



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

FLÁVIA BARREIRA GONÇALVES

**EFEITOS DA DERIVA SIMULADA DO GLYPHOSATE NA FISIOLOGIA E
PRODUÇÃO DA BATATA-DOCE (cv. Duda)**

GURUPI (TO)

2018

FLÁVIA BARREIRA GONÇALVES

EFEITOS DA DERIVA SIMULADA DO GLYPHOSATE NA FISIOLOGIA E
PRODUÇÃO DA BATATA-DOCE (cv. Duda)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo

GURUPI (TO)

2018

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

G635e Gonçalves, Flávia Barreira.
 Efeitos da deriva simulada do glyphosate na fisiologia e produção da batata-doce (cv. Duda). / Flávia Barreira Gonçalves. – Gurupi, TO, 2018.
 62 f.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2018.

 Orientador: Eduardo Andrea Lemus Erasmo

 1. Ipomoea batatas. 2. Herbicida. 3. Amido. 4. Etanol. I. Título

CDD 635

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).

FLÁVIA BARREIRA GONÇALVES

EFEITOS DA DERIVA SIMULADA DO GLYPHOSATE NA FISIOLOGIA E
PRODUÇÃO DA BATATA-DOCE (cv. Duda)

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

Data de Aprovação 09/03/2018

Banca examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo – Orientador – UFT

Prof. Dr. Marcelo Alves Terra – Examinador - IFTO

Prof. Dr. Tarcísio Castro Alves de Barros Leal – Examinador – UFT

A Deus, “Porque d’Ele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas”. Rm 11:36

À minha mãe Veneranda Barreira Nunes e à minha irmã Vanessa Lidiane, pelas orações, incentivo, amor e carinho.

Ao meu pai Fideles José Gonçalves (*in memoriam*), que mesmo não estando presente fisicamente, sei que de outra dimensão sempre torceu por mim.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Eduardo Andrea Lemus, por todas as oportunidades, pelos conhecimentos repassados e pela confiança, que mesmo sem me conhecer aceitou me orientar durante esse mestrado, meu muito obrigada.

A Dr^a. Antônia Clemilda Nunes por me incentivar a fazer o mestrado e me apresentar ao professor Eduardo para ser meu orientador.

Ao Msc. Rogério Cavalcante por me coorientar durante toda a condução do trabalho.

A minha tia Ideli, Vizeni e Reginaldo, assim como meus primos Arthur e Davi, que acolherem tão bem durante esse período e me fazerem sentir em casa.

Ao Wendell por me ajudar tanto no trabalho em campo e sempre me ouvir nos momentos que precisei.

Ao Grupo de Pesquisas de Ecofisiologia e Manejo de Plantas Daninhas, em especial a Marciane, Sara Bandeira, Gessica, David, Nádia, Hallefy, Thânia Mara, Karol e aos demais pela ajuda durante a condução desse trabalho.

Ao Dawison, Layane e Illys por me ajudarem durante o tempo que passei em Palmas, fazendo as análises.

À Giani, técnica do Laboratório de Sistemas de Produção de Energias a Partir de Fontes Renováveis - LASPER/UFT, por auxiliar nas análises de amido.

Às amigas que fiz durante a pós-graduação Amanda e Aline.

A toda minha família que sempre esteve torcendo e orando por mim.

Aos funcionários Ivan, seu Antônio e Luis Henrique, pelo esforço e dedicação e por tornarem possíveis as atividades de campo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela minha formação.

À Capes, pela bolsa de mestrado concedida.

RESUMO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) é uma planta tropical de origem americana, sendo, portanto bem adaptada às condições climáticas do Brasil. Entre as culturas amiláceas, a batata-doce tem sido alvo de pesquisas há mais de uma década por parte de pesquisadores da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Das várias condições existentes que podem afetar o ciclo da batata-doce, interferindo na formação e enchimento de suas raízes tuberosas pode-se citar fatores bióticos e abióticos. Assim, problemas de natureza genética, nutricional, climáticos ou químicos (toxicidade por herbicidas) devem ser considerados como distúrbios fisiológicos. Danos consideráveis podem ser causados pela aplicação inadequada ou acidental de uma vasta gama de produtos químicos agrícolas (herbicidas). A ocorrência de deriva acidental é considerada um sério problema em muitas áreas de cultivo, principalmente quando faz-se o uso de herbicidas não seletivos, como o glyphosate. Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo, avaliar os efeitos da deriva simulada do glyphosate na fisiologia e produção da batata-doce (cv. Duda). O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi. O delineamento utilizado foi em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$, correspondendo a 3 épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o transplântio das ramas) \times 3 doses de glyphosate, (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹), mais uma testemunha sem aplicação (0 g e.a. L⁻¹). O experimento foi distribuído em blocos casualizados, repetido quatro vezes. Realizou-se análises fisiológicas (em intervalos de dois dias por um período de dez dias após aplicação do herbicida) utilizando equipamento IRGA, avaliando as variáveis: condutância estomática, carbono interno, assimilação líquida de CO₂, transpiração, eficiência instantânea do uso da água e eficiência instantânea da carboxilação, morfológicas (massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca da raiz e massa seca da raiz) no final do experimento, amido das raízes e estimou-se a quantidade de etanol. As doses de glyphosate de 144 e 288 g e.a. L⁻¹ foram as que mais reduziram as variáveis fisiológicas e morfológicas avaliadas. Porém na dose de 144 g e.a. L⁻¹ do glyphosate, a porcentagem de amido e a estimativa de etanol foi superior aos da testemunha. As épocas que mais afetaram as variáveis morfológicas da batata-doce foram nas aplicações aos 50 e 75 dias após o plantio.

Palavras-Chave: *Ipomoea batatas*. Herbicida. Amido. Etanol.

ABSTRACT

The sweet potato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) is a tropical plant of American origin, and is therefore well adapted to the climatic conditions of Brazil. Among the amylaceous crops, sweet potatoes have been the subject of research for more than a decade by researchers from the Federal University of Tocantins (UFT). From the various existing conditions that can affect the sweet potato cycle, interfering in the formation and filling of its tuberous roots can be mentioned biotic and abiotic factors. Thus, genetic, nutritional, climatic or chemical problems (herbicide toxicity) should be considered as physiological disorders. Considerable damage can be caused by improper or accidental application of a wide range of agricultural chemicals (herbicides). The occurrence of accidental drift is considered a serious problem in many growing areas, especially when non-selective herbicides such as glyphosate are used. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of simulated glyphosate drift on the physiology and production of sweet potato (cv. Duda). The experiment was conducted at the Federal University of Tocantins, campus Gurupi. The design was $3 \times 3 + 1$, corresponding to 3 application times (25, 50 and 75 days after transplanting) \times 3 doses of glyphosate (72, 144 and 288 g e.a. L⁻¹), plus one control without application (0 g e.a. L⁻¹). The experiment was distributed in randomized blocks, repeated four times. Physiological analyzes (at two-day intervals for a period of ten days after application of the herbicide) were performed using IRGA equipment, evaluating the variables: stomatal conductance, internal carbon, CO₂ net assimilation, transpiration, instant water use efficiency and instantaneous efficiency of carboxylation, morphological (fresh shoot mass, shoot dry matter, fresh root mass and root dry mass) at the end of the experiment, root starch and the amount of ethanol was estimated. The glyphosate doses of 144 and 288 g e.a. L⁻¹ were the ones that most reduced the physiological and morphological variables evaluated. However at the 144 g e.a. L⁻¹ dose of glyphosate, the percentage of starch and the ethanol estimate was higher than the control. The periods that most affected the morphological variables of sweet potato were in the applications at 50 and 75 days after planting.

Keywords: *Ipomoea potatoes*. Herbicide. Starch. Ethanol.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Batata-doce	13
2.1.1 Produção e usos	14
2.2 Controle químico (herbicida)	15
2.2.1 Deriva de herbicida	15
2.2.2 Glyphosate	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização	18
3.2 Clima	18
3.3 Cultivar	19
3.4 Preparo da área	19
3.5 Plantio	20
3.6 Tratos culturais	20
3.7 Aplicação dos tratamentos	21
3.8 Delineamento experimental	21
3.9 Variáveis analisadas	21
3.9.1 Variáveis fisiológicas	21
3.9.2 Variáveis morfológicas	23
3.9.3 Produção do substrato amiláceo (farinha de batata-doce)	23
3.9.4 Estimativa da produção de etanol	23
3.10 Análise estatística	24
4 RESULTADOS	25
4.1 Clima	25
4.2 Variáveis fisiológicas	26
4.3 Variáveis morfológicas	35
5 DISCUSSÃO	40
5.1 Variáveis fisiológicas	40
5.2 Variáveis morfológicas	45
6 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa durante o período de condução do experimento (abril a outubro de 2017). Gurupi – TO.	18
Figura 2 - Radiação solar incidente e precipitação durante o período de condução do experimento (abril a outubro de 2017). Gurupi – TO.....	19
Figura 3 - Resposta fotossintética da batata-doce nos comprimentos de luz.....	22
Figura 4 - Valores diários de temperatura máxima (Temp. max.) e mínima (Temp. min.), umidade relativa do ar e radiação solar incidente nos períodos das avaliações com o IRGA aos 25, 50 e 75 dias após o plantio (DAP) da batata-doce (cv. Duda). Gurupi – TO.....	25
Figura 5 - Condutância estomática (Gs) (A), carbono interno (Ci) (B), assimilação líquida de CO ₂ (A) (C), transpiração (E) (D), eficiência do uso de água (EUA) (E) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (F) em plantas de batata-doce aos 25 dias após o plantio, em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L ⁻¹) e a testemunha (sem aplicação), avaliados em intervalos de 2 dias por um período de 10 dias após aplicação do herbicida. Gurupi - TO, 2017.....	28
Figura 6 - Condutância estomática (Gs) (A), carbono interno (Ci) (B), assimilação líquida de CO ₂ (A) (C), transpiração (E) (D), eficiência do uso de água (EUA) (E) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (F) em plantas de batata-doce aos 50 dias após o plantio, em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L ⁻¹) e a testemunha (sem aplicação), avaliados em intervalos de 2 dias por um período de 10 dias após aplicação do herbicida. Gurupi - TO, 2017.....	31
Figura 7 - Condutância estomática (Gs) (A), carbono interno (Ci) (B), assimilação líquida de CO ₂ (A) (C), transpiração (E) (D), eficiência do uso de água (EUA) (E) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (F) em plantas de batata-doce aos 75 dias após o plantio, em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L ⁻¹) e a testemunha (sem aplicação), avaliados em intervalos de 2 dias por um período de 10 dias após aplicação do herbicida. Gurupi - TO, 2017.....	34
Figura 8 - Massa fresca da parte aérea da batata-doce (aos 185 DAP) em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L ⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) e em diferentes épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o plantio).....	35

Figura 9 - Massa seca da parte aérea da batata-doce (aos 185 DAP) em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L ⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) e em diferentes épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o plantio).....	36
Figura 10 - Massa fresca raiz da batata-doce (aos 185 DAP) em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L ⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) e em diferentes épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o plantio)...	37
Figura 11 - Massa seca raiz da batata-doce em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L ⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) e em diferentes épocas de aplicação do herbicida (25, 50 e 75 dias após o plantio - DAP).....	38
Quadro 1 - Tratamentos avaliados com suas respectivas épocas de aplicação do herbicida e quantidades do equivalente ácido do produto comercial de glyphosate...	21

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Características químicas e físicas da camada de 0 a 0,40 m de profundidade do solo da área experimental, Gurupi - TO.	20
Tabela 2 - Estimativa da produção de etanol a partir de concentrações de amido (%) da batata-doce cv. Duda, submetida a doses de glyphosate em três diferentes épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o plantio – DAP), Gurupi-TO.	39

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) é uma planta tropical de origem americana, sendo, portanto bem adaptada às condições climáticas do Brasil. É uma espécie dicotiledônea, da família Convolvulaceae, que pode agrupar mais de 1000 espécies, mas somente a *Ipomoea batatas* tem expressão econômica, devido seu elevado potencial de produção. Além disso a hortaliça participa da dieta humana, na alimentação bovina e na produção de etanol.

Entre as culturas amiláceas, a batata-doce tem sido alvo de pesquisas há mais de uma década por parte de pesquisadores da Universidade Federal do Tocantins (UFT) (DIAS; SILVEIRA; ALVIM, 2010). Fruto desses trabalhos, Silveira (2007) estabeleceu um programa de melhoramento genético voltado para o aumento da biomassa da batata-doce, visando à produção de etanol. Estes estudos possibilitaram a indicação de cultivares com produtividades entre 32 e 65 t ha⁻¹ nas condições do estado do Tocantins e aumentos de 10 % a 15 % nos teores de amido.

Das várias condições existentes que podem afetar o ciclo da batata-doce, interferindo na formação e enchimento de suas raízes tuberosas pode-se citar fatores bióticos e abióticos (FILGUEIRA, 2003). Dentre estes fatores as alterações fisiológicas ocorrem tanto nas ramas quanto nas raízes de armazenamento o que provoca uma diferença no desenvolvimento normal da planta. Assim, problemas de natureza genética, nutricional, climáticos ou químicos (toxicidade induzida por herbicidas e outros defensivos ou estimulantes de brotação) devem ser considerados como distúrbios fisiológicos (MIRANDA FILHO; GRANJA; MELO, 2003; HILLER; THORHTON, 2008).

Danos consideráveis podem ser causados pela aplicação inadequada ou acidental de uma vasta gama de produtos químicos agrícolas (herbicidas). Quando há a dispersão das gotas de herbicida para as plantas não alvo, intoxicando-as, esse fenômeno é identificado como deriva (DURIGAN, 1983). A ocorrência de deriva acidental é considerada um sério problema em muitas áreas de cultivo (HEMPHILL JUNIOR; MONTGOMERY, 1981; ELLIS; GRIFFIN; JONES, 2002; TUFFI SANTOS et al., 2006; YAMASHITA et al., 2008) pois, aumenta a perda do herbicida, diminui a eficácia da aplicação e coloca em risco culturas não alvo, principalmente quando faz-se o uso de herbicidas não seletivos, como o glyphosate.

O mecanismo de ação do herbicida glyphosate atua inibindo a atividade da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), responsável por catalisar as reações da síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano (COLE, 2009; RODRIGUES, 1994). Logo após a aplicação, o inibidor da EPSPs diminui a importação de assimilados para as folhas jovens em desenvolvimento, reduzindo a fotossíntese e interrompendo a acumulação de amido. Segundo Kruse, Trezzi e Vidal (2000) a redução na retroalimentação do fluxo de carbono na rota do chiquimato é responsável por aproximadamente 35 e 20% da matéria seca da planta e do carbono fixado pela fotossíntese. Pereira et al. (2016), ainda afirma que o glifosato pode bloquear a absorção de manganês (Mn), nutriente fundamental no processo da fotólise da água e evolução de O₂ no sistema fotossintético; na formação de clorofila; na estrutura, no funcionamento e na multiplicação de cloroplastos.

A aplicação de doses do herbicida, simulando deriva, tem sido utilizada em diversas pesquisas com o objetivo de avaliar os vários efeitos em culturas sensíveis. Esse estudo foi realizado por França et al. (2013), visando estimar os efeitos do glyphosate em cultivares de cafeeiro. De maneira similar, Carvalho et al. (2014) avaliou o efeito da deriva simulada do herbicida triclopir e da mistura triclopir + fluroxipir em mudas de clones de eucalipto. Gusmão, Rondon Neto e Yamashita (2011) observaram que a espécie *Genipa americana* foi sensível a aplicação do herbicida glyphosate, afetando de forma significativa o crescimento em altura e não o diâmetro da planta, sendo que na dosagem de 345,6 g i.a. ha¹ ocorreu morte das plantas. Rondon Neto et al. (2011), aplicando doses de glyphosate um ano após o plantio da peroba-mica notaram que as doses do herbicida causaram fitotoxicações leves, com necroses nas folhas, apresentando tendência de recuperação aos 180 DAA.

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo, avaliar os efeitos da deriva simulada do herbicida glyphosate na fisiologia e produção na cultura da batata-doce (cv. Duda) nas condições do estado do Tocantins.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Batata-doce

A batata-doce pertencente a espécie *Ipomoea batatas* (L.) Lam., à família Convolvulaceae e ao gênero *Ipomoea*, originou-se no continente americano (JOLY, 1998; LEBOT, 2009). Porém, pode ser encontrada desde a Península de Yucatam, no México até a Colômbia (FILGUEIRA, 2007). A origem botânica, o período e a localização geográfica de sua domesticação são fatos ainda desconhecidos, o que induz a formação de várias hipóteses (ROULLIER et al., 2013).

Ao longo do processo de domesticação, a *Ipomoea batatas*, diferente de outras culturas, não passou por um efeito gargalo extremado e devido a isso a variação genética não foi reduzida, resultando em uma grande diversidade genética das populações ancestrais selvagens (ROULLIER et al., 2013). Dentre as características da domesticação, a principal delas é o desenvolvimento de raízes tuberosas voltadas à alimentação (RAVI et al., 2009).

A batata-doce, herbácea perene e tratada como anual quando cultivada (WOOLFE, 2008), apresenta uma grande variabilidade em sua morfologia (HUAMAN; AGUILAR; ORTIZ, 1999). É uma planta com hábito de crescimento rasteiro amplamente adaptada a diversas condições de solo em termos nutricionais e de pH (FOLQUER, 1978). No entanto, a hortalíça desenvolve e produz melhor em solos mais leves, bem estruturados, com fertilidade de média a alta, bem drenados e boa aeração (MIRANDA et al. 1995).

