

REVISTA
DESAFIOS

ISSN: 2359-3652

V. 11, n. 7, Outubro/2024. Dossiê Especial: Agroenergia Digital
https://doi.org/10.20873/Agroenergia_2024_v11_n7_14

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES EM CULTIVARES DE BATATAS-DOCES DESENVOLVIDAS PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

SELECTIVITY OF PRE-EMERGENT HERBICIDES IN SWEET POTATO CULTIVARS DEVELOPED FOR ETHANOL PRODUCTION

SELECTIVIDAD DE HERBICIDAS PREEMERGENTES EN CULTIVARES DE BONIATO DESARROLLADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL

Ronaldo Pereira Lima:

Mestre em Agroenergia Digital, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, Brasil.
E-mail: ronagro@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-7403-1939>.

Anderson de Oliveira Pereira:

Mestre em Agroenergia Digital, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, Brasil.
E-mail: andersonuft@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3195-4176>.

Gabriel Duarte de Oliveira:

Mestre em Agroenergia Digital, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, Brasil.
E-mail: gdoliveira96@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3346-4533>.

Rogério Cavalcante Gonçalves:

Doutor pela Bionorte e participou da equipe do Laboratório de Sistema de Produção de Energia de Fontes Renováveis (LASPER), Universidade Federal do Tocantins, Palmas TO, Brasil.
E-mail: cavalcante.rg@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7251-4807>.

Eduardo Andrea Lemus Erasmo:

Docente do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia Digital, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, Brasil. E-mail: erasmolemus@mail.uft.edu.br. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2312-8202>.

Márcio Antônio da Silveira:

Docente do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia Digital e do Curso de Engenharia Ambiental, Responsável pelo Laboratório de Produção de Energia e de Fontes Renováveis - LASPER da UFT, Palmas TO, Brasil. E-mail: silveiramarcio93@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4242-5870>.

Solange Aparecida Sággio:

Docente do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia Digital, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, Brasil. E-mail: solangesagio@mail.uft.edu.br. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9329-4516>.

Artigo recebido em janeiro de 2024 aceito em setembro de 2024 publicado em outubro de 2024

Como citar este artigo:

LIMA, R. P.; PEREIRA, A. de O.; OLIVEIRA, G. D. de; GONÇALVES, R. C.; ERASMO, E. A. L.; SILVEIRA, M. A. da; SÁGIO, S. A. Seletividade de herbicidas pré-emergentes em cultivares de batatas-doces desenvolvidas para a produção de etanol. **Desafios. Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**. Palmas, v. 11, n. 7, p. 1 - 15, out. 2024. DOI: https://doi.org/10.20873/Agroenergia_2024_v11_n7_14

RESUMO

O uso de batata-doce para a produção de etanol tem sido amplamente estudado. No entanto, na literatura, existem poucos estudos sobre a seletividade de herbicidas para cultivares de batata-doce para fins industriais. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de herbicidas pré-emergentes aplicados na batata-doce. Um experimento foi realizado no campo, usando um delineamento de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 x 3, sendo o fator 1: as cultivares (Amanda, Carolina Vitória e Brazlândia Roxa), o fator 2: os herbicidas (S-metolaclo, Atrazina + S-metolaclo e uma testemunha controle: sem aplicação de herbicida), com quatro repetições. Os dados foram submetidos a uma análise de variância e comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Foram realizadas análises de teor de matéria seca das raízes (MSR), fitotoxicidade, massa seca da parte aérea (MSA), produtividade, teor de amido da raiz tuberosa e estimativa da produtividade de etanol. Os resultados indicaram que os herbicidas S-metolaclo e Atrazina + S-metolaclo causaram danos em grande parte dos tratamentos na fase inicial da cultura. No entanto, o S-metolaclo não causou perdas significativas na produtividade, MSR, amido e etanol, comprovando que pode ser utilizado para o controle de plantas daninhas. A aplicação de Atrazina + S-metolaclo não influenciou alguns caracteres, mas promoveu perdas expressivas de etanol.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*; biocombustível; seletividade herbicidas

ABSTRACT

The use of sweet potato for ethanol production has been widely studied. However, in the literature, there are few studies on the selectivity of herbicides for sweet potato cultivars for industrial purposes. The objective of this study was to evaluate the effects of pre-emergent herbicides applied to sweet potato. An experiment was conducted in the field, using a randomized complete block design (RCBD), in a 3 x 2 + 1 factorial scheme, with factor 1: the cultivars (Amanda, Carolina Vitória and Brazlândia Roxa), factor 2: the herbicides (S-metolachlor, Atrazine + S-metolachlor and a control treatment: no application), with four replications. Data were submitted to an analysis of variance and compared by the Tukey test at a 5% probability level. Analyses of dry matter content of the roots (DMR), phytotoxicity, dry mass of the aerial part (DMA), productivity, starch content of the tuberous root and ethanol productivity estimate were performed. The results indicated that the herbicides S-metolachlor and Atrazine + S-metolachlor caused damage in most treatments in the initial phase of the crop. However, S-metolachlor did not cause significant losses in productivity, DMR, starch and ethanol, proving that it can be used for weed control. The application of Atrazine + S-metolachlor did not influence some characters but promoted significant losses of ethanol.

