



**Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

DAVID INGSSON OLIVEIRA ANDRADE DE FARIAS

**EFEITOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO GLYPHOSATE APLICADOS DE
FORMA ISOLADA EM MISTURA NA CULTURA DA SOJA RR.**

GURUPI-TO
MARÇO DE 2019



**Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

DAVID INGSSON OLIVEIRA ANDRADE DE FARIAS

**EFEITOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO GLYPHOSATE APLICADOS DE
FORMA ISOLADA EM MISTURA NA CULTURA DA SOJA RR.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo

GURUPI-TO
MARÇO DE 2019

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

- F224e Farias, David Ingsson Oliveira Andrade de .
Efeitos fisiológicos e bioquímicos do glyphosate aplicado de forma isolada e em mistura na cultura da soja RR. / David Ingsson Oliveira Andrade de Farias. – Gurupi, TO, 2019.
52 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2019.
Orientador: Eduardo Andrea Lemus Erasmo
1. Glycine max. 2. Herbicidas. 3. Fotossíntese. 4. Estresse oxidativo . I.
Titulo

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).

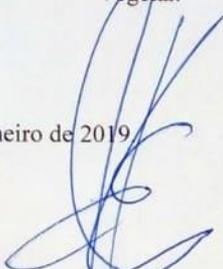
DAVID INGSSON OLIVEIRA ANDRADE DE FARIAS

**EFEITOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO GLIFOSATO APLICADO DE
FORMA ISOLADA E EM MISTURA EM CULTURA DA SOJA RR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Data da aprovação: 28 de janeiro de 2019.

Banca examinadora:



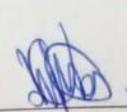
Prof. Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasm – Orientador – UFT



Prof. Dr. Marciane Cristina Dotto – Examinador – IFTO campus de Dianópolis



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



Prof. Dr. Manoel Mota dos Santos - UFT

DEDICO...

primeiramente aos meus pais Wilson José e Elza Maria e minha irmã Wandrya, que sempre me deram forças e incentivaram a continuar e conseguir realizar mais essa conquista em minha vida. Aos meus tios Cleide e Marinon pelo grande apoio. A minha namorada Maylla Coutinho por estar presente e me apoiar nessa caminhada. Sem vocês nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por estar comigo durante todos momentos de minha vida.

Ao orientador Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo, pela orientação e pela confiança e todas oportunidades durante a graduação e o mestrado.

Ao grupo de Ecofisiologia e Manejo de Plantas daninhas, em especial a Nádia, Flavia e Karol pela grande ajuda na condução e avaliações do experimento, e aos demais do grupo de de forma direta e indireta tiveram contribuições significativas no experimento.

À minha namorada Maylla e os meus amigos, em especial ao Evandro e Igor, mesmo tendo suas obrigações nunca mediram esforços em me ajudar sempre que precisei.

À toda minha família que sempre torceu pelo meu crescimento acadêmico, sempre me incentivando a me aperfeiçoar cada vez mais.

Ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e aos professores por contribuir na minha formação acadêmica.

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida durante o curso de mestrado.

Muito Obrigado!!!

RESUMO

Atualmente a soja é a mais importante oleaginosa em produção, produzindo mais proteínas por hectares do que qualquer outra planta de lavoura. O desenvolvimento de novas áreas de produção e a difusão do consumo de soja pode ser fundamental para o suprimento alimentar mundial. Com o aumento das áreas cultivadas com soja no Brasil, e as tecnologias disponíveis, a utilização de herbicidas tanto em pós-emergência quanto em pré-emergência tem se tornado cada vez mais frequentes. O uso alternado de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, em aplicações isoladas ou misturas em tanque, apresenta-se como alternativa indispensável para o manejo de plantas daninhas na agricultura. Entretanto, a utilização de princípios ativos em mistura pode provocar efeitos adversos sobre as plantas daninhas e a cultura, portanto, sendo indicado pesquisas sobre os efeitos, interações e sua eficácia de herbicidas. O experimento foi realizado na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições e sete tratamentos – testemunha sem capina; testemunha capinada; glyphosate 960 g.i.a; glyphosate 1440 g.i.a; glyphosate + cletodim; glyphosate + bentazona; glyphosate + cloransulam – realizou-se análises morfológicas de altura de plantas, número de vagens, número de nós, massa seca da parte aérea e produtividade. Análises fisiológicas de fotossíntese (A), condutância estomática (Gs), carbono interno (Ci) e transpiração (E). E análises bioquímicas das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato de peroxidase (APX). O tratamento de glyphosate + cloransulam foi o mais prejudicial para a cultivar em produtividade e nos parâmetros fisiológicos de condutância estomática e na concentração de carbono interno. A cultivar soja apresentou mecanismo de defesa enzimático antioxidante em combate às EROs. A SOD apresentou maior atividade no tratamento de glyphosate aplicado isoladamente na dose de 1440 g.i.a. A CAT apresentou pouca variação entre tratamentos. A APX inicialmente apresentou maior atividade na testemunha sem capina, posteriormente passando a ter mais atividade nos tratamentos de mistura de herbicidas, sendo o tratamento de glyphosate + cloransulam o mais afetado.

