

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**TROPICAL**



**AÇÃO DO GLIFOSATO NOS PARÂMETROS  
FOTOSSINTÉTICOS DO GUARANAZEIRO**

**BRUNA NOGUEIRA LEITE**

**MANAUS-AM**

**2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**TROPICAL**

**BRUNA NOGUEIRA LEITE**

**AÇÃO DO GLIFOSATO NOS PARÂMETROS**  
**FOTOSSINTÉTICOS DO GUARANAZEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração produção vegetal.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra. Jânia Lília da Silva Bentes

**MANAUS- AM**

**2017**

BRUNA NOGUEIRA LEITE

**AÇÃO DO GLIFOSATO NOS PARAMETROS FOTOSSINTÉTICOS DO  
GUARANAZEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

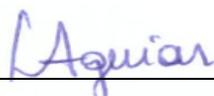
Aprovada em 08 de março de 2017.

BANCA EXAMINADORA



---

Profa. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas



---

Profa. Dra. Luciana de Souza Aguiar e Souza, Membro  
Universidade Federal do Amazonas



---

Prof. Dr. Pedro de Queiroz Costa Neto, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

L533a Leite, Bruna Nogueira  
Ação do glifosato nos parâmetros fotossintéticos do guaranazeiro  
/ Bruna Nogueira Leite. 2017  
33 f.: 31 cm.

Orientadora: Sônia Maria Figueiredo Albertino  
Coorientadora: Jânia Lília da Silva Bentes  
Dissertação (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade  
Federal do Amazonas.

1. Paullinia cupana. 2. deriva. 3. herbicida. 4. trocas gasosas. I.  
Albertino, Sônia Maria Figueiredo II. Universidade Federal do  
Amazonas III. Título

**Ao meu marido Evandro Konrad Hoffmann pelo amor, paciência e palavras de ânimo;**

**A minha mãe Cleucineide Gonçalves Nogueira, irmã Bianca Nogueira Leite e sobrinha**

**Valentina Nogueira Nascimento pelo apoio e carinho.**

**Com muito amor e satisfação.**

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço acima de tudo e por tudo, a Deus, pela misericórdia e força de todos os dias, sem Ele jamais seria possível enfrentar as tempestades em um barco tão pequeno e vulnerável.

A minha família pelo ombro amigo, pelas palavras de força e por todas as orações.

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical pela possibilidade de realização do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado.

A minha orientadora Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino, minha gratidão por aceitar orientar-me, auxiliando em todo o desenvolvimento do projeto, socorrendo nos momentos de angústias e compartilhando seu conhecimento, os fazendo com toda generosidade e paciência.

Ao Dr. José Ferreira da Silva e a Dra. Jânia Lilia da Silva Bentes pelo apoio e auxílios neste trabalho.

Ao Dr. Firmino José do Nascimento Filho por todo suporte técnico e compartilhamento de experiência.

A equipe do LCPD (Laís Alves, Francisco Martins, Karla Dutra, Flávia Shimpl, Ajax Souza, Vaneza Teixeira, Vilson, Fábio Souza e Daniel Oscar) pela ajuda oferecida sempre que necessário e apoio nos momentos difíceis.

Ao professor Dr. Marciel José Ferreira e ao doutorando Victor Hardt pelo apoio nas análises fotossintéticas.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho os meus sinceros agradecimentos. Que o Senhor Deus abençoe-os.

**MUITO OBRIGADA.**

## RESUMO

Em muitas lavouras as subdoses de herbicidas depositadas sobre a cultura por efeito da deriva, são suspeitas de alterar seus mecanismos fotossintéticos. Em função da necessidade do manejo de plantas daninhas em cultivos de guaranazeiro este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de subdoses do herbicida glifosato no aparato fotossintético de mudas de guaranazeiro. Mudas das cultivares BRS-Andirá e BRS-Maués foram submetidas às subdoses de 0; 324 g e 432 g do i.a. ha<sup>-1</sup> do recomendado de glifosato. Estes efeitos foram avaliados no dia; dois dias e sete dias após a aplicação. Os efeitos do glifosato foram avaliados através das análises de trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e índice de conteúdo de clorofila (ICC). Todos os parâmetros para trocas gasosas foram significativos para o fator subdose. O parâmetro fluorescência da clorofila *a* não foi significativo para nenhum dos fatores avaliados e o ICC foi significativo em todos os fatores e suas interações. A dose 324 g i.a. ha<sup>-1</sup> reduziu as taxas de todos os parâmetros para trocas gasosas enquanto que a maior dose não foi diferente da testemunha. O ICC para BRS-Andirá teve seus valores reduzidos com o aumento das subdoses de glifosato, enquanto que a BRS-Maués teve seus valores reduzidos quando submetidos à dose 324 g i.a. ha<sup>-1</sup> e um aumento na dose 432 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Ao sétimo dia de avaliação o ICC para a BRS-Andirá foi reduzido, enquanto que para BRS-Maués foram elevados. As mudas de guaranazeiro sofreram alterações em suas trocas gasosas quando submetidos à subdose de glifosato, todavia seus efeitos não persistiram. O ICC foi útil na observação do efeito de baixas doses de glifosato em mudas de guaranazeiro.

Palavras- chave: *Paullinia cupana*; deriva; herbicida; trocas gasosas.

## ABSTRACT

In many crops, the underdoses of herbicides deposited in a drift culture, are suspected of altering their photosynthetic mechanisms. Due to the need of weed management in guarana crop, this work aims to evaluate the effect of low doses of the herbicide glyphosate in the photosynthetic apparatus guaranazeiro seedlings. Seedlings of the cultivars BRS-Andirá and BRS-Maués were submitted to underdoses of 0; 324 g and 432 g of the recommended glyphosate. These effects were evaluated in day two days and seven days after the application. The effects of glyphosate were performed through on gas exchange analysis, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content index (ICC). All parameters for gas exchange were significant for the underdose factor. The chlorophyll fluorescence parameter was not significant for any of the factors and the ICC was significant in all factors and interactions of these factors. The dose of 324 g i.a. ha<sup>-1</sup> reduced the rates of all parameters for gas exchange while the higher dose was not different from the control. The ICC for BRS-Andirá had its values reduced with the increase of glyphosate subdoses, while BRS-Maués had its values reduced when submitted the dose 324 g i.a ha<sup>-1</sup> but at 432 g i.a ha<sup>-1</sup> increased the rates. On the seventh day of evaluation the ICC for the BRS-Andirá was reduced, while for the BRS-Maués were lifted. The guarana seedlings they underwent changes in their gas exchange when subjected to glyphosate underdoses, but their effects did not persist. The ICC was useful in observing the effect of low doses of glyphosate on guarana seedlings.

Key-words: *Paullinia cupana*; drift; herbicide; gas exchange.