Keywords: *Ipomoea potatoes*; biofuel; herbicide selectivity.

RESUMEN

El uso de camote para la producción de etanol ha sido ampliamente investigado. Sin embargo, en la literatura existen pocos estudios sobre la selectividad de los herbicidas para cultivares industriales de camote. El objetivo fue evaluar los efectos de herbicidas preemergentes aplicados en camote. Se estableció un experimento de campo, utilizando un diseño de bloques al azar (DBC), en esquema factorial 3 x 3, correspondiente al factor 1: cultivares (Amanda, Carolina Vitória y Brazlândia Roxa), factor 2: herbicidas (S-metolaclo , Atrazina +S-metolaclo y un control testigo:sem application), con cuatro repeticiones. Los datos se sometieron a análisis de varianza y se compararon mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Se realizaron análisis de contenido de materia seca de raíces (MSR), fitotoxicidad, masa seca de brotes (MSA), productividad, contenido de almidón de raíces tuberosas y productividad estimada de etanol. Los resultados indicaron que los herbicidas S-metolaclo y Atrazina + S-metolaclo causaron lesiones en la mayoría de los tratamientos en la fase inicial del cultivo. El S-metolaclo no generó pérdidas significativas de productividad, MSR, almidón y etanol, demostrando que puede ser utilizado para el control de malezas. La atrazina + S-metolaclo no influyó en algunos caracteres, sin embargo, promovió pérdidas significativas de etanol.

Descriptores: *Ipomoea batatas*; biocombustible, selectividad de los herbicidas.

INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam. Convolvulaceae) é uma das hortaliças com maior capacidade de produzir energia por unidade de área e tempo, cujas raízes e ramos são utilizados tanto na alimentação humana quanto na animal (SILVA et al., 2019). O uso da batata-doce para produção de etanol tem sido amplamente pesquisado devido à importância da busca por fontes renováveis de energia. Vários autores relatam que a produção de etanol a partir de suas raízes é maior que a do milho ou mesmo da cana-de-açúcar (EL SHEIKHA; RAY, 2017; SILVA et al., 2019).

Todavia, o Brasil detém baixos índices produtivos quando comparado aos maiores produtores mundiais (FAO, 2019). Entre os fatores limitantes que interferem negativamente na produtividade pode-se destacar a competição da batata-doce com as plantas daninhas, essas reduzem a produtividade de acordo com a densidade populacional e as espécies infestantes. Sendo que, em alguns casos, podem ocorrer perdas tão drásticas que acabam por inviabilizar economicamente a produção e a colheita de uma lavoura (CAVALCANTE et al., 2017).

A competição entre as plantas se dá pela necessidade de recursos como luz, CO₂, O₂, água, nutrientes e espaço, e é realizada quando o ambiente não tem capacidade de suprir as necessidades das plantas ou o competidor impede o acesso ao recurso pela planta de interesse (PITELLI, 2014). O controle mecânico de plantas daninhas predomina em muitas propriedades, mas é uma prática inviável em grandes áreas (HARKER; O'DONOVAN, 2013). O principal controle eficaz de plantas daninhas utilizado em grandes áreas é a aplicação de herbicidas (GIANESSI, 2013).

A base para o sucesso da operação é a recomendação de um herbicida condicionado à sua seletividade. A seletividade de herbicidas sobre uma cultura agrícola é um processo dinâmico, relacionada com a interação de fatores ligados aos herbicidas e à tecnologia de aplicação (dose, formulação e localização espacial do herbicida em relação à planta); fatores ligados à planta (retenção e absorção diferencial, idade das plantas, cultivar, translocação diferencial e metabolismo diferencial) (OLIVEIRA, 2014a).

Na literatura, existem poucos estudos sobre seletividade de herbicidas para cultivares de batata-doce industrial. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade de herbicidas pré-emergentes com potencial para uso na cultura da batata-doce, desenvolvida para a produção de etanol, com uma boa eficiência no controle.

MATERIAIS E MÉTODOS

Implementação do experimento

O experimento com aplicação de herbicidas pré-emergente, foi conduzido na área experimental do Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis (LASPER), localizado no Campus da Universidade Federal do Tocantins (UFT) Palmas - TO (220 m de altitude, 10°10' S e 48°21' W), onde foram realizadas as análises laboratoriais e agronômicas do experimento.