Palavras chave: *Glycine max*, herbicidas, fotossíntese, estresse oxidativo.

ABSTRACT

Currently, soybeans are one of the most important oleaginous in production, producing more protein per hectare than any other crop plant. The development of new production areas and the diffusion of soybeans may be key to the global food supply. With the increase of areas cultivated with soybeans in Brazil, and as the technologies available, the use of herbicides can be as precious as possible. The alternating use of herbicides with different mechanisms of action, in tank applications or mixtures, is an indispensable alternative for the management of weeds in agriculture. However, a form of processing in a breed may require effects on weeds and crop, thus, a mechanism of research on the effects, interactions and action of herbicides. The experiment was carried out at the experimental station of the Federal University of Tocantins (UFT). The experimental design was used for randomized blocks (DBC) with replicates and seven treatments - control without weeding; weeded witness; glyphosate 960 g.i.a. glyphosate 1440 g.i.a. glyphosate + clethodim; glyphosate + bentazone; glyphosate + chloransulam - produced morphologically of plants of size, number of pods, number of nodes, dry mass of the aerial part and productivity. Physiological analyzes of photosynthesis (A), stomatal conductance (Gs), internal atmosphere (Ci) and transpiration (E). It analyzes biochemicals of the enzymes superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase ascorbate (APX). Treatment of glyphosate + chloransulam was the most detrimental for the production of physiological foods of stomatal conductance and carbon concentration. A soybean cultivar, the antioxidant enzyme defense mechanism in play by ROS. The SOD presented greater activity in the treatment of glyphosate, applied alone at the dose of 1440 g.i.a. A CAT includes a variety of treatments. The healthy APX showed higher activity in the capillary inspection, and it had a higher activity in herbicide blending treatments, with glyphosate + chloransulam treatment being the most affected.

Key words: Glycine max, herbicides, photosynthesis, oxidative stress.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Utilização do glyphosate.....	5
2.2 Mistura de herbicida	5
2.3 Select 240 EC (Cletodim)	6
2.4 Bazagran (Bentazona).....	7
2.5 Pacto (Cloransulam)	7
2.6 Respostas Bioquímicas	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Variáveis Agronômicas Avaliadas.....	14
3.2 Variáveis Fisiológicas Avaliadas	14
3.3 Variáveis Bioquímicas	15
3.4 Análise dos dados	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 Variáveis fisiológicas.....	16
4.2 Variáveis Bioquímicas	25
4.3 Variáveis Agronômicas.....	30
5. CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais espécies reativas de oxigênio e seus locais de ação.....	8
Tabela 2 – Características químicas e físicas da camada de 0 – 0,20 m de profundidade da área experimental, Gurupi –TO.....	12
Tabela 3 – Tratamentos aplicados na cultura da soja M8349 IPRO, com respectivas doses. Gurupi – TO 2018.....	13
Tabela 4 – Análise de variância para a variável fotossíntese (A), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018.....	18
Tabela 5 – Análise de variância para a variável condutância estomática (Gs), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018.....	20
Tabela 6 - Análise de variância para a variável carbono interno (Ci), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018.....	22
Tabela 7 – Análise de variância para a variável Eficiência instantânea de carboxilação (EiC), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018.....	23
Tabela 8 - Análise de variância para a variável Transpiração (E), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018.....	24
Tabela 9 – Enzima catalase (CAT), aos 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018.....	26
Tabela 10 – Enzima ascorbato peroxidase (APX), aos 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018.....	27
Tabela 11 – Enzima superóxido dismutase (SOD), aos 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018.....	28
Tabela 12 - Valores médios da altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (APV), número de vagens (NV), número de nós por planta (NN), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos (PG). Cultivar de soja Msoy 8349 IPRO. Gurupi – TO, 2018.....	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Local de atuação do glyphosate via rota do chiquimato (linhas tracejadas) e relação com outras vias metabólicas.....4
- Figura 2** – mecanismo de desintoxicação celular.....10
- Figura 3** – temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar durante o período de condução do experimento, Gurupi – TO.....11
- Figura 4** – Radiação solar incidente e precipitação durante a condução do experimento, Gurupi—TO.....11
- Figura 5** – Condições climáticas (Temperatura máxima, mínima, umidade do ar e radiação solar) diárias nos dias das avaliações (3, 5, 12, 18 e 25 DAA) fisiológicas com IRGA e coleta de material para análise bioquímicas de enzimas, Gurupi – 2018.....17