Em relação as condições climáticas, segundo Miranda et al. (1995), a batata-doce prefere temperaturas mais elevadas, pois além de não tolerar geadas, seu desenvolvimento vegetativo e produtividade exige temperatura média superior a 24°C, alta luminosidade, fotoperíodo longo e suficiente umidade do solo. A hortalíça produz bem em regiões com 750 a 1.000 mm anuais de chuva ou com 500 a 600 mm durante o ciclo da cultura. Contudo, não tolera encharcamento, pois forma raízes tuberosas finas e alongadas (chicotes) quando há excesso de umidade do solo.

A propagação da batata-doce pode ser feita por meio de mudas, estacas (parte das ramas), sementes botânicas, enraizamento de folhas separadas ou cultura de tecido. No entanto, as ramas são o meio de propagação mais indicado e utilizado para culturas comerciais por ser mais econômico (MIRANDA et al., 1984).

A haste é cilíndrica e o seu comprimento depende do hábito de crescimento da cultivar e a disponibilidade de água no solo. As folhas podem ter cor verde, verde-amarelado, ou ter pigmentação roxa em parte ou todas as lâminas foliares, com formato simples e arrançadas em espiral (MOHANRAJ e SIVASANKAR, 2014).

O sistema radicular da batata-doce é formado por dois tipos de estrutura: (a) raízes fibrosas, que se desenvolvem a partir das gemas, e que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes, e (b) raízes tuberosas que se originam normalmente nos entrenós, através do acúmulo de produtos fotossintéticos (LEBOT, 2009).

As raízes tuberosas são a parte comercial do cultivo de batata-doce e possuem uma boa fonte de energia (açúcares e outros carboidratos), cálcio, ferro e outros minerais, além de vitaminas, principalmente a C. Algumas cultivares são ricas em vitamina A, (STEINBAUER; KUSHMAN, 1971; KAY, 1973; FOLQUER, 1978), outras apresentam atividade antioxidante (KANO et al., 2005), antimutagenicidade (YOSHIMOTO et al., 1999), efeito anti-hiperglicêmico (MATSUI et al., 2002), hepatoprotetivo e anti-hipertensivo (SUDA et al., 2003). Esta variação entre os genótipos pode ser um reflexo da plasticidade fenotípica muito sensível a variações do microambiente ou a falta de robustez do desenvolvimento (LEBOT, 2009).

2.1.1 Produção e usos

Em todo o mundo, batata-doce é a sexta cultura alimentar mais importante, produzindo mais de 105 milhões de toneladas a cada ano (CIP, 2016). Em termos percentuais a Ásia responde por quase 87% da produção mundial, seguida da África com 10%, da América com pouco mais de 2% e da Oceania com 0,5% (FOODNEW, 2017). O Brasil sendo o principal produtor da América do Sul, ocupou em 2013, o 20º lugar entre os países que mais produziram batata-doce no mundo (FAO, 2016), com 47.573 hectares de área plantada, e uma produção anual de 669.454 toneladas (IBGE, 2016).

No Estado do Tocantins, a batata-doce é explorada em todas as regiões do Estado, isso devido o estado possuir condições edafoclimáticas favoráveis para o desenvolvimento e produção da cultura (MARTINS et al., 2012).

Por ser uma cultura instável e com alto número de cultivares com características distintas, a batata-doce fornece vários produtos, tais como o consumo in natura, alimentos frescos, amido processado, folhagens para animais e álcool

(LEBOT, 2009). Dentre esses usos o substrato tem se destacado na produção de biocombustíveis, isso porque a planta tem um alto rendimento de amido por unidade de área cultivada, comparado com os grãos (KIM; HAMDY, 1985; ZISKA et al., 2009; CAO et al., 2011; LEE et al., 2012; DUVERNAY, CHINN, YENCHO, 2013), o que aumenta sua potencialidade no uso industrial (FABRI et al., 2008).

2.2 Controle químico (herbicida)

No começo do século XX, o controle de plantas daninhas, teve início a partir do uso de produtos químicos, com os denominados herbicidas. Estes produtos são utilizados no controle de plantas daninhas que se inserem nas plantações, competindo por água, luz e nutrientes, reduzindo a quantidade e a qualidade da produção, servindo também como habitat para pragas e doenças (FAGLIARI, et al., 2004). Seu uso é realizado a partir das aplicações em plantas ou diretamente sobre o solo, extinguindo ou impedindo o crescimento e o desenvolvimento de uma ou mais espécies, isto é, apresentando seletividade (VIDAL, 1997).

Os herbicidas podem ser classificados segundo a seletividade (seletivos e não seletivos), segundo a translocação (herbicidas com ação de contato e herbicidas de ação sistêmica), quanto à época de aplicação (herbicidas aplicados em pré-plantio incorporado (PPI), herbicidas aplicados em pré-emergência (PRÉ), herbicidas aplicados em pós-emergência (PÓS)), quanto à estrutura química e quanto ao mecanismo de ação (OLIVEIRA JUNIOR, CONSTANTIN, INOUE, 2011).

2.2.1 Deriva de herbicida

O uso de herbicidas tem contribuído com a prática agrícola, permitindo extensas áreas de cultivo. Atualmente a tecnologia de aplicação de agrotóxicos tem por objetivo fazer a aplicação da quantidade correta de ingrediente ativo no alvo, da maneira mais econômica possível, com a máxima eficiência e afetando o mínimo possível o ambiente (MATTHEWS, 2002). Apesar disso, muitas vezes, parte do produto aplicado se perde para o ambiente, principalmente por deriva.

A deriva ocasiona prejuízo resultante da perda de agrotóxico e pode causar danos nas culturas adjacentes (GIL; SINFORT, 2005). O efeito fitotóxico de herbicidas nas culturas não alvo, segundo Tuffi Santos et al. (2009) pode variar desde uma

clorose e lesões nas folhas, como alterações na fisiologia, morfologia, produtividade e até a morte da planta, sendo que esses podem ser usados para qualificar e quantificar o efeito das substâncias tóxicas sobre as culturas.

Essa variação depende de diversos fatores, tais como a idade da planta, da molécula do herbicida, da sua dose, do volume, da concentração, das condições edafoclimáticas a qual a planta está sujeita (YAMASHITA et al., 2009) e da suscetibilidade da cultura (GALLI; MONTEZUMA, 2005) à produtos não-seletivos, como por exemplo o herbicida glyphosate (TUFFI SANTOS et al., 2007).

2.2.2 Glyphosate

O glyphosate (N-fosfometil glicina) originalmente sintetizado em 1964 e descrito como herbicida em 1971, é um herbicida sistêmico, não seletivo, de amplo uso, com translocação via simplasto. No solo, o glyphosate é rapidamente inativado, devido à adsorção pelos colóides, ou pela degradação microbiana, produzindo ácido aminometilfosfônico (AMPA) ou sarcosina.

O modo de ação desse herbicida é iniciado a partir do contato com as plantas através da penetração (no apoplasto), absorção (para o simplasto), movimentação na planta (entre órgãos, tecidos, células e organelas), metabolismo (formas de inativação ou ativação), interação com o sítio de ação e por fim desencadeando processos que alteram ou paralisam o crescimento e desenvolvimento da planta provocando até morte do vegetal (VELINI et al., 2009).

O modo de ação do glyphosate é exclusivo, pois o herbicida é o único capaz de inibir especificamente a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs) que catalisa a condensação do ácido chiquímico (responsável pela formação dos compostos fenólicos, que podem representar até 35% da biomassa vegetal (MONQUERO et al., 2004; GOMES et al., 2013) e do fosfato piruvato, impedindo assim, a síntese de três aminoácidos aromáticos essenciais: triptofano, fenilalanina e tirosina (GEIGER; BESTMAN, 1986). Cada um dos aminoácidos aromáticos originam diversos compostos: a fenilalanina que contribui na biossíntese de proteínas e é empregado como substrato para a via do fenilpropanoide que produz antocianinas, lignina, promotores e inibidores de crescimento e compostos fenólicos; o triptofano precursor do ácido indolacético, hormônio indispensável para expansão celular, manutenção da dominância apical e outros processos regulatórios; e a tirosina

precursor da vitamina E, alcaloides, pigmentos e quinonas (YAMADA; CASTRO, 2004; VELINI et al., 2009).

Exceto as plantas geneticamente modificadas (transgênicas), todas as plantas são sensíveis ao glyphosate em maior ou menor intensidade, indicando uma variabilidade funcional nos pontos de ligação dos compostos com a enzima EPSPs (ARANTES, 2007; GODOY, 2007; GOMES, 2011). Além dos efeitos secundários que variam em função de diversos fatores como espécie, dose e estágio de desenvolvimento do vegetal (GRAVENA, 2006).

Uma característica principal do glyphosate é sua acelerada translocação através do simplasto, das folhas da planta tratada para as raízes, rizomas e meristemas apicais (YAMADA; CASTRO, 2007; VELINI et al., 2009), seguindo a mesma rota dos açúcares derivados da fotossíntese, onde são empregados na respiração, assimilação ou acumulação após sua conversão a substâncias como amido, por exemplo (MONQUERO et al., 2004). A quantidade de ácido chiquímico acumulada pela desregulação da rota representa um forte dreno de carbono no ciclo de Calvin, pelo desvio de eritrose-4-fosfato, que seria usado na regeneração de ribulose bifosfato. Sendo assim um importante efeito na inibição causada pelo glyphosate, é a redução drástica na produção fotossintética (GOMES, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

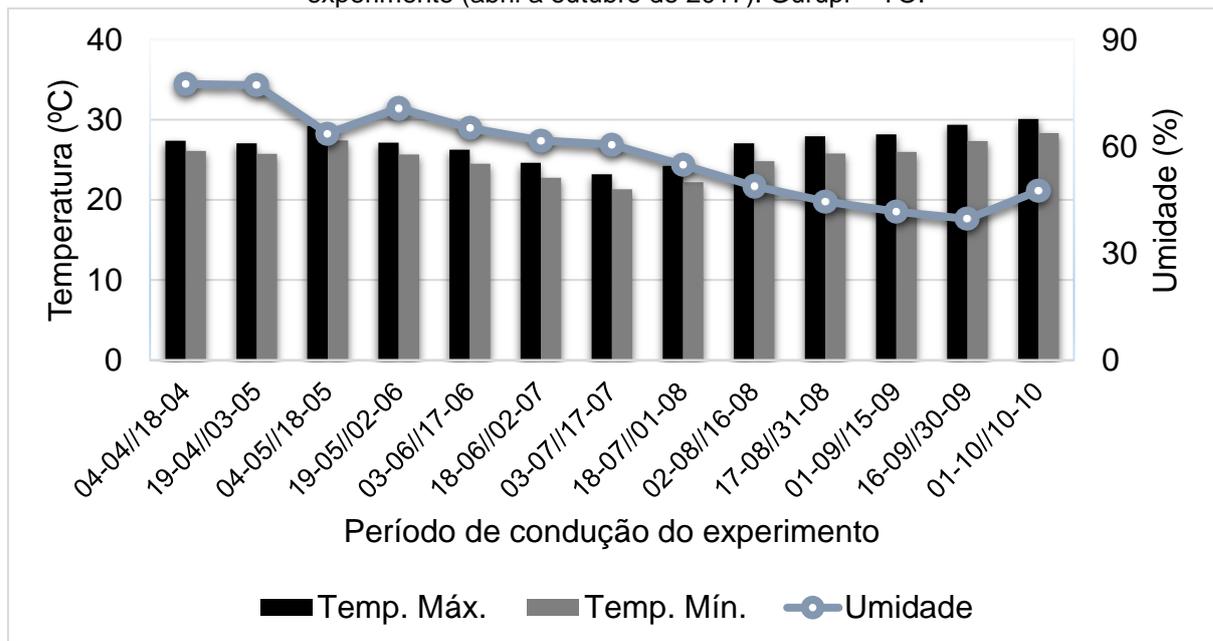
O estudo foi conduzido na Estação Experimental de Pesquisa no Campus Universitário de Gurupi, da Universidade Federal do Tocantins (UFT), localizado na região sul do estado do Tocantins a 11° 43' S e 49° 04' W, 280m de altitude.

3.2 Clima

O Clima da cidade de Gurupi segundo o Método de Thornthwaite é classificado como C2w2A´a`, clima úmido subúmido com pequena deficiência hídrica e elevada temperatura no inverno, e precipitação média anual de 1.600 mm, distribuindo-se entre os meses de outubro a abril (TOCANTINS, 2012).

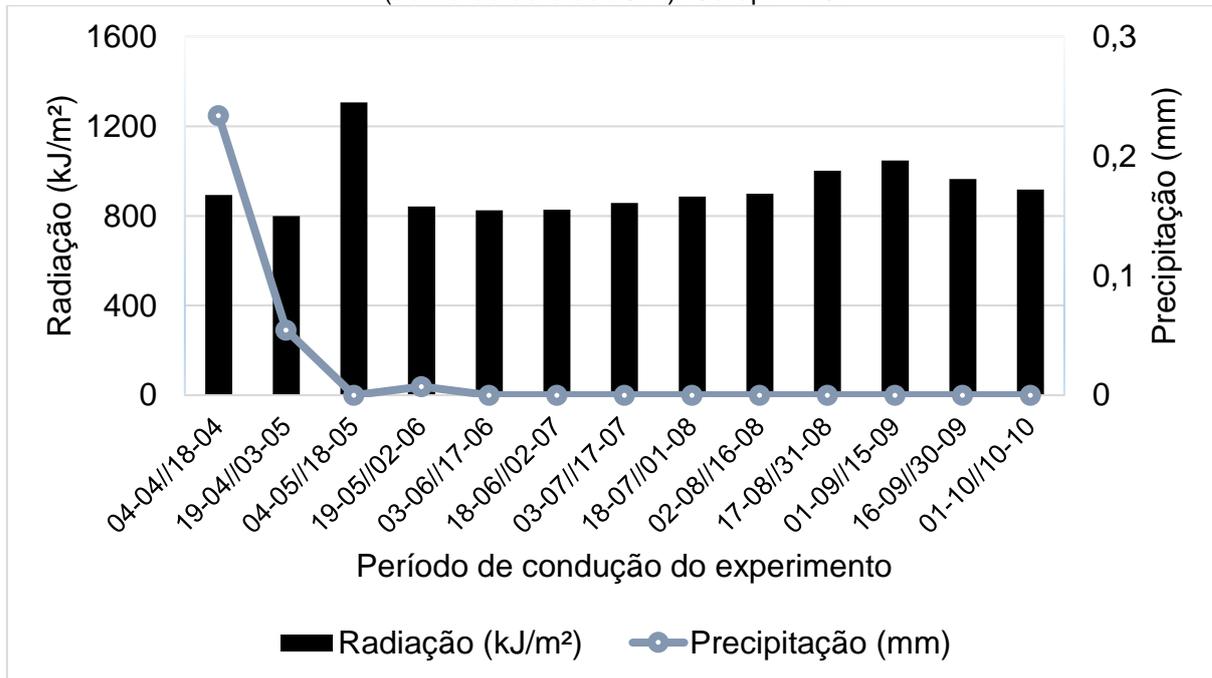
Na Figura 1 estão apresentadas as médias das temperaturas (máximas e mínimas) e as precipitações quinzenais, e, na Figura 2 são apresentados os dados de umidade relativa do ar e radiação solar incidente durante o período de condução do experimento, segundo dados INMET (2017).

Figura 1 - Temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa durante o período de condução do experimento (abril a outubro de 2017). Gurupi – TO.



Fonte: INMET (2017), adaptado pela autora.

Figura 2 - Radiação solar incidente e precipitação durante o período de condução do experimento (abril a outubro de 2017). Gurupi – TO.



Fonte: INMET (2017), adaptado pela autora.

3.3 Cultivar

Para o experimento utilizou-se a cultivar de batata-doce (Duda), originária do programa de melhoramento genético do Laboratório de Sistemas de Produção de Energias a Partir de Fontes Renováveis - LASPER/UFT. De acordo com Silveira et al. (2014), esse genótipo se destaca como biomassa bioenergética para indústria de etanol, adaptados as características edafoclimáticas do Estado de Tocantins.

De acordo com Silveira et.al (2008), a cultivar Duda, possui película externa roxa e polpa branca, de formato irregular, alongado, redondo e muito desuniforme. Ciclo tardio, devendo ser colhida após 180 dias do plantio. Produtividade média de 65,5 t/ha, teor de matéria seca de 40,4%, rendimentos de 10.467 litros de etanol por hectare.

3.4 Preparo da área

Os procedimentos de campo iniciaram-se com coletas de amostras de solo nas camadas de 0 - 0,40 m, que foram devidamente identificadas, acondicionadas e encaminhadas ao Laboratório de Análises Agrícolas do Tocantins Ltda, em Gurupi para realização das análises quanto às características físicas e químicas (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas e físicas da camada de 0 a 0,40 m de profundidade do solo da área experimental, Gurupi - TO.

Químicas							Físicas			
P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	pH (CaCl ₂)	Granulometria		
(mg.dm ⁻³)		(cmolc.dm ⁻³)			(g.dag ⁻³)		-	Areia	Silte	Argila
------(%)-----										
13	74	2,6	1,6	0,0	1,80	15	5,9	77,5	2,5	20

Fonte: Laboratório de Análises Agrícolas do Tocantins Ltda (Sellar - Análises agrícolas) (2016), adaptado pela autora.

Para o preparo do solo foi realizada uma aração e gradagem de forma a preparar o terreno e planificá-lo. E para o recebimento das ramas da cultura foram construídas leiras (camalhões), com um encanteirador para hortaliças, com de largura de 100 cm e com aproximadamente 30 cm de altura.