## Lista de Tabelas

- Tabela 1. Resumo da Anova para fotossíntese, respiração, transpiração, condutância estomática, fluorescência da clorofila a e índice do conteúdo de clorofila de duas cultivares de guaranazeiro submetidas a três subdoses de glifosato, em três períodos. Manaus, 2016. .... 32
- Tabela 2. Médias da fotossíntese máxima, respiração, condutância estomática e transpiração de mudas de guaranazeiro, submetidas à subdoses de glifosato. Manaus, 2016. .... 32
- Tabela 3. Médias do índice do conteúdo de clorofila para duas cultivares de guaranazeiro submetido a três subdoses de glifosato. Manaus. 2016. .... 32
- Tabela 4. Médias do índice de conteúdo de clorofila de duas cultivares de guaranazeiro mensurado em três períodos de avaliação. Manaus. 2016..... 33
- Tabela 5. Médias do índice de conteúdo de clorofila, em função de subdoses de glifosato em três períodos de avaliação. Manaus, 2016. .... 33

## Sumário

INTRODUÇÃO .....	11
OBJETIVOS .....	12
Geral.....	12
Específicos .....	12
REVISÃO DE LITERATURA .....	13
O guaranazeiro ( <i>Paullinia cupana</i> ).....	13
Valor econômico da cultura .....	13
Tratos culturais do guaranazeiro .....	15
O uso de herbicida .....	16
Glifosato.....	17
Respostas fotossintéticas.....	18
REFERÊNCIAS .....	20
Artigo de acordo com as normas da Revista Planta Daninha.....	24
RESUMO .....	24
ABSTRACT.....	24
INTRODUÇÃO .....	25
METODOLOGIA .....	26
RESULTADOS .....	27
REFERÊNCIAS.....	30



## INTRODUÇÃO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) é uma planta nativa da região Amazônica e o teor de cafeína encontrado em suas sementes lhe confere grande valor econômico (SCHIMPL, 2013).

A antracnose (*Coletotrichum guaranicola* Albuquerque), principal doença do guaranazeiro, diminui em até 50% a sua produção (ARAÚJO et al., 2007). O uso de cultivares com resistência estável à antracnose é a estratégia de controle mais viável do ponto de vista social, econômico e ambiental (PLÁCIDO JUNIOR, 2012).

O manejo de plantas daninhas é uma prática indispensável à realidade de cultivo de plantas nos ecossistemas da Amazônia (SILVA et al., 2008), porém nesta região há escassez de mão de obra no meio rural, sendo também uma atividade insalubre devido às condições climáticas de altas temperaturas, umidade relativa do ar elevada e densa radiação solar.

Em plantios comerciais de guaranazeiro no Amazonas, o manejo das plantas daninhas é realizado principalmente por meio de roçadas com facão, sendo considerada uma prática onerosa e sem ação eficaz. O uso de herbicidas pode ser considerado uma opção para amenizar as dificuldades nesse manejo, apesar de não existirem produtos comerciais registrados para a cultura (FONTES; NASCIMENTO FILHO, 2007). Em muitas lavouras, as subdoses de herbicidas depositadas sobre as plantas por efeito da deriva no momento da pulverização, são suspeitas de alterar os processos fotossintéticos das plantas. Em função da necessidade do manejo de plantas daninhas em cultivos de guaranazeiro, este trabalho visa avaliar o efeito residual do glifosato nos aparatos fotossintéticos da espécie.

## **OBJETIVOS**

### **Geral**

Avaliar o efeito de subdoses de glifosato no aparato fotossintético de mudas de guaranazeiro.

### **Específicos**

Determinar a fotossíntese máxima ( $P_{max}$ ), respiração no escuro ( $R_d$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e transpiração ( $E$ ) em mudas de guaranazeiro submetidas à subdoses de glifosato;

Analisar a fluorescência da clorofila  $a$  em mudas de guaranazeiro submetidas à subdoses de glifosato;

Determinar o índice de conteúdo de clorofila (ICC) em mudas de guaranazeiro submetidas à subdoses de glifosato.

## REVISÃO DE LITERATURA

### O guaranazeiro (*Paullinia cupana*)

O primeiro relato sobre o guaranazeiro ocorreu em 1669 pelo jesuíta João Felipe Betendorf que encontrou a planta sob o uso dos índios Andirá (sateré-mawé) sendo estes os responsáveis pela autoria da lenda que gira em torno da variedade *sorbilis* (ATROCH, 2009), provavelmente, os índios Saterê-mawé foram os primeiros habitantes da região que hoje compreende as cidades de Maués e Parintins no Estado do Amazonas e Itaituba no Estado do Pará, sendo os pioneiros no plantio do guaranazeiro para consumo. Assim, os Saterê-mawé transformaram o guaranazeiro, uma planta trepadeira nativa da Amazônia, em arbusto cultivado e desenvolveram técnicas de beneficiamento do fruto, de modo a permitir seu uso como bebida e medicamento, mas tarde, após a colonização, os novos moradores mantiveram a tradição (LORENZ et al., 2007).

A espécie *Paullinia cupana* H.B.K., possui duas variedades, *P. cupana* variedade típica que é o guaraná venezuelano e *P. cupana* variedade *sorbilis*, o guaraná brasileiro, economicamente explorado e o único usado comercialmente (SCHIMPL et al., 2013).

### Valor econômico da cultura

O guaranazeiro é uma planta Amazônica conhecida mundialmente por suas propriedades energéticas, lhe atribuindo grande valor econômico, ao longo do tempo

vem sofrendo um processo de modernização em seu sistema de cultivo no intuito de melhorar aspectos produtivos e sanitários (TRICAUDI et al., 2016).

Além das propriedades energéticas, comercialmente ainda lhe é atribuído propriedades medicinais (KUSKOSKI, 2005). As bebidas de guaraná são populares no Brasil, e vem apresentando um excelente potencial de vendas no mercado externo (RIBEIRO et al., 2012).

É uma espécie cujo principal produto são as sementes, que após passarem pelo processo de beneficiamento são utilizadas principalmente na indústria de refrigerantes (MICHILES, 2010). Outras indústrias como as farmacêuticas e de cosméticos também mostram interesse pelo guaraná (SAI et al., 2013).

Após processado o principal produto proveniente do guaraná é o xarope, conhecido como um dos extratos concentrados responsáveis pelas características de cor, aroma e sabor dos refrigerantes e entre os mais consumidos no Brasil (CERVIERI JUNIOR, 2014).

O Brasil detém quase toda produção mundial de guaraná, outros países como Peru e Venezuela se apresentam como pequenos produtores (CONAB, 2013). A estimativa para o ano de 2015, cotado pelo IBGE, foi de 11.786 hectares plantados, com produção de 3.667 toneladas, alcançando  $311 \text{ kg.ha}^{-1}$ , essa produção atende principalmente o mercado interno. No Brasil apenas cinco estados plantam guaraná em escala comercial, são eles Amazonas e Bahia com as maiores áreas plantadas, seguidos de Mato Grosso, Pará e Acre (CONAB, 2013).

