



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

RONALDO PEREIRA LIMA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMEGENTES EM CULTIVARES DE
BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), DESENVOLVIDAS PARA PRODUÇÃO
DE ETANOL.**

PALMAS – TO

2020

RONALDO PEREIRA LIMA

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMEGENTES EM CULTIVARES DE
BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), DESENVOLVIDAS PARA PRODUÇÃO
DE ETANOL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroenergia, da Universidade Federal do Tocantins como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Agroenergia.

Orientadora: Profa. Dra. Solange Aparecida Ságio.

PALMAS - TO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

P436s Pereira Lima, Ronaldo.

Seletividade de herbicidas pré-emergentes em cultivares de batata-doce (Ipomoea batatas (L.) Lam.), desenvolvidas para produção de etanol. / Ronaldo Pereira Lima. – Palmas, TO, 2020.

50 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2020.

Orientadora : Solange Aparecida Ságio

1. Toxidade. 2. Produtividade. 3. Amido. 4. Tuberosas. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RONALDO PEREIRA LIMA

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PRÉ-EMEGENTES EM CULTIVARES DE
BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), DESENVOLVIDAS PARA PRODUÇÃO
DE ETANOL.

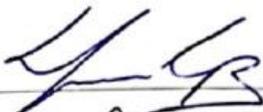
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Agroenergia, e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca examinadora.

Data de Aprovação 30 / 06 / 2020

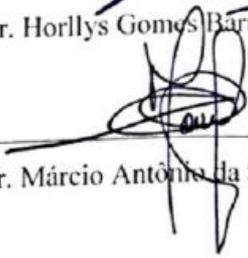
Banca examinadora:



Dr^a. Solange Aparecida Ságio – PPGA/UFT (presidente e orientadora)



Dr. Horllys Gomes Barreto – PPGA/UFT (examinador interno)



Dr. Márcio Antônio da Silveira - FAPTO (examinador externo)

Dedico este trabalho à minha mãe Rita Pereira Lima, minhas irmãs Jêiza Pereira Lima e Jeusa Pereira da Silva e sobrinhos pelo incentivo.

Ao meu pai João Batista Pereira Lima (*in memoriam*), que mesmo não estando presente fisicamente, sei que de outra dimensão sempre torceu por mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida e por todas as oportunidades concedidas.

Aos meus pais João Batista Pereira Lima (*in memoriam*) e Rita Pereira Lima, que sempre fizeram o possível e o impossível para me auxiliar, acreditaram em meu potencial investindo em minha educação e minha formação pessoal.

À minha orientadora, Profa. Dra. Solange Aparecida Ságio, por toda a paciência e por ser uma professora que sempre esteve disponível e disposta a ajudar, diferenciando-se ao transmitir conhecimento e incentivo aos alunos. Obrigado por acreditar em meu potencial e pela orientação para que este trabalho fosse concluído.

Aos meus amigos, Engenheiro Agrônomo Anderson Oliveira Pereira e Msc. Rogério Cavalcante Gonçalves, pela colaboração na execução do projeto, esclarecimentos de dúvidas, sugestões e pela amizade.

Ao meu primo Evandro Soares da Silva por me acolher em sua residência no período que cursei o Mestrado.

A todos os professores do PPGA pelo conhecimento transmitido, tanto profissional quanto pessoal.

Aos técnicos do LASPER, Giani e Marisa, pelo auxílio nos trabalhos de laboratórios.

Aos funcionários Caldeirinha, Dery, Irmão e demais, pelo esforço e dedicação e por tornarem possíveis as atividades de campo.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa durante 13 meses de realização deste Mestrado.

Enfim, a todos os familiares e amigos pelo apoio incondicional de cada um.

MEU MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Objetivou-se, com o presente estudo, avaliar os efeitos dos herbicidas pré-emergentes aplicados na batata-doce. O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Sistemas de Produção de Energia, a partir de Fontes Renováveis da Universidade Federal do Tocantins (UFT), campus Palmas. Foi montado um experimento em campo. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, correspondendo fator 1: as cultivares (Amanda, Carolina Vitória e Brazlândia Roxa) e fator 2: os herbicidas (S-metolacoloro) e (Atrazina + S-metolacoloro) e com uma testemunha controle (sem aplicação de herbicidas), com quatro repetições. As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância e, posteriormente, foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Realizou-se análises de matéria seca da raiz tuberosa, toxicidade, biomassa seca da parte aérea, produtividade, teor de amido da raiz tuberosa e estimativa de produtividade de etanol. Observou-se que os herbicidas S-metolacoloro e Atrazina + S-metolacoloro ocasionou uma redução nas variáveis produtividade e estimativa de produtividade de etanol, principalmente nas cultivares Carolina Vitoria e Brazlândia roxa em relação à testemunha. Quanto ao teor de amido, matéria seca da raiz tuberosa e biomassa seca da parte aérea não foi observada diferença em relação à testemunha. Já em relação à variável toxicidade, houve uma diferença significativa em relação à testemunha. Com estes resultados nota-se que os herbicidas pré-emergentes, estudados neste trabalho, possuem potencial seletivo para batata-doce, mas necessita de mais estudos em relação a sua seletividade.

Palavras-chave: Toxicidade, produtividade, amido, tuberosas

ABSTRACT

The present studies aimed to evaluate the effects of pre-emergent herbicides applied in the sweet potato. The experiment was conducted at the experimental area of the Energy Systems of Production Laboratory (or Laboratory of Energy Systems of Production), from the Renewable Sources of Federal University of Tocantins (UFT), campus of Palmas. An experiment was built in the field. The Delineating utilized was in Caused Blocks (DBC), in scheme factorial $3 \times 2 + 1$, following the factor 1: the cultivars (Amanda, Carolina Vitória and Brazlândia Roxa) and the factor 2: the herbicides (S-metolachlor) and (Atrazine + S-metolachlor) and with witness (without application of herbicides), with four repetitions. The averages of the treatments were submitted to analysis of variance and, after, they were compared by the Tukey test to 5% of probability. It was realized analysis of Dry Matter of root tuberous, toxicity, the dry biomass of the aerial part (shoot biomass), productivity, the content of starch of the tuberous root and estimate of productivity of ethanol. It was observed that herbicides S-metolachlor and Atrazine + S-metolachlor caused a reduction in the varieties of productivity and estimate in the rate of ethanol, mostly in the Carolina Vitoria and Brazlândia Roxa's cultivares in regarding to the witness. As the content of starch, dry substance of root tuberous and dry biomass of the aerial part was not observed any difference in regarding to witness. However in regarding to the variable toxicity, there was one significant difference in regarding to the witness. With these outcomes it can be notice that the pre-emergent herbicides that was studied in this work, they have selective potential to sweet potatoes, however they need more studies in regarding their selectivity.

key-words: Toxicity, productivity, starch

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa durante o período de condução do experimento (maio a novembro de 2019). Palmas – TO.....	16
Figura 2: Precipitação e Insolação incidente durante o período de condução do experimento (maio a novembro de 2019). Palmas – TO.....	17
Gráfico 2: Avaliação do teor de matéria seca da raiz tuberosa (%) da batata-doce, aos 150 dias para (Amanda) e 180 dias para (Carolina Vitória e Brazlândia Roxa), após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.	29
Gráfico 3: Avaliação do teor de amido (%) da batata-doce, aos 150 dias para (Amanda) e 180 dias para (Carolina Vitória e Brazlândia Roxa), após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.....	30
Gráfico 5: Estimativa de etanol (L/ha) da batata-doce, aos 150 dias para (Amanda) e 180 dias para (Carolina Vitória e Brazlândia Roxa), após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado da análise do solo antes da implantação do experimento (Área Experimental da Universidade Federal do Tocantins).	17
Tabela 2: Relação dos herbicidas pré-emergentes utilizados no tratamento da batata-doce....	20
Tabela 3: Intervalos das avaliações dos herbicidas pré-emergentes.....	20
Tabela 4: Médias de Toxicidade em plantas de batata-doce, aos 14, 21 e 28 dias, após o plantio submetidas à aplicação de herbicidas pré-emergentes.	26
Tabela 5: Análise de variância de toxicidade em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente, realizados aos 14, 21 e 28 dias após aplicação - DAA	27
Tabela 6: Análise de variância da biomassa seca da parte aérea em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.	28
Tabela 7: Análise de variância da matéria seca da raiz tuberosa em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.	29
Tabela 8: Análise de variância do amido da raiz tuberosa em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.	31
Tabela 9: Análise de variância de produtividade em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.	32
Tabela 10: Análise de variância da estimativa de produtividade de etanol em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 OBJETIVO	6
2.1 Objetivo Geral	6
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
3.1 Cultura da batata-doce	7
3.2 Balanço Energético da Batata-doce	8
3.3 Danos causados pelas plantas daninhas	9
3.4 Controle químico de plantas daninhas	10
3.5 Interação Herbicida x Solo	11
3.6 Seletividade de Herbicidas.....	12
3.7 Mecanismo de ação e descrição dos herbicidas utilizados	13
3.7.1 Mecanismo de ação	13
3.7.2 Atrazina + S-metolacoloro	14
3.7.3 S-metolacoloro	15
4 METODOLOGIA.....	16
4.1 Local e realização do experimento	16
4.2 Clima.....	16
4.3 Preparo do solo	17
4.4 Cultivares de Batata-Doce	18
4.5 Obtenção das ramas	19
4.6 Plantio, aplicação e irrigação.....	19
4.7 Delineamento experimental	19
4.8 Parâmetros avaliados	20
4.8.1 Produtividade (ton/ha)	21
4.8.2 Nota de Toxicidade.....	21
4.8.3 Obtenção da farinha da Batata - Doce	21
4.8.4 Determinação de teor de amido	22
4.8.5 Teor de matéria seca para raízes tuberosas (%).....	22
4.8.6 Biomassa seca total da parte aérea (ton/ha).....	22
4.8.7 Estimativa da produção de Etanol	23
5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	24

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6.1 Nota de toxicidade	25
6.2 Biomassa seca da parte aérea	27
6.3 Teor de matéria seca da raiz tuberosa (%)	28
6.4 Teor de amido (%).....	30
6.5 Produtividade (t/ha)	31
6.6 Estimativa de produtividade de etanol (L.ha-1)	32
7 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	36

1 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. As raízes tuberosas da batata-doce podem ser aplicadas em vários setores industriais (alimentício, pecuária e energético) que a utilizam para produzir cosméticos, corantes, devido aos altos teores de amido, vitaminas, fibras e proteínas sendo assim, as raízes tuberosas a principal parte de interesse comercial da batata-doce (OKADA *et al.*, 2019). A batata-doce pode ser utilizada também como fonte de matéria prima para produção de biopolímeros, como o plástico biodegradável por possuir um alto teor de amido em suas raízes tuberosas (SILVEIRA *et al.*, 2014; WIDODO, WAHYUNINGSIH e UEDA, 2015).

O uso de 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 (LAREO *et al.*, 2013; EL SHEIKHA; RAY, 2017).

Os Estados Unidos atualmente é o país que lidera a produção mundial de etanol e a fonte de matéria prima mais utilizada é a do milho por também ser uma biomassa amilácea, assim como a batata-doce (UDOP, 2020). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol (com 29,98 bilhões de litros) tendo como principal fonte de produção a cana-de-açúcar (UDOP, 2020). Entretanto, com intuito de garantir o suprimento de matéria-prima para produção do bioetanol, vários pesquisadores vem desenvolvendo pesquisas para integrar as culturas da cana-de-açúcar e batata-doce (MANTOVANI *et al.*, 2013; BAEYENS *et al.*, 2015; SCHWEINBERGER *et al.*, 2016).