As recomendações de adubação para a cultura da batata-doce específica para solos do estado do Tocantins foram realizadas de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo boletim técnico “a cultura da batata-doce como fonte de matéria prima para produção de etanol” produzido por Silveira et al (2014).

3.5 Plantio

O plantio foi realizado no dia 04 de abril de 2017 e a colheita realizada no dia 09 de outubro de 2017, totalizando seis meses de cultivo. As mudas utilizadas no plantio foram do tipo estaquias das ramas, confeccionadas a partir da parte aérea podendo-se as folhas contendo no mínimo oito nós e entrenós. As estacas foram transplantadas uma por cova, com espaçamento de 30 cm entre plantas a uma profundidade de 15 a 20 cm, sendo cada parcela constituída por 6 plantas (1,8 m de comprimento) e espaçamento de 1 m entre parcelas.

3.6 Tratos culturais

Os tratos culturais, como controle de pragas e doenças foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. E o controle de plantas daninhas foram feitas com capina manual e com enxada. Quando necessário foi realizado irrigação por aspersão convencional disponibilizando uma lâmina diária com vazão de 0,42 m³.h⁻¹ e alcance de 12 metros de raio.

3.7 Aplicação dos tratamentos

Aos 25, 50 e 75 dias após o plantio (DAP), foi realizada aplicação do glyphosate Roundup Original® (360 g/L equivalente ácido) com pulverizador costal pressurizado a gás carbônico e equipado com pontas bico tipo leque (XR 110.02) com volume de calda de 200 L/ha⁻¹ e pressão constante de 35 kgf/cm². A aplicação foi realizada na ausência de ventos após as 17:00 horas.

3.8 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 x 3 + 1, correspondendo a 3 épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o transplântio das ramas) x 3 doses de glyphosate, (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹), mais uma testemunha sem aplicação (0 g e.a. L⁻¹). O experimento foi distribuído em blocos casualizados, repetido 4 vezes. Os tratamentos estão expostos no Quadro 1.

Quadro 1 - Tratamentos avaliados com suas respectivas épocas de aplicação do herbicida e quantidades do equivalente ácido do produto comercial de glyphosate.

Tratamento	Época de aplicação do glyphosate	Concentração (g e.a. L ⁻¹)
Testemunha (T0)	-	-
T1	25	72
T2	25	144
T3	25	288
T4	50	72
T5	50	144
T6	50	288
T7	75	72
T8	75	144
T9	75	288

g. e.a = gramas do equivalente ácido do glyphosate (Roundup Original). Fonte: Autoria própria.

3.9 Variáveis analisadas

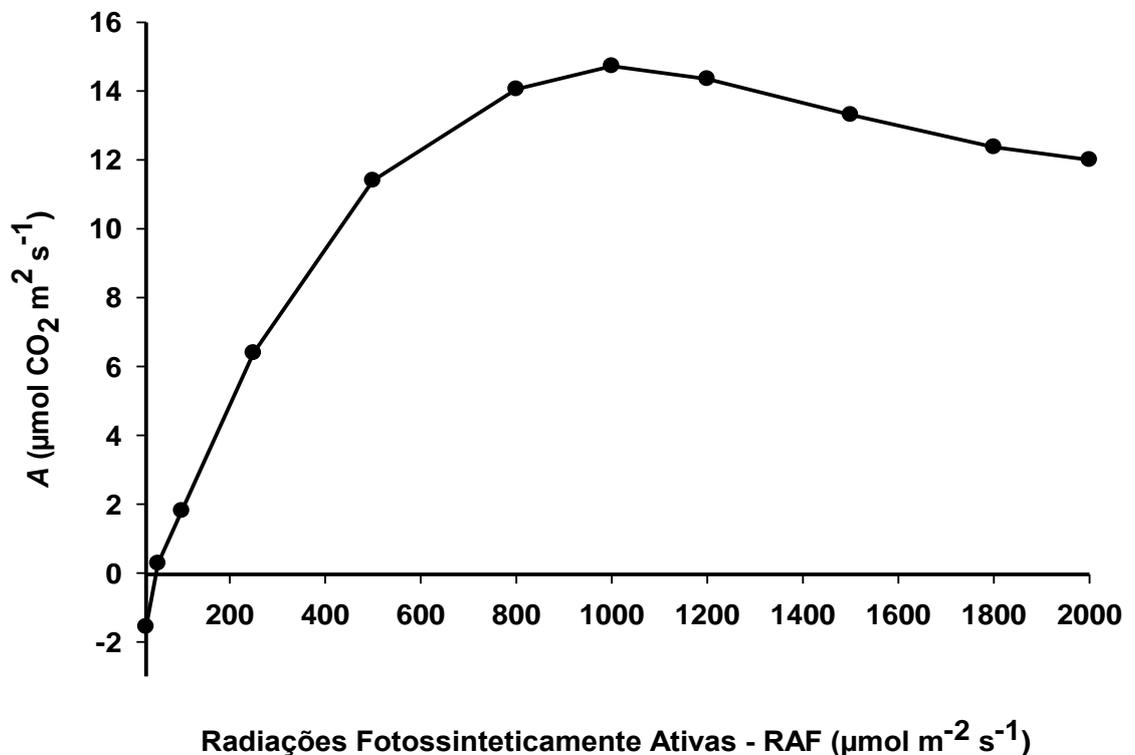
3.9.1 Variáveis fisiológicas

Foram realizadas 5 avaliações fisiológicas, aos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após aplicação (DAA) do herbicida no terço médio das ramas da planta de batata-doce, em

folha completamente expandida. Utilizou-se o analisador portátil de gás infravermelho (IRGA, modelo LI- 6400 XT, LI-COR, inc. Lincoln, NE, EUA).

As avaliações foram feitas entre 9 e 12h da manhã, de forma que fossem mantidas as condições ambientais homogêneas. Antes das análises fisiológicas, foi realizada a curva de saturação da fotossíntese (curva de luz) para verificar qual radiação fotossinteticamente ativa (RFA) as plantas de batata-doce respondem com maior taxa de fotossíntese (Figura 3), assim utilizou-se a luz de $1000 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para as leituras dos parâmetros analisados.

Figura 3 - Resposta fotossintética da batata-doce nos comprimentos de luz.



Fonte: Autoria própria.

Foram avaliadas as seguintes variáveis fisiológicas: condutância estomática ($G_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), carbono interno ($C_i - \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), taxa de assimilação líquida de CO_2 ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Através dos dados fisiológicos foram quantificadas a eficiência no uso de água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação (E_iC) (A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (MACHADO et al. 2005, MELO et al. 2009).

3.9.2 Variáveis morfológicas

Ao final do experimento (185 DAP), utilizando-se de um quadrado de madeira como limitador de amostra, coletou-se 1m² a parte aérea (ramas) das plantas de cada parcela para peso da massa fresca da parte aérea (MFPA). Posteriormente as ramas foram cortadas e acondicionadas em sacos de papel identificados e mantidas em estufa com circulação de ar ($65 \pm 2^\circ\text{C}$) por 72h, para peso massa seca da parte aérea (MSPA).

Para massa fresca da raiz (MSR) foram colhidas todas as raízes tuberosas de cada parcela experimental e por fim pesadas. Já para peso seco da raiz, as mesmas colhidas, foram separadas 1 Kg como amostra representativa de cada parcela experimental, lavadas e passadas em um multiprocessador. O material resultante foi disposto em papel cartão por 8 horas no sol para desidratação e posteriormente o material foi acondicionado em sacos de papel e levadas estufa com circulação de ar ($65 \pm 2^\circ\text{C}$) até peso constante. Que por fim foram pesadas para obtenção da massa seca da raiz (MSR), onde realizou-se o cálculo para massa seca total de cada parcela experimental.

3.9.3 Produção do substrato amiláceo (farinha de batata-doce)

Após utilizar o material para peso seco das raízes, o mesmo foi triturado em liquidificador até atingirem aspecto de pó, passadas em peneira série 100 mesh/Tyler, e posteriormente acondicionadas em sacos plásticos.

Para a determinação de amido na farinha de batata-doce foi realizada no Laboratório de Sistemas de Produção de Energias a Partir de Fontes Renováveis - LASPER/UFT, utilizando o espectrofotômetro NIR ("Near Infrared Reflectance"). Para esta análise utilizou-se a reflectância difusa, com variação do comprimento de onda de 1100 até 2500 nm e de transmitância medida entre 800 a 1100 nm.

3.9.4 Estimativa da produção de etanol

A capacidade de conversão do amido a etanol, em cada amostra, foi determinada pela correlação entre as quantidades de amido disponível e os dados já citados por Silveira (2008) e Lázari (2011).

Segundo Silveira (2008), amostras de clones de batata-doce com produtividade média de 65,5 t ha⁻¹, concentração de amido média de 24,4 %, a conversão em etanol se dá em torno 160 L ha⁻¹.

Em estudo realizado por Lázari (2011) em avaliação das características agrônômicas e físico-químicas de 100 acessos de batata-doce industrial do programa de melhoramento da UFT (Universidade Federal do Tocantins), em laboratório utilizando fermentômetros obteve rendimentos médios de etanol de 151,67 e 234,33 L t⁻¹ de raiz.

Amostras com variações de amido entre 25 a 28% produzem até 170 L de etanol. Com utilização de leveduras modificadas no processo de fermentação é possível atingir até 200 L de etanol, para produtividade de 50 a 60 t ha⁻¹ (BIS, 2010).

Baseado nestes valores de concentração de amido e conversão a etanol, considerando a produtividade como uma constante no valor médio de 60 t ha⁻¹, Silva (2013) elaborou a seguinte fórmula de conversão com a Equação (1):

$$PE = (10,349 \cdot CA - 89,349) \cdot 60$$

Onde,

PE - produção estimada de álcool em L ha⁻¹;

CA - concentração de amido em %;

60 - constante de transformação da produtividade de L/t para L/há;

Com R² = 0,9855.

3.10 Análise estatística

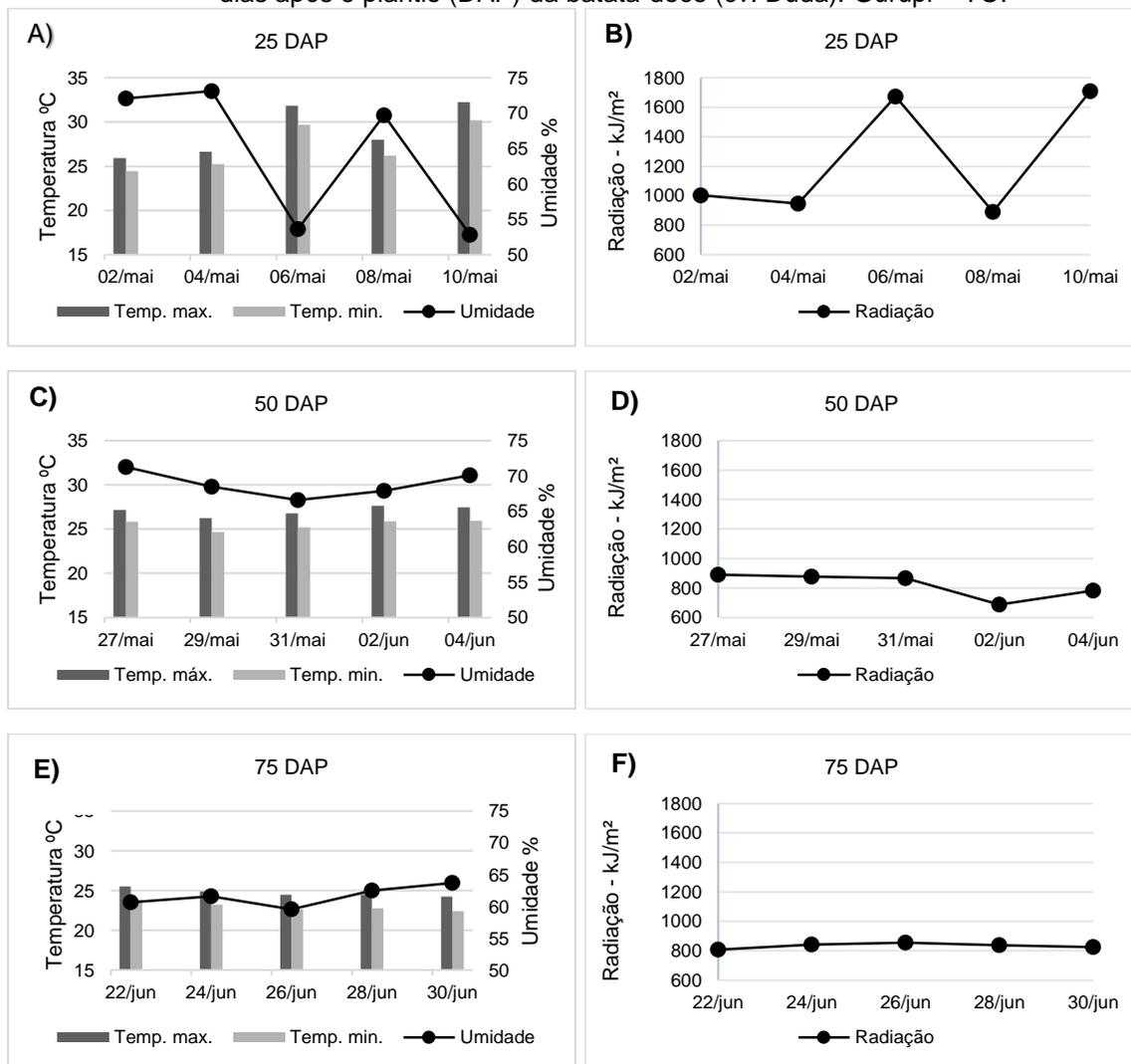
Os dados coletados foram submetidos ao teste de média com significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelo teste Scott-Knott utilizando o programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011) e à análise de regressão no software Sigmaplot 10.0.

4 RESULTADOS

4.1 Clima

Na Figura 4 estão presentes os dados diários de temperatura máxima e mínima, umidade relativa e radiação solar incidente (INMET, 2017), nos períodos em que foram realizadas as leituras de trocas gasosas com o IRGA (25, 50 e 75 DAP), na Universidade Federal do Tocantins, município de Gurupi, Tocantins.

Figura 4 - Valores diários de temperatura máxima (Temp. max.) e mínima (Temp. min.), umidade relativa do ar e radiação solar incidente nos períodos das avaliações com o IRGA aos 25, 50 e 75 dias após o plantio (DAP) da batata-doce (cv. Duda). Gurupi – TO.



Fonte: INMET (2017), adaptado pela autora.

Os dados meteorológicos de temperatura, umidade e radiação solar incidente variaram ao longo dos dias em que as avaliações foram realizadas, sendo esses elementos influenciadores nas trocas gasosas das plantas.

Aos 25 DAP a temperatura (Figura 4, a) e a radiação solar incidente (Figura 4, b) seguiram comportamentos semelhantes, pois o aumento da temperatura é uma resposta do aquecimento contínuo da radiação solar. Já a umidade relativa do ar (Figura 4, a) (72, 73, 53, 69 e 52 %) oscilou inversamente a variação da radiação solar incidente (1003, 946, 1673, 890 e 1710 kJ/m²) e a temperatura. Aos 50 DAP, a temperatura (Figura 4, c) e a radiação solar incidente (Figura 4, d) tiveram variação de 24 °C a 27 °C e 688 a 889 kJ/m², respectivamente. E a umidade relativa (Figura 4, c) variou de 66% a 71% do segundo dia após aplicação até o décimo dia após aplicação aos 50 DAP. Já aos 75 DAP a temperatura (Figura 4, e), a umidade relativa do ar (Figura 4, e) e a radiação solar incidente (Figura 4, f) apresentaram poucas variações ao longo das avaliações, comparados aos 25 e 50 DAP. Com médias de 24 °C de temperatura, 61% de umidade relativa e 833 kJ/m³ de radiação solar incidente.

4.2 Variáveis fisiológicas

Na Figura 5 estão apresentados os valores de condutância estomática, carbono interno, assimilação líquida de CO₂, transpiração, eficiência do uso de água e eficiência instantânea da carboxilação em plantas de batata-doce, em função das doses do glyphosate (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) aos 25 dias após o plantio (DAP)

Percebe-se que todos os tratamentos, inclusive a testemunha, apresentaram resposta polinomial quadrática, altamente significativo com ajustes (R²) variando entre 0,86 e 0,99. As plantas sem aplicação do glyphosate (testemunha), apresentaram valores superiores em todas as variáveis analisadas, nos 8 primeiros dias de avaliação, com exceção da Ci e a EUA. A medida que foram aumentadas as doses de aplicação do glyphosate as variáveis fisiológicas avaliadas foram diminuindo.

Aos 25 DAP a condutância estomática (Figura 5, A) nas doses de glyphosate de 144 e 288 g e.a. L⁻¹, foram expressivamente menores a aquelas observadas para a testemunha e aplicação de 72 g e.a. L⁻¹, em todo o período avaliado. Aos 10 DAA, a redução imposta pelas duas maiores doses de herbicida aplicado, foram de 39% e 52%, respectivamente, quando comparado à testemunha. Apesar do decréscimo

observado na dose de 72 g e.a. L⁻¹, a partir do quarto dia de avaliação, o Gs no final da avaliação tendeu a se aproximar à testemunha (0,53 e 0,90 mol H₂O m⁻² s⁻¹).

Quanto ao carbono interno (Figura 5, B), constata-se uma semelhança a tendência descrita para a variável condutância estomática, porém com menor grau de diferença. A tendência nas doses de 144 e 288 g e.a. L⁻¹ foram semelhantes, apresentando valores de Ci aos 10 DAP de 218,99 e 218,22 μmol CO₂ mol⁻¹, menor daquele verificado na testemunha. Na testemunha verificaram-se valores de Gs que variaram entre 225,15 e 231,41 μmol CO₂ mol⁻¹, no período avaliado.