O ensaio foi cultivado em campo, sendo as variedades de batata-doce utilizadas, submetidas à ação de herbicidas para avaliação de seletividade. A área foi preparada com aração e gradagem 30 dias antes do plantio. As leiras foram construídas com espaçamentos 0,7 m a 1 m de largura e com aproximadamente 0,30 m de altura.

A adubação de plantio, cobertura e calagem foram realizadas, de acordo com a necessidade do solo, conforme a análise de solo da área (Tabela 1). A recomendação de adubação foi realizada de acordo com os parâmetros estabelecidos pela 5ª Aproximação de Minas Gerais (RIBEIRO, 1999). Foi realizada no experimento, uma aplicação de calcário dolomítico 30 dias antes do plantio, na quantidade de 100 kg (0,1 t. ha⁻¹) e adubação de plantio com 180 kg de fósforo (1.000 kg ha⁻¹ de P₂O₅), em sua totalidade aplicado no plantio e uma de cobertura com 60-00-60 kg de nitrogênio e potássio, sendo aplicados de forma parcelada em duas vezes. A aplicação dos fertilizantes, nas adubações de plantio e cobertura foi realizada manualmente.

O delineamento em campo foi instalado em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 x 3 com 4 repetições, sendo Fator 1 as cultivares: Amanda, Carolina Vitória e Brazlândia Roxa e Fator 2 os herbicidas: S-Metolacoloro (960 g de i.a. ha⁻¹), Atrazina + Metolacoloro (370+290 g de i.a. ha⁻¹) e uma testemunha controle para cada cultivar (sem aplicação de herbicidas). Cada parcela experimental foi formada por um canteiro de 0,70 m de largura por 3,0 m de comprimento, contendo dez plantas com espaçamento de 30 cm entre elas. As ramas utilizadas no plantio foram constituídas por toda a parte da rama (apical, mediana e basal). O comprimento de cada rama foi de 15-20 cm, contendo de três a cinco entrenós. As ramas foram retiradas com tesoura de poda um dia antes do plantio.

O plantio das ramas de batata-doce e aplicação dos herbicidas pré-emergentes do experimento, foi realizado no dia 23 de maio de 2019. Logo após, os herbicidas foram aplicados em solo úmido, por meio de pulverizador costal, com pressão mantida por CO₂ comprimido e monitorada por manômetro de linha, em volume

de calda igual a 200 L. ha⁻¹. Foram realizadas capinas semanais para que a área fosse mantida livre de plantas daninhas até o momento da colheita. A colheita do experimento foi realizada nos meses de outubro e novembro, totalizando cinco e seis meses de cultivo de cada experimento de acordo com o ciclo de cada cultivar.

Os dados obtidos de todas as variáveis foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as diferenças entre as médias comparadas pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade utilizando o software SISVAR 5.6.

Tabela 1 - Resultado da análise do solo antes da implantação do experimento, na Área Experimental da Universidade Federal do Tocantins

Prof. (cm)	pH H ₂ O	P Mehlich ¹ (mg.dm ⁻³)	K	Ca	Mg (cmolc.dm ⁻³)	Al	H+Al
0-20	4,63	1,79	0,11	0,20	0,08	0,91	4,70
Prof. (cm)	MO (g.dm ⁻³)	SB (cmolc.dm ⁻³)	T	V	Arg (%)	Silte	Areia
0-20	15,87	0,39	5,09	7,66	58,0	9,5	32,5

Fonte: Laboratório Agronômico Super (2018), adaptado pelo autor

Produtividade (t. ha⁻¹)

Para a determinação da produtividade agrícola, foi realizada a pesagem das raízes, aos 150 e 180 DAP, de cada parcela, tomando por base as raízes das 10 plantas constituintes. A estimativa da produtividade total foi realizada convertendo-se os valores de cada parcela em t. ha⁻¹. A quantificação da produtividade foi calculada pela Equação 1:

$$(1) \text{ Produtividade (t. ha}^{-1}\text{)} = \frac{10.000 \text{ m}^2 \times \text{Prod. da parcela}}{\text{Metro quadrado da parcela}}$$

Nota de toxicidade

As avaliações visuais das notas de toxicidade foram realizadas em três momentos diferentes: 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) do herbicida, através de uma escala de alterações morfológicas na parte aérea das plantas. Foram avaliados o porte das plantas, a coloração das folhas, o desenvolvimento geral e a toxicidade em relação à testemunha. Foi utilizada uma escala de notas de 0 a 4, em que 0 corresponde à ausência de sintomas, 1 a injúrias leves ou redução de crescimento com rápida recuperação, 2 a injúrias moderadas ou redução de crescimento com lenta recuperação, 3 a injúrias severas ou redução de crescimento não recuperável ou redução de estande e 4 corresponde à morte total das plantas (SBCPD, 1995).