No Amazonas a cultura vem se desenvolvendo de forma crescente e alcançando importância no agronegócio (NASCIMENTO FILHO, 2009). Dados recentes revelam que este Estado contribui somente com 38% do total da produção Nacional. Mesmo

possuindo a maior área plantada, permanece em 2º lugar no que diz respeito ao valor da produção (ALMUDI; PINHEIRO, 2015).

No município de Maués-AM o guaraná é o principal produto agrícola, movimentando a economia local e gerando grande número de empregos diretos e indiretos. A cadeia do produto tem boa estrutura, tanto em aspectos produtivos, como organizacionais e institucionais. Nesta região o cultivo do guaraná é realizado tanto por grandes como por pequenos produtores, porém os pequenos são maioria (PEREIRA et al., 2005; IDESAM, 2013).

A mão de obra envolvida em todo processo produtivo e a crescente demanda pelo guaraná são alternativas sólidas para os setores agrícola e industrial no Estado e na região Amazônica (ALBERTINO, 2011) mesmo assim a produção é grandemente afetada por problemas fitossanitários, como a antracnose, não suprimindo a demanda do mercado (SAI, et al., 2013). Neste contexto, é essencial a pesquisa e a adoção de tecnologias que venham beneficiar a produção e a qualidade no guaranazeiro.

### **Tratos culturais do guaranazeiro**

Muitos fatores impedem o avanço da guaranaicultura no Estado do Amazonas, a maioria deles está vinculada a não adoção de tratos culturais básicos nos plantios, apesar do esforço e o avanço das pesquisas em melhoramento para a cultura (ATROCH, 2009). Dentre os tratos culturais, o manejo de plantas daninhas se destaca, pois a interferência que essas plantas causam, reduz drasticamente a produtividade do cultivo (FONTES; ARRUDA, 2006), devido à competição pelos recursos do meio (PEREIRA; ARAÚJO,

2005), podendo ainda caracterizar-se como hospedeiras alternativas de doenças e pragas.

Neste contexto a Embrapa Amazônia Ocidental implantou um programa de seleção de genótipos superiores quanto à produtividade, resistência às doenças e qualidade de frutos, para serem recomendados para plantio comercial no Estado do Amazonas e já desenvolveu 280 genótipos com potencial produtivo e resistência à antracnose (ATROCH, 2009).

Apesar dos programas de melhoramento genético em diversas culturas, ainda sim as plantas estão vulneráveis a agentes bióticos ou abióticos que podem comprometer sua estrutura celular. Dentre os agentes bióticos têm-se os fitopatógenos, e entre os abióticos, injúria causada por herbicidas. Apesar da importância do estresse abiótico, pouco se conhece das respostas de defesa das plantas a estes (RUEDA et al., 2011).

## **O uso de herbicida**

Existem diversos métodos de controle de plantas daninhas, no entanto o químico se destaca, pois o uso de herbicidas apresenta-se como uma das opções mais eficientes e econômicas, ainda mais quando se trata de extensas áreas de plantio com alta infestação de plantas daninhas, onde os herbicidas são eficientes durante períodos chuvosos ou mesmo sob irrigações (ALVINO et al., 2011). Estes produtos possuem diversas formas de aplicação e mecanismo de ação, sendo amplo seu espectro de utilização, o que favorece o uso nos diversos sistemas agrícolas (MARCHI et al., 2008).

Os mecanismos de ação estão diretamente ligados aos sistemas enzimáticos ou proteínas específicas das plantas alterando sua funcionalidade. Muitas das rotas em que estes atuam estão ligadas a funções fisiológicas como o crescimento e desenvolvimento vegetal, semelhantemente, o bloqueio em partes destas rotas, com uso de doses subletais dos herbicidas, podendo alterar o balanço de processos metabólicos nas plantas (MESCHEDE et al., 2008).

A importância do uso de herbicidas é indiscutível, pois é eficiente no controle de plantas daninhas e conseqüentemente aumenta a produtividade das culturas, porém esses produtos podem afetar a fisiologia e o crescimento de organismos “não alvos” (SILVA et al., 2016). Na aplicação de herbicidas não seletivos, estas devem ser feitas dirigidas às plantas daninhas, evitando o contato indesejado com a cultura, no entanto parte deste produto pode ser arrastado pelo vento e atingir outras culturas, por deriva (SANTOS et al., 2016).

A deriva dos herbicidas pode afetar a síntese de produtos proveniente do metabolismo secundário, como as fitoalexinas (RIZZARDI et al., 2003) e atividades enzimáticas ligadas à mecanismos de defesa das plantas (PEREIRA et al., 2009).

## **Glifosato**

O uso do herbicida glifosato é de bastante expressão, e com o advento de plantas transgênicas, aspectos relacionados à toxicologia, ecotoxicologia, facilidade de manuseio, eficácia de controle e a relação custo benefício, vem favorecendo ainda mais sua utilização (MORAES; ROSSI, 2010). No momento em que o glifosato é depositado sobre as plantas, ocorre uma rápida penetração inicial, seguida por uma longa fase de

penetração, a duração destas duas fases irá depender de fatores como espécie, idade das plantas e condições ambientais. Este é móvel no floema, portanto é translocado por todas as partes da planta, mas tende a se acumular nas regiões meristemática, podendo apresentar efeitos visuais e levar a morte das plantas rapidamente (YAMADA; CASTRO, 2007).

O glifosato é um herbicida não seletivo de aplicação foliar, seu mecanismo de ação é a inibição da enzima EPSP (5- enolpiruvil shikimato-3-fosfato) (SENSEMAN, 2007), que afeta a rota do ácido chiquímico, responsável por etapas da síntese dos aminoácidos aromáticos como triptofano, fenilamina e tirosina, se não sintetizados elevam os níveis de amônia fitotóxica, glutamina e glutamato o que provoca amarelecimento, murcha, necrose e morte das plantas em um período de 4 a 20 dias, dependendo da planta (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Afeta de forma indireta os processos de respiração, transpiração, fotossíntese e ainda o processo de abertura e fechamento de estômatos bem como a síntese de clorofila, processos esses primordiais para o funcionamento adequado da planta (YAMADA; CASTRO, 2007). Estudos baseado na aplicação de deriva de glifosato vem demonstrando estas alterações no aparato e mecanismos fotossintéticos corroborando com a afirmativa anterior (TORRES et al., 2012; FERREIRA et al., 2015; SILVA et al., 2016).

### **Respostas fotossintéticas**

O aparato fotossintético em espécies em geral apresenta suscetibilidade ao ambiente e suas variações, e ao mesmo tempo é responsável pela capacidade de aclimação, pois em sua fisiologia pode utilizar-se de outros mecanismos pré-existent

em seu metabolismo para utilização de diversas outras vias metabólicas (PORTES, 2010). No entanto, o estresse produzido por herbicidas vem demonstrando sua importância em culturas “não alvo”, com efeitos fisiológicos negativos chegando até deletérios em muitas culturas.