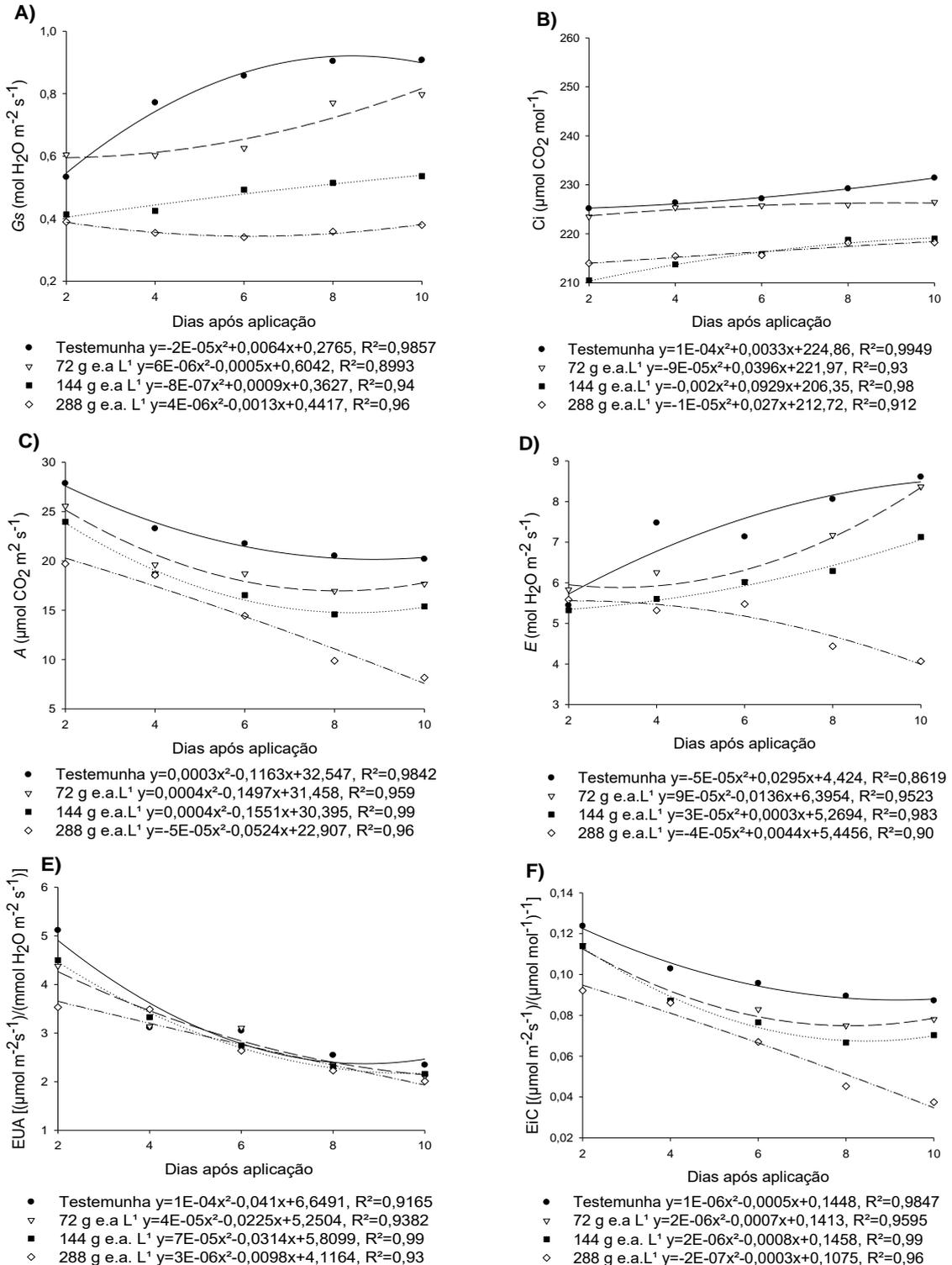
A taxa de assimilação líquida de CO₂ (Figura 5, C) em função do tempo, apresentou uma resposta polinomial quadrático decrescente, sendo mais evidente com o aumento das doses de glyphosate. As doses de 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹, causaram uma redução na assimilação líquida de CO₂ (A), aos 10 DAA de 13; 22 e 39%, respectivamente, quando comparada a testemunha. Os valores de (A) variaram de 27,85 a 20,18 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, na testemunha.

Os resultados referentes a transpiração (Figura 5, D) ao longo das avaliações no período de 10 DAA do herbicida, apresentaram curvas de tendências crescentes na testemunha e nas doses de 72 e 144 g e.a. L⁻¹, exceto na dose de 288 g e.a. L⁻¹, que no quinto dia de avaliação reduziu 52,74%, comparado a testemunha. Nas doses de 72 e 144 g e.a. L⁻¹ verifica-se também uma redução da transpiração comparado a testemunha, porém na quinta avaliação a dose de 72 g e.a. L⁻¹, tendeu a se aproximar à testemunha. A transpiração da testemunha variou de 5,44 a 8,60 mol H₂O m⁻² s⁻¹.

Verificando a eficiência do uso da água (Figura 5, E), aos 25 DAP, observa-se todos os tratamentos ajustaram-se às equações polinômiais quadráticas. Seguindo a tendência das demais variáveis avaliadas, a eficiência do uso da água também diminuiu à medida que a dose do herbicida foi aumentada. O resultado da eficiência do uso da água decresceu 5,97; 6,39 e 11,87% nas doses de 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹ do herbicida, respectivamente em relação a testemunha, que teve valores que variaram de 5,11 a 2,34 durante as avaliações.

Os valores quantificados para eficiência instantânea da carboxilação (Figura 5, F), nota-se que a variável foi afetada negativamente com o aumento das doses do glyphosate, sendo que na maior dose (288 g e.a. L⁻¹) houve uma redução de 35,66% em relação a testemunha, aos 10 DAP do herbicida. Sendo que a eficiência instantânea da carboxilação da testemunha variou de 0,123 a 0,087 durante o período avaliado.

Figura 5 - Condutância estomática (Gs) (A), carbono interno (Ci) (B), assimilação líquida de CO₂ (A) (C), transpiração (E) (D), eficiência do uso de água (EUA) (E) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (F) em plantas de batata-doce aos 25 dias após o plantio, em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação), avaliados em intervalos de 2 dias por um período de 10 dias após aplicação do herbicida. Gurupi - TO, 2017.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 6 estão ilustrados a taxa da condutância estomática, carbono interno, assimilação líquida de CO₂, transpiração, eficiência do uso de água e

eficiência instantânea da carboxilação em plantas de batata-doce, em função das doses do glyphosate (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) aos 50 dias após o plantio (DAP) avaliadas em intervalos de 2 dias por um período de 10 dias após aplicação (DAA) do herbicida.

Todas as variáveis fisiológicas tiveram comportamento polinomial quadrático, com tendência crescente para condutância estomática, carbono interno e transpiração, exceto para assimilação líquida de CO₂, eficiência do uso de água e eficiência instantânea da carboxilação, que apresentaram curvas com tendência decrescente.

Analisando a condutância estomática (Figura 6, A) aos 25 DAP, percebe-se que os valores do coeficiente de determinação (R²) foram de 0,97, 0,78, 0,94 e 0,72, respectivamente para a testemunha e as doses de 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹ do glyphosate. A testemunha (0,55 a 0,58 mol H₂O m⁻² s⁻¹) e as doses de 72 g e.a. L⁻¹ (0,60 a 0,70 mol H₂O m⁻² s⁻¹) e 288 g e.a. L⁻¹ (0,51 a 0,52 mol H₂O m⁻² s⁻¹) apresentaram respostas semelhantes ao longo do período avaliado. Porém na dose de 144 g e.a. L⁻¹, apesar de apresentar o menor valor na primeira avaliação de 0,46 mol H₂O m⁻² s⁻¹, na última avaliação (10 DAA do herbicida) tendeu a se aproximar a Gs na dose de 72 g e.a. L⁻¹, que foi superior aos demais tratamentos, inclusive a testemunha.

Aos 50 DAP os resultados do carbono interno (Figura 6, B) da testemunha e das doses de 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹ encontram-se representados em equações, no qual os coeficientes de determinação (R²) variaram de 0,87 a 0,99, demonstrando ajuste dos dados ao modelo utilizado. Observa-se que houve uma redução do carbono interno de 0,36%, 0,57% e 0,61 nas doses de 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹, respectivamente, comparado a testemunha. Sendo que, os valores da testemunha variaram de 244 a 247 μmol CO₂ mol⁻¹, no período avaliado.

Quanto a taxa de assimilação líquida de CO₂ (Figura 6, C), da testemunha, aos 50 DAP, pode-se observar que os valores variaram de 17,23 a 17,84 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ ao longo das avaliações. Percebe-se que a taxa de assimilação líquida de CO₂ aos 6 DAA do glyphosate nas doses de 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹, reduziram 25%, 23% e 18% quando comparado a testemunha, respectivamente.

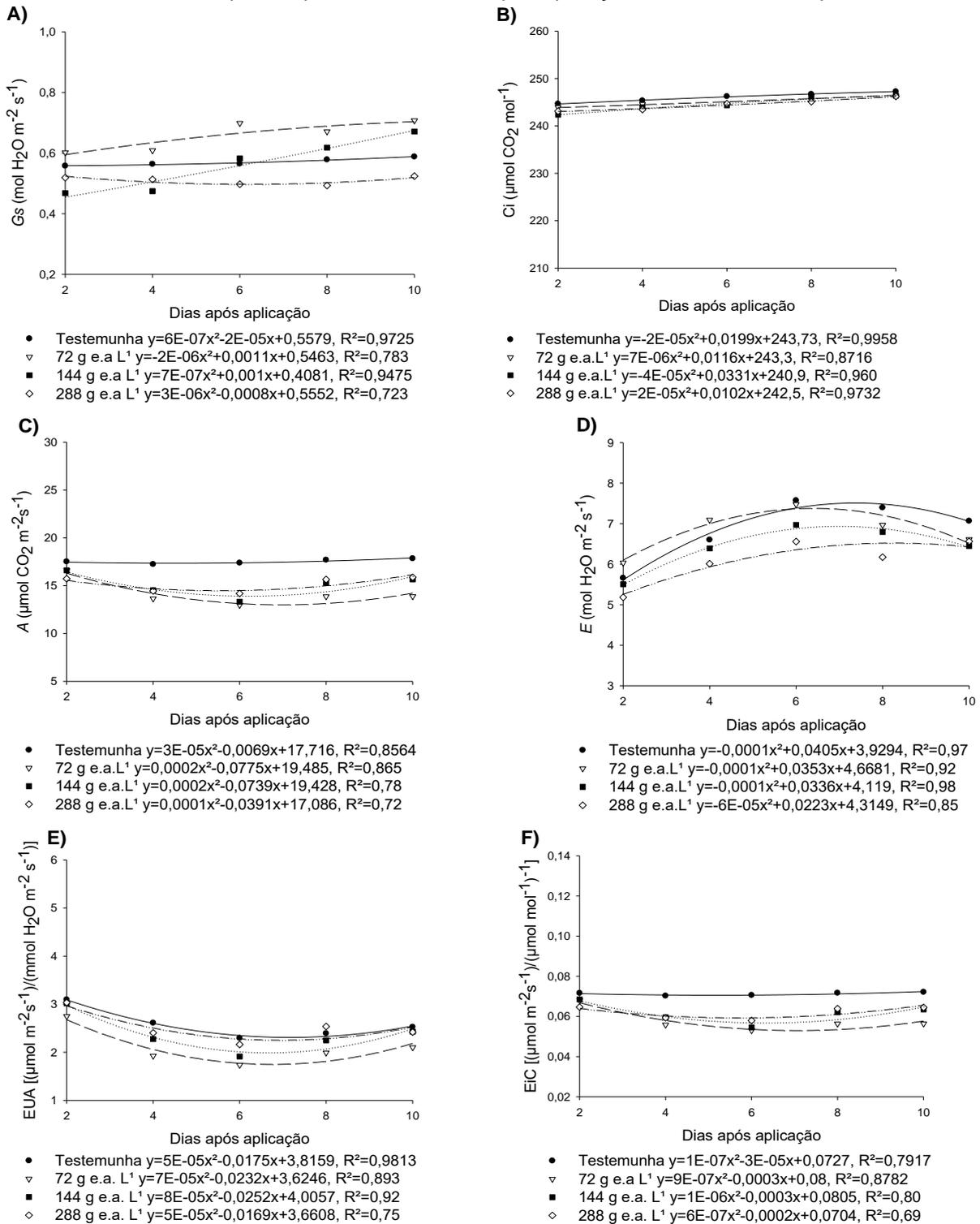
Analisando a transpiração (Figura 6, D), aos 50 DAP, pode-se observar o comportamento quadrático nas curvas da testemunha e das doses 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹, com valores de (R²) variando de 0,85 a 0,98. Nota-se que até os 4 DAA do

glyphosate a transpiração na dose de 72 g e.a. L⁻¹ foi superior a testemunha, decrescendo a partir dos 6 DAA. Aos 10 DAA as doses de 144 e 288 g e.a., impuseram reduções de 6,43%, 8,77% e 7,13, respectivamente, comparado a testemunha. Nas plantas onde não foi aplicado o glyphosate a transpiração, no período avaliado variou de 5,65 a 7,57 mol H₂O m⁻² s⁻¹.

Os valores encontrados para o uso eficiente da água, com a aplicação dos tratamentos aos 50 DAP ajustaram-se às equações, cujos valores do coeficiente de determinação (R²) variaram de 0,75 a 0,98. Quando se compara o efeito do herbicida, por ocasião do aumento da dose, verifica-se que na dose mais baixa (72 g e.a. L⁻¹) houve uma redução mais pronunciada da eficiência do uso da água, de quando a dose foi aumentada para 144 e 288 g e.a. L⁻¹. Percebe-se que na última avaliação a EUA nas doses de 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹, causaram uma redução de 16,84%, 3,85% e 4,16%, respectivamente, comparado a testemunha. Evidenciando que a EUA da testemunha registrou valores variando de 3,09 a 2,29 (Figura 6, E).

Ao calcular a eficiência instantânea da carboxilação (Figura 6, F), em função do tempo, sob efeito das doses do glyphosate e a testemunha, observou-se que semelhantemente a assimilação líquida de CO₂ (A), este se ajustou a equação polinomial quadrática com valores de R² superiores a 0,69 em todos os tratamentos. A testemunha obteve valores da EiC variando entre 0,70 a 0,72, sendo que todos os tratamentos demonstraram menor EiC ao longo do tempo, comparado a testemunha. Ainda a partir das curvas resultantes, verifica-se que, a dose imediatamente superior (72g e.a. L⁻¹) à não aplicação (testemunha) indicou o maior decréscimo.

Figura 6 - Condutância estomática (Gs) (A), carbono interno (Ci) (B), assimilação líquida de CO₂ (A) (C), transpiração (E) (D), eficiência do uso de água (EUA) (E) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (F) em plantas de batata-doce aos 50 dias após o plantio, em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação), avaliados em intervalos de 2 dias por um período de 10 dias após aplicação do herbicida. Gurupi - TO, 2017.



Fonte: Elaborada pela autora.

Ao analisar a Figura 7, pode-se verificar a condutância estomática, o carbono interno, a taxa de assimilação líquida de CO₂, a transpiração, a eficiência do uso de

água e a eficiência instantânea da carboxilação em plantas de batata-doce, em função das doses do glyphosate (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) aos 75 dias após o plantio (DAP) avaliadas em intervalos de 2 dias por um período de 10 dias após aplicação (DAA) do herbicida.

Para avaliar as variáveis fisiológicas, conforme as doses do glyphosate ao longo do tempo, foram ajustadas equações de regressão considerando as avaliações ao longo do tempo nas abcissas e as variáveis fisiológicas nas ordenadas. Pelas curvas resultantes nota-se que além da testemunha todos os tratamentos, nas variáveis fisiológicas avaliadas apresentaram resposta polinomial quadrática com ajustes de (R²) variando de 0,57 a 0,95.

Aos 75 DAP, as equações para condutância estomática (Figura 7, A), exibiram curvas com tendência quadrática semelhante na testemunha e em todos os tratamentos, porém a abertura dos estômatos mostrou-se afetado conforme o aumento das doses. Nas doses de 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹ as reduções médias foram de 22%, 36% e 37%, respectivamente, comparado a testemunha. Ao verificar a testemunha nota-se que a Gs variou de 0,76 a 0,42 mol H₂O m⁻² s⁻¹.

Verificando os valores de carbono interno (Figura 7, B), evidencia-se que as respostas das equações foram quadráticas crescente em todos os tratamentos e a testemunha. O incremento máximo obtido no Ci foi obtido na última avaliação, aos 10 DAA do herbicida com 256,49, 253,16, 254,90 e 251,92 μmol CO₂ mol⁻¹, para a testemunha e doses de 72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹, respectivamente. No entanto observa-se que a testemunha foi superior as doses aplicadas apenas a partir da segunda avaliação.

A taxa de assimilação líquida de CO₂ (Figura 7, C) nas plantas de batata-doce tratadas com o herbicida e a testemunha, aos 75 DAP, diminuíram com o tempo, evidenciando também uma redução de 13,72%, 16,67% e 23,63%, conforme o aumento das doses (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹), respectivamente, quando comparados a sua testemunha, ajustando-se a um modelo de regressão quadrático com adequado coeficiente de determinação (R²). Os valores da testemunha variaram de 19,75 a 16,43 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹.