Determinação de teor de amido (%)

Para a obtenção do teor de amido, as raízes foram lavadas, descascadas e fatiadas em um processador de alimentos do modelo PA - 7SE e PA - 7LE. O material resultante foi disposto para uma secagem prévia. Logo após, o material foi seco em estufa com circulação de ar em temperatura de 65 °C, durante 72 horas. A farinha foi obtida por meio da moagem do material desidratado, em moinho de facas tipo STAR FT50 com peneira de malha de 0,80 mm, para a seleção das partículas.

Após isso, a determinação do teor de amido das raízes de batata-doce foi realizada utilizando o espectrômetro de infravermelho próximo, NIR 900 PLS, marca FEMTO. A aquisição dos espectros foi dada no modo de refletância difusa (log 1/R) na faixa de 1100–2500 nm com varreduras ocorrendo de 5 em 5 nm, através do software FemWin 900. Foi utilizado triplicata para realizações experimentais. Após encontrados os resultados de amido no NIR, foram lançados na Equação 2, para obtenção do amido úmido (MAPA, 2014).

$$(2) \text{ Amido (\% MN)} = \frac{\text{amido seco (\% MS)} \times \text{matéria seca (\%)}}{100}$$

onde:

Amido: expresso como % da matéria natural (% MN)

Matéria seca para raízes tuberosas (%)

Com o objetivo de mensurar o teor de matéria seca para raízes tuberosas, as raízes foram selecionadas, pesando aproximadamente 500 g de cada parcela do experimento. Após a pesagem, este material foi fatiado, pré - secado e em seguida acondicionado em sacos de papel conduzidos à estufa de renovação e circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, até atingir massa constante, sendo posteriormente, pesadas. A porcentagem de matéria seca foi calculada a partir da Equação 3, fórmula descrita pelo MAPA (2014):

$$(3) \text{ Matéria seca (\%)} = \frac{\text{Peso da matéria seca por parcela} \times 100}{\text{Peso de matéria fresca por parcela}}$$

Biomassa seca total da parte aérea (t. ha⁻¹)

A fim de avaliar a biomassa seca total da parte aérea. Aos 150 e 180 DAP, realizou-se a coleta da parte aérea das plantas, sendo as mesmas cortadas na região do colo, pesadas, separadas 500 g como amostra representativa de cada parcela

experimental que depois foi estimada sua biomassa em (t. ha⁻¹) e em seguida, embaladas em sacos de papel e encaminhadas para estufa de circulação forçada de ar, onde permaneceram à temperatura de 65°C por 72 horas, até atingirem massa constante.

Após esta etapa realizou-se a determinação da massa seca da parte aérea de cada unidade experimental, com auxílio de uma balança digital de precisão (0,5 g). A biomassa seca da parte aérea foi calculada a partir da Equação 4:

$$(4) \text{ Biomassa (t. ha}^{-1}\text{)} = \frac{10.000 \text{ m}^2 \times \text{Massa seca da parcela}}{\text{m}^2 \text{ da parcela}}$$

Estimativa da produção de etanol (L. ha⁻¹)

A estimativa da produção de etanol por hectare foi dada por conversão do amido a etanol, a qual foi determinada pela quantidade de amido disponível, e a produtividade por hectare adaptada de Silva (2013).

Para obtenção do etanol, utilizou-se a fórmula de conversão (Equação 5):

$$(5) \text{ PE} = (10,349 \cdot \text{CA} - 89,349) \cdot \text{P}$$

onde:

PE: Produção estimada de etanol em, L. ha⁻¹;

10,349: Coeficiente angular (inclinação da reta): acréscimo ou decréscimo em PE para cada acréscimo de unidade em CA;

CA: Concentração de amido em (%);

89,349: Intercepto (valor de PE quando CA = 0);

P: Produtividade por hectare, em t.ha⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância constatou diferenças significativas entre cultivares para todos os caracteres com exceção da variável massa seca da parte aérea.

A fonte de variação herbicidas foi significativa para todas as variáveis à exceção da variável teor de matéria seca das raízes (MSR) e teor de amido. A interação entre cultivares e herbicidas foi significativa para a variável produtividade, indicando que dependendo do tipo de herbicida ou cultivar pelo qual foi realizada a aplicação, os herbicidas podem apresentar diferentes níveis de seletividade com relação ao cultivar. (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo das análises de variância para os caracteres dias após a aplicação (DAA, notas), massa seca da parte aérea (MSA, t. ha⁻¹), teor de matéria seca das raízes (MSR, %), produtividade (PROD, t. ha⁻¹), teor de amido (AMIDO, %), estimativa de etanol (ETANOL, L. ha⁻¹). **significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade; ns = não significativo