Por sua vez esta alta sensibilidade do aparato fotossintético a quaisquer variações do meio, incluindo a ação de pequenas doses de herbicida, tem sido percebida em estudos com diversas espécies de plantas e contribuindo no entendimento das implicações que ocorrem na deposição indesejada destas substâncias sobre as culturas (ALVES et al., 2000; GRAVENA, 2006; SILVA et al., 2009; PEREIRA et al., 2010).

Os herbicidas, direta ou indiretamente em contato com plantas “não alvo” podem alterar no incremento ou redução das taxas fotossintéticas e de transpiração, também estão relacionados com a redução da condutância estomática e da concentração do carbono (CONCENÇO et al., 2014). O herbicida glifosato, um dos mais usados no mundo, pode diminuir o conteúdo de clorofila e promover mudanças no aparelho fotossintético levando a alteração na fotoquímica (RADWAN; FAYEZ, 2016).

A observação do rendimento quântico máximo do PSII ( $F_v/F_m$ ) observado por meio da fluorescência da clorofila *a* e o teor de clorofila total, observados pelo índice SPAD em algumas culturas, demonstraram que o efeito dos herbicidas podem prejudicar a capacidade fotossintética das plantas, em diferentes doses e períodos (CORREA; ALVES, 2010).

## REFERÊNCIAS

- ALBERTINO, S. M. F. Adubação, níveis crescentes de irradiância nas plantas matrizes e uso do AIB nas estacas para o enraizamento de cultivares de guaranazeiro (*Paullinia cupana*, var. *sorbilis*, (Mart.) Ducke). 2011. 105f. **Tese** (Doutorado em Agronomia Tropical). Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- ALMUDI, T; PINHEIRO, J. O. C. 2015. Dados estatísticos da produção agropecuária e florestal do Estado do Amazonas: ano 2013. Embrapa. Brasil.
- ALVES, L. W. R; SILVA, J. B; SOUZA, I. F. Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura de milho (*Zea mays*). **Revista Ciência Agrotécnica**. v. 24, n. 4, p. 889-897. 2000.
- ALVINO, C. A et al. Interferência e controle de plantas daninhas nas culturas agrícolas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. n. 20. p. 1-4. 2011.
- ARAÚJO, J. C. A. et al. Antracnose no guaranazeiro e seu controle. **Comunicado Técnico 46**: EMBRAPA Amazônia Ocidental. Manaus-AM, 2007.
- ATROCH, A. L. Avaliação e seleção de progênies de meios irmãos de guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) utilizando caracteres morfo-agronômicos. 2009. 72 f. **Tese** (Doutorado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- CERVIERI Junior et al. **O setor de bebidas no Brasil-BNDS**. BNDES Setorial 40, p. 93-130. 2014.
- CONAB. Proposta de Preços Mínimos- Safra 2013/2014 (Produtos de inverno, regionais e leite). SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO DA OFERTA – SUGOF. 2013.
- CONCENÇO, G. F. et al. Características fisiológicas de *Crambea byssinica* sob aplicação de herbicidas. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 37, n. 3, p. 361-369. 2014.
- CORRÊA, M. J. P; ALVES, P. L. C. A. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. **Revista Ciência Agrotécnica**. Lavras, v.34. n. 5. 2010.
- DUCKE, A. Diversidade dos guaranáis. **Revista Rodriguésia**. v.3,155–156.1937.
- FERREIRA, E. A. et al. Respostas fisiológicas da mandioca à aplicação de herbicidas. **Revista Ciências Agrárias**. v. 36, n. 2, p. 645-656.2015.
- FONTES, J. R. A; NASCIMENTO FILHO, F. J. Controle de Plantas Daninhas em Guaranazais. **Circular Técnica 29**: EMBRAPA Amazônia Ocidental. Manaus- AM. 2007.

FONTES, J. R. A; ARRUDA, M. R. Manejo integrado de plantas daninhas em guaranazais. **Documento 49**: EMBRAPA Amazônia Ocidental. Manaus- AM. 2006.

GRAVENA, R. Respostas bioquímicas e fisiológicas de plantas de citros atingidas pelo glyphosate. 2006. 145f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) Universidade de São Paulo, pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

INSTITUTO DE CONSERVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO AMAZONAS – IDESAM. **Diagnóstico das Cadeias Produtivas Florestais, Análise dos municípios: Apuí, Boa Vista do Ramos, Itacoatiara, Itapiranga, Maués e São Sebastião do Uatumã**. Manaus. 50f. 2013.

LORENZ, S. S; DALLARI, D. D; LOPES, S. A herança. **In**: MUSEU DA PESSOA. SABERES E FAZERES: O Guaraná de Maués. São Paulo, ed.1, p.14-17. 2007.

KUSKOSKI, E. M. et al. Propriedades químicas y Farmacológicas del fruto guaraná (*Paullinia cupana*). **Revista Vitae**. v.12, n.2, p.45-52. 2005.

MARCHI, G; MARCHI, E. C. S; GUIMARÃES, T.G. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. **Documentos 227**: Embrapa Cerrados. Planaltina. 2008.

MESCHEDE, D. K; VELINI, E. D; CARBONARI, C. A. Baixas doses de glyphosate e seus efeitos no crescimento de *Commelina benghalensis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.7, n.2, p.53-58. 2008.

MICHILES, R. J. A cadeia produtiva do guaraná: um estudo com o guaraná no município de BRS-Maués. 2010. 54f. **Tese**. (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

NASCIMENTO FILHO, F. J. et. al. BRS Saterê: Nova Cultivar de Guaranazeiro para o Estado do Amazonas. **Comunicado Técnico 82**: Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus. 2009.

PEREIRA, M. R. R. et al. Efeito da deriva de glyphosate sobre algumas características fisiológicas em plantas de eucalipto. **Revista Interciência**. v. 35. n. 4, p. 279-283. 2010.

PEREIRA, J. C. R. **Cultura do Guaranazeiro no Amazonas**: Sistemas de Produção. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, ed.4. Manaus. 2005.

PEREIRA, J. C. R; ARAÚJO, J. C. A. Escala Diagramática para Quantificar a Antracnose do Guaranazeiro. **Comunicado técnico 70**: Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, 2009.

PLÁCIDO JÚNIOR, C. G. Avaliação de guaranazeiro cultivado em diferentes estandes de plantas nos primeiros anos de produção. 2012. 97 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

PORTES, M. T. A interação ecofisiológica planta-ambiente: o papel da aclimação fotossintética na resposta a fatores ambientais em espécies arbóreas. 2010. 152 f. **Tese** (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

RIBEIRO, B. D; COELHO, A. B. Z; BARRETO, D.W. Production of caffeine-rich guarana extracts using an enzymatic process and tannin adsorption. **Brazilian Journal-Of Food Technology**. v. 15, n. 3, p. 261-270. 2012.