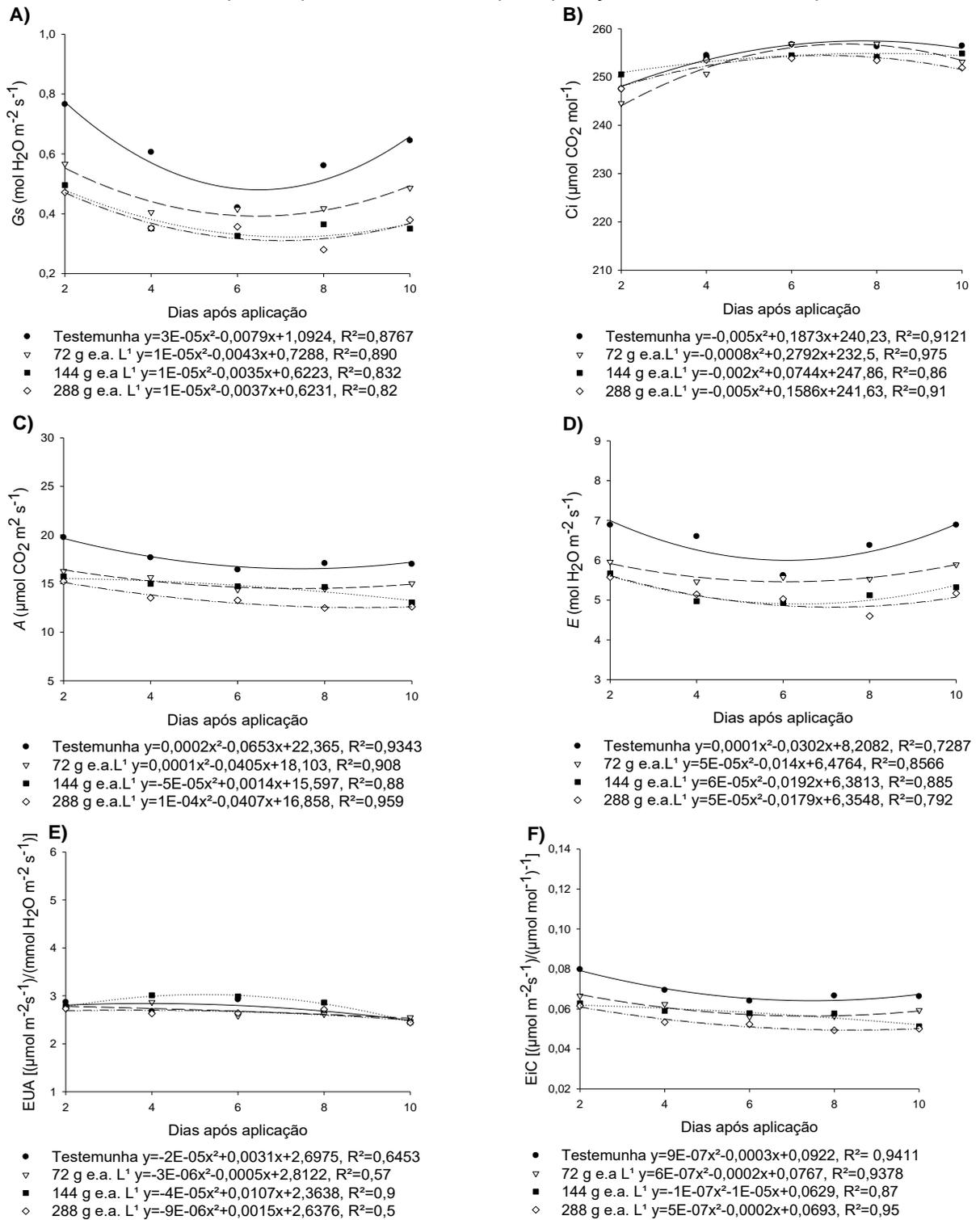
Ao verificar a transpiração, aos 75 DAP, nas doses do glyphosate de 144 e 288 g e.a. L⁻¹, nota-se que os valores foram notadamente menores do que aos observados na testemunha e na aplicação a 72 g e.a. L⁻¹, em todo período avaliado. Aos 10 após a aplicação, a redução imposta pelas maiores doses do herbicida

aplicado, foram de 22,74% e 24,92%, respectivamente, quando comparado à testemunha. Na dose de 72 g e.a. L⁻¹, também apresentou uma redução na transpiração comparado à testemunha, porém esse decréscimo foi menor do que a observada nas demais doses. Na testemunha verificaram-se que a transpiração variou entre 5,62 a 6,88 mol H₂O m⁻² s⁻¹, ao longo do tempo (Figura 7, D).

Comparando-se os coeficientes quadráticos das equações para a variável da eficiência do uso da água (Figura 7, E), verifica-se que o efeito do herbicida provocou um aumento acentuado na dose de 144 g e.a. L⁻¹, na segunda, terceira e quarta avaliação, acréscimo este de 3,48% em relação a testemunha. No entanto, nas de 72 e 288 g e.a. L⁻¹, os valores médios obtidos ao longo do período avaliado foram de 2,66 e 2,63, respectivamente, o que corresponde a uma redução quando comparado a testemunha de 2,01 e 3,34%, respectivamente.

Quanto a eficiência instantânea da carboxilação (Figura 7, F), atesta-se uma similaridade a tendência descrita pela taxa de assimilação líquida de CO₂. A tendência das doses de 72 e 144 g e.a. L⁻¹ do herbicida, no quarto, sexto e oitavo dia de avaliação foram semelhantes, apresentando valores de EiC entre 0,055 a 0,062, menor do que os valores verificados na testemunha que variaram entre 0,063 a 0,079, durante o período avaliado. Apesar da dose de 144 g e.a. L⁻¹ ter se igualado a menor dose, na primeira e na última avaliação a curva tendeu a se aproximar a curva da dose de 288 g e.a. L⁻¹, que registrou os menores valores de EiC, comparado a testemunha e aos demais tratamentos.

Figura 7 - Condutância estomática (Gs) (A), carbono interno (Ci) (B), assimilação líquida de CO₂ (A) (C), transpiração (E) (D), eficiência do uso de água (EUA) (E) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (F) em plantas de batata-doce aos 75 dias após o plantio, em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação), avaliados em intervalos de 2 dias por um período de 10 dias após aplicação do herbicida. Gurupi - TO, 2017.



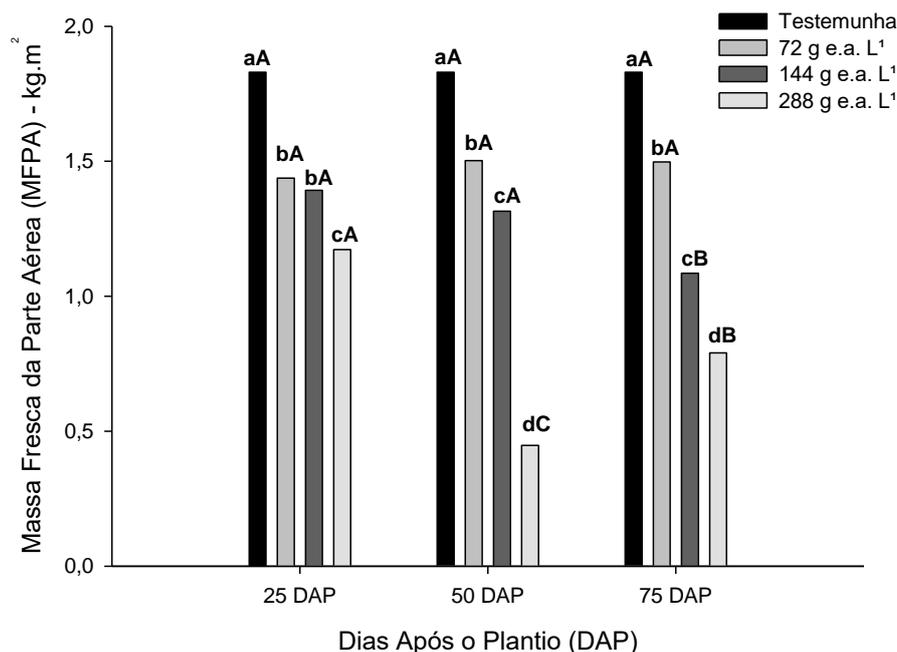
Fonte: Elaborada pela autora.

4.3 Variáveis morfológicas

O acúmulo de massa fresca da parte aérea da batata-doce em função da aplicação do glyphosate, em diferentes épocas descreve-se na Figura 8.

Observa-se que o aumento das doses de glyphosate promoveram reduções no acúmulo de massa fresca da parte aérea da batata-doce, independentemente do período aplicado. Porém estas reduções foram significativas e maiores, entre todos os tratamentos, nos períodos de aplicação de 50 e 75 dias. Na maior dose aplicada (288 g e.a. L⁻¹), constataram-se reduções no acúmulo de massa fresca da parte aérea, quando comparada a testemunha, na ordem de 35,92%, 75,54% e 56,83%, correspondentes aos períodos de aplicação de 25, 50 e 75 dias, respectivamente.

Figura 8 - Massa fresca da parte aérea da batata-doce (aos 185 DAP) em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) e em diferentes épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o plantio).



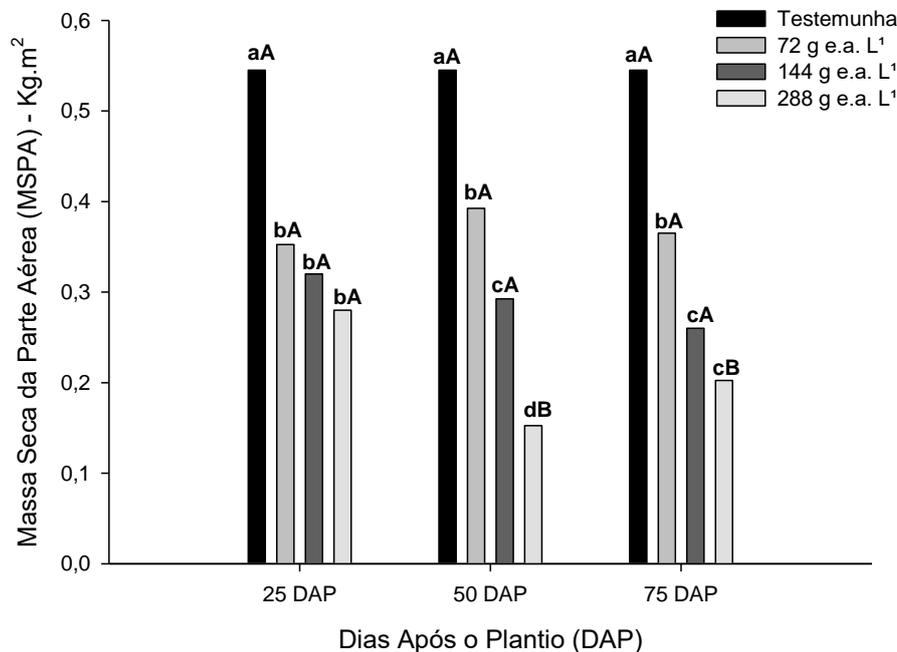
Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatística entre as épocas, na mesma dose; letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses na mesma época. As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a nível ($p > 0,05$). Gurupi - TO, 2017.

Fonte: Elaborada pela autora.

Quanto ao acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de batata-doce em função da época de aplicação do herbicida, sob aplicação dos tratamentos, fica evidente o decréscimo da MSPA quando aumentou-se as doses do glyphosate (Figura 9).

No período de 50 DAP, verifica-se que a redução acelerada do acúmulo é de 0,39 (72 g e.a. L⁻¹), 0,29 (144 g e.a. L⁻¹) e 0,15 (288 g e.a. L⁻¹) o que corresponde 27,98, 46,33, e 72,01%, respectivamente, comparado a testemunha. Aos 75 DAP, apesar da maior dose (288 g e.a. L⁻¹), constatar o maior decréscimo da MSPA, estatisticamente a mesma se igualou a dose de 144 g e.a. L⁻¹, porém com menor incremento no qual verificou-se na dose de 72 g e.a. L⁻¹ e principalmente na testemunha.

Figura 9 - Massa seca da parte aérea da batata-doce (aos 185 DAP) em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) e em diferentes épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o plantio).



Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatística entre as épocas, na mesma dose; letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses na mesma época. As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a nível ($p > 0,05$). Gurupi - TO, 2017.

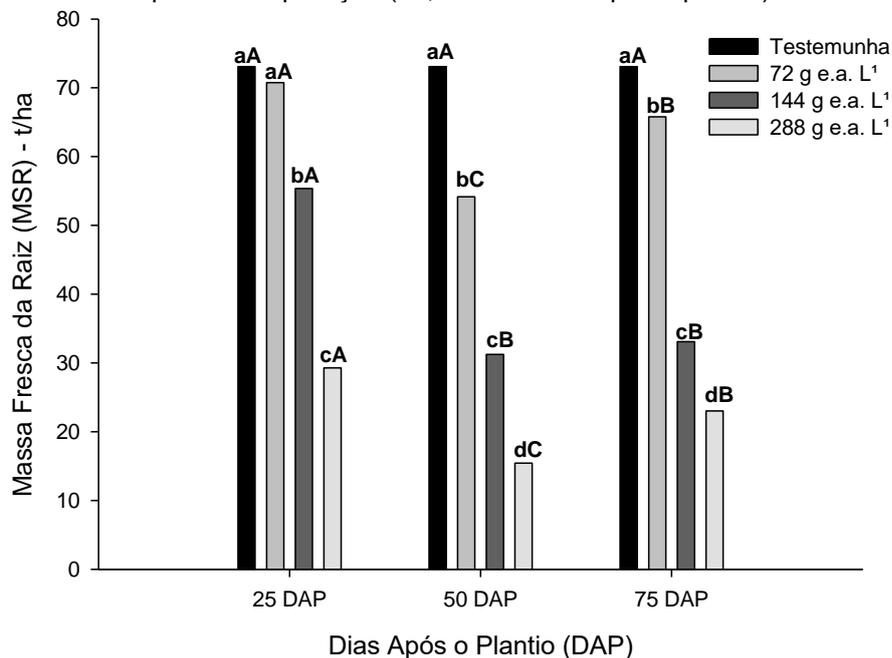
Fonte: Elaborada pela autora.

A produção de massa fresca das raízes apresentou também efeito negativo quando se aplicou as doses do glyphosate, independentemente da época de aplicação do herbicida (Figura 10).

Aos 25 DAP o decréscimo MFR nas doses de 144 e 288 g e.a L⁻¹, foram significativamente maiores à aquelas observadas para as plantas não tratadas com o herbicida e a aplicação de 72 g e.a L⁻¹. A redução acumulada nas duas maiores doses foram de 24,25 e 59,93%, respectivamente quando comparado a testemunha. Apesar do decréscimo observado na dose de 72 g e.a L⁻¹, a MFR da mesma não se diferenciou estatisticamente da testemunha, que teve produção de 7,30 Kg/m².

Ao analisar as épocas de 50 e 75 DAP e as doses do glyphosate aplicadas, constata-se que as duas épocas apresentaram maiores reduções (54% e 44,39%, respectivamente), comparadas a aplicação de 25 DAP. Fica evidente ainda que na aplicação dos tratamentos aos 50 DAP, a MFR foi a mais afetada significativamente nas doses de 72, 144 e 288 g e.a L⁻¹ com reduções de 25,89, 57,23 e 78,89%, comparado a testemunha.

Figura 10 - Massa fresca raiz da batata-doce (aos 185 DAP) em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) e em diferentes épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o plantio).



Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatística entre as épocas, na mesma dose; letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses na mesma época. As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a nível ($p > 0,05$). Gurupi - TO, 2017.

Fonte: Elaborada pela autora.

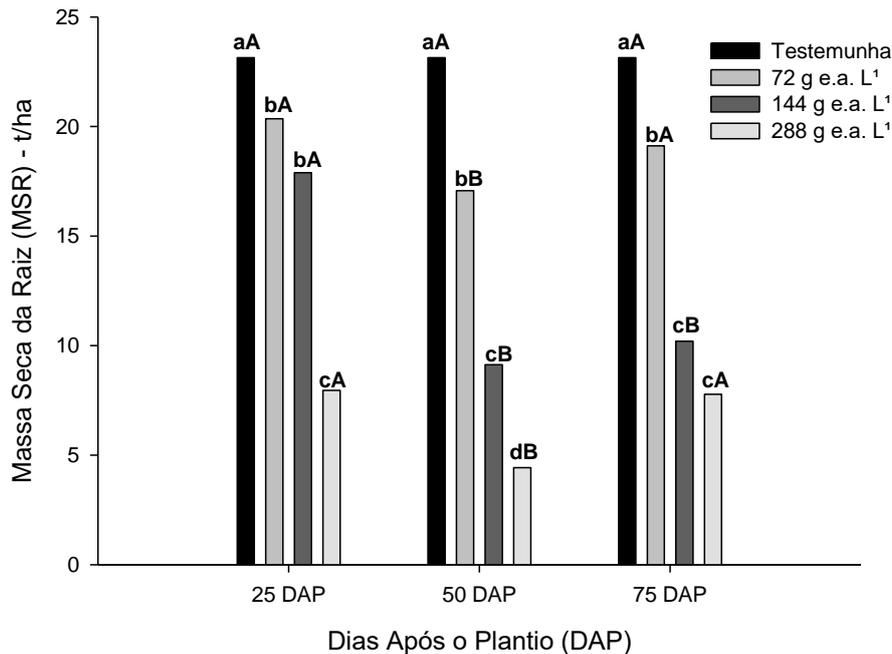
O acúmulo de massa seca da raiz (MSR) da batata-doce em função da aplicação das doses do glyphosate, nas épocas 25, 50 e 75 DAP descreve-se na Figura 11.