No Brasil alguns programas de melhoramento genético já trabalham com genótipos de batata doce que apresentam alta variabilidade genética e uso potencial na produção de etanol, de forma direta ou como progenitores (TORQUATO-TAVARES *et al.*, 2017). Entretanto, a escolha de um determinado genótipo é difícil, uma vez que sua sensibilidade à interferência de plantas daninhas e aos herbicidas é geralmente desconhecida, entretanto no necessária para condução desta cultura em plantios comerciais.

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso da operação e a recomendação de um herbicida está condicionada à sua seletividade. Segundo Oliveira Junior (2014b), 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 a planta); fatores ligados à planta

(retenção e absorção diferencial, idade das plantas, cultivar, translocação diferencial e metabolismo diferencial); e ao uso de substâncias químicas denominadas de protetores ou "safeners" que protegem as plantas contra ação tóxica dos herbicidas.

Dentre os herbicidas seletivo em pré emergência com registro para cultura da batata-doce estão os herbicidas LINURON e CLETODIM. Entretanto é muito importante a disponibilidade de mais produtos no mercado brasileiro e pensando nisso, este trabalho já vem sendo desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa, onde De acordo com Lima, D. e colaboradores (2018), avaliando a seletividade para cultivar de batata-doce (Duda) identificaram que os herbicidas S-metolacoloro, clomazona e S-metolacoloro+clomazona e atrazina+S-metolacoloro possuem potencial para o controle de plantas daninhas de folhas largas em pré-emergente com seletividade para a cultura da batata-doce.

Em seguida, dando continuidade, foram escolhidos os princípios ativos (S-metolacoloro e Atrazina + S-metolacoloro), que obtiveram melhores respostas e não prejudicaram a cultura e novas cultivares de batata-doce (Amanda, Carolina Vitória e Brazlândia Roxa) para obtermos um herbicida pré emergente com potencial seletivo para nossas condições. 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.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar seletividade de herbicidas pré-emergentes nas cultivares de batata-doce, Amanda e Carolina Vitória, desenvolvidas para a produção de etanol e Brazlândia Roxa (de mesa).

2.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar alterações morfológicas, na parte aérea das plantas, observando os aspectos visuais: porte das plantas, coloração das folhas, desenvolvimento geral e toxidez das plantas em função da aplicação de herbicida.
- b) Avaliar o teor de matéria seca das raízes tuberosas em função da aplicação de herbicida.
- c) Quantificar biomassa seca da parte aérea em função da aplicação de herbicida pré-emergentes.
- d) Quantificar a produtividade de raiz por hectare em função da aplicação de herbicida pré-emergentes.
- e) Quantificar o teor de amido na batata-doce em função da aplicação de herbicidas pré-emergentes.
- f) Estimar a produtividade de etanol em função da aplicação de herbicidas pré-emergentes.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Cultura da batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) é uma dicotiledônea da família Convolvulaceae, possuindo caule herbáceo, sendo de hábito prostrado, com ramificações, de tamanho, cor e pilosidade bastante distintas, apresentando folhas largas com formato, cor e recortes variáveis. As flores são hermafroditas, porém de fecundação cruzada, e as raízes podem apresentar formatos variados: redondo, oblongo, fusiforme ou alongado, com casca lisa ou rugosa dependendo de cada cultivar (SILVEIRA *et al.*, 2015). Por ser uma planta que possui ampla adaptação o seu cultivo tem sido constatado em locais com climas diversos, de Norte a Sul do Brasil, a exemplo; como do Rio Grande do Sul, com clima temperado e da Amazônia, com clima tropical (SANTANA, *et. al.*, 2013). Com o objetivo de obter o custo de produção e retorno financeiro com o cultivo da batata-doce em uma propriedade familiar, Oliveira, Guzatti, Ribeiro e Morais (2016) realizaram um levantamento de campo, entrevistando produtores e observando a propriedade rural desde o preparo do solo, colheita e transporte até a comercialização. Considerando um baixo custo na produção, foi possível observar uma margem de lucro líquido em torno de 20,29%, gerando uma lucratividade de 79% do total da renda.

Considerando dados mundiais do cultivo da batata-doce, a china é o maior produtor mundial, com produção de 72.031.782 toneladas e produtividade média de 22,38 t/ha, já o Brasil é o 15º produtor com produtividade equivalente a 67,9% (14,51 t/ha) da chinesa (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA- FAO, 2019). Distantes dessa produção estão as Américas com 4.319.809 toneladas, e com uma produção pouco expressiva, a Oceania e a Europa produzem 906.101, 52.184 toneladas (FAOSTAT; 2017).

Área colhida de batata-doce, a nível mundial, é de aproximadamente 8.623.973 hectares (ha), com uma produtividade de 12,1975 toneladas por hectare (t/ha), totalizando uma produção de 105.190.501 toneladas, por estas razões a cultura da batata doce consegue se destacar no cenário mundial de produtores de raízes tuberosas, atingindo principalmente a uma produção de 78,35% do montante global (FAO, 2017).

No Brasil em 2018, foram produzidas 741.203 toneladas, em 53.024 hectares, o que proporcionou uma produtividade de 13,99 Kg/ha-1 (IBGE, 2019). Os principais estados produtores de batata-doce no Brasil são Rio Grande do Sul (27,9%) em primeira posição,

segundo lugar São Paulo (19,1%), e em terceiro lugar Paraná com participação de 8,5% da produção total (IBGE, 2019). No Estado do Tocantins, a batata-doce pode ser cultivada em todas as regiões do estado, isso devido às condições edafoclimáticas serem favoráveis para o desenvolvimento e produção da tuberosa.

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) é uma excelente fonte de vitamina C, B2, B6 e E, bem como fibras dietéticas, potássio, cobre, manganês e ferro, e estão baixo teor em gordura e colesterol. Sendo assim, é fato que o potencial existente na batata-doce deve ser explorado para que se conquiste cada vez mais melhorias e implicações nutricionais beneficiando assim cada vez mais a saúde do ser humano. (FU; 2016).

Como fonte alternativa de bioenergia, a batata-doce apresenta ótima produção de biomassa para produção de etanol, associada à rusticidade do plantio (SANTANA, et., al, 2013). Neste contexto, a batata-doce pode ser cultivada em rotação, sucessão ou em áreas próximas a culturas de cana-de-açúcar e, assim, mais agricultores poderiam se beneficiar dessa produção de energia renovável. A batata-doce é eficiente na absorção de nutrientes, porém, sua resposta à adubação depende das condições do solo.

Quanto ao tipo de solo, Aguiar *et al.* (2014) salientam que para o cultivo da batata-doce são preferíveis solos bem drenados, arenosos e sem a presença de alumínio tóxico, sendo que em solos mal drenados, sujeitos a longos períodos de encharcamento ou com lençol freático pouco profundo, pode ocorrer a formação de raízes longas, chamadas de chicote, o que pode diminuir drasticamente a produtividade do cultivo. A batata-doce pode chegar a produzir o dobro de etanol por tonelada de raiz, quando comparada com que é produzida com uma tonelada a partir da cana de açúcar, sendo esse o interesse em se produzir etanol a partir da batata-doce (SWAIN; 2013; JUSUF; 2014).

3.2 Balanço Energético da Batata-doce

Há uma necessidade de energia durante toda a cadeia produtiva do etanol, sendo necessário uma compensação, ou seja, a energia consumida para produzir etanol deve ser inferior a energia gasta no processo de produção do etanol, por isso a viabilidade econômica de uma determinada matéria prima e sua eficiência será indicada através de seu balanço energético (ANTERO, DA SILVA e DO VALE, 2019). Levando em consideração o maquinário, o combustível diesel e os insumos químicos como entrada de energia e as raízes da batata-doce, sob forma fresca, como saída no sistema de produção da batata-doce. Em relação ao balanço energético na produção da batata-doce teve a energia total de entrada

29326,78 e saída 53885,90 MJ/ha. Na produção de batata-doce a emissão total de GEE foi de 1432,18 kg CO₂ eq/ha, tendo maior participação o combustível diesel (53,35%), fertilizante químico (43,56%) e, máquinas (2,37%). Em relação aos fertilizantes, o nitrogênio desempenhou o papel mais importante com uma participação de 42,70%, sendo o que mais contribui no total de emissões de GEE (FLORES; CRUZ; ANTOLIN, 2016).

O balanço energético para ser realizado devemos levar em consideração aspectos de todo processo produtivo que vai desde o cultivo até o processamento final da produção de biocombustível. O valor numérico relacionado ao balanço energético de 1 traduzem que a energia gasta é menor que a energia obtida, assim, o balanço é positivo e a fonte viável. Valores numéricos inferiores à 1 revelam um balanço energético negativo, ou seja, o gasto na produção do biocombustível foi maior do que o obtido durante a sua utilização (Oliveira; Serra e Oliveira, 2014).

Segundo Lima e Silva *et al.* (2019) avaliando alguns clones de batata-doce obtiveram 7,16 e 7,68 de balanço energético. Resultado este indica que a batata-doce demonstra uma maior eficiência energética da cadeia produtiva do etanol quando comparada à outras fontes de matéria-prima como por exemplo a cultura do milho. Para efeito comparativo na cultura da cana de açúcar os valores encontrados em relação ao balanço energético mostram uma média de 5,78 (Oliveira, Serra e Oliveira (2014).

3.3 Danos causados pelas plantas daninhas

Os principais motivos dos baixos índices produtivos apresentado nas áreas cultivadas deve-se a baixa adoção de tecnologia agrônômica no sistema produtivo, solos de baixa fertilidade, variedades pouco produtivas e/ou pouco adaptadas à região e competição com plantas daninhas, entre outros (CARDOSO *et al.*, 2013), sendo que, em alguns casos, podem ocorrer perdas tão drásticas que acabam por inviabilizar economicamente a produção e a colheita de uma lavoura (GARCIA, 2014).

Entre os fatores limitantes que influenciam negativamente na produtividade pode-se destacar a interferência das plantas daninhas com as cultivadas, essas reduzem a produtividade de acordo à comunidade infestante, caracterizado pela composição específica, densidade e distribuição das populações, das características da própria planta de interesse econômico como espécies, espaçamento e densidade de semeadura, das condições de solo, clima e manejo e da época e duração do período de convivência mútua, com isso se faz necessária a identificação das espécies que competem com a batata-doce para contribuir na

escolha do melhor método de controle e o período em que o controle será realizado (CAVALVANTE *et al.*, 2017; OLIVEIRA, 2018).

A necessidade de recursos como luz, CO₂, O₂, água, nutrientes e espaço é o principal causador da competição entre plantas e ocorre quando o competidor impede o acesso ao recurso por outro competidor (planta de interesse) ou quando o ambiente não tem capacidade de suprir as necessidades das plantas (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).

3.4 Controle químico de plantas daninhas

É necessário o controle químico através da aplicação de herbicidas para garantir o controle efetivo de plantas daninhas, principalmente quando o banco de sementes de plantas daninhas no solo é elevado, sendo necessário que medidas preventivas, culturais e mecânicas seja adotadas no manejo das plantas invasoras (BALBINOT JUNIOR; TREZZI, 2012). A rotação de cultura tem um destaque como prática agrônômica de controle cultural, que influencia a dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas no solo. (HOSSEINI *et al.*, 2014) e preparo do solo (HUANG; GRUBER; CLAUPEIN, 2018). O controle químico é considerado uma operação que demanda elevado investimento inicial e por isso é recomendado para lavouras de médio e grande porte e que possui nível tecnológico elevado onde busca-se altas produtividades (MELHORANÇA *et al.*, 2015).