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		14DDA	21DAA	28DAA	MSA
Cultivares	2	1,08*	1,86*	2,02*	0,35 ns
Herbicidas	2	18,75**	20,18**	21,44**	1,87*
C x H	4	0,33 ns	0,86 ns	0,77ns	0,16 ns
Resíduo	24	0,22	0,48	0,54	0,44
CV (%)		38,1	50,98	53,1	21,23

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		MSR	PROD	AMIDO	ETANOL
Cultivares	2	104,78**	112,41**	46,88**	844286,60*
Herbicidas	2	5,72 ns	54,18**	3,37 ns	1577939,10**
C x H	4	2,51 ns	28,58*	3,70 ns	567506,72
Resíduo	24	3,78	8,45	2,33	206410,26
CV (%)		5,5	16,90	7,51	21,93

Fonte: elaboração do próprio autor

As variações significativas entre cultivares para as variáveis estudadas já eram esperadas, tendo em vista que são materiais de programas de melhoramento originados de regiões com condições edafoclimáticas distintas. A variação obtida entre os herbicidas, demonstra que o grau de seletividade pode variar conforme o herbicida. Para a maioria dos caracteres, a interação cultivares vs herbicidas não foi significativa, indicando assim que o efeito dos herbicidas é similar independente das cultivares, a exceção da produtividade.

Observa-se inicialmente, com relação à fitotoxidez aos 14DAA que a cultivar Amanda foi a mais atingida pela ação dos herbicidas, apresentando a nota média de 1,5 onde expressa injúrias leves e redução de crescimento. Brazlândia Roxa e Carolina Vitória apresentaram diferença estatística, demonstrando respostas similares à aplicação dos herbicidas apresentando ausência de sintomas ou injúrias leves com notas de 1,33 e 0,91 respectivamente (Tabela 3).

Dentre os herbicidas, o S-metolaclo ro ocasionou leves lesões nas plantas com nota de 1,25 proporcionando os menores sintomas de fitotoxidade. Já Atrazina + Metolaclo ro apresentou as maiores lesões de fitotoxidade, com nota de 2,5 considerada severa, para as cultivares apresentando de injúrias moderadas a redução de crescimento não recuperável.

Tabela 3 - Médias de Fitotoxidez em plantas de batata-doce, aos 14, 21 e 28 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes. Letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas iguais nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Tratamentos (i.a.)	14 dias após a aplicação			
	Testemunha	S-Metolacoloro	Atrazina + Metolacoloro	Médias
Amanda	0,00	1,50	3,00	1,50 B
Carolina Vitória	0,00	1,50	2,50	1,33 AB
Brazlândia Roxa	0,00	0,75	2,00	0,91 A
Médias	0,00 a	1,25 b	2,50 c	
21 dias após a aplicação				
Amanda	0,00	2,00	3,00	1,65 B
Carolina Vitória	0,00	2,00	2,50	1,50 AB
Brazlândia Roxa	0,00	0,50	2,25	0,92 A
Médias	0,00 a	1,50 b	2,58 c	
28 dias após a aplicação				
Amanda	0,00	1,50	3,00	1,66 A
Carolina Vitória	0,00	1,50	2,50	1,58 A
Brazlândia Roxa	0,00	0,75	2,00	0,91 A
Médias	0,00 a	1,50 b	2,67 c	

Fonte: elaboração do próprio autor

Durante a avaliação de 21 DAA, notou-se a manutenção dos sintomas apresentados aos 14 DAP com S-Metolacoloro com nota de 1,50 exibindo sintomas considerados leves e Atrazina + Metolacoloro com nota de 2,50 sintomas vistos como moderados. As cultivares seguiram a mesma tendência ocorrendo variações mínimas em relação a avaliação de 14 DAA, demonstrando assim, recuperação lenta dos sintomas.

Tal como a segunda avaliação, a terceira avaliação, aos 28 DAA, apresentou a continuidade dos sintomas. No entanto, não houve variação significativa entre as cultivares no período, demonstrando assim, uma certa uniformização dos sintomas na espécie independentemente da cultivar após aproximadamente um mês de cultivo, exibindo injúrias leves á moderadas nas plantas. Dessa forma, Atrazina + Metolacoloro continuou afetando mais as plantas com nota média de 2,58 denotando persistente redução de crescimento e injúrias moderadas, seguido por S-Metolacoloro com 1,50 exibindo injúrias leves com recuperação rápida de crescimento.

Os resultados desse trabalho corroboram com os da literatura, onde Shaner (2014) avaliou a seletividade de herbicidas pré-emergentes inibidor do fotossistema II

em genótipos de batata-doce e observou que as plantas também apresentaram sintomas de fitotoxicidade moderados a graves. Igualmente, Dias et al. (2017), encontrou sintomas leves de fitotoxicidade com o uso de S-metolacoloro em variedades de cana – de- açúcar (CTC 14, CTC 7 e RB 966928) em pré-emergência.