No período compreendido de 25 DAP observou-se que a MSR das plantas com aplicação das doses de 72 e 144 g e.a. L⁻¹ se igualaram estatisticamente, porém apresentaram uma redução de 12,03 e 22,69%, comparado a testemunha.

Na aplicação aos 50 e 75 DAP, a MSR apresentou redução quando comparados a testemunha em todos os tratamentos, sendo esta redução mais pronunciada nas doses de 144 e 288 g e.a. L⁻¹.

Verificando o fator doses dentro de época percebe-se que aos 50 DAP, foi a época que evidenciou maiores reduções da MSR, de 1,70 (72 g e.a. L⁻¹), 0,91 (144 g e.a. L⁻¹) e 0,44 (288 g e.a. L⁻¹) Kg/m² o que corresponde 26,21, 60,54 e 80,85%, comparado a testemunha.

Figura 11 - Massa seca raiz da batata-doce em função da aplicação do herbicida glyphosate em três doses (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) e em diferentes épocas de aplicação do herbicida (25, 50 e 75 dias após o plantio - DAP).



Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatística entre as épocas, na mesma dose; letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses na mesma época. As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a nível ($p > 0,05$). Gurupi - TO, 2017.

Fonte: Elaborada pela autora.

Na tabela 2 encontram-se a porcentagem de amido e os valores estimados de produção de etanol da batata-doce submetida a doses de glyphosate (72, 144 e 288 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) em três diferentes épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o plantio – DAP) do herbicida. Constata-se diferença estatística nas variáveis analisadas tanto em relação as doses do glyphosate utilizada quanto nas épocas de aplicação do herbicida.

Tabela 2 - Estimativa da produção de etanol a partir de concentrações de amido (%) da batata-doce cv. Duda, submetida a doses de glyphosate em três diferentes épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após o plantio – DAP), Gurupi-TO.

Dose (g e.a L ⁻¹)	Amido (%)			Etanol (L ha ⁻¹)		
	25	50	75	25	50	75
0	54,75 aA	54,75 aA	54,75 bA	28640aA	28640aA	28640bA
72	53,65 bB	55,29 aA	53,37 cB	27953bB	28975aA	27783cB
144	55,14 aB	54,47 aB	56,01 aA	28878aB	28466aB	29421aA
288	48,00 cA	48,63 bA	42,89 dB	24447cA	24835bA	21271dB
F	20,18**			20,18**		
CV %	1,47			1,76		

Letras maiúsculas distintas na linha indicam diferença estatística entre as épocas, na mesma dose; letras minúsculas distintas na coluna representam diferenças estatísticas entre as doses na mesma época. As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a nível ($p>0,01$).

Fonte: Elaborada pela autora.

Ao verificar as doses do glyphosate na produção de amido e na estimativa de etanol, nota-se que a dose de 288 g e.a. L⁻¹ do herbicida foi a mais expressiva ao reduzir a porcentagem de amido da farinha utilizada, comparado a testemunha (sem aplicação), com decréscimo de 12,32, 11,17 e 59,93% correspondentes as épocas de 25, 50 e 75 DAP, respectivamente.

Analisando o amido e a estimativa de etanol na dose de 144 g e.a. L⁻¹ do glyphosate, fica evidente que em todas as épocas de aplicação os valores foram iguais ou superiores estatisticamente a testemunha. Sendo que aos 75 DAP observa-se que a produção de amido e a estimativa de etanol foi 2,30% superior a testemunha.

5 DISCUSSÃO

5.1 Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas de condutância estomática, carbono interno, assimilação líquida de CO₂, transpiração, eficiência do uso de água e eficiência instantânea da carboxilação alteraram conforme as variações climáticas, os dias de aplicação do glyphosate e as doses do herbicida que as plantas foram submetidas. Percebe-se também que houve variação nos valores das trocas gasosas de acordo as avaliações ao longo do tempo após a aplicação do herbicida, isso devido o glyphosate (inibidor da EPSPs), ter uma ação lenta (GEIGER; SHIEH; FUCHS, 1999). Os resultados do presente trabalho indicam que o glyphosate causa efeitos deletérios para espécies não alvo como a batata-doce, a partir de mudanças no metabolismo fotossintético, como demonstrado na redução da GS, Ci, A, E, EUA e EiC, com o aumento das doses do herbicida.

Alguns fatores como espécie, estágio fenológico, condições ambientais no momento da aplicação, características edafoclimáticas, tempo decorrido da aplicação (ou deriva) para definitivamente avaliação da planta, são possivelmente influenciadores nas respostas sobre o metabolismo do glyphosate no vegetal (GRAVENA, 2006).

O acompanhamento da condutância estomática é de importância essencial para a compreensão dos processos fisiológicos, devido os estômatos serem o principal meio pelo qual há as trocas gasosas entre a atmosfera e o interior do aparato fotossintético (AMARAL; RENA; AMARAL, 2006). Ferreira-Silva et.al (2008) evidenciam que, o estresse abiótico estimula a redução da condutância estomática e, conseqüentemente, há uma menor perda de água pelas plantas, conferindo à planta maior resistência. Afirmação esta que condiz com os resultados encontrados na pesquisa, onde observa-se que conforme o aumento das doses do glyphosate (estresse abiótico por herbicida), percebe-se uma redução na condutância estomática, sendo esta resistência da difusão gasosa, um fator limitante à taxa de assimilação de CO₂ (PAIVA et al., 2005). Isso se deve ao fato da exposição da planta a condições de estresse, induzindo o fechamento dos estômatos afim de reduzir o a perda de água por transpiração (TAIZ & ZEIGER, 2013).

DaMatta & Ramalho (2006), avaliando plantas de café também observaram que a condutância estomática decresceu quando aumentaram a dose do herbicida, demonstrando a sensibilidade estomática da cultura provocada pelo estresse abiótico. Em estudo com *Eucalyptus grandis* em estágio inicial, Pereira et al. (2010) realizou uma aplicação de 60g do equivalente ácido de glyphosate nas plantas e observou um aumento da resistência estomática, ou seja, o fechamento dos estômatos.

Além da influência provocada pela deriva do glyphosate, a condutância estomática também foi afetada pelas condições climáticas durante as três épocas de aplicação do herbicida (25, 50 e 75 DAP) e suas respectivas avaliações. Sendo que aos 25 DAP a temperatura e a radiação solar mostraram-se mais intensa, aumentando a abertura dos estômatos. Trabalho este confirmado por Daloso et al. (2015) e Horrer et al. (2016) que realizaram um detalhamento dos efeitos do estímulo da irradiação luminosa sobre as células guardas, o que permitiu a abertura estomática. Miranda, Bonacin, Takahashi (2002) realizando um trabalho com plantas de amoreira também perceberam que temperaturas de 30°C e disponibilidade de água parecem ter estimulado a abertura estomática, favorecendo o incremento do processo metabólico das plantas. Já aos 50 e 75 DAP nota-se maior fechamento estomático, assim como menores temperaturas e radiação solar. Acrescente-se que o aumento na resistência da difusão gasosa pode ser fator limitante à taxa de assimilação de CO₂ (PAIVA et al., 2005).

Assim como foi observado redução na condutância estomática com o aumento das doses do glyphosate, a concentração interna de CO₂ seguiu comportamento semelhante. Segundo Nascimento (2009), normalmente a redução nos valores de carbono interno é seguido dos decréscimos da condutância estomática, desse modo, o principal fator que influenciaria a atividade fotossintética seria a limitação estomática, uma vez que a maior a abertura dos estômatos aumenta a entrada de CO₂ para a câmara subestomática.

De acordo Silveira et al. (2013) trabalhando com mandioca, observou que na avaliação aos 45 DAA do herbicida mesotrione, o fator limitante no metabolismo das plantas pode estar relacionado ao efeito do herbicida e não aos fatores em estudo que era o déficit hídrico e o sombreamento. Já Cedergreen e Olesen (2010) realizando um estudo com aplicação de glyphosate em plantas de cevada observou que a redução na fixação de CO₂ foi devido o processo de regeneração da Rubisco diminuir com aplicação do herbicida.

Além das reduções na concentração interna de CO₂ com o aumento das doses do glyphosate, o estágio em que as plantas foram submetidas ao estresse pelo herbicida também influenciou nos valores crescentes de carbono interno conforme o desenvolvimento das plantas de batata-doce. Esses valores registrados de carbono interno refletem nas taxas de assimilação de dióxido de carbono constatadas na mesma avaliação. Ou seja, a concentração interna de CO₂ é reduzida com o aumento na assimilação de dióxido de carbono, fato esse explicado durante o processo de trocas gasosas (SHIMAZAKI et al., 2007), afetada pelas condições climáticas proeminentes dos diversos ecossistemas (TAIZ & ZEIGER, 2013) e o aumento da dose do herbicida, como constatado nesse trabalho.

Os valores de assimilação líquida de CO₂ obtidos neste estudo concordam com os estudos com *Beta vulgaris* (beterraba), que revelaram que o acúmulo do chiquimato causado pela aplicação e ação do glyphosate pode representar um forte dreno de carbono no ciclo de Calvin, pelo desvio de eritrose-4-fosfato, diminuindo drasticamente a produção fotossintética (SERVIATES; TUCCI; GEIGER, 1987; SHIEH; GEIGER; SERVIATES, 1991), principalmente quando aplicado nos estágios iniciais das plantas. Em estudos realizados com plantas de eucalipto Machado et al. (2010), também percebeu que o incremento da dose do herbicida glyphosate, aumentou o nível de intoxicação das plantas de eucalipto, causando abscisão foliar e, conseqüentemente, reduzindo a área foliar útil para realização da fotossíntese. Segundo Fuchs et al. (2002) após a aplicação do glyphosate em *Abutilon theophrasti*, o mesmo notou uma brusca redução na assimilação do dióxido de carbono.

Como observado nessa pesquisa, nas três épocas de aplicação do glyphosate (25, 50 e 75 DAP), logo após a aplicação do herbicida e conforme o aumento das doses percebe-se uma diminuição na importação de assimilados por folhas jovens em desenvolvimento e como resposta uma redução da fotossíntese (GEIGER & BESTMAN, 1990). Olesen e Cedergreen (2010) observaram redução da taxa de fotossíntese em plantas de cevada submetidas a doses maiores de 100 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. Zobiolo et al. (2010) também verificaram efeito negativo da aplicação de glyphosate sobre o processo fotossintético de plantas de soja.

Dessa maneira, nota-se que a ação do glyphosate interfere na carboxilação, o que pode causar uma diminuição na produção de diversas proteínas importantes que são sintetizadas na via do chiquimato, e como consequência diminui a taxa de assimilação de CO₂ (CRUZ, 2016).

Nas avaliações após a aplicação do herbicida, 25 DAP, a assimilação líquida de CO₂ foi maior em relação as avaliações após 50 e 75 DAP. Segundo Silva et al. (2010) este aumento pode ser decorrente, sobretudo, do incremento verificado na radiação fotossinteticamente ativa. Já em condições de temperaturas mais amenas, observou-se decréscimo na fotossíntese em espécies C4 (milho e gramíneas), o que pode ser atribuído tanto a fatores difusivos quanto metabólicos ou fotoquímicos (Kakani et al., 2008; Soares-Cordeiro et al., 2010; Ghannoum, 2009; Machado et al., 2009, 2010).

A transpiração foliar nas plantas de batata-doce aumentou em até 7%, em relação à testemunha, quando submetida à dose de 72 g e.a. L⁻¹ de glyphosate, quando aplicado aos 25 e 50 DAP, na avaliação aos 2 e 4 dias após aplicação do herbicida, respectivamente. Porém reduziu até 53% quando se utilizou a maior dose (288 g e.a. L⁻¹), aos 25 DAP, na última avaliação (10 DAA do glyphosate), em comparação à testemunha. Uma maior transpiração normalmente é benéfica às plantas, principalmente por estar intimamente correlacionada com a taxa fotossintética.

Essa redução na transpiração foliar das plantas submetidas as doses do herbicida em relação a testemunha fortalece a afirmativa que o estresse provocado pela ação do glyphosate, desregula o metabolismo da planta, causando um colapso e desarranjo na formação e manutenção das estruturas do vegetal, devido à inibição da síntese de aminoácidos aromáticos como a fenilalanina, tirosina e triptofano (VIDAL, 1997). Os resultados encontrados nesse trabalho também corroboram com as afirmações feitas por Abreu, Matta, Montagner (2008) e Pereira et al. (2010), assegurando que a aplicação de herbicidas inibidores de EPSPs tende a diminuir a transpiração através da inibição de aminoácidos essenciais e desbalanceamento metabólico.

A transpiração também sofre redução sob efeito da aplicação do glyphosate, possivelmente devido a condutância estomática. Plantas de ervilha, girassol e feijoeiro mostraram menor taxa de transpiração, possivelmente promovido pelo fechamento dos estômatos (SHANNER, 1978). Shimazaki et al. (2007) evidenciaram que a perda de água pelas plantas é regulada pela atividade das células-guardas. Pimentel e Peres (2000) citaram que variações na transpiração são reflexos da alta demanda evaporativa da atmosfera. Destaca-se ainda que, em condições naturais, à medida em que a temperatura se eleva, a umidade relativa do ar diminui e as respostas dos

diversos processos metabólicos das plantas refletem na interação entre estes fatores (MEDINA; MACHADO; GOMES 1999), condições estas encontradas no presente trabalho.

Trabalhando com doses de glyphosate em cultivares de café, CARVALHO (2011) observou uma redução de aproximadamente 22% da transpiração com a aplicação da dose de 460,8 g ha⁻¹, mostrando-se significativamente inferior a transpiração encontrada na testemunha (sem aplicação do herbicida).

Nas trocas gasosas, a absorção de CO₂ do meio externo provoca perda de água e a diminuição dessa perda também reduz a entrada de CO₂ (SHIMAZAKI et al., 2007). A partir da relação entre a assimilação líquida de carbono e transpiração obtém-se a eficiência do uso da água (EUA), ou seja, a quantidade de CO₂ fixado para a produção de biomassa em função da quantidade de cada unidade de água que se perde por transpiração (TAIZ & ZEIGER, 2013; JAIMEZ et al., 2005). As condições ambientais, assim como estresses abióticos, por exemplo com herbicida, pode influenciar na fisiologia da planta, e como aconteceu nesse trabalho reduzir as taxas de assimilação líquida de CO₂, resultando em menores valores de EUA e como consequência menor produção.

De acordo com Santos et al. (2014), avaliando biótipos de *Conyza sumatrensis* notou que na aplicação de 1.440 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate os biótipos suscetíveis, aumentou a EUA (aos 7 dias após aplicação), possivelmente devido ao fechamento dos estômatos e como consequência decréscimo da transpiração. Já Machado et al. (2010) trabalhando com eucalipto constatou que houve uma redução no EUA após a aplicação do glyphosate. Essa redução na eficiência, assim como observado nesse trabalho com batata-doce, pode ser justificada pela redução na fotossíntese da planta causando uma redução no acúmulo de biomassa. Os efeitos do glyphosate, como a produção de metabolitos (AMPA), podem contribuir para a ação do herbicida, causando efeitos fitotóxicos que afetam a fotossíntese, transpiração e conseqüentemente a EUA (REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004; ZOBIOLE et al., 2010).

Assim, os decréscimos registrados na EUA podem ser derivados, além do estresse causado pelo glyphosate como aos aumentos verificados na radiação solar acumulada e na temperatura do ar, bem como na redução da umidade relativa do ar (FERRAZ, et al. 2012), condições estas encontradas no presente estudo.

Konrad et al. (2005) observaram decréscimos nos valores da eficiência instantânea da carboxilação (EiC) com o incremento da dose do herbicida, sendo esta variável dada pela relação entre a taxa de fotossíntese e o carbono interno. Como ocorrido na pesquisa, quando os valores da EiC reduziram drasticamente na dose de 288 g e.a L⁻¹ na aplicação aos 25 DAP, nota-se que a taxa fotossintética na mesma avaliação também decresceu, isso devido a limitação causada pela capacidade da folha em regenerar a rubisco para carboxilação (FARQUHAR; SHARKEY, 1982). Ou seja, os efeitos do glyphosate na planta influencia o desempenho da rubisco, reduzindo a EiC e limitando a assimilação de CO₂.

Além disso, a redução da EiC está relacionada ao acúmulo de amido confirmado pela microscopia de luz, visto que o carbono assimilado e não exportado é conduzido para a formação do mesmo (Cruz et al., 2004). Robinson (1996) atribuiu o acúmulo de amido em virtude da redução no consumo de fotoassimilados para a composição de aminoácidos e proteínas, o que conseqüentemente cresce a disponibilidade para sua produção. Em vista disso, a redução da EiC, que enfatiza o efeito do glifosato sobre a rubisco, promove a redução da fotossíntese.

Ferraz, et al. (2012) concluíram que o aumento verificado na eficiência instantânea de carboxilação, deve-se, sobretudo, aos incrementos registrados na concentração interna de dióxido de carbono e aos ganhos na taxa de assimilação de CO₂, além das variações ocorridas nas variáveis climáticas registradas no dia em que foram realizadas as avaliações.

5.2 Variáveis morfológicas

Conforme os resultados apresentados da MFPA e MSPA das plantas de batata-doce, pode-se concluir neste trabalho que independente da época de aplicação do herbicida a produção de MFPA e MSPA das plantas de batata-doce foram reduzidas com o aumento nas doses do herbicida glyphosate. O mesmo ocorreu em mudas de urucuzeiro, onde o aumento nas doses de glyphosate ocasionaram um menor crescimento das mudas (SOARES, et al. 2010).