A aplicação em pré-emergência também é uma opção de manejo, os herbicidas são aplicados antes do plantio da cultura e o tempo necessário entre a aplicação e a semeadura varia em função das características do herbicida, das condições climáticas, da textura do solo e da presença de cobertura vegetal. Além disso, podem ser realizadas aplicações em jato dirigido nas entrelinhas. Nas aplicações em pré-emergência, a maioria dos herbicidas utilizados pertence aos grupos químicos das triazinas e das amidas (KARAM; RIZZARDI; CRUZ, 2008; RIZZARDI *et al.*, 2014).

Com relação ao controle químico existe a necessidade de desenvolver herbicidas seletivos, principalmente para uso na fase inicial da cultura e também de tecnologias adequadas de aplicação, buscando sempre a sua utilização de forma técnica e criteriosa, para maximizar suas vantagens e minimizar seus riscos toxicológicos e ambientais (BLANCO; VELINI, 2005). A eficiência do herbicida para as principais espécies de plantas daninhas

presentes na lavoura e sua seletividade na cultura, são dois importantes fatores que devem ser considerados ao se utilizar o controle químico (MELHORANÇA *et al.*, 2015).

3.5 Interação Herbicida x Solo

O conhecimento das interações entre herbicidas e solo é condição essencial para o uso seguro desses pesticidas. Dentre essas interações que determinam e alteram a disponibilidade do herbicida na solução do solo estão a sorção e a dessorção (NETO *et al.*, 2017). A sorção e a dessorção destacam-se por influenciar o transporte, a taxa de degradação e a eficiência dos herbicidas, por atuarem diretamente na quantidade e concentração do herbicida que estará disponível na solução do solo (RUBIO-BELLIDO *et al.*, 2018).

A capacidade sortiva dos solos depende de diversos fatores, como das condições climáticas, bem como dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (CABRERA *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2015), além da sua solubilidade, polaridade e sua capacidade de dissociação eletrolítica, que são características da molécula dos herbicidas. Portanto, modificações nessas características podem promover alteração na dinâmica da molécula no solo e, conseqüentemente, da sua bioatividade (ZHANG *et al.*, 2014; YUE *et al.*, 2017). Um fator que pode causar alterações e modificar a sorção e dessorção de herbicidas, principalmente, os iônicos é a calagem que consiste na aplicação de calcário ao solo visando elevar o pH de solos ácidos, reduzir o efeito tóxico do Al^{+3} , e fornecer Ca e Mg, (MCCALLUM *et al.*, 2016).

Estudos relataram que o aumento no pH do solo reduz a sorção e aumenta a dessorção do atrazine, herbicida com caráter básico, em diferentes solos (YUE *et al.* 2017; MARTINS *et al.*, 2018). Os herbicidas podem estar em forma neutra ou iônica a medida que o pH do meio é alterado, e esse estado de ionização das moléculas depende do valor de sua constante de dissociação eletrolítica (pKa). Além da alta densidade de cargas, a matéria orgânica do solo também favorece o processo de sorção. A ligação do herbicida à matéria orgânica do solo é, geralmente, mais estável que sua ligação aos componentes minerais. Portanto, quando o herbicida está sorvido à fração orgânica, o tempo para que a dessorção ocorra é maior e a quantidade de moléculas que retornam a solução do solo é menor em relação à sorção destes produtos aos componentes minerais. Condições que reduzem a sorção e aumentam a dessorção de herbicidas podem elevar o risco de lixiviação.

O processo de lixiviação engloba o carreamento das moléculas do herbicida em solução por meio da força gravitacional, em direção as águas subterrâneas, bem como

propriedades de sorção e persistência do herbicida, teor de matéria orgânica ou argila presente no solo, a solubilidade da molécula do herbicida e a quantidade de água que se movimenta no perfil do solo, propriedades físicas do solo, como densidade, porosidade e permeabilidade, influenciam os processos de lixiviação (ZAMBOLIM, SILVA e PICANÇO, 2014).

Além disso, a intensa lixiviação do herbicida pode reduzir a eficiência no controle de plantas daninhas, uma vez que ele não será absorvido pela planta ou semente (AZCARATE *et al.*, 2015). Tanto a diversidade dos solos agricultáveis, quanto suas propriedades físicas e químicas, devem ser consideradas na sorção e dessorção.

3.6 Seletividade de Herbicidas

No ambiente agrícola, um fator imprescindível para que o controle químico de plantas daninhas seja eficiente é a seletividade dos herbicidas, que é considerada como uma medida da resposta diferencial de espécies de plantas a um herbicida específico. Os herbicidas devem exercer controle eficiente das plantas daninhas e serem seletivos às culturas de interesse comercial (DUHOUX *et al.*, 2017). Estes podem se apresentar como seletivos ou não seletivos no cultivo de uma determinada variedade de planta (SILVA *et al.*, 2018).

A seletividade expressa a capacidade de uma molécula herbicida matar ou retardar o crescimento das plantas daninhas de uma ou mais espécies e de não prejudicar outras plantas de interesse comercial. Para uma mesma dose, os herbicidas seletivos são usados como ferramentas para matar as plantas daninhas ou ao menos retardar seu crescimento até que a cultura se torne dominante (AZANIA; AZANIA, 2014). Logo, o conhecimento em relação à seletividade de um herbicida e a importância da aplicação na dosagem correta do produto é pré-requisito básico para o sucesso do controle químico. Já a tolerância da cultura ao herbicida ocorre até certo limite da dosagem. Quando esse limite é ultrapassado, a molécula também pode retardar o desenvolvimento ou até mesmo causar a morte da cultura de interesse comercial (AZANIA; AZANIA, 2014).

Azania e Azania (2014) relataram que a seletividade dos herbicidas está relacionado à combinação de fatores inerentes à planta (estádio de desenvolvimento, absorção e translocação diferencial, entre outros); ao herbicida (estrutura molecular, dose, formulação, entre outros), (modo de aplicação que permita o contato do herbicida com as plantas daninhas); ao ambiente (textura, água disponível no solo entre outros) e o uso de protetores químicos. Para evitar que haja a fitointoxicação das plantas de interesse agrícola, é necessário estudar a seletividade destes produtos isolados e em associações com outros herbicidas. Os

efeitos fitotóxicos variam em função da quantidade de herbicida absorvido e que chega às enzimas ou proteínas específicas, podendo ser o suficiente ou não para que a fitointoxicação se manifeste na planta interesse comercial.

Herbicidas modernos e seletivos, geralmente, contêm um agente de proteção para garantir seletividade à cultura. Estes produtos, denominados de safeners, antídotos ou protetores aumentam a capacidade da cultura de degradar o herbicida mais rapidamente, devido à ativação de enzimas detoxificadoras, como citocromo P450 monooxigenase (P450) e glutatona S-transferase (GST) (ROSENHAUER; ROSINGER; PETERSEN, 2016). A GST e P450 são grupos de enzimas, que apresentam várias funções na planta, dentre elas a conversão de compostos tóxicos a não tóxicos na planta, este conceito conhecido como detoxificação ou metabolização. As plantas podem apresentar outros mecanismos que podem auxiliar na sua sobrevivência, após aplicação dos herbicidas, como o uso de enzimas antioxidantes como mecanismo de defesa das células e até mesmo alterações nos componentes fotossintéticos, para tolerância das plantas aos herbicidas (AGOSTINETTO *et al.*, 2016).

Muitas pesquisas buscam verificar a tolerância de culturas aos herbicidas, como aveia branca tolerante ao herbicida iodosulfuron- metil (QUEIROZ *et al.*, 2017), girassol tolerante aos herbicidas (JACOB *et al.*, 2017), trigo tolerante a diversos herbicidas (RASOOL; BHULLAR; GILL, 2017; VANGESSEL; JOHNSON; SCOTT, 2017), soja tolerante ao pyroxasulfone (WILLIAMS; HAUSMAN; MOODY, 2017). O principal objetivo destas pesquisas é ampliar o número de opções de herbicidas a serem utilizados com segurança no controle das plantas daninhas. Porém, a escolha do herbicida a ser utilizado assim como a associação de produtos e a dose a ser empregada, deve ser considerada na seletividade para a cultura.

3.7 Mecanismo de ação e descrição dos herbicidas utilizados

3.7.1 Mecanismo de ação

Um mesmo herbicida pode influenciar vários processos metabólicos na planta, entretanto a primeira lesão biofísica ou bioquímica que ele causa na planta é caracterizada como o seu mecanismo de ação. Em relação ao mecanismo de ação, os herbicidas se classificam de acordo com o modo de ação. De forma geral, os herbicidas podem gerar diversas alterações na planta, tais como: alteração de lipídios e membranas, causar prejuízo na formação de aminoácidos, inibir a fotossíntese (fotossistema I e II), alterar a peroxidação

lipídica e conseqüentemente, a formação da membrana celular, atuar na clorofila e citocromo, inibir a formação de microtúbulos, inibir a divisão celular, dentre outros (MESQUITA, 2017).

O uso de herbicidas é uma importante ferramenta no manejo de plantas daninhas. Estes podem se apresentar como seletivos ou não ao cultivo, e podem ser classificados nas seguintes modalidades de aplicação: pré-emergência (PRÉ) das plantas daninhas e da cultura, pós-emergência (PÓS) da cultura e das plantas daninhas e têm como objetivo controlar pequenas plântulas emergentes de plantas daninhas (SOMERVILLE *et al.*, 2017).

Herbicidas aplicados em pré-emergência (PRÉ): São aplicados no solo, antes da germinação das sementes das plantas daninhas, ou da emergência das plantas da cultura. O herbicida depende, neste caso, da umidade do solo, da água da chuva ou de irrigação para atuar. Normalmente estes produtos atuam sobre processos como a germinação de sementes ou o crescimento radicular.

Herbicidas aplicados em pós-emergência (PÓS): O produto deve ser absorvido em maior parte via foliar, além da cultura normalmente necessitar ter uma boa tolerância à exposição direta ao produto. Aplicações normalmente são feitas em fases precoces do desenvolvimento das invasoras. Este estágio geralmente compreende a fase até 3-4 folhas para as dicotiledôneas e antes ou até o início do perfilhamento para gramíneas.

3.7.2 Atrazina + S-metolacoloro

A atrazina, pertence ao grupo químico das triazinas e nome químico 6-cloro, 4-N-etila-2-N-propan-2-ila-1-1,3,5-triazina-2,4-diamina de sódio trata-se de um herbicida seletivo, sistêmico eficiente no controle de plantas daninhas anuais, em aplicações pré-emergência e pós-emergência e muito aplicado na cultura do milho e da cana-de-açúcar (REBELO *et al.*, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2016).

A absorção do produto é via raiz e folhas e translocado pelo xilema. Seu mecanismo de ação é inibir a fotossíntese (fotossistema II). Em áreas de cultivo da cana-de-açúcar são aplicados, principalmente em pré-emergência, herbicidas pertencentes a vários grupos químicos, como triazinas, triazinona, triazolinonas e ureias que fazem parte desse mecanismo (Brasil, 2017). Os herbicidas inibidores do FSII atuam como análogos as plastoquinonas, competindo com as próprias plastoquinonas para se ligarem a proteína D1 do FSII no sítio de ligação QB. Conseqüentemente, o transporte de elétrons é inibido, pois embora a QA esteja reduzida mediante a iluminação, esta não pode ser oxidada pela plastoquinona (QB), pois o sítio de ligação está ocupado pelo herbicida. Por fim, ocorre a paralisação de produção de

NADPH e ATP e interrompe a fixação de carbono, levando a inanição de carboidratos e ao estresse oxidativo (FERREIRA, *et al.*, 2005; JONES, 2005; POWLES; YU, 2010).