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a soja é a mais importante oleaginosa em produção, produzindo mais proteínas por hectares do que qualquer outra planta de lavoura. Sendo a soja uma das principais fontes de proteínas e óleo vegetal, utilizadas na alimentação humana e animal, e tendo grande potencial como fonte de energia através de biocombustíveis (SOUZA et al., 2010). O complexo soja, composto pela soja em grãos e seus derivados como óleo e farelo de soja foi o principal produto exportado em 2017, representando 14,10% de toda a exportação brasileira, ou seja, US\$ 30,69 bilhões, ficando à frente de produtos importantes como minérios, petróleo e combustíveis (CONAB, 2018).

A utilização de herbicidas é a tecnologia mais utilizada atualmente para o controle de plantas daninhas na cultura da soja, entretanto com a utilização de forma inadequada de herbicidas propiciou o surgimento de espécies de plantas daninhas tolerantes a determinadas moléculas de herbicidas (ADEGAS et al., 2018). Atualmente foram relatados 480 casos específicos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, abrangendo 91 culturas distribuídas em 69 países (HEAP, 2017).

As principais perdas causadas pela competição das plantas daninhas com as culturas são variáveis em função da(es) espécie(s) presente(s), do período de convivência com a cultura, da distribuição das plantas daninhas na área, da densidade das espécies infestantes, da habilidade competitiva relativa, do estágio de desenvolvimento e a disponibilidade de recursos (ADEGAS et al., 2018).

O glyphosate é largamente utilizado na dessecação das plantas de cobertura e proporciona controle eficiente de um amplo espectro de plantas daninhas (ALBRECHT et al., 2012). Neste caso, as associações com herbicidas com efeito residual têm sido bastante utilizadas (OSIPE et al., 2010). Misturas de herbicidas para o controle de plantas daninhas têm sido consideradas uma técnica promissora, pois pode controlar maior número de espécies (VIEIRA JÚNIOR et al., 2015) e prevenir a resistência de espécies de plantas daninhas à moléculas de herbicidas.

Quando a resistência se instala em uma área ou região o estudo sobre as alternativas de controle torna-se vital para garantia do sucesso do manejo de plantas daninhas (CARVALHO et al., 2011).

Porém, quando a aplicação de produtos químicos com um mesmo mecanismo de ação é repetida várias vezes na mesma cultura, sem utilizar outros métodos de controle de ervas daninhas, a pressão de seleção é muito maior, selecionando os biótipos resistentes, sendo este,

um dos principais motivos do cenário de resistência. Quando a resistência se instala em uma área ou região, como constatado por vários autores (ADEGAS et al., 2010; CARVALHO et al., 2011), o estudo sobre as alternativas de controle torna-se vital para garantia do sucesso do manejo de plantas daninhas.

Todavia, é sabido que o glyphosate por ser um herbicida não seletivo pode causar algumas alterações metabólicas, sendo umas das mais relevantes o acúmulo do ácido chiquimico e formação e/ou ativação das enzimas reativas oxidativas (EROs). Estresse causado por herbicidas pode causar alterações de vias metabólicas, sendo capaz de aumentar a produção das EROs, chamado de estresse oxidativo (SHARMA et al., 2012).

As plantas possuem vários mecanismos para minimizar os efeitos causados pelo estresse oxidativo, incluindo enzimas antioxidantes e metabólitos que detoxificam essas formas de EROs. Podendo ser enzimáticos (superóxido dismutase, catalase, glutamina, peroxidase-GSH-Px e glutamina redutase-Rd) e não enzimáticos, tais como a glutamina, prolina, β -caroteno, α -tocoferóis dentre outros que são capazes de degradá-los ou neutralizar a toxicidade das EROs (BARBOSA et al 2014) Além do aumento dos níveis de antioxidantes não-enzimáticos como ascorbato, glutathione, tocoferol, alcaloides, flavonoides e carotenoides (ASADA, 1999; APEL e HIRT, 2004).

A utilização do glyphosate aplicado isoladamente e em mistura com outros herbicidas, é uma alternativa de controle, inclusive de plantas resistentes aos herbicidas utilizados atualmente na cultura da soja. Em vista da introdução de cultivares transgênicos e da necessidade de utilizar misturas de herbicidas para aumentar o espectro e a eficiência de controle das plantas daninhas, torna-se primordial conhecer, também os efeitos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem na cultura devido a utilização de produtos químicos como pratica de manejo.