Com relação a produção de biomassa seca da parte aérea (Tabela 4), a utilização do herbicida S-Metolacoloro ocasionou na redução da produção em 0,78 t. ha⁻¹ em comparação com a ausência do herbicida. Em contrapartida, Atrazina + Metolacoloro não interferiu na produção da biomassa, demonstrando que mesmo ocasionando as maiores notas de fitotoxidez no início do plantio, as cultivares foram capazes de regenerar a parte aérea, não ocasionando perdas significativa para este caractere. Não houve diferença significativa na produção entre as cultivares estudadas, variando de 3,25 para Carolina Vitória a 2,93 para Brazlândia Roxa

Tabela 4 - Avaliação da biomassa seca da parte aérea (t. ha⁻¹) da batata-doce, aos 160 e 180 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes. Letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas iguais nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Tratamentos (i.a.)	Biomassa seca da parte aérea (t. ha ⁻¹)			
	Testemunha	S-Metolacoloro	Atrazina + Metolacoloro	Médias
Amanda	3,42	3,05	3,10	3,19 A
Carolina Vitória	3,70	2,72	3,35	3,25 A
Brazlândia Roxa	3,38	2,37	3,04	2,93 A
Médias	3,50 a	2,72 b	3,16 ab	

Fonte: elaboração do próprio autor

Efeitos semelhantes foram constatados por Abreu (2010), onde avaliando a biomassa seca da parte aérea (t. ha⁻¹) em mandioca, cultivar IAC576-70, sob a aplicação de herbicidas pré-emergentes, verificou que o herbicida atrazina não afetou significativamente a produção de biomassa seca aérea. Ademais, a produção das cultivares foi condizente com a literatura. Andrade Júnior et al. (2014), em seus ensaios, obtiveram a variação de 1,2 a 3,5 t/ha de biomassa seca da parte aérea em cultivares de batata doce.

Ao analisar o comportamento dos teores de matéria seca e amido da raiz da batata-doce em relação aos valores obtidos pela testemunha (Tabela 5), constata-se que à aplicação das moléculas dos herbicidas pré-emergentes não gerou variações significativas na composição do amido e biomassa da raiz tuberosa. Entre as cultivares, Carolina Vitória atingiu os maiores teores de matéria seca 38,60 %

e amido 22,53% da raiz, se destacando das demais. Amanda e Brazlândia Roxa não se diferiram na composição desses caracteres obtendo 32,82 %; 19,90 % e 34,62 %; 18,66 % respectivamente na cultura da batata-doce.

Os valores são análogos aos resultados encontrados na literatura para as variáveis. Oliveira (2014b) estudando sobre o teor de matéria seca das raízes tuberosas de clones de batata-doce, obteve 28,02% para o genótipo IPB-007 e 36,68% para PB-149. Igualmente, Silveira et al. (2014) avaliaram o teor de amido nas cultivares de batata-doce plantadas no Estado do Tocantins e encontraram teores variando de 18,8 a 30,2% a depender da cultivar.

Tabela 5. Avaliação do teor de matéria seca e amido da raiz tuberosa (%) da batata-doce, aos 180 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes. Letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas iguais nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Tratamentos (i.a.)	Teor de matéria seca da raiz tuberosa (%)			
	Testemunha	S-Metolacloro	Atrazina + Metolacloro	Médias
Amanda	33,00	33,30	32,17	32,82 A
Carolina Vitória	39,57	37,75	38,45	38,45 A
Brazlândia Roxa	35,35	35,25	33,20	34,62 B
Médias	35,97 a	35,46 a	34,61 a	
Teor de amido da raiz tuberosa (%)				
Amanda	19,52	20,72	19,45	19,90 B
Carolina Vitória	22,83	22,07	22,68	22,53 A
Brazlândia Roxa	20,02	18,78	17,18	18,66 B
Médias	20,79 a	20,52 a	19,77 a	

Fonte: elaboração do próprio autor

Tratando-se da produtividade, houve respostas diferentes entre as cultivares com relação aos herbicidas. Todos os herbicidas demonstraram-se seletivos para as cultivares Carolina Vitória e Brazlândia Roxa. Quanto aos danos fitotóxicos, estas cultivares se recuperaram e apresentaram produtividade semelhante à testemunha. Isso demonstra que injúrias leves ou moderadas no início do cultivo não são determinantes. Isso ocorre devido ao longo ciclo que a cultura possui, tendo assim tempo para se recuperar não apresentando diferenças na produtividade.

Já para Amanda, Atrazina + Metolacloro provocou perdas expressas da produtividade (6,78 t. ha⁻¹). Isso indica que a cultivar não foi capaz de recuperar os danos fitotóxicos considerados severos manifestados no início do plantio em seu estande. Em contraste, S-Metolacloro, que apresentou de forma geral injúrias leves e moderadas, demonstrou-se seletivo para todas as cultivares estudadas, não interferindo na produtividade das plantas (Tabela 6).