RIZZARDI, M. A et al. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos de defesa das plantas aos patógenos. **Revista Ciência Rural**. v.33, n.5, p.957-965. 2003.

RODRIGUES, B. N; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. ed.6. Londrina. 697p. 2011.

RUEDA, A. et al. Stress responses of tomato protoplasts to copper and paraquat. **Tropical Plant Pathology Journal**, v. 36, n.2, p. 081-088. 2011.

SAI, E. F. et al. Endophytic fungi from the Amazonian plant *Paullinia cupana* and from *Olea europaea* isolated using cassava as an alternative starch media source. **Springerplus Journal**. v. 2, p. 2-9. 2013.

SANTOS, S. A. et al. Ação herbicida na severidade de doenças em plantas cultivadas. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v. 15, n. 1, p. 107-115. 2016.

SCHIMPL, F. C. et al. Guarana: Revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 150, p. 14-31, 2013.

SCHIMPL, F. C. Teores de metilxantinas e metabolismo de cafeína em frutos de guaraná (*Paullinia cupana* var. Kunth). 2013. 72 f. **Dissertação** (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade de Campinas, Campinas.

SILVA, J. F et. al. Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Agrossistemas. **In:** FRAXE, T. J. P; MEDEIROS, C. M (Org's). Agroecologia, Extensão Rural e Sustentabilidade na Amazônia. Manaus- AM. UFAM. p. 185-198. 2008.

SILVA, C. M. M; GOMES, M. M. A; FREITAS, S. P. Interferência de herbicidas, associados a um análogo de brassinosteróide, no aparato fotossintético de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Planta Daninha**. v. 27, n. 4, p. 789-797, 2009.

SILVA, L. Q. et al. Modificações fisiológicas em folhas de pequi (*Caryocar brasiliense*) causadas pela aplicação de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.15, n.2, p.184-194, 2016.

TORRES, L. G. et al. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Revista Planta Daninha**. v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.

TRICAUD, S; PINTON, F; PEREIRA, H. S. Saberes e práticas locais dos produtores de guaraná (*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis*) do médio Amazonas: duas organizações locais frente à inovação. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. v. 11, n. 1, p. 33-53. 2016

YAMADA, T. CASTRO, P. R. C. Efeitos do glyfosate nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. International Plant Nutrition Institute. **Encarte Técnico: Informações agronômicas.** n. 119. 2007.

## Artigo de acordo com as normas da Revista Planta Daninha

### Ação do glifosato nos parâmetros fotossintéticos do guaranazeiro<sup>1</sup> Action of glyphosate in the photosynthetic parameters of guaranazeiro.

#### RESUMO

Em muitas lavouras as subdoses de herbicidas depositadas sobre a cultura por efeito da deriva, são suspeitas de alterar seus mecanismos fotossintéticos. Em função da necessidade do manejo de plantas daninhas em cultivos de guaranazeiro este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de subdoses do herbicida glifosato no aparato fotossintético de mudas de guaranazeiro. Mudas das cultivares BRS-Andirá e BRS-Maués foram submetidas às subdoses de 0; 324 g e 432 g do i.a. ha<sup>-1</sup> do recomendado de glifosato. Estes efeitos foram avaliados no dia; dois dias e sete dias após a aplicação. Os efeitos do glifosato foram avaliados através das análises de trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e índice de conteúdo de clorofila (ICC). Todos os parâmetros para trocas gasosas foram significativos para o fator subdose. O parâmetro fluorescência da clorofila *a* não foi significativo para nenhum dos fatores avaliados e o ICC foi significativo em todos os fatores e suas interações. A dose 324 g i.a. ha<sup>-1</sup> reduziu as taxas de todos os parâmetros para trocas gasosas enquanto que a maior dose não foi diferente da testemunha. O ICC para BRS-Andirá teve seus valores reduzidos com o aumento das subdoses de glifosato, enquanto que a BRS-Maués teve seus valores reduzidos quando submetidos à dose 324 g i.a. ha<sup>-1</sup> e um aumento na dose 432 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Ao sétimo dia de avaliação o ICC para a BRS-Andirá foi reduzido, enquanto que para BRS-Maués foram elevados. As mudas de guaranazeiro sofreram alterações em suas trocas gasosas quando submetidos à subdose de glifosato, todavia seus efeitos não persistiram. O ICC foi útil na observação do efeito de baixas doses de glifosato em mudas de guaranazeiro.

Palavras-chave: *Paullinia cupana*; deriva; herbicida; trocas gasosas.

#### ABSTRACT

In many crops, the underdoses of herbicides deposited in a drift culture, are suspected of altering their photosynthetic mechanisms. Due to the need of weed management in guaraná crop, this work aims to evaluate the effect of low doses of the herbicide glyphosate in the photosynthetic apparatus guaranazeiro seedlings. Seedlings of the cultivars BRS-Andirá and BRS-Maués were submitted to underdoses of 0; 324 g and 432 g of the recommended glyphosate. These effects were evaluated in day two days and seven days after the application. The effects of glyphosate were performed through on gas exchange analysis, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content index (ICC). All parameters for gas exchange were significant for the underdose factor. The chlorophyll fluorescence parameter was not significant for any of the factors and the ICC was significant in all factors and interactions of these factors. The dose of 324 g i.a. ha<sup>-1</sup> reduced the rates of all parameters for gas exchange while the higher dose was not different from the control. The ICC for BRS-Andirá had its values reduced with the increase of glyphosate subdoses, while BRS-Maués had its values reduced when submitted the dose 324 g i.a ha<sup>-1</sup> but at 432 g i.a ha<sup>-1</sup> increased the rates. On the seventh day of evaluation the ICC for the BRS-Andirá was reduced, while for the BRS-Maués were lifted. The guarana seedlings they underwent changes in their gas exchange

when subjected to glyphosate underdoses, but their effects did not persist. The ICC was useful in observing the effect of low doses of glyphosate on guaraná seedlings.

Key-words: *Paullinia cupana*; drift; herbicide; gas exchange.

## INTRODUÇÃO

O guaranazeiro é uma espécie conhecida por suas características farmacológicas possuindo propriedades energéticas devido à sua elevada percentagem de cafeína, que pode atingir 6% em suas sementes. O maior produtor mundial de guaraná é o Brasil, e as regiões mais produtivas são o Amazonas e a Bahia (Schimpl, et al. 2013). Ao longo do tempo a cultura vem sofrendo um processo de modernização em seu sistema de cultivo para a melhoria nos aspectos tanto produtivos quanto sanitários, com o objetivo de aumentar a produção por hectare (Tricaudi, et al. 2016). No Estado do Amazonas o cultivo de guaranazeiro apresenta grande potencial socioeconômico para a agricultura e sua exploração comercial tem sido incentivada por meio do uso de novas tecnologias (Albertino, et al. 2012). Entre os principais entraves para o crescimento da cultura no Estado, os aspectos fitossanitários ganham destaque, dentre eles o controle de plantas daninhas.