Objetiva-se com esse trabalho analisar em que tipo de aplicação o glifosato pode ser mais prejudicial à cultura da soja Msoy 8349 IPRO nas aplicações isoladas e em misturas com outros herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

A hipótese é que o glifosato de alguma forma pode vir a prejudicar em algum aspecto a cultura de interesse econômico, sendo ele aplicado de forma isolada e em mistura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) a estimativa que as áreas plantadas com soja no Brasil deverão ter uma expansão de quase 7% passando de 35,10 milhões de hectares na safra 2017/2018 para 37,50 milhões de toneladas na safra 2018/19. Já a produtividade, calculada pela média dos 5 anos, será de 3.210 kg/ha para safra 2018/2019, na safra 2017/18 este valor era de 3.41 kg/há (CONAB, 2018).

Aproximadamente 75% de toda soja cultivada no país é transgênica (CLIVE, 2010), com a característica de tolerância ao herbicida glyphosate, e a base do manejo de plantas daninhas nesta cultura estar alicerçada neste princípio ativo. Este cenário gera uma pressão de seleção extremamente alta, o que acaba culminando com a seleção de espécies tolerantes e de biótipos resistentes.

Com a liberação do cultivo de soja transgênica no Brasil, a intensidade do uso do herbicida glyphosate na cultura que já era grande devido às aplicações de dessecação de manejo, passou a ser ainda maior, com a possibilidade de realizar aplicações em pós-emergência sobre as plantas de soja geneticamente modificadas (PETTER et al., 2007). A resistência da soja ao herbicida glyphosate configura uma das maiores conquistas tecnológicas aos agricultores nos últimos, visto que proporcionou uma nova ferramenta para o manejo de plantas daninhas em pós-emergência, sobretudo ao fato de possuir um amplo espectro de ação (ALONSO et al., 2013).

Em virtude da grande expansão do cultivo de soja transgênica, acarretou um aumento considerável na frequência de utilização do herbicida glyphosate, principalmente em pós-emergência, com três a quatro pulverizações durante o ciclo da cultura (SERRA et al., 2011). Contudo, alguns resultados de pesquisa têm demonstrado que o uso de glyphosate combinado com herbicidas aplicados em soja convencional aumenta o espectro e a eficácia de controle de plantas consideradas mais tolerantes à ação do herbicida isolado (PROCÓPIO et al., 2007).

O primeiro relato sobre a ação do glyphosate foi feito em relação à sua propriedade metal-quelante (JAWORSKI, 1972), sendo que o glyphosate atua na enzima 5-enol-piruvil chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), bloqueando a produção de aminoácidos aromáticos (DUKE et al., 2003).

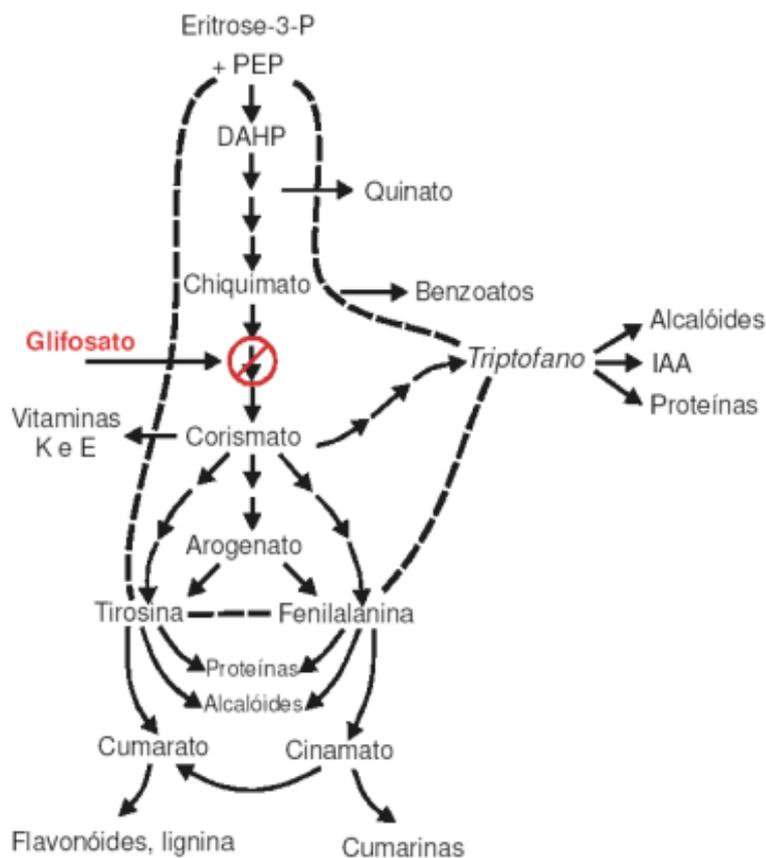
Defensivo mais conhecido no mundo, utilizado em mais de 119 países, e com mais de 150 marcas comerciais para o mesmo produto, com fórmula química $C_3H_8NO_5P$