Tabela 6 - Avaliação da produtividade (t/ha) da batata-doce, aos 180 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes. Letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas iguais nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Tratamentos (i.a.)	Produtividade (t. ha ⁻¹)			
	Testemunha	S-Metolacoloro	Atrazina + Metolacoloro	Médias
Amanda	21,83 Aa	23,40 Aa	15,05 ABb	20,09
Carolina Vitória	15,59 Ba	14,40 Ba	11,99 Ba	13,99
Brazlândia Roxa	19,68 ABa	15,28 Ba	17,56 Aa	17,51
Médias	19,03	17,69	14,87	

Fonte: elaboração do próprio autor

Na ausência de herbicidas, as cultivares Amanda e Brazlândia Roxa obtiveram os melhores rendimentos, 21,83 t. ha⁻¹ e 19,68 t. ha⁻¹, respectivamente. No entanto, quando aplicado o herbicida S-Metolacoloro a cultivar Amanda se destoa das demais, atingindo o melhor desempenho, 23,40 t. ha⁻¹. Todavia, a cultivar Brazlândia tem desempenho similar a Amanda quando ambas estão sob atuação do herbicida Atrazina + Metolacoloro, a cultivar Carolina Vitória alcançou produtividade inferior às demais. Esses resultados podem ser relevantes para auxiliar o produtor na seleção das cultivares mais adequadas para a produção.

Os resultados de produtividade são inferiores aos obtidos por Silveira et al. (2014) que obteve produtividades de 32,17 t. ha⁻¹ a 65,5 t. ha⁻¹ dependendo da cultivar. Contudo, Silveira et al., (2014). Por outro lado, a produtividade obtida nesse trabalho são maiores que a melhor média de produtividade de raízes de genótipos como BD-15 com 19,77 t.ha⁻¹ e BD-25TO com 19,32 t. ha⁻¹, utilizados no estudo de Azevedo et. al. (2015) em experimento com genótipos de batata-doce.

Alguns fatores também podem explicar essa baixa na produtividade, como a indisponibilidade de materiais propagativos indexados, livres de viroses no campo experimental e o local de instalação do experimento, em solo exaurido, proveniente de consecutivos plantios.

Os dados de estimativa de produção de etanol indicam que as cultivares foram tolerantes ao efeito do herbicida S-Metolacoloro, analogamente a produtividade, não ocorrendo perdas significativas de rendimento de bioetanol. No entanto, Atrazina + Metolacoloro reduziu de forma significativa os rendimentos de etanol das cultivares, apontando assim, que mesmo não afetando de forma significativa a produtividade das raízes das cultivares Carolina Vitória e Brazlândia Roxa, a associação com outros fatores relevantes para o rendimento de etanol como o teor de amido é determinante para reduzir significativamente a produção de bioetanol (Tabela 7).

Tabela 7 - Estimativa de etanol (L. ha⁻¹) da batata-doce, aos 180 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes. Letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas iguais nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Tratamentos (i.a.)	Estimativa de etanol (L. ha ⁻¹)			
	Testemunha	S-Metolacloro	Atrazina + Metolacloro	Médias
Amanda	2435,01	2944,97	1690,14	2356,71 A
Carolina Vitória	2359,13	1959,95	1756,20	2025,10 AB
Brazlândia Roxa	2329,61	1604,59	1562,70	1832,30 B
Médias	2374,58 a	2169,84 a	1669,68 b	

Fonte: elaboração do próprio autor

No âmbito das cultivares, Amanda e Carolina Vitória obtiveram as melhores médias de rendimentos de bioetanol com 2356,71 L. ha⁻¹ e 2025,10 L. ha⁻¹ respectivamente. Nota-se que o desempenho positivo de Carolina Vitória para o rendimento de bioetanol, mesmo com índices menores de produtividade, pode ser explicado pelos altos teores de amido e biomassa seca contidos nesse genótipo, o que a credência como cultivar potencial para a produção de bioetanol.

As estimativas de rendimento de bioetanol, de forma geral, foram inferiores as encontradas na literatura. Segundo Silveira et al. (2014), a produtividade de etanol das cultivares Amanda e Carolina Vitória pode chegar a 6.595,00 L. ha⁻¹ e 6.412,12 L. ha⁻¹, respectivamente. Tal fator está ligado às produtividades, teores de amido e biomassa seca encontrados nos materiais, bem como as possíveis características edafoclimáticas da região da área experimental.