Segundo Gazziero e Prete (2004), o acúmulo de chiquimato nos vacúolos, ocasionado pela inibição da enzima EPSPS com aplicações de glyphosate, causa uma falta de controle na retroalimentação do fluxo de carbono na rota do chiquimato. Esta rota é responsável por, aproximadamente, 35% da matéria seca da planta e 20%

do carbono fixado pela fotossíntese derivada desta rota. Ou seja, quanto maior a dose maior será a desregulação da rota, e menor o acúmulo de massa fresca e consequentemente menor massa seca nas plantas.

Cedergreen (2008) afirma que o glyphosate pode estimular o acúmulo de biomassa em plantas, quando são aplicadas doses que correspondem de 5 a 10% da dose recomendada. Afirmação essa contrária ao encontrado nesse trabalho, isso pode ser devido a menor dose aplicada foi de 20% da dose recomendada. Outro fator que pode estar relacionado é que a variabilidade quanto à tolerância a um herbicida pode ocorrer entre espécies e populações da mesma espécie, e também dentro de um único biótipo, em função do estágio de desenvolvimento das plantas (CHAUHAN; ABUGHO, 2012). Pazuch et al. (2017), trabalhando com *Ipomoea spp.*, observou que a tolerância da espécie submetida a aplicação de glyphosate modifica entre os biótipos. Esse fato pode ser atribuído aos processos de seleção as quais as populações de plantas daninhas estão submetidas (BURKE; REDDY; BRYSON, 2009).

De acordo com as doses do glyphosate aplicadas, principalmente nas maiores doses, percebeu-se que houve uma superbrotção nas ramas que sofreram injúrias no ápice devido o glyphosate aplicado. Sinais este semelhante aos encontrados por Costa et. al. (2009), que observou uma abscisão foliar em plantas de pinhão-manso, principalmente no ápice caulinar, bem como a presença de brotações não viáveis, provocada por aplicações de maiores doses do glyphosate. Estudando aplicação de glyphosate em maracujazeiro amarelo, Wagner Júnior et al. (2008) notou que o número de brotações primárias aumentou linearmente à medida que houve aumento nas doses de glyphosate. Dantas, Souza, Ciero (2001) e Tuffi Santos et al. (2006), trabalhando com glyphosate em eucalipto, também relataram o surgimento de brotações laterais juntamente com os sintomas de intoxicação pelo herbicida.

Porém mesmo observando essas brotações, a MFPA e a MSPA reduziram com o aumento das doses em relação a testemunha (sem aplicação do herbicida). De acordo com Costa et. al. (2009), avaliando plantas de pinhão-manso, pode perceber que após aplicação de 45 g ha⁻¹ de glyphosate houve um acúmulo negativo de massa seca na cultura. Velini et al. (2008) observam também que o glyphosate aplicado em altas doses reduziu o crescimento de espécies não transgênicas, como *Glycine max*, *Zea mays*, *Commelina benghalensis*, *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribea*.

Em relação as épocas de aplicação do glyphosate observou-se que aos 25 DAP, estágio mais precoce de aplicação do herbicida na batata-doce, a MFPA/MSPA obtiveram as maiores médias com as aplicações das doses comparado com as épocas de 50 e 75 DAP. Isso pode ser explicado, devido ser um estágio onde as plantas puderam se recuperar ao estresse sofrido. Entretanto Magalhães et al. (2001) afirma, dizendo que o efeito de doses do glyphosate nos estádios precoce de desenvolvimento das plantas prejudica mais do que nos estádios avançados.

A produção da raiz tuberosa é uma relação entre a capacidade de dreno e do potencial da fonte (CONCEIÇÃO; LOPES; FORTES, 2004). Dessa forma, a área foliar (fonte) ou a massa da parte aérea é um elemento decisório na produção, pois sua redução provoca inferior absorção de energia radiante e fotossíntese menos intensa, diminuindo, assim, a produção de biomassa (OLIVEIRA JUNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2010). A produtividade está relacionada à manutenção da área fotossintetizante durante o período de crescimento e desenvolvimento da raiz de armazenamento (LENIS et al., 2006). Ainda, segundo Lenis et al. (2006), o aumento da longevidade e retenção de folhas de plantas de mandioca apresentou correlação positiva com a produtividade de raízes dessa cultura. Resultado similar é relatado por Sagrilo et al. (2002), em que o bom crescimento da parte aérea das plantas de mandioca levou um aumento no acúmulo de fotoassimilados nas raízes tuberosas, maximizando a sua produtividade. Cecílio Filho e May (2002) também descrevem que o incremento da massa seca de parte aérea do rabanete levou a maior produção de massa seca de raízes. Ou seja, os relatos dos autores corroboram com os resultados encontrados no o presente estudo.

Comparando as épocas de exposição às doses, observa-se que a MFR e a MSR aos 25 DAP em todas as doses tiveram maior produtividade de tubérculos do que nas épocas de 50 e 75 DAP. Sendo que aos 50 DAP foi a época mais prejudicada com as aplicações das doses com as menores médias tanto de MFR quanto de MSR. Isso pode ser justificado devido a aplicação coincidir com a fase do início do desenvolvimento da raiz de armazenamento da cultura VAN de FLIERT, BRAUN (1999). Estudo similar foi realizado por Borges (2014) que trabalhou com deriva simulada dos herbicidas chlorimuron ethyl na cultura da batata e observou que a aplicação do herbicida aos 37 DAP afetou mais produtividade do que aos 67 DAP. Tal fato é justificado devido a esse herbicida atuar na síntese de aminoácidos e a

aplicação aos 37 DAP ter sido na fase desenvolvimento vegetativo e início da formação das raízes.

Já a porcentagem de amido encontrada nas raízes da batata-doce teve um aumento superior em relação a testemunha com a aplicação do glyphosate na dose de 144 g e.a. L⁻¹, diferentemente do que foi observado na produtividade de tubérculos com a mesma dose. Desta forma o efeito do glyphosate na batata-doce, seja devido deriva ou aplicação na lavoura para controle de plantas daninhas, compromete a produtividade de raízes, sendo assim não recomendado, mesmo que estimule o incremento na concentração de amido, elevando a disponibilidade a conversão à álcool.

Vital (2015) estudando plantas de girassol em função do tratamento com o glyphosate, observou que a concentração de açúcares e amido foi significativamente menor correspondendo a redução na maior dose (86,4 g e.a. L⁻¹ do herbicida) de 72% para açúcares solúveis totais, 71% açúcares redutores, 73% açúcares não redutores e de 92% para o amido, quando comparado com o controle. Na presente pesquisa, com a aplicação da dose 288 g e.a.L⁻¹ do glyphosate aos 75 DAP, notou-se que a maior redução do amido foi de 21,66%, em relação a testemunha.

Tal fato ocorre porque após declínios das trocas gasosas com as aplicações do glyphosate, assim como foi observado nesse trabalho, ocorre mudanças na fisiologia da planta, o que refletem diretamente na concentração dos fotoassimilados gerados pela fotossíntese, pois a acumulação de amido é interrompida (GEIGER & BESTMAN, 1990). E estes compostos são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Wen-Wen et al., 2015). Vital (2015) igualmente associou as reduções na concentração de carboidratos das plantas de girassol, possivelmente pela diminuição da atividade de carboxilação.

Assim como o estresse provocado pelo herbicida a temperatura também é descrita como uma das principais variáveis que determinam a formação de raízes tuberosas, sendo essa formação sensível tanto a baixas como a altas temperaturas. A radiação solar é outro elemento meteorológico importante no processo de crescimento das raízes de batata-doce (VILLORDON et al., 2010). Após o início da tuberização, a produtividade depende da capacidade de a parte aérea produzir assimilados e translocá-los para as raízes (SOMASUNDARAM E MITHRA, 2008). Conseqüentemente, níveis elevados de radiação solar afetam positivamente a produtividade de raízes, já que essa variável é a fonte de energia para a fotossíntese.

Durante o período de crescimento das raízes tuberosas, níveis elevados de radiação solar combinados com temperaturas adequadas contribuem para maior produção de matéria seca total e, conseqüentemente, para o rendimento das raízes tuberosas (CONCEIÇÃO; LOPES e FORTES, 2004).

6 CONCLUSÃO

As doses de glyphosate de 144 e 288 g e.a. L⁻¹ foram os que mais reduziram as variáveis fisiológicas e morfológicas avaliadas.

Em contrapartida a dose de glyphosate de 72 g e.a. L⁻¹, foi o que menos afetou, porém também reduziu as variáveis fisiológicas e morfológicas avaliadas, comparada a testemunha.

A dose de 288 g e.a. L⁻¹ do glyphosate foi a que reduziu mais expressivamente a porcentagem de amido e o etanol estimado da batata doce. Sendo que na dose de 144 g e.a. L⁻¹ do glyphosate, em todas as épocas de aplicação do herbicida os valores da porcentagem de amido e a estimativa de etanol foi superior aos da testemunha.

As épocas que mais afetaram as variáveis de morfológicas da batata doce foram nas aplicações aos 50 e 75 dias após o plantio.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A.B.G.; MATTA, M.H.R.; MONTAGNER, E. Desenvolvimento e validação de métodos de análise de glifosato em grãos de soja. **Química Nova**, v. 31, n. 1, p. 5-9, 2008.
- AMARAL, J. A. T. do; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.
- ARANTES, S. A. C. M. **Retenção e degradação de 14C-glifosato e remobilização dos seus resíduos ligados em diferentes classes de solo**. 2007. 122f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- BIS – Brazil Industrial Solutions. **Usina para produção de etanol a partir da batata-doce**. Disponível em:<http://www.bisbrazil.com.br/tecnologias/alcool.htm>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- BORGES, Marcela. **Phytotoxicity caused by simulated drift from herbicides chlorimuron ethyl and tembotrione on potatoes**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- BURKE, I. C.; REDDY, K. N.; BRYSON, C. T. Pitted and Hybrid Morningglory Accessions Have Variable Tolerance to Glyphosate. **Weed Technology**, v. 23, p.592-598, 2009.
- CAO, Y.; TIAN, H.; YAO, K.; YUAN, Y. Simultaneous saccharification and fermentation of sweet potato powder for the production of ethanol under conditions of very high gravity. **Frontiers of Chemical Science and Engineering**, Beijing, v. 5, n. 3, p. 318–324, 2011.
- CARVALHO, F.P.; SOUZA, B.P; FRANÇA, A.C.; FERREIRA, E.A.; FRANCO, M.H.R.; KASUYA, M.C.M.; FERREIRA, F.A. Glyphosate drift affects arbuscular mycorrhizal association in coffee. **Planta Daninha**, v.32, n.4, p.783-789, 2014.
- CARVALHO, Felipe Paolinelli. **Características fisiológicas do cafeeiro após aplicação do Glyphosate**. 2011. p. 48. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Produção Vegetal. Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, 2011.
- CECÍLIO FILHO, A.B.; MAY, A. Produtividade das culturas de alface e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.501-504, 2002.
- CEDERGREEN, N.; OLESEN, C.F. Can glyphosate stimulate photosynthesis? **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.96, p.140-148, 2010.

CEDERGREEN, Nina. Herbicides can stimulate plant growth. **Weed Research.**, v. 48, n. 5, p. 429-438, 2008.

CHAUHAN, B. S.; ABUGHO, S. B. Theelobe Morningglory (*Ipomoea triloba*) Germination and Response to Herbicides. **Weed Science**, v. 60, p. 199-204, 2012.

CIP. **Centro Internacional de La Papa**. Disponível em: <<https://cipotato.org/annualreport2016/our-crops/>> Acesso em: 10 dez. de 2017.

COLE, D. J. **Mode of action of glyphosate** – a literature analysis. In: Wallingford: CAB, 2009. 432 p.

CONCEIÇÃO, M.K.; LOPES, N.F.; FORTES, G.R.L. Partição de matéria seca entre órgão de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), cultivares Abóbora e Da Costa. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.10, p.313-316, 2004.

COSTA, N.V.; ERASMO, E.A.L.; QUEIROZ, P.A.; DORNELAS, D.F.; DORNELAS, B.F. Efeito da deriva simulada de glyphosate no crescimento inicial de plantas de pinhão-mansão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, p. 1105-1110, 2009.

CRUZ, Carlos Eduardo Souza. **Respostas morfoanatômicas e fisiológicas em Eugenia uniflora L. (myrtaceae) ao herbicida glifosato**. Dissertação de Mestrado em Botânica. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2016.

CRUZ, J. L.; COELHO, E. F.; PELACANI, C. R.; COELHO FILHO, M. A.; DIAS, A. T.; SANTOS, M. T. Crescimento e partição de matéria seca e de carbono no mamoeiro em resposta à nutrição nitrogenada. **Bragantia**, 63, 351-361. 2004.

DALOSO, D.M.; ANTUNES, W.C.; PINHEIRO, D.P.; WAQUIM, J.P.; ARAÚJO, W.L.; LOUREIRO, M.E.; FERNIE, A.R.; WILLIAMS, T.C.R. Tobacco guard cells fix CO₂ by both Rubisco and PEPcase while sucrose acts as a substrate during light-induced stomatal opening. **Plant, Cell Environment**. v.38, 2015, p. 2353–2371.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Braz. J. Plant Physiology.*, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

DANTAS, F. W. F.; SOUZA, A. J.; CIERO, A. D. Controle da rebrota de eucalipto em área de reflorestamento. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE HERBICIDAS E TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO EM FLORESTAS, 2001, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBS/SIF, 2001. p. 29-44.

DIAS, L.E; SILVEIRA, M.A; ALVIM, T. C. **Os desafios da ciência do solo na produção de biocombustíveis**. Boletim Informativo SBSC, Vol. 35, nº 1, 2010.

DURIGAN, Julio Cezar. Comportamento de baixas doses de Herbicidas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **PLANTA DANINHA**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 39-50, 1983.

DUVERNAY, W.H.; CHINN, M. S.; YENCHO, G.C. Hydrolysis and fermentation of sweet potatoes for production of fermentable sugars and ethanol. **Industrial Crops and Products**, London, v. 42, p. 527–537, 2013.

ELLIS, J. M.; GRIFFIN, J. L.; JONES, C. A. Effect of carrier volume on corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) response to simulated drift of glyphosate and glufosinate. **Weed Technology**, v. 16. p. 587-592, 2002.

FABRI, E. G.; SIQUEIRA, M. V. B. M; BORGES, A.; MELO, P. C. T.; VEASEY, E. A.; SILVA, J. B. C. Variabilidade genética em batata-doce alaranjada com base em marcadores microssatélites. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, Maringá, p. 48, 2008.

FAGLIARI, J. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; HOMEM, L. M.; SOARES, R. Efeitos e impacto econômico da aplicação de subdoses de 2,4-D, simulando deriva sobre o tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. Resumos... São Pedro: **SBCPD**, 2004.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Statistical Databases. Disponível em: <<http://www.fao.org/>> Acesso em: 3 dez. 2016.

FARQUHAR, G.D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, v.33, p.317- 345, 1982.

FERRAZ, R. L. de S.; MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B. de; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. da S.. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181-188, abr./jun. 2012.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar**: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042. 2011.

FERREIRA-SILVA, S.L.; SILVEIRA, J.A.G.; VOIGT, E.L.; SOARES, L.S.P.; VIÉGAS, R.A. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 20,51–59, 2008.

FILGUEIRA, Fernando Antônio Reis. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 161 p.

FILGUEIRA, Fernando Antônio Reis. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed., Viçosa:UFV, 2008. 421 p.

FLEXAS, J.; RIBAS-CARBÓ, M.; DIAZ-ESPEJO, A.; GALMES, J.; MEDRANO, H. Mesophyll conductance to CO₂: current knowledge and future prospects. **Plant Cell Environment**. v. 31, p. 602–621, 2008.

FOLQUER, Fausto. **La batata (camote):** estudio de la planta y su producción comercial. San Jose: IICA, 1978. 151 p.

FOODNEWS. **Perfil da produção de batata-doce no Brasil.** Disponível em: <<http://www.foodnewsoficial.com.br/noticias-e-eventos/batata-doce-2/>> Acesso em: 10 dez. 2017.

FRANÇA, A.C.; CARVALHO, F.P.; FIALHO, C.M.T.; D'ANTONINO, L.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, L.R. Deriva simulada do glyphosate em cultivares de café acaia e catucaí. **Planta Daninha**, v.31, n.2, p.443-451, 2013.

FUCHS, M. A.; GEIGER, D. R.; REYNOLDS, T. L.; Bourque, J. E. Mechanisms of glyphosate toxicity in velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medikus). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 74, n. 1, p. 27-39, 2002.

GALLI, A.J.B.; MONTEZUMA, M.C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida Glifosato na agricultura.** São Paulo: Acadcom, 2005. 67 p.

GAZZIERO, D. L. P.; PRETE, C. E. C. Resistência é a questão. **Revista Cultivar**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 22- 24, 2004.

GEIGER, D. R.; SHIEH, W. J.; FUCHS, M. A. Causes of selflimited translocation of glyphosate in Beta vulgaris plants. **Pesticide Biochemical and Physiology**, v.64, p.124-133, 1999.

GEIGER, R.D.; BESTMAN, H.D. Self-limitation of herbicide mobility by phytotoxic action. **Weed Science**, Champaign, v. 38, n. 3, p. 324-329, 1990.

GHANNOUM, O. C4 photosynthesis and water stress. **Annals of Botany**, Oxford, v. 103, n. 4, p. 635-644, July 2009.

GIL, Y.; SINFORT, C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: a bibliographic review. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 39, p. 5183-5193, Sept. 2005.

GODOY, Maria Carolina. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção do fósforo pela soja.** 2007. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu., 2007.