(RODRIGUES; ALMEIDA 2005). Este herbicida é um pós-emergente, pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas, classificado como não-seletivo e de ação sistêmica. Apresenta largo espectro de ação, o que possibilita um excelente controle de plantas daninhas anuais ou perenes, tanto de folhas largas como estreitas (GALLI; MONTEZUMA, 2005). Apresenta o N-(phosphonomethyl) glycina como ingrediente ativo (FENNER et al., 2012). Este herbicida inibe a síntese dos aminoácidos aromáticos por atuar na enzima precursora EPSPs (5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase), por competição pela PEP (fosfoenolpiruvato) evitando a transformação do chiquimato em corismato, o qual é precursor dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano (SANTOS et al., 2007).

De acordo com Galli e Montezuma (2005), acredita-se que a desregulação da rota do ácido shikímico resulta na perda de carbonos disponíveis para outras reações celulares, pois cerca de 20% do carbono presente nas plantas são utilizados nessa rota metabólica.

A morte da planta se deve ao fato do glyphosate reduzir a síntese de fitoalexinas, gerando um aumento da concentração em níveis tóxicos de nitrato, etileno e outros compostos (GALLI e MONTEZUMA, 2005; FERREIRA, SILVA e FERREIRA, 2005).

Figura 1 – Local de atuação do glyphosate via rota do chiquimato (linhas tracejadas) e relação com outras vias metabólicas



Fonte: Modificado de Yamada e Castro (POTAFOS, 2012)

O glyphosate em condições normais é preferencialmente absorvido pela parte aérea da planta, pois, quando aplicado ao solo, são fortemente adsorvidos. Na folha a camada cuticular é considerada a principal barreira que influencia na absorção do herbicida (KRUSE et al., 2000). O glyphosate penetra nas folhas, em seguida atinge as raízes, rizomas e meristemas apicais, através da translocação via floema e xilema, uma vez que o floema é o principal mecanismo de transporte de herbicidas aplicados em pós emergência das plantas daninhas (SATCHIVI et al., 2000).

2.1 Utilização do glyphosate

Com o aumento do uso de soja geneticamente modificada (RR), em determinadas condições, algumas variedades de soja resistente ao herbicida apresentaram injúrias após a utilização do glyphosate, mesmo a cultura tendo característica de ser resistente ao herbicida (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007)

O glyphosate, por se tratar de um herbicida não-seletivo e altamente eficiente, se utilizado de forma inadequada poderá ocasionar fitotoxicidade ou mesmo levar à morte as plantas de interesse econômico (GALLI; MONTEZUMA, 2005). Seu mecanismo de ação embora seja amplamente conhecido, alguns outros prováveis efeitos sobre as plantas são menos estudados, esses efeitos secundários podem apresentar implicações importantes no crescimento de plantas e microorganismos (ZOBIOLE et al., 2010).

De acordo com Arregui et al., (2003), ocorre uma redução nos parâmetros fotossintéticos na soja RR tratada com glyphosate, o que indica que tanto o glyphosate quanto seus metabólitos possuem um impacto residual persistente na fisiologia e no ciclo da planta. Os herbicidas controlam o crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas, por meio de ação desses compostos em processos metabólicos e fisiológicos vitais dessas classes de plantas (CORREA; ALVES, 2010).

2.2 Mistura de herbicida

O herbicida glyphosate, deve ser utilizado em pós-emergência inicial de algumas plantas daninhas, pois apresentam pouca eficácia quando estão em estágio mais avançado de desenvolvimento. Entretanto, a mistura de herbicidas pode ser interessantes e proporcionar

melhor controle de algumas espécies de plantas daninhas como observado por (PICCININI et al., 2012)

A mistura de herbicidas torna-se promissora no controle de plantas daninhas, uma vez que, pode demonstrar aumento do número de espécies controladas (AGOSTINETO et al. 2016). Além do mais, é uma técnica benéfica para a prevenção do surgimento de plantas daninhas resistentes (VIEIRA JÚNIOR et al., 2015), principalmente quando se utiliza herbicidas com mecanismo de ação diferentes (KRUSE et al., 2000).

Entretanto, a utilização de princípios ativos em mistura pode provocar efeitos adversos sobre as plantas daninhas e a cultura, portanto, sendo indicado pesquisas sobre os efeitos, interações e sua eficácia de herbicidas (AGOSTINETO et al. 2015).