CONCLUSÃO

É possível concluir por meio do presente trabalho que a dose de 960 g.ha⁻¹ de S-Metolacloro pode ser utilizada de forma segura visando o manejo de plantas daninhas nas cultivares de batata-doce Amanda, Carolina Vitória e Brazlândia Roxa para a produção de bioetanol. Em contraste, Atrazina + Metolacloro na dose de 370+290 g, demonstrou-se não seletivo as cultivares estudadas para o rendimento de bioetanol, ocasionando perdas expressivas.

Agradecimentos

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (Propesq) da Universidade Federal do Tocantins e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências Bibliográficas

- ABREU, M. L.; BICUDO, S. J.; CURCELLI, F.; AGUIAR, E. B.; BRACHTVOGEL, E. L. Efeito de diferentes herbicidas aplicados na cultura da mandioca na quantidade qualidade de raízes comerciais. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, p. 66-76, 2010.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEREIRA, R. C.; DORNAS, M. F.; RIBEIRO, K. G.; VALADARES, N. R.; SANTOS, A. A.; CASTRO, B. Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 91-97, 2014.
- AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de herbicidas. In: MONQUERO, P. A. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: Rima, 2014, p. 217-232.
- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C. de; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M. de. Parâmetros genéticos e ganhos com seleção em batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n.1, p.84-90, 2015.
- CARVALHO, F. T.; CASTRO, R. M.; OTSUBO, R. I.; PEREIRA, F. A. R. Controle de dez espécies de plantas daninhas em cana-de-açúcar com herbicida mesotrione em mistura com ametryn e metribuzin. **Planta daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 585 – 590, 2010.
- CAVALCANTE, J. T.; VANDERLEI, P. V.; CUNHA, J. L. X. L.; SILVA JÚNIOR, A. B.; SILVA, M. T.; CARVALHO, I. D. E. Períodos de interferência de plantas daninhas em genótipos de batata-doce. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 26, n. 4, p. 640-656, 2017.
- DIAS, J. L. C. S.; SILVA JUNIOR, A. C.; QUEIROZ, J. R. G.; MARTINS, D. Herbicides selectivity in pre-budded seedlings of sugarcane. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, p. 1-9, 2017.
- EL SHEIKHA, A. F.; RAY, R. C. Potential impacts of bio-processing of sweet potato: review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, v. 57, n. 3, p. 455-471, 2017.
- EL-NAHHAL, Y.; HAMDONA, N. Phytotoxicity of alachlor, bromacil and diuron as single or mixed herbicides applied to wheat, melon, and molokhia. **Springer Plus**. v. 367, n. 4, 2015.
- FAO. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Crops. 2019**. In: FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 17 jan. 2022.
- GIANESSI, P. L. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. **Pest Management Science**, Oxford, v. 69, n. 10, p. 1099-1105, 2013.
- HARKER, K. N.; O'DONOVAN, J. T. Recent weed control, weed management, and integrated weed management. **Weed Technology**, Lawrence, v. 27, n. 1, p. 1-11, 2013. <https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00109.1>.
- KAUR, S.; KAUR, R.; CHAUHAN, B. S. Understanding crop-weed-fertilizer-water interaction and their implication for weed management in agricultural systems. **Crop Protection** v. 103, p. 65-72, 2018.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Determinação de amido em farinha de mandioca, produtos amiláceos e outros**. 2014.
- OLIVEIRA J. R. S. **Mecanismos de ação de herbicidas**. cap. 7, p.1-36. 2014a.
- OLIVEIRA, L. M.; SERRA, J. C. V.; OLIVEIRA, K. B. M. Balanços energéticos da produção de etanol para diferentes matérias primas. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia-Geambiente on-line**, v. 1, n. 22, p. 39-52, 2014b.

PITELLI, R. A. Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas. In. MONQUERO, P. A. **Competição entre plantas daninhas e plantas cultivadas**. São Carlos: Ed. Rima, cap. 3, p. 61-81. 2014.

RIBEIRO, A. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. Aproximação**. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999.

SHANER, D. L. **Herbicide handbook**. Lawrence: Weed Science Society of America, 2014. 430p.

SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD. 1995. 42 p.

SILVA G. S. P. **Concentração de amido e estimativa de rendimento de álcool em batata-doce cultivada com diferentes fontes e doses de potássio**. 2013, 51f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste – PPGP. Guarapuava. 2013.

SILVA, L. F. L.; GONÇALVES, W. M.; MALUF, W. R.; RESENDE, L. V.; LASMAR, A.; CARVALHO, R. de C.; LICURSI, V.; MORETTO, P. Energy and budget balances for sweet potato-based ethanol production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.26521

SILVEIRA, M. A.; DIAS, L. E.; ALVIM, T. C.; TAVARES, I. B.; SANTANA, W. R.; SOUZA, F. R.; DIAS, L. E.; VITAL, M. K. G. S. B. **A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol**. Palmas: UFT, 2014 (Boletim técnico, UFT).