No processo de transporte de elétrons entre os FSII e fotossistema I (FSI), a plastoquinona desempenha um papel chave. Em condições normais a plastoquinona se liga em seu sítio específico na proteína D1 do FSII, denominado de sítio QB, e com a sua ligação procede-se o fluxo de elétrons normalmente entre o FSII e o complexo do citocromo b6/f. No entanto, este sítio de ligação QB na proteína D1 no FSII é considerado não seletivo, pois podem acomodar várias outras substâncias inibidoras do FSII, como é o caso de alguns herbicidas (DAYAN & ZACCARO, 2012).

3.7.3 S-metolacoloro

O ingrediente ativo S-metolacoloro pertence ao grupo químico das cloroacetilínicas e possui nome químico de mistura de 80-100% (ars,1s) – 2 - chloro 6' -ethyl-n-(2-methoxy-1-methylethyl)acet-otoluidide e 20-0% (ars,1r)-2-chloro-6' ethyl-n-(2-methoxy-1-methylethyl)acet-o-toluidide (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). No comércio é conhecido pela marca comercial Dual Gold, sendo disponível na formulação de concentrado emulsionável (960 g l-1).

S-metolacoloro é um produto seletivo, indicado para o controle em pré-emergência de plantas daninhas nas culturas de soja, milho, cana-de-açúcar, feijão e algodão. Caracteriza-se pela ação gramínicida acentuada, notadamente sobre as espécies anuais, com forte ação sobre a trapoeraba e algumas espécies de folhas largas. Possui classe toxicológica I, considerado extremamente tóxico. O ingrediente ativo s-metolacoloro é absorvido através do coleótilo das monocotiledôneas e hipocótilo das dicotiledôneas, e atua na gema terminal inibindo o crescimento das plantas (RODRIGUES & ALMEIDA 2011).

O mecanismo de ação do S-metolachlor age inibindo a divisão celular; inibe a síntese de diversos componentes da planta, tais como lipídeos, proteínas, isoprenóides e flavonóides. No solo, possui uma carência de 15 a 50 dias, sendo degradado pelos microorganismos presentes do solo.

4 METODOLOGIA

4.1 Local e realização do experimento

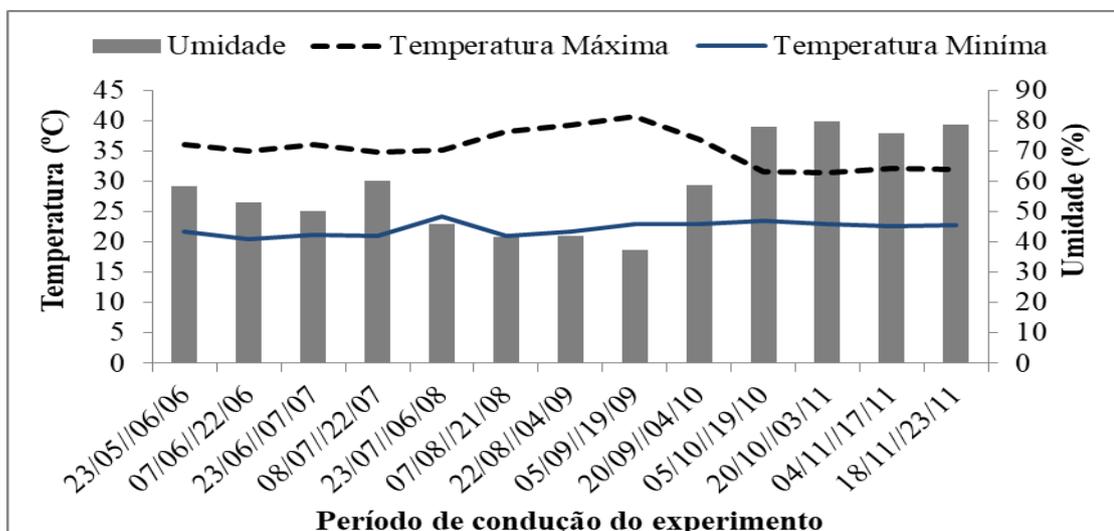
O experimento com aplicação de herbicidas pré-emergente, foi conduzido na área experimental do Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis (LASPER), localizado no campus da Universidade Federal do Tocantins (UFT) Palmas - TO (220m de altitude, 10°10' de LS e 48°21' de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

O experimento foi cultivado em campo, sendo as variedades de batata-doce utilizadas, submetidas à ação de herbicidas para avaliação de seletividade.

4.2 Clima

Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo C2wA'a'- Clima úmido subúmido com pequena deficiência hídrica, no inverno, evapotranspiração potencial média anual de 1.500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 420 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada, apresentando temperatura e precipitação média anual de 27,5° C e 1600 mm respectivamente, e umidade relativa média de 80% (INMET, 2012).

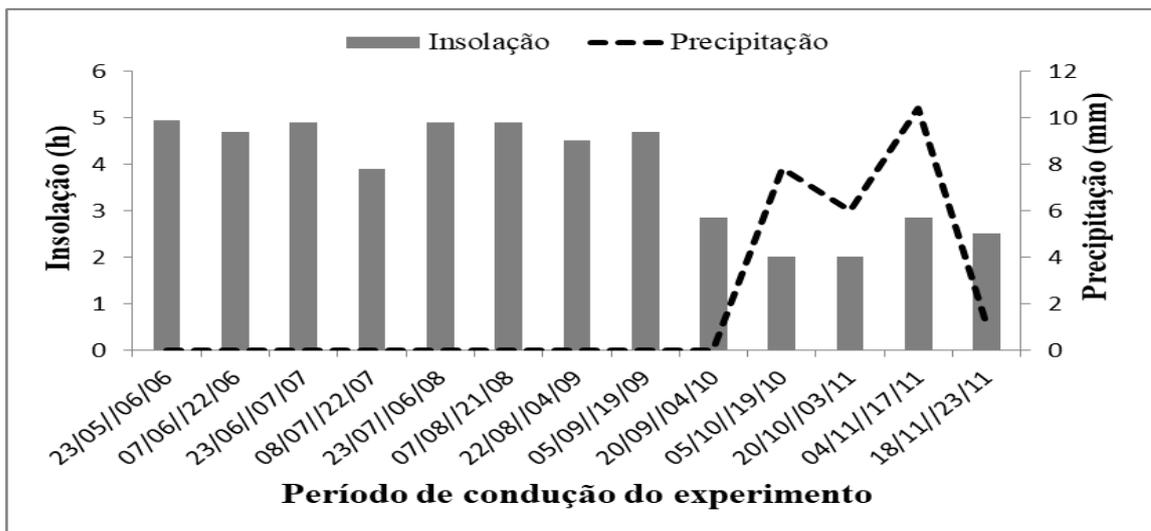
Figura 1: Temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa durante o período de condução do experimento (maio a novembro de 2019). Palmas – TO.



Fonte: INMET (2019), adaptado pelo autor.

Na Figura 1 estão apresentadas as médias das temperaturas (máximas e mínimas) e umidade relativa do ar quinzenais, e, na Figura 2 são apresentados os dados de precipitação e insolação incidente durante o período de condução do experimento, segundo dados INMET (2019).

Figura 2: Precipitação e Insolação incidente durante o período de condução do experimento (maio a novembro de 2019). Palmas – TO.



Fonte: INMET (2019), adaptado pelo autor.

4.3 Preparo do solo

A área foi preparada com uma aração e uma gradagem 30 dias antes do plantio. As leiras foram construídas com espaçamentos 0,7 m largura e com aproximadamente 0,30 m de altura.

Tabela 1: Resultado da análise do solo antes da implantação do experimento (Área Experimental da Universidade Federal do Tocantins).

Prof	pH	P Mehlich ¹	K	Ca	Mg	Al	H+Al
(Cm)	H ₂ O	mg.dm ⁻³	-----cmolc.dm ⁻³ -----				
0-20	4,63	1,79	0,11	0,20	0,08	0,91	4,70
Prof	MO	SB	T	V	Arg	Silte	Areia
(Cm)	g.dm ⁻³	-----cmolc.dm ⁻³ ----	-----%-----				

	3	--					
0-20	15,87	0,39	5,09	7,66	58,0	9,5	32,5

Fonte: Laboratório Agrônômico Super (2018), adaptado pelo autor.

Foi realizada conforme a análise de solo da área (Tabelas 1), uma aplicação de calcário dolomítico 30 dias antes do plantio, na quantidade de 100kg e adubação de plantio com 180 kg de fósforo, em sua totalidade aplicado no plantio e uma de cobertura com 60-60 kg de nitrogênio e potássio, respectivamente, sendo aplicados de forma parcelada e manualmente. A recomendação de adubação e calagem foi realizada de acordo com os parâmetros estabelecidos pela 5ª Aproximação de Minas Gerais (1999).

4.4 Cultivares de Batata-Doce

Para a realização do experimento, foram utilizadas as cultivares Amanda e Carolina Vitória, desenvolvidas para produção de etanol obtidas pelo programa de melhoramento genético da Universidade Federal do Tocantins e cultivar de mesa Brazlândia Roxa, desenvolvida pela Embrapa hortaliças. Tendo como características: Amanda uma cultivar que possui como características, ciclo precoce, com alto potencial produtivo, podendo ser colhida até os 150 dias. No Tocantins a produtividade média obtida, em um ciclo de cinco meses foi de 46,7 t/ha, com 32,35% de matéria seca. A cultivar pode obter uma produtividade de 6.595 litros de etanol/hectare. Os rendimentos obtidos no Tocantins é de 141,24 litros de etanol por tonelada de raiz, o que (BOLETIN TECNICO UFT, 2014).

A cultivar Carolina Vitória possui como características, película externa roxa, polpa branca, tem formato irregular, alongado, redondo, oval e muito desuniforme. Para indústria é muito competitiva, por apresentar como principais características, em experimento realizado no Tocantins, maior teor de amido (30,2%) o que conseqüentemente reflete em uma maior produtividade de etanol por tonelada de raiz, em relação às demais cultivares em trabalho realizado no Tocantins (199,3 L/t). Carolina Vitória é uma cultivar de ciclo tardio, podendo ser colhida por volta de 180 dias, chegando à uma produtividade de 32,17 t/ha. Em relação à produção de etanol a cultivar pode obter um rendimento de 6.412 litros de etanol por hectare (BOLETIN TECNICO UFT, 2014).

Brazlândia Roxa é uma cultivar de mesa lançada pela Embrapa hortaliças e que apresenta como características, formato alongado, muito uniforme e com ótimo aspecto comercial. A raiz tem película externa roxa, polpa creme, doce, com baixo teor de fibras. As

ramas desenvolvem-se lentamente, são de comprimento médio e de cor verde com diâmetro médio aproximado de 6mm. É uma cultivar que pode ser colhida após 150 dias. A produtividade média obtida na Embrapa Hortaliças foi de 25 t/ha (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2020).

4.5 Obtenção das ramas

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.

Os materiais disponíveis na Universidade Federal do Tocantins estão há vários anos sendo multiplicados por propagação vegetativa no campo experimental do LASPER e por serem clones, há a desvantagem de multiplicação de vírus, o que pode afetar nos resultados deste trabalho.

