kg ha^{-1}) final de raízes tuberosas classificadas em comerciais, não comerciais e total.



Os resultados revelaram uma variação significativa na produtividade entre os tratamentos com herbicidas. Alguns tratamentos demonstraram aumentos na produtividade com produtividade em torno de 22t/ha^{-1} , enquanto outros mostraram resultados inferiores com 13t/ha^{-1} e a testemunha produzindo em torno de 8t/ha^{-1} . Além disso, a análise destacou a distinção entre produtividade comercial e não comercial, sugerindo que diferentes herbicidas podem influenciar tanto a quantidade quanto a qualidade das raízes tuberosas.

6 CONCLUSÕES

Os tratamentos apresentaram diferenças na fitointoxicação da cultura, sendo que as injúrias foram diminuindo com o tempo. Os índices de clorofila apresentaram diferenças apenas na primeira avaliação após a aplicação dos herbicidas (7 dias após aplicação - DAA). A maioria dos herbicidas não afetou a produtividade (raízes comerciais, não comerciais e total), exceto o glyphosate que é um herbicida pós-emergente. A produtividade final tem reflexo direto nos índices de fitointoxicação de cada parcela tratada, ou seja, as que apresentaram maiores valores de fitointoxicação obtiveram resultados inferiores às parcelas de menor fitointoxicação. Conclui-se que os herbicidas pré-emergentes foram seletivos para a cultura da batata-doce.

7. REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Berthier, 2009.

BANDEIRA, Otniel Alencar. **Estudo experimental da translocação, percolação e lixiviação dos metais presentes no rejeito de mineração: rompimento de barragem em Mariana-MG**. 2021. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

BELUCI, Lucas Ribeiro et al. EMERGÊNCIA E ESTABELECIMENTO DE PLANTAS CULTIVADAS APÓS APLICAÇÃO DE GLYPHOSATE. **Nucleus (16786602)**, v. 11, n. 1, 2014; BRADFORD, Russel et al. Decomposição algébrica cilíndrica invariante detabela verdade. **Jornal de Computação Simbólica** , v. 76, p. 1-35, 2016;

COSTA, Pedro Henrique de Souza Menezes et al. Dessecação de Conyza spp., em pré plantio da cultura da soja, através de aplicações sequenciais de herbicidas. 2021;

DA SILVA, Edvan Costa et al. Seletividade de herbicidas em pós-emergência na cultura do feijão mungo-verde. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, p. 1-5, 2019;

DUHOUX, Arnaud et al. Herbicide safeners decrease sensitivity to herbicides inhibiting acetolactate-synthase and likely activate non-target-site-based resistance pathways in the major grass weed *Lolium sp.* (Rye-grass). **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1310, 2017.

FERREIRA, Maria Elvira; LIMA, Maria Alexandra; SÁNCHEZ, Claudia. 1. A planta da batata-doce. **Batatadoce. Manual de boas práticas agrícolas. Oeiras, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV)**, p. 25-35, 2021;

KHATIB, SK et al. MODELAGEM DE CONJUNTO MECÂNICO DE IMPLEMENTO AGRÍCOLA PARA PLANTIO DE BATATA DOCE. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 3, pág. 242-252, 2020;

LIMA, Ronaldo Pereira. Seletividade de herbicidas pré-emergentes em cultivares de batata-doce (*Ipomoea b* (L.) Lam.), desenvolvidas para produção de etanol. 2020;

MARIANO, Eduardo. **Predição da necessidade de fertilizante nitrogenado pela cana-de-açúcar e reações do nitrogênio orgânico e mineral dissolvidos em palha e solo de canaviais**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo;

MENDES, Kássio Ferreira; IONOUÉ, Miriam Hiroko. **Herbicidas no ambiente: Impacto e detecção**. Digitaliza Conteúdo, 2022;

NETO, João Augusto Máttar. **Metodologia científica na era da informática**. Saraiva Educação SA, 2017;

ROSENHAUER, Maria; ROSINGER, Chris; PETERSEN, Jan. Impact of the safener mefenpyr-diethyl on herbicide resistance evolution in *Alopecurus myosuroides* (Huds.) **biotypes**, 2016.

SILVA, Renata de Oliveira. Estudo comparativo das fontes de ionização esi e apci em sistema lc-ms/ms para validação de método multirresíduo de agrotóxicoem hortaliças. 2020;

STREIT, Nívia Maria et al. Como clorofilas. **Ciência Rural** , v. 35, pág. 748-755,2005;

TOMAZ, Marcelo Antonio et al. Diferenças genéticas na eficiência de absorção,na translocação e na utilização de K, Ca e Mg em mudas enxertadas de cafeeiro. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1540-1546, 2008;