Entre os diversos métodos de controle de plantas daninhas, o químico se destaca, pois o uso de herbicidas apresenta-se como uma das opções mais eficientes e econômicas, em se tratando de extensas áreas de plantio com alta infestação dessas plantas, sendo o mais eficiente durante períodos chuvosos ou mesmo sob irrigações (Alvino, et al. 2011). A importância do uso de herbicidas é indiscutível, pois é eficiente, no entanto o uso inadequado destes produtos pode afetar a fisiologia e o crescimento de organismos “não alvo” (Silva et al. 2016). Mesmo em aplicação dirigida às plantas alvo os herbicidas podem ser arrastados pelo vento e atingir outras culturas, por deriva (Santos, et al. 2016). Muitos fatores no momento da aplicação precisam ser observados para que danos como estes sejam evitados, uma vez que o uso de herbicidas não seletivos vem ganhando espaço nas lavouras em geral (Quinn e Trinklein, 2016).

O uso do herbicida glifosato é de bastante expressão, e com o advento de plantas transgênicas, aspectos relacionados à toxicologia, ecotoxicologia, facilidade de manuseio, eficácia de controle e a relação custo benefício, vêm favorecendo ainda mais sua utilização (Moraes e Rossi, 2010). Estudos simulando deposição de glifosato por deriva em algumas culturas comprovaram alterações no aparato fotossintético e

mecanismos fotossintéticos das plantas avaliadas (Torres, et al. 2012; Ferreira, et al. 2015; Silva, et al. 2016).

Os herbicidas, direta ou indiretamente em contato com plantas “não alvo” podem alterar o incremento ou redução das taxas fotossintéticas, transpiração, condutância estomática e concentração do carbono (Concenção, et al. 2014). E a observação do rendimento quântico máximo do fotossistema II- PSII (Fv/Fm) aferido por meio da fluorescência da clorofila *a* e o teor de clorofila total, observados pelo índice SPAD em algumas culturas, demonstraram os efeitos prejudiciais à capacidade fotossintética das plantas, quando submetidas a subdoses de herbicidas (Correa e Alves, 2010). Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de subdoses de glifosato sobre as trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e índice do conteúdo de clorofila (índice SPAD) em mudas de guaranazeiro.

### **METODOLOGIA**

Mudas de guaranazeiro das cultivares BRS-Maués e BRS-Andirá, com idade de um ano, foram transplantadas para sacos de polietileno com capacidade para 3 kg de substrato constituído de terriço de floresta misturado à solo arenoso na proporção de 4:1, acrescido de 3 kg de superfosfato simples para cada m<sup>3</sup> da mistura (Embrapa, 2005). As mudas transplantadas foram mantidas em viveiro com temperatura ambiente, irradiância reduzida em 50 % e sob nebulização intermitente, controlada por uma balança de evaporação, onde as mudas recebiam uma fina camada de água distribuída de maneira uniforme e em sincronia com a taxa de transpiração para evitar a desidratação dos tecidos.

Após dois meses do transplantio foi realizada a aplicação da solução do herbicida glifosato sobre as folhas, simulando condição de deriva correspondente às subdoses 0; 324 e 432 g do i.a.ha<sup>-1</sup>, com auxílio do pulverizador costal elétrico (YAMAHO FT-16), utilizando-se bico tipo leque 110.02. As avaliações e coleta de folhas para as análises foram realizadas em três períodos, em função da aplicação do herbicida: antes da aplicação (P1), 2 dias após (P2) e 7 dias depois (P3).

Nos períodos P1, P2 e P3 foram realizadas avaliações das trocas gasosas na parte mediana das mudas de guaranazeiro em folha completamente expandida. Para isto foi utilizado o analisador de gás a infravermelho (IRGA), de sistema aberto (LI-6400, LiCor, Lincoln, NE, USA) ajustado para trabalhar com fluxo de 400  $\mu\text{mol s}^{-1}$  e a câmara foliar para concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura e vapor de H<sub>2</sub>O em torno de 380 $\pm$ 4  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , 31 $\pm$ 1<sup>4</sup> C e 21 $\pm$ 1 mmol<sup>-1</sup>, respectivamente e com pulso de luz saturante, os

tratamentos foram avaliados de forma aleatória no período entre 08:00 e 10:00h de modo que as avaliações fossem homogêneas para todos os tratamentos. As variáveis avaliadas foram fotossíntese máxima ( $A_{max}$ -  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), respiração no escuro ( $R_d$ -  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa transpiratória ( $E$ -  $\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e condutância estomática ( $g_s$ -  $\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) sob condições de viveiro.

Para as avaliações da fluorescência da clorofila *a* duas folhas por repetição foram submetidas a um período de adaptação ao escuro durante 30 minutos, utilizando cliques apropriados e posteriormente aferidos por meio de fluorômetro portátil (PEA, MK2 – 9600 – Hansatech, Norfolk, UK), com  $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e comprimento de onda de 650 nm por 1s, nos períodos P1; P2 e P3, as leituras foram realizadas entre 8:00h e 10:00h de forma aleatória entre os tratamentos, de modo que as avaliações fossem homogêneas para todos. Neste trabalho foi utilizada a eficiência quântica máxima do PSII ( $F_v/F_m$ ) para determinação dos efeitos do herbicida na fluorescência da clorofila *a*.

Nas determinações do índice de conteúdo de clorofila (ICC) foram utilizadas folhas completamente expandidas, apresentando bom aspecto fitossanitário, em três mudas de guaranazeiro em duas folhas por muda nos períodos P1, P2 e P3, mensuradas com o auxílio de um clorofilômetro portátil (modelo SPAD-502 Plus), entre 08:00 e 10:00 h aleatoriamente, de modo que as avaliações fossem homogêneas entre os tratamentos.

Os dados dos parâmetros fotossintéticos foram submetidos à análise de variância e posterior comparação de médias pelo teste de Skott-knot a 5 % de probabilidade ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do software Assistat.

## RESULTADOS

A análise de variância das características estudadas encontra-se na tabela 1. Para o fator cultivar, não houve significância em nenhuma das características avaliadas, no entanto, para subdoses de glifosato, todas as variáveis foram significativas, exceto fluorescência da clorofila *a*. Quanto aos períodos, apenas a respiração e o índice do conteúdo de clorofila foram significativos.

Todas as interações entre esses fatores apresentaram significância para o índice do conteúdo de clorofila, enquanto fotossíntese foi significativo à 1% de probabilidade na interação cultivar x subdose, demonstrando comportamento diferenciado entre as cultivares em relação as doses de glifosato.