4.6 Plantio, aplicação e irrigação

O plantio das ramas de batata-doce e aplicação dos herbicidas pré-emergentes do experimento, foram realizados no dia 23 de maio de 2019, em campo; sendo primeiro realizado o plantio, em seguida, feitas as aplicações dos herbicidas. 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, semanal, para que a área fosse mantida livre de plantas daninhas até o momento da colheita. A irrigação da área experimental da batata-doce foi realizada por aspersão, empregando-se 858 mm de água durante todo o ciclo da cultura. A colheita do experimento foi realizada nos meses de outubro e novembro de 2019, totalizando cinco e seis meses de cultivo de cada experimento de acordo o ciclo de cada cultivar.

4.7 Delineamento experimental

O delineamento em campo foi instalado em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 x 2 + 1 com 4 repetições, sendo **Fator 1** as cultivares (Amanda, Carolina Vitória e Brazlândia Roxa) e **Fator 2** os herbicidas (S-Metolaclo-ro e Atrazina + Metolaclo-ro) e com uma testemunha controle (sem aplicação de herbicidas). Cada parcela experimental foi

formada por um canteiro de 0,70 m de largura X 3,0 m de comprimento, contendo dez plantas com espaçamento de 30 cm entre elas. Todos os tratamentos podem ser observados na (Tabela 2).

Tabela 2: Relação dos herbicidas pré-emergentes utilizados no tratamento da batata-doce

Princípio ativo		Mecanismo de ação (Inibidor)	Dose (g de i.a./ha ¹)	Dose (L/ha ⁻¹)
Amanda - Testemunha		-	0	0
Amanda - (S-Metolacloro)		Divisão Celular	960g	1,0 L
Amanda-(Atrazina+ Metolacloro)		Fotossistema II + Divisão Celular	370g + 290g	3,0 L
Carolina	Vitória	-	-	0
Testemunha				0
Carolina	Vitória	-	960g	1,0 L
(S-Metolacloro)		Divisão Celular		
Carolina	Vitória	-	370g + 290g	3,0 L
(Atrazina + Metolacloro)		Fotossistema II + Divisão Celular		
Brazlandia R. - Testemunha		-	0	0
Brazlandia	R.	-	960g	1,0 L
(S-Metolacloro)		Divisão Celular		
Brazlandia	R.	-	370g + 290g	3,0 L
(Atrazina + Metolacloro)		Fotossistema II + Divisão Celular		

Testemunha = sem aplicação de herbicida

4.8 Parâmetros avaliados

Foram realizadas as análises de produtividade (ton/ha⁻¹), teor de amido (%), teor de matéria seca (%), rendimento de etanol e nota de toxicidade. Na (Tabela 3) pode ser observado os intervalos das avaliações.

Tabela 3: Intervalos das avaliações dos herbicidas pré-emergentes

Produtividade (ton/ha ⁻¹)	150 e 180 DAP
---------------------------------------	---------------

Teor de amido (%)	150 e 180 DAP
Teor de matéria seca das raízes tuberosas (%)	150 e 180 DAP
Biomassa seca da parte aérea (ton/ha ⁻¹)	150 e 180 DAP
Rendimento de etanol (L/ha ⁻¹)	150 e 180 DAP
Nota de toxidade	14, 21 e 28 DAA

DAP = dias após o plantio. DAA = dias após aplicação.

4.8.1 Produtividade (ton/ha)

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 ton.ha⁻¹. A quantificação da produtividade foi calculada pela forma:

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

4.8.2 Nota de Toxicidade

Após a aplicação dos herbicidas, foram observadas alterações morfológicas, na parte aérea das plantas, avaliando os aspectos visuais: porte das plantas, coloração das folhas, desenvolvimento geral e toxicidade das plantas, em relação à testemunha, por meio de escala de notas de 0 a 4, em que: 0 corresponde à ausência de sintomas, 1 injúrias leves ou redução de crescimento com rápida recuperação, 2 injúrias moderadas ou redução de crescimento com lenta recuperação, 3 injúrias severas ou redução de crescimento não recuperável ou redução de estande e 4 corresponde à morte total das plantas (SBCPD, 1995). As avaliações das lesões, nas plantas de batata-doce, ocasionadas pela aplicação dos herbicidas, foram feitas aos 14, 21 e 28 DAA.

4.8.3 Obtenção da farinha da Batata - Doce

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 colocado em saquinhos de papel, identificados e conduzidos, para a

secagem 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 Willye STAR FT50 com peneira de malha de 0,80 mm, para a seleção das partículas.

4.8.4 Determinação de teor de amido

Para a determinação do teor de amido das raízes de batata-doce foi utilizado 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 realização experimentais. A farinha foi colocada na cubeta do aparelho, onde foram realizadas as leituras e lançadas na curva padrão. a leitura foi realizada em triplicata. Após encontrados os resultados de amido no NIR, foram lançados em um fórmula para obtenção do amido úmido (MAPA, 2014).

A quantificação do amido úmido foi calculada pela forma:

$$\text{Amido em base úmido (\%)} = \frac{(100 \times \text{amido seco}) - (\text{umidade} \times \text{amido seco})}{100}$$

4.8.5 Teor de matéria seca para raízes tuberosas (%)

Inicialmente essas raízes foram lavadas para a retirada do excesso de terra, e, em seguida, selecionadas, pesando aproximadamente 500g de cada parcela do experimento. Após a pesagem este material foi fatiado, feito uma pré - secagem e em seguida acondicionadas em saquinhos de papel, identificadas e conduzidas 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 fórmula descrita pelo CIP (2018):

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

4.8.6 Biomassa seca total da parte aérea (ton/ha)

Aos 150 e 180 DAP, realizou-se a coleta da parte aérea das plantas, sendo as mesmas cortadas na região do colo, pesadas, separadas 500g 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 devidamente identificadas e encaminhadas para estufa de circulação forçada de ar, onde permaneceram a 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 fórmula:

$$\text{Biomassa seca da parte aérea (ton.ha-1)} = \frac{10.000 \text{ m}^2 \times \text{Massa seca da parcela}}{\text{Metro quadrado da parcela}}$$

4.8.7 Estimativa da produção de Etanol

A estimativa da produção de etanol por hectare foi dada por conversão do amido ao 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.

PE = (10,349 . CA – 89,349) . P. Em que:

PE – Produção estimada de etanol em L.ha-1.

10,349 – constante.

CA – concentração de amido em %.

89,349 – constante e P – Produtividade por hectare

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

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 a nível de 5% de probabilidade utilizando o software SISVAR 5.6.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Nota de toxidade

Os resultados para nota de toxidade não tiveram interação significativa entre cultivares e herbicidas, de forma que atuam independente um do outro (Tabela 5). No entanto, quando analisadas de forma isolada, houve uma diferença significativa a nível de 5% pelo teste Tukey. Com relação à toxidade, aos 14 dias, nota-se efeito fitotóxico visual pela ação dos herbicidas nas três cultivares de batata-doce (Tabela 4). O herbicida S-metolacoloro ocasionou lesões leves na planta com nota 0,75 Brazlandia Roxa (S-Metolacoloro) a 1,5 para Amanda (S-Metolacoloro), proporcionando os menores sintomas de toxidade, entretanto não houve diferença estatística entre as cultivares. Já as respostas a Atrazina + Metolacoloro foram diferentes, as maiores lesões de toxidade, com nota, considerada severa, para cultivar, ocorreu nas cultivares, Brazlandia Roxa (Atrazina + Metolacoloro) 2,0 e Amanda (Atrazina + Metolacoloro) 3,0, consideradas lesões moderadas e severas respectivamente. A manutenção dos altos valores de toxidade visual, para as cultivares Brazlandia Roxa (Atrazina + Metolacoloro) 2,0 e Amanda (Atrazina + Metolacoloro) 3,0, pode ser explicada pelo fato dos herbicidas serem inibidores do fotossistema II, com sintomas típicos de clorose e necrose (Shaner, 2014). Dias *et al.* (2017) observaram sintomas de toxicidade em variedades de cana-de-açúcar (CTC 14, CTC 7 e RB 966928) com uso de S-metolacoloro em pré-emergência, em que apresentaram sintomas leves de toxicidade, resultado que corroboram com este trabalho. (Shaner, 2014), avaliando a seletividade de herbicidas pré-emergentes inibidor do fotossistema II em genótipos de batata-doce, observaram que as plantas também apresentaram sintomas de toxidade.

De acordo com as avaliações realizadas aos 21 DAP, analisando os fatores isoladamente para cultivares utilizadas e herbicidas aplicados, houve diferença significativa em nível de 5% pelo teste Tukey. Aos 21 DAP, os herbicidas ocasionaram sintomas visuais de toxidade leves e moderadas. Para Brazlândia Roxa (S-Metolacoloro), obteve nota 0,50 e Amanda (S-Metolacoloro) com nota 2,0 sendo consideradas leves e moderadas respectivamente, com diferença estatística entre as duas cultivares. Os herbicidas inibidores do fotossistema II (Atrazina + Metolacoloro), apresentaram os maiores sintomas de toxidade para batata-doce, não havendo diferença estatística entre as cultivares. Carvalho *et al.* (2012) em estudo com o herbicida hexazinone, um herbicida inibidor do FSII, assim como o diuron e ametrina, constaram que plantas obtiveram sintomas moderados de toxidade. É importante

destacar que o herbicida, mesmo causando danos na fase inicial da cultura, pode ser considerado seletivo, desde que o produto final (produção, teor de açúcar, % de óleo), não sofra nenhum tipo de prejuízo (AZANIA; AZANIA, 2014).

Os resultados para nota de toxidade não tiveram interação significativa entre cultivares e herbicidas, de forma que atuam independente um do outro (Tabela 5). Nota-se, na Tabela 4, que aos 28 DAP foram constatados, em todas as cultivares com aplicação de herbicida, sintomas visuais de toxidez. O herbicida S-metolacoloro (Brazlândia roxa) apresentou leves injúrias na cultura da batata-doce não se diferenciando significativamente em nível de 5% pelo teste Tukey, da Brazlândia roxa (Testemunha). Já as respostas a Atrazina + Metolacoloro foram diferentes, as maiores lesões de toxidade, com nota, considerada severa, para cultivar, ocorreu nas cultivares, Amanda (Atrazina + Metolacoloro) 3,0 e Carolina Vitória (Atrazina + Metolacoloro) 2,75, consideradas lesões moderadas e severas respectivamente. Resultado semelhante foi encontrado por El-Nahhal e Hamdona (2015), quando estudando a toxicidade de herbicida inibidor do FSII, constataram que o herbicida resultou em maior nível de toxidade na cultura do melão.

Essas informações de toxidade aos 14, 21 e 28 DAA, são valiosas tanto para agricultores quanto para pesquisadores envolvidos com a cultura da batata-doce, pois definem parâmetros técnicos referentes à seletividade ou não dos herbicidas S-matolacoloro e Atrazina + S-matolacoloro que ainda não possuem registro para a cultura da batata-doce, evitando transtornos e perdas de produção no campo.

Tabela 4: Médias de Toxidade em plantas de batata-doce, aos 14, 21 e 28 dias, após o plantio submetidas à aplicação de herbicidas pré-emergentes.

CULTIVARES	HERBICIDAS			DIAS
	Testemunha	S-Metolacoloro	Atrazina + S-Metolacoloro	
Amanda	0 aC	1,5 aB	3 aA	14 DAA
	0 aB	2 aA	3 aA	21 DAA
	0 aB	2 aA	3 aA	28 DAA
Carolina Vitória	0 aC	1,5 aB	2,5 abB	14 DAA
	0 aB	2 aA	2,5 aA	21 DAA
	0 aB	2 aA	2,75 aA	28 DAA
Brazlândia Roxa	0 aB	0,75 aB	2 bA	14 DAA
	0 aB	0,5 bB	2,25 aA	21 DAA
	0 aB	0,5 bB	2,25 aA	28 DAA

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **DAA** - Dias Após a Aplicação. **Letras minúsculas:** Cultivares; **maiúsculas:** Herbicidas; Testemunha; S-metolacoloro; Atrazina+S-metolacoloro.