Quando a resposta da mistura de herbicida é maior que a esperada, diz se que a mistura tem efeito sinérgico, quando a resposta é menor do que a esperada, tem se o efeito antagônico, é quando é igual é aditiva (COLBY, 1967). Esse sinergismo geralmente é apresentado quando se mistura herbicidas com diferentes mecanismos de ação, havendo uma complementaridade entre eles, facilitado a ação física e química entre ele (MATTHEWS, 1994).

Portanto, mistura de herbicidas pode apresentar alguns benefícios, pode reduzir custos na aplicação, possibilitando a utilização de doses mais baixas do que a recomendada, consequentemente redução do resíduo tanto no solo como na cultura de interesse econômico (QUEIROZ et al., 2014).

2.3 Select 240 EC (Cletodim)

É um princípio ativo gramínicida pós emergente e sistêmico, altamente seletivo para as culturas de soja, feijão, algodão, tomate, batata, cebola, alho, cenoura, café, fumo, mandioca e melancia. É efetivo contra ampla faixa de gramíneas anuais e perenes, apresentando pouca ou nenhuma atividade sobre as plantas daninhas de folhas largas e ciperáceas (ADAPAR, 2018).

Não há para as culturas indicadas e nas doses recomendadas. Em soja poderá ocorrer uma pequena redução do porte quando as condições ambientais foram adversas, mas a cultura se recupera durante a fase vegetativa (ADAPAR, 2018).

É absorvido essencialmente via foliar, com translocação sistêmica, apossimplastica atingindo desta forma as raízes e rizomas das plantas daninhas. Sua ação herbicida se dá pela inibição da enzima ACCase responsável pela biossíntese dos ácidos graxos, constituintes básicos da membrana celular, causando a inibição da divisão celular, formação de cloroplastos

e diminuição da respiração. Desta forma ocorre imediata paralização do crescimento das gramíneas (ADAPAR, 2018).

2.4 Bazagran (Bentazona)

É um herbicida seletivo para as culturas de soja, arroz, arroz irrigado, feijão, milho e trigo. É um herbicida que depois de absorvido, interfere na fotossíntese, nas áreas das folhas tratadas, sendo o efeito localizado, não sistêmico. Quando uma área foliar suficiente recebe tratamento, a paralisação na elaboração de carboidratos pode levar as plantas à morte, sendo elas particularmente sensíveis na fase inicial de desenvolvimento (ADAPAR, 2018).

Inibidores da fotossíntese também são denominados inibidores do transporte de elétrons, pois interferem na remoção ou inativação de um ou mais carregadores intermediários de transporte de elétrons (BALKE, 1985).

2.5 Pacto (Cloransulam)

É um princípio ativo pertencente aos inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) do grupo das sulfonanilida triazolopirimidina, onde que catalisa o primeiro passo na síntese de aminoácidos leucina, isoleucina e valina (ZHOU, 2007). São absorvidos pelas raízes e folhas sendo translocados pelo xilema e floema para o sítio de ação nos pontos de crescimento (PETERSON, 2010).

Após a aplicação desta classe de herbicidas, a maioria das espécies susceptíveis morrem antes da emergência, ocorre principalmente pelas raízes e, em menor intensidade, pelas partes aéreas antes da emergência (OLIVEIRA JR. 2011).

2.6 Respostas Bioquímicas

O surgimento de organismos fotossintetizantes levou a um acúmulo no oxigênio na atmosfera, sendo utilizado como aceptor final da cadeia de transporte de elétrons na obtenção de energia e alimento (FOYER; NOCTOR, 2000). Ao passo que a utilização do oxigênio trouxe benefícios aos organismos aeróbicos, inconvenientes surgiram como resultado desse metabolismo, tais como, o surgimento de espécies reativas de oxigênio (EROs) (FOYER; NOCTOR, 2000).

O estresse oxidativo em vegetais pode ser definido como o desequilíbrio entre a formação e a remoção de agentes oxidantes, decorrente da geração excessiva de espécies reativas de oxigênio (ERO) (BETTINI et al., 2015).

As plantas são submetidas a diversos fatores que podem causar algum tipo de estresse: biótico ou abiótico, e com isso, ocorre alteração das suas vias metabólicas, que pode levar a um aumento da produção das EROs (APEL; HIRT 2004). Através desses estímulos surge o estresse oxidativo, que é uma reação natural da planta após o reconhecimento de algum agente patogênico (FIORI, 2011), reação essa que visa fortalecer a parede celular vegetal (FERNANDES et al., 2013).