GOMES, G. L. G. C. ; VELINI, E. D. ; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. Efeitos da associação de glyphosate e fosfito em plantas de milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.1, p.78-86, jan./abr. 2013

GOMES, Giovanna Larissa Gimenes Cotrick. **Alterações metabólicas de plantas de milho submetidas à aplicação de glyphosate e fosfito.** 2011. 97p. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, 2011.

GRAVENA, Renan. **Respostas bioquímicas e fisiológicas de plantas de citros atingidas pelo glyphosate.** 2006. 145 p. Tese (Doutorado em Agronomia: área de

concentração em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 2006.

GUSMÃO, G. A.; RONDON NETO, R. M.; YAMASHITA, O. M. Deriva simulada de glyphosate em plantas jovens de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.1, p.13-19, jan./abr. 2011

HEMPHILL Jr., D. D.; MONTGOMERY, M. L. Response of vegetable crops to sublethal application of 2,4 D. **Weed Science Society of America**, v. 29, n. 6, p. 632-635, 1981.

HILLER, L.K.; THORNTON, R.E. **Managing physiological disorders**. In: Potato Health Management. APS Press, St. Paul, Minn. 2008.

HORRER, D.; FLÜTSCH, S.; PAZMINO, D.; MATTHEWS, J.S.A.; THALMANN, M.; NIGRO, A.; LEONHARDT, N.; LAWSON, T.; SANTELIA, D. Blue light induces a distinct starch degradation pathway in guard cells for stomatal opening. **Current Biology**. v.26, 2016, p362– 370.

HUAMAN, Z.; AGUILAR, C.; ORTIZ, R. Selecting a peruvian sweet potato core collection on the basis of morphological, eco-geographical, and disease and pest reaction data. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 98, n. 5, p. 840–844, 1999.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Agrometeorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTAxOQ==>. Acesso em: 30 de nov. 2017.

JAIMEZ, R.E. et al. A. Seasonal variations in leaf gas exchange of platin cv. 'Hartón' (*Musa* AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.104, n.1, p.79-89, 2005.

JOLY, Ainton Brandão. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 10. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1998. 808 p.

KAKANI, V.G.; SURABHI, G.K.; REDDY, K.R. Photosynthesis and fluorescence responses of C4 plant *Andropogon gerardii* acclimated to temperature and carbon dioxide. **Photosynthetica**, v.46, p.420-430, 2008.

KANO, M.K.; AKAYANAGI, T.T.; ARADA, K.H.; AKINO, K.M.; SHIKAWA, F.I. Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki. **Bioscience Biotechnology, and Biochemistry**, Tokyo, v. 69, n. 5, p. 979–988, 2005.

KAY, Daisy E. **Root crops**. London: The Tropical Products Institute, 1973. 245 p.

KIM, K.; HAMDY, K.M. Acid hydrolysis of sweet potato for ethanol production. **Biotechnology and Bioengineering**, New York, v. 27, n. 3, p. 316–320, 1985.

KONRAD, M.L.F.; SILVA, J. A. B. da; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

KRUSE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, p. 139, 2000.

LÁZARI, Thiago Magalhães. **Avaliação das características agrônômicas e físico-químicas de clones de batata-doce, suas correlações e implicações no rendimento de etanol**. 2011. p. 98. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO, 2011.

LEBOT, Vizont. **Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids**. Wallingford: CAB, 2009. 432 p.

LEE, W.S.; CHEN, I.C.; CHANG, C.H.; YANG, S.S. Bioethanol production from sweet potato by co-immobilization of saccharolytic molds and *Saccharomyces cerevisiae*. **Renewable Energy**, Brighton, v. 39, n. 1, p. 216–222, 2012.

LENIS, J.I.; CALLE, F.; JARAMILLO, G.; PEREZ, J.C.; CEBALLOS, H.; COCK, J.H. Leaf retention and cassava productivity. **Field Crops Research**, v.95, p.126-134, 2006.

MACHADO, A.F.L.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, L.D.T.; FERREIRA, F.A.; VIANA, R.G.; MACHADO, M.S. ET AL. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, n.2, p.319- 327, 2010.

MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, E.C.; MACHADO, R.S.; RIBEIRO, R.V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.351-359, 2010.

MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MACHADO, R.S.; RIBEIRO, R.V.; MARCHIORI, P.E.R.; MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, E.C.; LANDELL, M.G. de A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1575-1582, 2009.

MAGALHÃES, P.C., J.B. SILVA, F.O.M. DURÃES, D. KARAM & L.S. RIBEIRO. Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, 19: 247-253. McDonald, L., T. Morgan & P. Jackson. 2001.

MARTINS, E.C. A.; PELUZIO, J.M.; COIMBRA, R.R.; OLIVEIRA JUNIOR, W.P. Variabilidade fenotípica e divergência genética em clones de batata-doce no estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 691-697, 2012.

MATSUI, T.; EBUCHI, S.; KOBAYASHI, M.; FUKUI, K.; SUGITA, K. T.; ERAHARA, N.; MATSUTO, K. Anti-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin derived from *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki can be achieved through the alpha-glucosidase inhibitory action. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 25, p. 7244– 7248, 2002.

MATTHEWS, G.A. **The application of chemicals for plant disease control**. In: WA E , J.M.; ENNÉ, J.M.; WA E , S.J. Plant pathologist's pocketbook. Londres: CAB, 2002. p.345-53

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranja 'Valência' sob deficiência hídrica. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Londrina, v. 11, n. 1, p. 29- 34, 1999.

MELO, A. S. et al. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 733-741, 2009.

MIRANDA FILHO, H. S.; GRANJA, N. P.; MELO, P. C. T. **Cultura da batata**. Vargem Grande do Sul, 2003. 68 p. (Apostila)

MIRANDA, J. E. C. DE; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, A.F.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A.; DILVA, J.B.C. **A cultura da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA/CNPH, 1995, 9P.

MIRANDA, J.E.; BONACIN, G.A.; TAKAHASHI, R. PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FOLHAS DE AMOREIRA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DO ANO E DE COLHEITA. **Scientia Agricola**, v.59, n.3, p.499-504, jul./set. 2002.

MIRANDA, J.E.C. de; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A.; AGUILAR, J.A.E. **Cultivo de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L) Lam)**. Brasília: EMBRAPA-CNPH, 1984. 8 p. (Embrapa Hortaliças. Instruções Técnicas, 7).

MOHANRAJ, R.; SIVASANKAR, S. Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) - A Valuable Medicinal Food: A Review. **Journal of medicinal food**. J Med Food, v.17, n.7, p.733-741, 2014.

MONQUERO, P. A; CHRISTOFFOLETI, P.J.; OSUNA, M.D.; DE PRADO, R.A... Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.

NASCIMENTO, Junea Leandro. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico**. 110p. 2009. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – UESC. Ilhéus, 2009.

OLESEN, C.F.; CEDERGREEN, N. Glyphosate uncouples gas exchange and chlorophyll fluorescence. **Pest Management Science**, v.66, n.5, p.536-542, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p.263-304.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p.263-304.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PAZUCH, D.; TREZZI, M.M.; GUIMARÃES, A.C.D.; BARANCELLI, M.V.J.; PASINI, R.; VIDAL, R.A. Evolution of natural resistance to glyphosate in morning glory populations. **Planta Daninha**, v. 35, 2017.

PEREIRA, C.S.; BEVILACQUA, U.C.; SOUZA, T.V.; MATTE, W.D.; CHAPLA M.V. Phytotoxicity in transgenic soybean treated with glyphosate doses. **Scientific Electronic Archives**, 3:52-61, 2016.

PEREIRA, M. R. R.; RODRIGUES, A. C. P.; COSTA, N. V. C.; MARTINS, D.; KLAR, A. E.; SILVA, M. R. Efeito da deriva de glyphosate sobre algumas características fisiológicas em plantas de eucalipto. **Interciência**, Caracas, v. 35, n. 4, p. 279-283, abril, 2010.

PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. de L. C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 31-39, 2000.

RAVI, V.; NASKAR, S.K.; MAKESHKUMAR, T.; BABU, B.; KRISHNAN, B.S.P. Molecular physiology of storage root formation and development in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Journal of Root Crops**, Thiruvananthapuram, v. 35, n. 1, p. 1–27, 2009.

REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 16, p. 5139-5143, 2004.

ROBINSON, J. Michael. Leaflet photosynthesis rate and carbon metabolite accumulation patterns in nitrogen-limited, vegetative soybean plants. **Photosynthesis Research**, 50, 133-148. 1996.

RODRIGUES, J. D. **Absorção, translocação e modo de ação de defensivos**. Botucatu: UNESP, Instituto de Biociências, 1994. 106 p.

RONDON NETO, R. M.; BENETTI, E.; YAMASHITA, O. M.; GUSMÃO, G. A. Fitotoxicidade de peroba-mica (*Aspidosperma desmanthum*) submetidas à deriva de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.1, p.13-19, jan./abr. 2011.

ROULLIER, C.; KAMBOUO, R.; PAOFA, J.; MCKEY, D.; LEBOT, V. On the origin of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] genetic diversity in New Guinea, a secondary centre of diversity. **Heredity**, Edinburgh, v. 110, n. 6, p. 594–604, 2013.

SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; MAIA, R.R.; KVITSCHAL, M.V. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, v.61, p.115-125, 2002.

SANTOS, F.M.; VARGAS, L.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; AGOSTINETTO, D.; MARTIN, T.N.; RUCHEL, Q. e FERNANDO, J.A. estágio de desenvolvimento e superfície foliar reduzem a eficiência de chlorimuron-ethyl e glyphosate em *Conyza sumatrensis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 2, p. 361-375, 2014.

SERVIATES, J. C.; TUCCI, M. A.; GEIGER, D. R. Glyphosate effects on carbon assimilation, ribulose biphosphate carboxylase activity, and metabolite levels in sugar beet leaves. **Plant Physiology**, Rockville, v. 85, n. 2, p. 370-374, 1987.

SHANER, D. L. Effects of glyphosate on transpiration. **Weed Science**. v. 26, n. 5, p. 513- 516, 1978.

SHIEH, W. J.; GEIGER, D. R.; SERVIATES, J. C. Effect of N-(Phosphonomethyl) glycine on carbon assimilation and metabolism during a simulated natural day. **Plant Physiology**, Rockville, v. 97, n. 3, p. 1109-1114, 1991.

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 58, n. 6, p. 219-247, 2007.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P.A.A.; LIRA, J.M.S.; SANTANA, M.C.; SILVA JUNIOR, C.D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas a deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 7-13, 2010.

SILVA, Graziela dos Santos Portes. **Concentração de amido e estimativa de rendimento de álcool em batata-doce cultivada com diferentes fontes e doses de potássio**. 2013. p. 51. Dissertação (mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.

SILVEIRA, H. M.; Ferreira, E.A.; Silva, D.V.; Neto, M.D.C.; Carvalho, F.P.; Santos, J.B.; Silva, A.A. Características fisiológicas de cultivares de mandioca após aplicação do mesotrione. **Planta Daninha**. vol. 31 n. 2, Viçosa, Apr/June, 2013.

SILVEIRA, Marcio Antônio da et. al. A cultura da batata-doce como fonte de matériaprima para o etanol. **Boletim Técnico UFT**. Palmas - TO, 64 p., 2014.

SILVEIRA, Márcio Antônio da. **Batata-Doce: uma nova alternativa para a produção de etanol**. In: Álcool combustível - Série Indústria em Perspectiva. Instituto Euvaldo Lodi. Núcleo Central. cap. 8, p.109 – 122. Brasília, 2008.

SILVEIRA, Márcio Antônio. **A Cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol**. Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, (Boletim técnico, UFT), 2007.

SILVEIRA; Márcio Antônio da. **Álcool Combustível - Série Indústria em Perspectiva**. Batata-doce: Uma Nova Alternativa para a Produção de Etanol. v. 1. p. 109-122. Brasília 2008.

SOARES, M. B. B. et al. **Efeito de subdoses de glyphosate sobre o desenvolvimento inicial de plantas de urucum**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. Disponível em: <http://www.sbcpd.org/portal/anais/XXVII_CBCPD/PDFs/599.pdf>. Acesso em: 21 novembro 2017.

SOARES-CORDEIRO, A.S.; DRISCOLL, S.P.; ARRABAÇA, M.C.; FOYER, C.H. Dorsoventral variations in dark chilling effects on photosynthesis and stomatal function in *Paspalum dilatatum* leaves. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.687-699, 2010.

SOMASUNDARAM, K.; MITHRA, V.S. Madhuram: A simulation model for sweet potato growth. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.4, p.241-254, 2008.

STEINBAUER, C. E.; KUSHMAN, L.J. **Sweet-potato culture and diseases**. Washington, D.C. U.S.D.A. 1971. 74p. (Agriculture Handbook, 388)

SUDA, I.; NISHIGOSHI, K.; OKI, T.; MASUDA, M.; KOBAYASHI, M.; NISHIBA, Y.; FURUTA, S. Physiological functionality of purple-fleshed sweet potatoes containing anthocyanins and their utilization in foods. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tsukuba, v. 37, n. 3, p. 167–173, 2003.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TOCANTINS. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública - SEPLAN. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Superintendência de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. Organizado e atualizado por Paulo Augusto Barros de Sousa, Rodrigo Sabino Teixeira Borges e Ricardo Ribeiro Dias. 6. ed. rev. atu. Palmas: Seplan, 2012.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de eucalipto submetido à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 521-526, 2006.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Morphological responses of different eucalypt clones submitted to glyphosate drift. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 1, p. 11-20, 2007.

TUFFI SANTOS, L. D. Sant'Anna-Santos, BF.; Meira, RMSA.; Ferreira, FA.; Tiburcio, RAS.; Machado, AFL. Leaf anatomy end morphometry in three eucalypt clones treated with glyphosate. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 69, ed. 1, pg. 129-136, 2009.

VAN DE FLIERT, E.; BRAUN, A. **Escola de campo de agricultores para o manejo integrado de culturas de batata-doce**. Guias de campo e manual técnico. Centro Internacional de Batata. Lima, Peru. 266 p. 1999.

VELINI, E. D.; ALVES E.; GODOY, M.C.; MESCHEDE, D.K.; SOUZA, R.T.; DUKE, S.O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, London, v. 64, n. 4, p. 489-496, 2008.

VELINI, E.D., DUKE, S.O.; TRINDADE, M.L.B.; MESCHEDE, D.K.; CARBONARI, C.A. 2009. **Modo de ação de glyphosate**. In: VELINI, E.D., TRINDADE, M.L.B.; MESCHEDE, D.K.; CARBONARI, C.A. (Org.). Glyphosate. 1ed. Botucatu: FEPAF, 2009, v.1, p.113-134.

VIDAL, R.A. **Herbicidas: Mecanismo de ação e Resistência de plantas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 165p

VILLORDON, A.; SOLIS, J.; LABONDE, D.; CLARK, C. Development of a prototype bayesian network model representing the relationship between fresh market yield and some agroclimatic variables known to influence storage root initiation in sweet potato. **HortScience**, v.45, p.1167-1177, 2010.

VITAL, Roberto Gomes. **Subdoses de glyphosate e trinexapac-ethyl nas características fisiológicas e de crescimento de plantas de girassol**. 2015. p. 68. Dissertação (Ciências Agrárias – Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Rio Verde, 2015.

WAGNER JÚNIOR, A.; TUFFI SANTOS, L.D.; SANTOS, C.E.M.; SILVA, J.O.C.; PIMENTEL, L.D.; BRUCKNER, C.H.; FERREIRA, F.A. Deriva simulada de formulações comerciais de glyphosate sobre maracujazeiro amarelo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 677-683, 2008.

WEN-WEN, X.; LIN, L.; PAN, G.; HE, L.; QIAO-SAI, S.; SHENG, S.; JIN, S.; SHIRONG, G. Effects of grafting with pumpkin rootstock on carbohydrate metabolism in cucumber seedlings under Ca(NO₃)₂ stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.87 p. 124-132, 2015.

WOOLFE, Jennifer A. **Sweet potato: an untapped food resource**. New York: Cambridge University Press, 2008. 643 p.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. International Plant Nutrition Institute. Piracicaba: Informações Agronômicas, 2007. 24p. (Boletim Técnico).

YAMADA, T; CASTRO, P. R. C. Glifosato, herbicida com singular modo de ação: efeitos secundários e implicações fisiológicas e agronômicas. In: SIMPÓSIO SISTEMA AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL COM COLHEITA ECONÔMICA MÁXIMA. Brasil, 2004. **Anais...** São Pedro: Potafos, 2004.

YAMASHITA, O. M. et al. Efeito de doses reduzidas de oxyfluorfen em cultivares de algodoeiro. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 917-921, set. 2008.

YAMASHITA, O. M. et al. Tolerance of coffee conillon seedlings (*Coffea canephora*) to herbicides applied in post-emergency. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 169-174, mar./abr. 2009.

YOSHIMOTO, M.; OKUNO, S.; YOSHINAGA, M.; YAMAKAWA, O.; YAMAGUCHI, M.; YAMADA, J. Antimutagenicity of sweet potato (*Ipomoea batatas*) Roots. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, Tokyo, v. 63, n. 3, p. 537–541, 1999.

ZISKA, L.H.; RUNION, G.B.; TOMECEK, M.; PRIOR, S.A.; TORBET, H.A.; SICHER, R. An evaluation of cassava, sweet potato and field corn as potential carbohydrate sources for bioethanol production in Alabama and Maryland. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.33, n.11, p.1.503-1.508, 2009.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; KREMER, J.R.; CONSTANTIN, J.; BONATO, C.M.; MUNIZ, A.S. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 97, p. 182-193, 2010.