Tabela 5: Análise de variância de toxidade em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente, realizados aos 14, 21 e 28 dias após aplicação - DAA

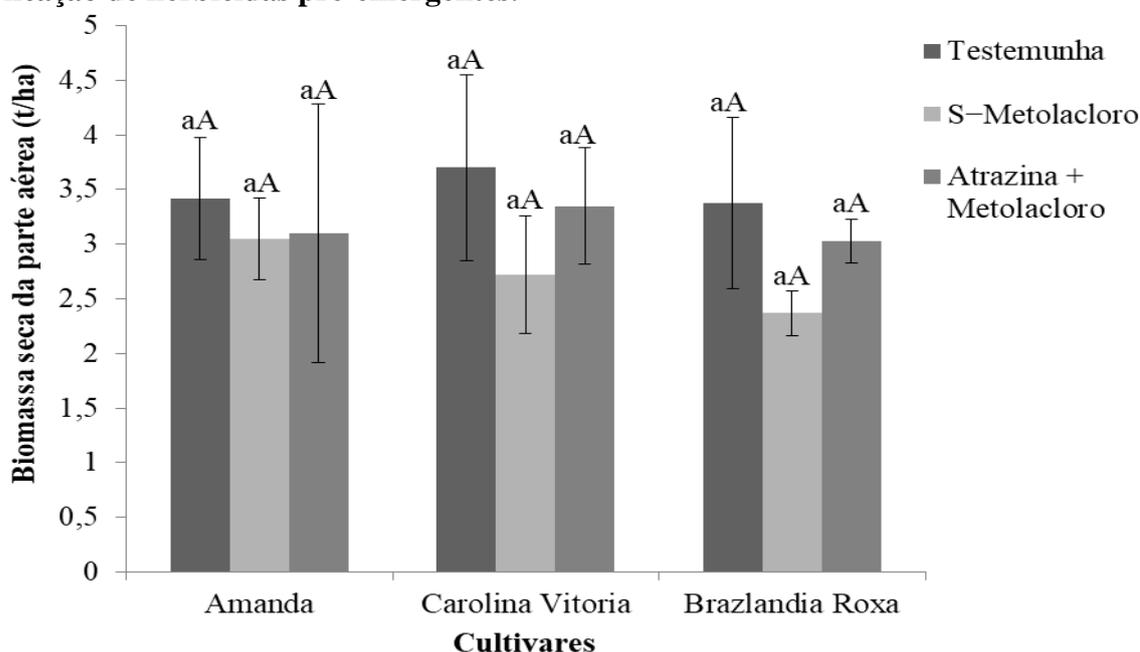
FONTE DE VARIAÇÃO	QM			
	GL	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Cultivares	2	1,08*	1,86*	2,02*
Herbicidas	2	18,75**	20,18**	21,44**
Cultivares x Herbicidas	4	0,33NS	0,86NS	0,77NS
Bloco	3	1,4**	2,39**	1,81*
Resíduo	24	0,22	0,48	0,54
C.V.(%)		38,1	50,98	53,1

*significativo ao nível de 5% e ** ao nível de 1% de probabilidade; NS = não significativo DAA = dias após aplicação; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação.

6.2 Biomassa seca da parte aérea

A produção de biomassa seca da parte aérea das cultivares foram influenciadas em relação aos herbicidas, ou seja, houve uma diferença significativa a nível de 5% pelo teste Tukey (Tabela 6). Nota-se no (Gráfico 1), que a maior produção de massa seca (3,35 t/ha) foi na cultivar Carolina vitória, sob a ação da Atrazina + Metolacoloro. O S–Metolacoloro 2,7 t/ha foi o que mais afetou a produção de massa seca da batata doce. Em contrapartida, na ausência de herbicidas, houve a maior produção de massa seca da parte aérea, com 3,7 t/ha. Os dados obtidos estão de acordo com Abreu (2010), em estudo realizado, foi verificado que a biomassa seca da parte aérea (ton.ha-1) sob aplicação de herbicidas pré-emergentes, na cultura da mandioca, cultivar IAC576-70, observou que o herbicida atrazina não diferenciaram da testemunha, dados que corroboram com este trabalho. Os valores do presente estudo ficaram semelhantes aos apresentados por Andrade Junior *et al.* (2012), com variação de 1,2 a 3,5 t/ha de biomassa seca da parte aérea em cultivares de batata doce.

Gráfico 1: Avaliação da biomassa seca da parte aérea (t/ha) da batata-doce, aos 150 dias para (Amanda) e 180 dias para (Carolina Vitória e Brazlândia Roxa), após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **Letras minúsculas:** Cultivares; **maiúsculas:** Herbicidas; Testemunha; S-metolacoloro; Atrazina+S-metolacoloro.

Tabela 6: Análise de variância da biomassa seca da parte aérea em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FONTE DE VARIAÇÃO	QM	
	GL	BIOMASSA SECA PARTE ÁEREA
Cultivares	2	0,35NS
Herbicidas	2	1,87*
Cultivares x Herbicidas	4	0,16NS
Bloco	3	0,30NS
Resíduo	24	0,44
C.V.(%)	21,23	

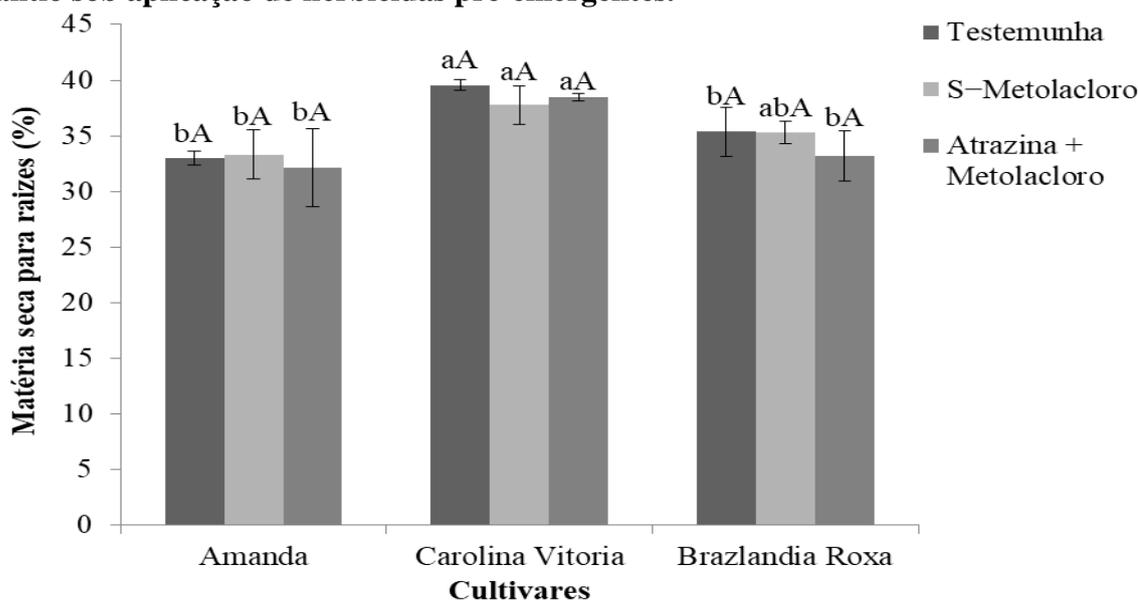
*significativo ao nível de 5% de probabilidade; NS = não significativo; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação.

6.3 Teor de matéria seca da raiz tuberosa (%)

Em relação ao teor de matéria seca da raiz tuberosa (%) da batata-doce, não houve interação entre as cultivares analisadas e herbicidas aplicados, ou seja, os dois fatores atuam independentemente um do outro, mas em relação às cultivares, houve uma diferença significativa em nível de 1% de probabilidade pelo teste Tukey (Tabela 7). O parâmetro

agronômico teor de matéria seca da raiz tuberosa de batata-doce possui uma grande importância, pelo possuir em sua composição 85% de carboidrato em sua maioria, por amido que pode ser convertido em etanol (SILVEIRA, *et al.*, 2014). No (Gráfico 2), Observa-se, que para matéria seca da raiz, obteve-se variação de 33,3% (Amanda) e 35,3% (Brazlândia roxa) sob aplicação do herbicida S-metolacoloro para a 38,4% (Carolina vitória), sob aplicação do herbicida Atrazina+S-metolacoloro, obtendo valores iguais e até superiores, respectivamente, de teores de matéria seca da raiz, em relação a testemunha (sem aplicação de herbicidas). Os valores ficaram superiores aos resultados encontrados em estudo sobre produção de clones de batata-doce realizado por Oliveira (2013), ao qual variaram entre 28,02% (IPB-007) a 36,68% (IPB-149).

Gráfico 1: Avaliação do teor de matéria seca da raiz tuberosa (%) da batata-doce, aos 150 dias para (Amanda) e 180 dias para (Carolina Vitória e Brazlândia Roxa), após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **Letras minúsculas:** Cultivares; **maiúsculas:** Herbicidas; Testemunha; S-metolacoloro; Atrazina+S-metolacoloro.

Tabela 7: Análise de variância da matéria seca da raiz tuberosa em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FONTE DE VARIACÃO	QM	
	GL	MASSA SECA RAÍZES TUBEROSAS
Cultivares	2	104,78**
Herbicidas	2	5,72NS
Cultivares x Herbicidas	4	2,51NS
Bloco	3	1,69NS
Resíduo	24	3,78

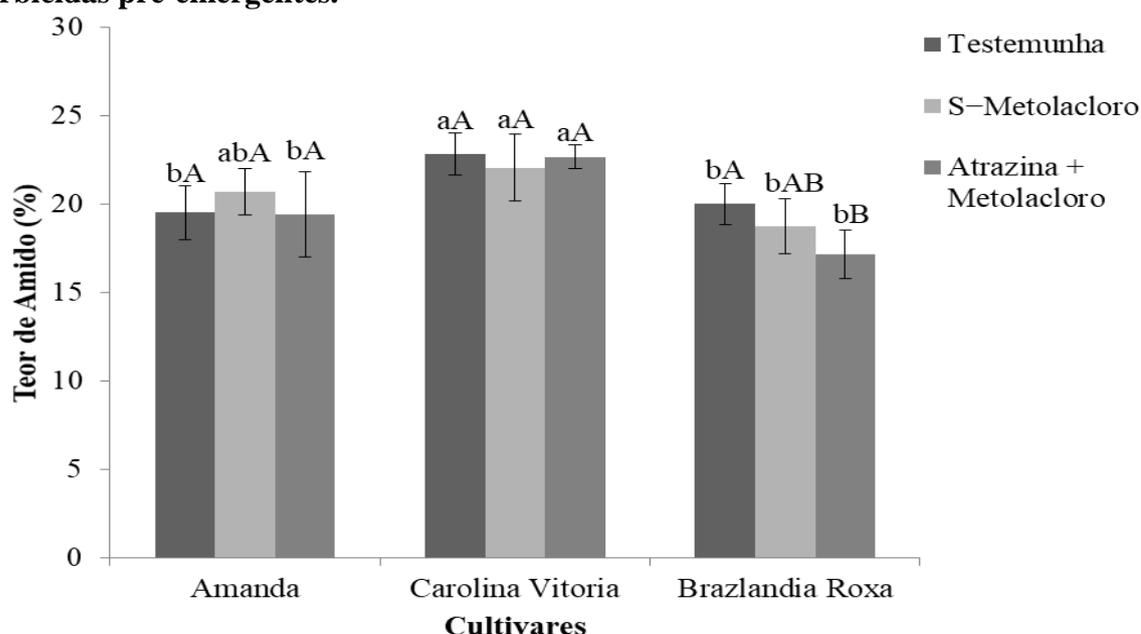
C.V.(%) 5,5

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; NS = não significativo; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação.