As principais EROs (tabela 1) estão distribuídas em 2 grupos, os radicalares e os não radicalares. No primeiro grupo estão presentes hidroxila ($\text{HO}\cdot$), superóxido ($\text{O}_2\cdot^-$), peroxila ($\text{ROO}\cdot$) e alcóxila ($\text{RO}\cdot$); e no segundo grupo estão o oxigênio (O_2), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e ácido hipocloroso (HClO) (OLIVEIRA; SCHOFFEN, 2010)

Tabela 1 - Principais espécies reativas de oxigênio e seus locais de ação.

Espécies	Estrutura química	Descrição	Ocorrência	Ação
Radical superóxido	$\text{O}_2\cdot^-$	Radical mais potente na indução de dano celular	Aproximadamente em todas as células aeróbicas	Na maioria das reações atua como agente redutor
Radical hidroxila	$\text{HO}\cdot$	Altamente reativo	Formado a partir da homólise da água	DNA, proteínas, carboidratos e lipídeos
Radical hidroperóxil	$\text{HO}_2\cdot$	Protonado a partir do $\text{O}_2\cdot^-$	Através do peróxido de hidrogênio	Membranas biológicas
Peróxido de hidrogênio	H_2O_2	Não é um radical livre, porque não possui elétrons desemparelhados na última camada	Reações para produção de $\text{HO}\cdot$	Proteínas e lipídios
Oxigênio singleto	$^1\text{O}_2$	Molécula de oxigênio excitada; não é um radical livre, porque não possui elétrons desemparelhados na última camada	Produzidos pelos fagócitos, indução luminosa e reações catalisadas pelas peroxidases	Mutações no DNA

Fonte: Adaptado de Garcez et al. (2004) e Oliveira e Schoffen (2010).

Em seu estado molecular o O_2 é pouco reativo, porém organismos aeróbicos produzem EROs com o radical superóxido ($\text{O}_2\cdot^-$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que é capaz de romper a membrana nuclear e causar danos ao DNA, radical hidroxil ($\cdot\text{OH}$), com alta reatividade, provocando lesões em várias moléculas e o oxigênio “singlet” (O_2^1) (SCANDALIOS, 2000).

Os radicais superóxidos são os primeiros a serem formados, os quais não conseguem atravessar membranas biológicas ficando retidos apenas onde foram gerados. Logo após, haverá a formação de peróxido de hidrogênio que tem a capacidade de atravessar biomembranas (BREUSEGEM et al., 2001). A última a ser produzida é o radical hidroxila (OH) pela redução do H_2O_2 por íons metálicos (Fe^{2+} e Cu^{2+}), que é a espécie mais reativa a ser formada, tem meia vida curta pois reagem rapidamente com moléculas biológicas sequestrando um átomo de hidrogênio (BREUSEGEM et al., 2001; NORDBERG e ARNER, 2001)

Nas plantas as EROs podem produzir reações nas mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos (FOYER; NOCTOR, 2000), sendo submetidas a determinado tipo de estresse as EROs são produzidas em organelas com alta atividade de oxidação metabólica, devido ao intenso fluxo de elétrons (BETTINI et al., 2014). As EROs causam uma série de reações oxidativas que resulta no descolorimento “bleaching” da clorofila e destruição de membranas (SHAALTIEL; GRESSEL, 1986). Todas EROs são extremamente reativas, e suas concentrações deve ser minimizadas rapidamente, o H_2O_2 quando em altas concentrações inibe a fixação do carbono (SCANDALIOS, 2000).

São muitos os fatores que podem contribuir para o aumento dos níveis das EROs nas plantas, tais como: radiação UV, luminosidade intensa, herbicidas, ataque de patógenos, certas injúrias, hiperoxia, ozônio, flutuações na temperatura (SCANDALIOS, 1994), seca, metais pesados, concentração elevada de sais, extremos de temperatura, poluição do ar (MALLICK; MOHN, 2000).

As plantas possuem vários mecanismos para minimizar os efeitos causados pelo estresse oxidativo (Figura 2), incluindo enzimas antioxidantes e metabólitos que detoxificam essas formas de EROs. O mais importante mecanismo se refere à atuação das enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT), além do aumento dos níveis de dehidroascorbato redutase (DHAR), monodehidroascorbato redutase (MDHAR), glutatona redutase (GR), glutatona peroxidase (GPx) (ASADA, 1999; APEL e HIRT, 2004).