A subdose  $324 \text{ g i.a. ha}^{-1}$  reduziu os valores encontrados em todos os parâmetros de trocas gasosas, em relação à testemunha e à dose de  $432 \text{ g i.a. ha}^{-1}$  (Tabela 2). A ação

dos herbicidas relacionada à alteração na fotossíntese é questionável e sem concordância no meio científico (Silva, et al. 2014). No entanto, pode estar ligada à estratégia de sobrevivência das plantas jovens como forma de superar o estresse químico inicialmente induzido (Vercampt, et al. 2016).

Em estudos com plântulas de *Brassica napus* submetidas à ação de subdoses de metalachlor (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 kg. ha<sup>-1</sup>), a fotossíntese foi assegurada nas concentrações intermediárias, servindo como estratégia de sobrevivência em plantas jovens (Vercampt, et al. 2016). Todavia em trabalho com três cultivares de cana de açúcar, submetidas ao efeito de sete herbicidas, as taxas fotossintéticas entre as cultivares foi diferenciada, ainda que cinco destes herbicidas tivessem efeito direto e indireto no aparato fotossintético, uma das cultivares não teve suas taxas de fotossíntese alteradas, o mesmo foi observado nas taxas transpiratórias para as mesmas cultivares. Em relação a condutância estomática, apenas uma das cultivares teve suas taxas reduzidas pela ação dos herbicidas (Torres, et al. 2012). Isso demonstra que apesar de serem da mesma espécie, as reações a um estresse químico podem ser diferenciadas entre cultivares.

Em mudas de *Caryocar brasiliense* submetidas a seis doses crescentes de glifosato, as taxas fotossintéticas, transpiratórias e a condutância estomática reduziram em mais de 50%, na maior dose aplicada (1500 g i.a. ha<sup>-1</sup>) em relação à testemunha (Silva, et al. 2016). Para plantas de girassol submetidas à subdoses crescentes de glifosato (0; 3,6; 7,2; 14,4; 28,8 e 86,4 g i.a. ha<sup>-1</sup>) houve diferenças significativas nas trocas gasosas (fotossíntese máxima-A<sub>max</sub>; taxas transpiratórias-E e condutância estomática-gs) diminuindo as taxas em até 50% para maior dose aplicada (Vital, 2017).

Os efeitos de subdoses do glifosato podem ser diversos em se tratando de trocas gasosas, reduzindo, aumentando ou não causando nenhum efeito. Em plantas de cevada, pulverizadas com subdoses de glifosato, aos sete dias após a pulverização as taxas de respiração no escuro e fotossíntese aumentaram em resposta ao tratamento com glifosato (Cedergreen e Olesen, 2010). Em mudas de café também foi observado aumento na fotossíntese, transpiração e condutância estomática, quando submetidas à subdoses de glifosato (180 e 360 g de i.a. ha<sup>-1</sup>), seguido de estabilização no décimo dia de avaliação, não alterando permanentemente as trocas gasosas (Carvalho, et al. 2012).

Não houve diferenças significativas na eficiência quântica máxima do PSII (FV/FM) sobre os efeitos de fluorescência da clorofila *a* (Tabela 1). Este parâmetro consiste no excesso de energia que é reemitido pelas folhas e é um dos três principais

destinos de toda energia luminosa absorvida pelas moléculas de clorofila nas folhas. Portanto, qualquer alteração na clorofila *a*, indicam que os outros dois destinos desta energia não diminuem seu rendimento (Maxwell e Johnson, 2000). Este parâmetro é importante para o entendimento dos mecanismos da fotossíntese e para a avaliação da capacidade fotossintética das plantas que tenham sofrido estresses bióticos ou abióticos (Ferreira, et al. 2015).

Para o Índice de Conteúdo de Clorofila (ICC), a cultivar BRS-Andirá apresentou valores reduzidos nas duas subdoses de glifosato, em relação à testemunha sem herbicida. No entanto, para BRS-Maués, a redução da clorofila ocorreu apenas quando submetida a 324 g i.a. ha<sup>-1</sup>, havendo aumento de conteúdo na subdose 432 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Para a dose controle não houve diferença entre as cultivares. Porém, na dose intermediária os índices de clorofila foram menores em BRS-Maués. Com 432 g i.a. ha<sup>-1</sup> ocorreu e na dose maior maiores para esta mesma cultivar em relação à outra (Tabela 3).

O ICC para a cultivar BRS-Andirá diminuiu aos sete dias após a aplicação (DAP) (P3), enquanto que para a BRS-Maués este índice aumentou neste mesmo período. Observando entre cultivares por período nos períodos P2 e P3 a BRS-Andirá apresentou menores valores de ICC comparados a BRS- Maués (Tabela 4).

A subdose 324 g i.a. ha<sup>-1</sup> reduziu o ICC no segundo dia após a aplicação, porém esse valor aumentou aos 7 DAP, superando os valores iniciais de antes da aplicação. A subdose 432 g i.a. ha<sup>-1</sup> não alterou os valores de ICC ao longo dos períodos avaliados (Tabela 5).

O glifosato é basicamente absorvido pela região clorofilada das plantas (folhas e tecidos verdes), podendo até inibir a síntese da clorofila (Galli e Montezuma, 2005). Este herbicida apresentou ações diferentes em relação ao conteúdo de clorofila em cultivares de soja submetida a três subdoses (0; 720 e 2160 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Neste estudo foi observada pouca variação do índice de clorofila entre as cultivares no início do desenvolvimento, conforme se desenvolviam o índice em algumas cultivares permaneceu estável enquanto em outras, continuou a aumentar (Krenchinski, et al. 2017). Todavia em estudo com mudas de *Salix miyabeana* submetidas à subdoses de glifosato (0, 1,4, 2,1 e 2,8 kg i.a. ha<sup>-1</sup>) o conteúdo de clorofila entre outros pigmentos promove mudanças no aparelho fotossintético levando à diminuição fotoquímica (Gomes, 2017).

Portanto, não é possível aferir que este parâmetro explica o efeito do glifosato nas mudas de guaranazeiro. Apesar de ser um método indireto quanto ao conteúdo de clorofila, o índice SPAD é uma ferramenta útil e não destrutiva que vem sendo usada e tem apresentado alta correlação com o método que avalia o teor de clorofila total. Em estudos feitos em fruteiras amazônicas foi verificada esta correlação em quatro espécies (Jesus e Marengo, 2008).

As mudas de guaranazeiro sofreram alterações em suas trocas gasosas quando submetidas à subdose de glifosato, todavia seus efeitos não persistiram. O ICC foi útil na observação do efeito de subdoses de glifosato em mudas de guaranazeiro.