6.4 Teor de amido (%)

Verifica - se que não ocorreu interação com relação ao teor de amido na farinha de batata-doce entre os fatores (cultivares x herbicidas), sendo o comportamento das cultivares o mesmo em relação à aplicação de herbicidas, ou seja, os fatores atuam independente um do outro. No entanto, quando analisadas de forma isolada, observa - se um efeito significativo para cultivares ao nível de 1% pelo teste Tukey (Tabela 8). Nota-se, no (Gráfico 3), que a cultivar Brazlândia roxa obteve os menores valores para teor de amido em relação à aplicação de herbicidas, variando de 17,7% (Atrazina + Metolacoloro) e 20,02% (Testemunha). Já as respostas da cultivar Carolina Vitoria foram superiores, variando de 22,07% (S-Metolacoloro) e 22,83% Testemunha (sem aplicação de herbicidas). SILVEIRA *et al.*, (2014), avaliando o teor de amido nas cultivares de batata-doce, plantadas no estado do Tocantins, encontraram teores variando de 18,8 a 30,2%, resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho.

Gráfico 2: Avaliação do teor de amido (%) da batata-doce, aos 150 dias para (Amanda) e 180 dias para (Carolina Vitória e Brazlândia Roxa), após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **Letras minúsculas:** Cultivares; **maiúsculas:** Herbicidas; Testemunha; S-metolacoloro; Atrazina+S-metolacoloro.

Tabela 8: Análise de variância do amido da raiz tuberosa em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FONTE DE VARIACÃO	QM	
	GL	TEOR DE AMIDO
Cultivares	2	46,88**
Herbicidas	2	3,37NS
Cultivares x Herbicidas	4	3,70NS
Bloco	3	2,27NS
Resíduo	24	2,33
C.V.(%)	7,51	

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; NS = não significativo; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação.

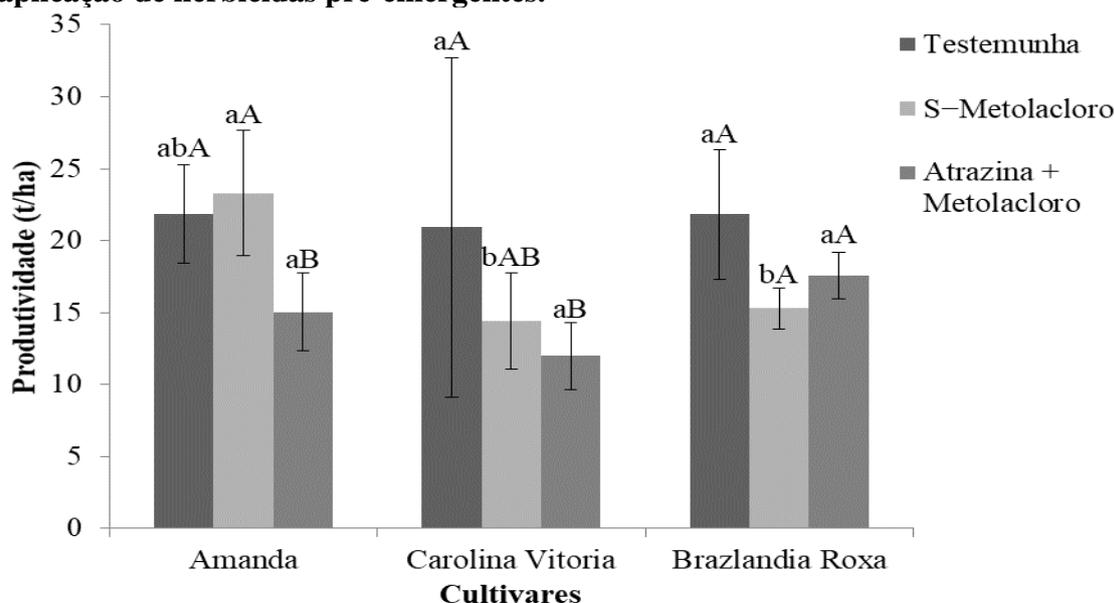
6.5 Produtividade (t/ha)

Na (Tabela 9), não ocorreu interação significativa com relação a produtividade entre os fatores (cultivares x herbicidas), ou seja, os fatores atuam independente um do outro. No entanto, quando analisadas de forma isolada, observa-se que houve uma diferença significativa para herbicidas a nível de 1% pelo teste Tukey. Verifica-se, no (Gráfico 4), que na avaliação da produtividade em cultivares da batata-doce, as cultivares Carolina Vitoria e Brazlândia Roxa sob aplicação do herbicida S-metolaclopro diferenciam da testemunha (sem aplicação de herbicidas), obtendo-se uma produtividade de 14,40 t/ha e 15,28 t/ha respectivamente. No entanto a cultivar Amanda, sob aplicação do S-metolaclopro obteve a maior produtividade 23,39t/há, superando até mesmo a testemunha (sem aplicação de herbicidas) que obteve uma produtividade de 21,82 t/ha. Segundo SILVEIRA *et al.*, 2014 a produtividade média de batata-doce, no Estado do Tocantins, varia de 32,17 t/ha a 65,5 t/ha, dependendo da cultivar.

Mesmo fazendo a condução do experimento de acordo com as recomendações técnicas indicada para cultura da batata-doce, tais como: preparo da área, correção do solo e adubação, vale destacar que a produtividade obtida neste experimento ficaram abaixo da capacidade produtiva das cultivares avaliadas em comparação a trabalhos realizados no Estado do Tocantins com as mesmas cultivares. Podemos citar como principais fatores que podem ter contribuído com essas baixas produtividades, a indisponibilidade de materiais propagativos livres de viroses no campo experimental e a questão do solo desgastado por anos de cultivos, seguidos de adubações químicas e aplicações de agrotóxicos as principais justificativas para que a produtividade não tenha sido satisfatória. Contudo, 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 e BD-25TO com 19,32 t/ha, utilizados no estudo de Azevedo et. al. (2015), em experimento com genótipos de batata-doce.

Gráfico 4: Avaliação da produtividade (t/ha) da batata-doce, aos 150 dias para (Amanda) e 180 dias para (Carolina Vitória e Brazlândia Roxa), após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **Letras minúsculas:** Cultivares; **maiúsculas:** Herbicidas; Testemunha; S-metolacoloro; Atrazina+S-metolacoloro.

Tabela 9: Análise de variância de produtividade em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FONTE DE VARIACÃO	QM	
	GL	PRODUTIVIDADE
Cultivares	2	56,37NS
Herbicidas	2	133,77**
Cultivares x Herbicidas	4	37,06NS
Bloco	3	62,47*
Resíduo	24	19,44
C.V.(%)	24,46	

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; NS = não significativo; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação.

6.6 Estimativa de produtividade de etanol (L.ha-1)

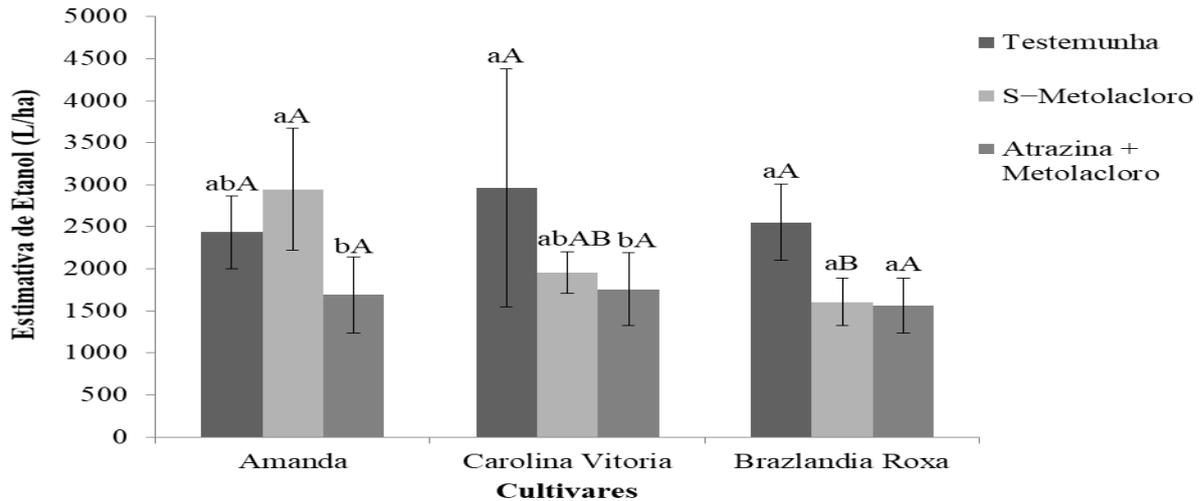
Na (Tabela 10) em relação à estimativa de produtividade de etanol, não houve interação entre (cultivares x herbicidas), ou seja, os dois fatores atuam independente um do

outro. No entanto, quando analisadas de forma isolada, as cultivares foram influenciadas em relação aos herbicidas, ou seja, houve uma diferença significativa para herbicidas a nível de 5% pelo teste Tukey. No (Gráfico 5), observa-se que a cultivar Brazlândia Roxa sob aplicação do herbicida S-metolacoloro foi a única que diferenciou estatisticamente da Testemunha, para estimativa de produtividade de etanol.

No entanto a mesma cultivar Brazlândia Roxa, sob aplicação do herbicida Atrazina + Metolacoloro, obteve a menor estimativa para produtividade de etanol (1.562,7 L.ha⁻¹), provocado pelo decréscimo na produtividade por hectare, podendo ser justificado, por se tratar de uma cultivar de mesa. A baixa produção da cultura da batata-doce e de amido que é convertido em etanol afeta diretamente a produtividade de etanol, ou seja, quanto maior o teor de amido na cultura da batata-doce maior será a produção de etanol. Segundo Silveira *et al.*, (2014), a produtividade de etanol das cultivares Amanda e Carolina Vitoria podem chegar a 6.595,00 L.ha⁻¹ e 6.412,12 L.ha⁻¹, respectivamente. Para efeito comparativo na cultura da cana-de-açúcar de acordo com Rizzolo (2014), valores encontrados para produção de etanol foi em torno de 6.500 a 7.000 litros por hectare de etanol por ano.

Podemos citar como fatores que podem ter contribuído com essas baixas produtividade de estimativa de etanol, a não disponibilidade de materiais das cultivares utilizadas livres de viroses no campo experimental e a questão do solo desgastado por anos de cultivos, seguidos de adubações químicas e aplicações de agrotóxicos as principais justificativas para que a produtividade não tenha sido satisfatória e consequentemente ter refletido também na baixa produtividade de estimativa de etanol.

Gráfico 3: Estimativa de etanol (L/ha) da batata-doce, aos 150 dias para (Amanda) e 180 dias para (Carolina Vitória e Brazlândia Roxa), após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **Letras minúsculas:** Cultivares; **maiúsculas:** Herbicidas; Testemunha; S-metolacoloro; Atrazina+S-metolacoloro.