### REFERÊNCIAS

- Albertino, S. M. F et al. Enraizamento de estacas de cultivares de guaranazeiro com adubação de plantas matrizes. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2012; 47:1449-1454.
- Alvino, C.A et al. interferência e controle de plantas daninhas nas culturas agrícolas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. 2011; 20: 1-4.
- Carvalho, L. B et al. Physiological dose-response of coffee (*Coffea arabica*) plants to glyphosate depends on growth stage. **Chilean Journal of Agricultural Research**. 2012; 72:182-187.
- Cedergreen, N. and Olesen, C. F. Can glyphosate stimulate photosynthesis? **Pesticide Biochemistry And Physiology Journal**. 2010; 96: 140-148.
- Concenço, G. et al. Physiological traits of *Crambe byssinica* under herbicide application. **Revista Ciências Agrárias**. 2014; 37: 361-369.
- Corrêa, M. J. P; Alves, P. L. C. A. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. **Revista Ciência Agrotécnica**. 2010; 34: 1137-1145.
- Ferreira, E. A. et al. Respostas fisiológicas da mandioca à aplicação de herbicidas. **Revista Ciências Agrárias**. 2015; 36: 645-656.
- Galli, A. J. B.; Montezuma, M. C. **Glifosato: alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. ed. Acadcom, 2005. 62p.
- Gomes, M. P et al. Glyphosate-dependent inhibition of photosynthesis in willow. **Journal frontiers in plant science**. 2017; 8: 207-220.

- Jesus, S. V. Marengo, R. A. O spad-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Revista Acta Amazônica**. 2008; 38: 815 - 818.
- Krenchinski, F. H et al. Glyphosate affects chlorophyll, photosynthesis and water use of four intacta RR2 soybean cultivars. **Acta Physiology Plant**. 2017; 39: 63.
- Maxwell, K.; Johnson, G. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**. 2000; 51: 659- 668.
- Moraes, P.V.D; Rossi, P. Comportamento ambiental do glifosato. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**. 2010; 9: 22-35.
- Quinn, J; Trinklein, D. Accidental herbicide damage on vegetables. **Missouri Produce Growers Bulletin**. 2016:1-5.
- Santos, S. A; et al. Ação herbicida na severidade de doenças em plantas cultivadas **Revista Brasileira de Herbicidas**. 2016; 15:107-115.
- Schimpl, F. C. et al. Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the amazon. **Journal of Ethnopharmacology**. 2013; 150: 14-31.
- Silva L. Q; et al. Modificações fisiológicas em folhas de pequi (*Caryocar brasiliense*) causadas pela aplicação de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**. 2016; 15: 184-194.
- Silva, R. A; et al. Trocas gasosas em picão-preto e trapoeraba após aplicação de subdoses de glyphosate. **Cultivando o Saber**. 2014; 7: 55- 66.
- Torres, L. G; et al. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Revista Planta Daninha**. 2012; 30: 581-587.
- Tricaud, S; Pinton, F; Pereira, H. S. Saberes e práticas locais dos produtores de guaraná (*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis*) do médio amazonas: duas organizações locais frente à inovação. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências humanas. 2016; 11: 33-53.
- Vercampta, L et al. The functional role of the photosynthetic apparatus in the recovery of *brassica napus* plants from pre-emergent metazachlor exposure. **Journal of Plant Physiology**. 2016;196: 99-105.
- Vital, R. G; et al. Physiological changes and in the carbohydrate content of sunflower plants submitted to sub-doses of glyphosate and trinexapac-ethyl. **Bragantia**. 2017; 76:33-44.

**Tabela 1.** Resumo da Anova para fotossíntese, respiração, transpiração, condutância estomática, fluorescência da clorofila a e índice do conteúdo de clorofila de duas cultivares de guaranazeiro submetidas a três subdoses de glifosato, em três períodos. Manaus, 2016.

Fonte de variação	GL	Fotossíntese		Respiração		Transpiração		Condutância Estomática		Fluorescência da clorofila a		Índice do Conteúdo de Clorofila	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Cultivar (C)	1	2,20	1,15 ns	0,01	0,05 ns	0,15	0,38 ns	0,00	0,01 ns	0,00	0,00 ns	195,89	13,98 *
Subdoses (D)	2	21,39	11,2**	0,14	4,38 *	2,12	5,27 **	0,01	5,20 *	0,00	0,93 ns	509,91	36,40 *
Períodos (P)	2	1,38	0,72 ns	0,11	3,26 *	0,77	1,91 ns	0,00	3,00 ns	0,00	2,23 ns	171,04	12,21 *
C x D	2	20,74	10,8 **	0,01	0,27 ns	0,32	0,79 ns	0,01	0,44 ns	0,01	1,65 ns	291,67	20,82 *
C x P	2	0,88	0,46 ns	0,01	0,30 ns	0,05	0,12 ns	0,00	0,25 ns	0,00	0,43 ns	230,41	16,45 *
D x P	4	2,39	1,25 ns	0,06	1,88 ns	0,6	1,45 ns	0,00	1,49 ns	0,00	1,13 ns	335,16	23,93 *
C x D x P	4	1,48	0,77 ns	0,02	0,65 ns	0,34	0,84 ns	0,00	0,88 ns	0,00	0,90 ns	55,35	3,95 **
Tratamentos	17	6,26	3,27 **	0,05	1,56 ns	0,61	1,51ns	0,00	1,60 ns	0,00	1,09 ns	244,94	17,49 *
Resíduos	36	1,9143		0,03		0,40		0,00		0,00		14,01	
Total	53												
C V %	15,96	15,96	68,77	29,20	37,06	7,77	7,64						

\* e \*\* significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente; ns = não significativo pelo teste F.

**Tabela 2.** Médias da fotossíntese máxima, respiração, condutância estomática e transpiração de mudas de guaranazeiro, submetidas à subdoses de glifosato. Manaus, 2016.

Subdoses (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Trocas gasosas			
	μmol de CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>		μmol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	
	Fotossíntese	Respiração	Condutância estomática	Transpiração
0	9,42 a	0,32 a	0,12 a	2,31 a
324	7,42 b	0,16 b	0,08 b	1,78 b
432	9,17 a	0,31 a	0,12 a	2,43 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

**Tabela 3.** Médias do índice do conteúdo de clorofila para duas cultivares de guaranazeiro submetido a três subdoses de glifosato. Manaus, 2016.

Cultivar	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )		
	0	324	432
BRS-Andirá	49,85 aA	44,78 aB	46,51 bB
BRS-Maués	52,96 aB	40,91 bC	58,70 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

**Tabela 4.** Médias do índice de conteúdo de clorofila de duas cultivares de guaranazeiro mensurado em três períodos de avaliação. Manaus, 2016.

Cultivar	Períodos		
	P1	P2	P3
BRS- Andirá	52,33 aA	43,51 bA	45,27 bB
BRS- Maués	490,3 aB	47,28 aB	56,26 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

**Tabela 5.** Médias do índice de conteúdo de clorofila, em função de subdoses de glifosato em três períodos de avaliação. Manaus, 2016.

Doses (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Períodos		
	P1	P2	P3
0	54,63 aA	53,05 aA	46,53 bB
324	43,55 bB	31,54 bC	53,45 aA
432	53,91 aA	51,59 aA	52,32 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.