Tabela 10: Análise de variância da estimativa de produtividade de etanol em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FONTE DE VARIACÃO	QM	
	GL	PRODUÇÃO DE ETANOL
Cultivares	2	644325,17NS
Herbicidas	2	2891049,14**
Cultivares x Herbicidas	4	817239,20NS
Bloco	3	677224,59NS
Resíduo	24	361023.45
C.V.(%)	27,77	

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; NS = não significativo; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação.

7 CONCLUSÃO

Conforme as avaliações feitas e os resultados apresentados, os herbicidas S-metolaclo e Atrazina+S-metolaclo não interferiram significativamente em algumas variáveis, como teor de amido, matéria seca da raiz tuberosa e biomassa seca da parte aérea. Já em relação às variáveis produtividade e estimativa de etanol da batata-doce, houve uma redução significativa nas cultivares Carolina Vitória sob aplicação dos herbicidas Atrazina + S-Metolaclo e Brazlândia Roxa (cultivar de mesa) sob aplicação dos herbicidas S-metolaclo e Atrazina+S-metolaclo, sendo necessários mais estudos quanto à seletividade.

REFERÊNCIAS

ABREU M.L.; Seletividade de herbicidas à cultura da mandioca. **Dissertação – Universidade Estadual Paulista**. Botucatu/SP, p. 65, 2010.

ANDRADE JÚNIOR, V. C., *et al.* Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 91-97, 2014.

ANTERO, R. V. P.; DA SILVA, D. B.; DO VALE, A. T. Balanço energético da produção de etanol a partir da cana-de açúcar e aspectos da produção brasileira atual. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 3, p. 399-412, 2019.

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas no Brasil**. Pelotas: Editora UFPel, 2015.

AGUIAR, A. T. da Eira *et al.* Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas. **Boletim nº 200**. Instituto Agrônomo (IAC), Campinas, São Paulo, ed. 7. 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., JÚNIOR, *et al.* Parâmetros genéticos e ganhos com seleção em batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1 jan./mar. p.84-90, 2015.

BAEYENS, J. K. *et al.* Challenges and opportunities in improving the production of bio-ethanol. **Progress in Energy and Combustion**, Stanford, v. 47, n. 3, p. 60-88, 2015.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; TREZZI, M. M. Manejo químico de plantas daninhas na cultura do milho. In: WORDELL FILHO, J. A.; ELIAS, H. T. (Eds.). **A cultura do milho em Santa Catarina2**. Florianópolis: Epagri, 2012. p. 375–412.

BOLETIN TECNICO UFT. 2014. Disponível em: <http://www.sudam.gov.br/conteudo/destaques/arquivos/Etanol/BOLETIM-TECNICO-UFT.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**, Brasília, DF, 2017.

BREITENBACH, J.; ZHU, C.; SANDMAN, G. Bleaching herbicide norflurazon inhibits phytoene desaturase by competition with the cofactors. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.49, n.11, p.5270-5272, 2001.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; BARBOSA, R. P.; TEIXEIRA, P. R. G.; CARDOSO JÚNIOR, N. S.; FOGAÇA, J. J. N. L. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura da mandioca em Vitória da Conquista, Bahia. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 29, n. 5, p.1130-1140, 2013.

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 Agronômica*. **2017**, 26, 4, 640-656.

DAYAN, F. E.; ZACCARO, M. L. M. Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Maryland Heights, v. 102, p. 189-197, Mar. 2012.

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, n.e0112015, 2017.

DUHOUX, A. *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, n. 1310, 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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Soluções tecnológicas**. Batata-doce Brazlândia Roxa. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/601/batata-doce-brazlandia-roxa>> Acesso em 17 de maio de 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION- FAO. FAOSTAT. Italy: Rome, 2019
FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Crops. 2017. In: FAOSTAT. Disponível em: Acesso em: 17 jan. 2020.

FU, Z.; TU, Z.; ZHANG, L.; WANG, H.; WEN, Q.; HUANG, T. Antioxidant activities and polyphenols of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves extracted with solvents of various polarities. **Food Bioscience**, 2016.

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.

Huang, S.; Gruber, S.; Claupein, W. Timing and depth of post-harvest soil disturbance can reduce seedbank and volunteers of oilseed rape. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 187-193, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. SIDRA: produção agrícola municipal. Brasília: IBGE, 2019

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em 08/08/2012.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Agrometeorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTAXOQ==>. Acesso em: 30 de março 2020.

JACOB, J. *et al.* Screening of cultivated and wild *Helianthus* species reveals herbicide tolerance in wild sunflowers and allelic variation at *Ahas11* (acetohydroxyacid synthase 1 large subunit) locus. **Plant genetic resources characterization and utilization**. v. 15, ed. 5, p. 421-429, 2017.

JUSUF, M.; GINTING, E. The prospects and challenges of sweet potato as bio-ethanol source in Indonesia. **Energy Procedia**, v. 47, p. 173-179, 2014.

LAREO, C. *et al.* Evaluation of sweet potato for fuel bioethanol production: hydrolysis and fermentation. **SpringerPlus**, Heidelberg, v. 2, n. 493, p. 1-11, 2013.

LIMA E SILVA, L. F.; GONÇALVES, W. M.; MALUF, W. R.; RESENDE, L. V.; LASMAR, A.; CARVALHO, R. D. C.; ... & MORETTO, P. Balanços energético e econômico para produção de etanol a partir de batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.

MANTOVANI, E. C. *et al.* Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 602-606, 2013.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Determinação de amido em farinha de mandioca, produtos amiláceos e outros**. 2014. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivos_metodos-da-area-pov-iqa/met-lacv-23-02-determinacao-de-amido.pdf. Acessado em: 09/02/2018.

MELHORANÇA, A. L. *et al.* Plantas daninhas. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **Cultivo do milho**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015.

OKADA, Y.; MONDEN, Y.; NOKIHARA, K.; SHIRASAWA, K.; ISOBE, S.; TAHARA, M. Estudos de Associação Geral do Genoma (GWAS) para Resistência ao Rendimento e ao Gorgulho em Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Relatórios de células vegetais**, v. 38, n. 11, p. 1383-1392, 2019.

OLIVEIRA, F. C. S. Interferência das plantas daninhas na produtividade e nutrição da cultura do milho verde em São Luís-MA. Jaboticabal-SP: Universidade Estadual Paulista, 2018. 56p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal Universidade Estadual Paulista, 2018).

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. **Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas**. cap. 10, p. 243-262. Disponível em: Acesso em: 12 aug. 2014b

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 - Geoambiente On-line, v. 1, n. 22, p. 39–52, 2014.

OLIVEIRA, Núbbia Mendonça; GUZATTI, Nataliê Cristy; RIBEIRO, Carlos Alexandre Santos; MORAIS, Márcio Íris de. Custos na produção de batata doce: análise em uma pequena propriedade localizada no município de Tangará da Serra-MT. **Anais XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. 2016.

PITELLI, R. A. In. MONQUERO, P. A. Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas. 1 Ed. RiMa. São Carlos, 2014. Cap. 3, p. 61-81

QUEIROZ, A. R. S. *et al.* Selectivity of iodosulfuron-methyl to oat cultivars. **Planta Daninha**, v. 35, n. e017165822, 2017.

RASOOL, R.; BHULLAR, M. S.; GILL, G. S. Growth stage of *Phalaris minor* Retz. and wheat determines weed control and crop tolerance of four post-emergence herbicides. **Spanish journal of agricultural research**. v. 15, n. e1001, 2017.

REBELO, R. M.; VASCONCELOS, R. A.; BUYS, B. D. M. C.; REZENDE, J. A.; MORAES, K. O. C.; OLIVEIRA, R. P. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil**: uma abordagem ambiental. Brasília: Ibama, 2010. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/produtos_agrotoxicos_comercializados_brasil_2009.pdf. Acesso em: 10 jul. 2020.

RIBEIRO, A. B.; RODRÍGUEZ-MAROTO, J. M.; MATEUS, E.P.; GOMES, H. Removal of organic contaminants from soils by an electrokinetic process: the case of atrazine. Experimental and modeling. **Chemosphere**, v. 59, p. 1229-1239, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.11.054>

RIZZARDI, M. A. *et al.* Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: 88 MONQUERO, P. A. (Ed.). **Manejo de plantas daninhas nas culturas agrícolas**. São Carlos: RiMa Editora, 2014. p. 41–52.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: IAPAR, 2011. 675 p.

ROSENHAUER, M.; ROSINGER, C.; PETERSEN, J. Impact of the safener Mefenpyr-diethyl on herbicide resistance evolution in *Alopecurus myosuroides* (Huds.) biotypes. **Julius-Kühn-Arch.** v. 452, p. 50–56, 2016.

SANTANA, W.R, *et al.* **Identificação agronômica de genótipos de batata-doce em banco de germoplasma para fins industriais de etanol carburante**. Revista tecnologia & Ciência Agropecuaria, João Pessoa, v.7,n.1, p. 31-34. Mar. 2013.

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD. 42 p. 1995.

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

SILVA, T. P.; AZANIA, C. A. M.; XAVIER, M. A.; PERECIN, D., VITORINO, R. Sugarcane seedlings influenced by the management with herbicides. **Planta Daninha**, v.36, e018150678, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582018360100019>

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". Boletim técnico, UFT- Palmas, P.21-24/43-45. 2014.

SOMERVILLE, G. J., POWLES, S. B., WALSH, M. J., & RENTON, M. Why was resistance to shorter- acting pre- emergence herbicides slower to evolve. **Pest management science**, v. 73, n. 5, p. 844-851, 2017.

SOUZA, T. S.; ZANINB, H. G.; PETERLEVITZB, A.; BARANAUSKASB, V.; SILVA, G. A.; REISA, C.; REISA, E. L.; TEÓFILO, R. F. MCR-ALS Aplicado no monitoramento quantitativo do processo de eletrodegradação da atrazina usando espectros UV: Resultados comparativos com HPLC-DAD como um método de referência. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 137-145, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160006>.

TOLEDO, R.E.B. *et al.* Dinamic (amicarbazone) - novo herbicida seletivo para o controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2004. p.451.

SWAIN, M. R.; MISHRA, J.; THATOI, H. Bioethanol production from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) flour using co-culture of *Trichoderma* sp. and *Saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 56, n. 2, p. 171-179, 2013.

SCHWEINBERGER, C. M. *et al.* Ethanol production from sweet potato: The effect of ripening, comparison of two heating methods, and cost analysis. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, Edmonton, v. 94, n. 4, p. 716-724, 2016

TORQUATO-TAVARES, A.; Nascimento, I.R.; Pascual-Reyes, I.D.; Santana, W.R.; Silveira, M.A. Potential for sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) single crosses to improve ethanol production. *Revista Chapingo*, v.23, n.1, p.59-74, 2016. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.05.013>.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA-UDOP. **Etanol**. Disponível em: <https://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1178162>. Acesso em 10 jan.2020.

VAID, S.; NARGOTRA, P.; BAJAJ, B. K. Consolidated bioprocessing for biofuel- ethanol production from pine needle biomass. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 37, n. 1, p. 546-552, 2018.

VANGESSEL, M. J.; JOHNSON, Q. R.; SCOTT, B. A. Effect of application timing on winter wheat response to metribuzin. **Weed technology**, v. 31, e. 1, p. 94-99, 2017.

WILLIAMS, M. M., HAUSMAN, N. E.; MOODY, J. L. Vegetable Soybean Tolerance to Pyroxasulfone. **Weed technology**, v. 31, p.416-420, 2017.

ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; PICANÇO, M. C. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**, Suprema: 564 p. Viçosa, 2014.