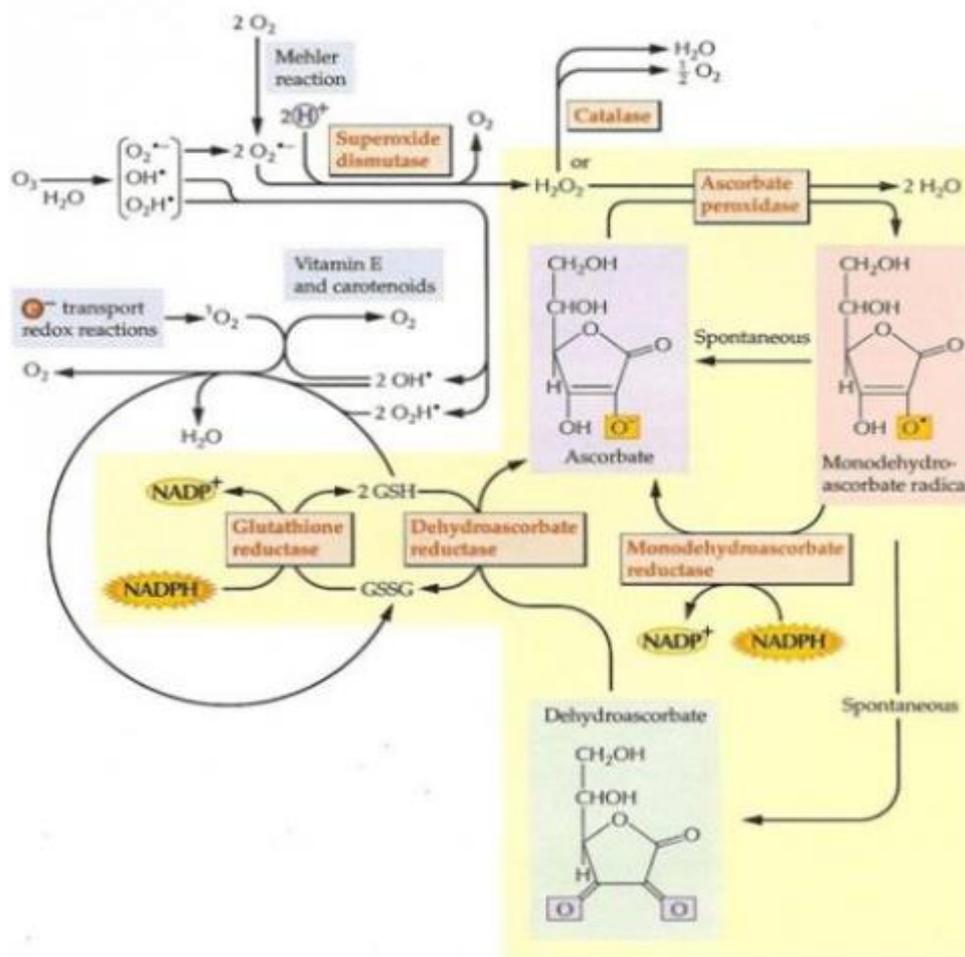
A enzima superóxido dismutase (SOD), é a primeira defesa contra os danos causados pelas EROs, dismutando radicais superóxido e peróxido de hidrogênio e oxigênio. A SOD possui três classes de acordo com o metal presente em seu sítio ativo, como o cobre, ferro e manganês, localizados em diferentes compartimentos celulares (SCANDALIOS, 2005). Sua atividade pode ser um indicador de estresse oxidativo provocado por herbicidas, havendo relação entre o estresse e sua concentração (CATANEO, 2005)

A ascorbato peroxidase (APX) é responsável pela inativação do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) utilizando o ascorbato como substrato, sendo importante na defesa de tecidos

fotossintéticos contra o estresse fotooxidativo (ASADA, 1992). Sua ação é uma das mais importantes reações antioxidante que ocorre nos vegetais formando o ciclo do ascorbato-glutamina também conhecido como ciclo de Halliwell-Asada (ASADA, 2006).

A catalase (CAT) decompõem o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) gerado nos peroxissomos durante a fotorrespiração, inativando o H_2O_2 formado durante a conversão do glicolato a glioxalato (IGAMBERDIEV; LEA, 2002).

Figura 2 – mecanismo de desintoxicação celular



Fonte: Buchanan et al., 2012)

De maneira geral, EROs são reconhecidos por fazer um duplo papel, como prejudiciais ou benéficos, que varia em função da sua concentração em plantas. Em alta concentração o EROs causa danos a biomoléculas, enquanto que em concentração moderada ele atua como segundo mensageiro nas cascatas de sinalização intracelular que interveem várias respostas em células vegetais (SHARMA et al, 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), campus de Gurupi, localizado na região sul do Estado a 11° 43' S e 49° 04' W, a 280m de altitude. O clima local segundo classificação de Köppen é Tropical de savana (Aw), e úmido com pequena deficiência de água no inverno, megatérmico com concentração da evapotranspiração no verão inferior a 48% do total anual (B1wA'a'), segundo a classificação de Thornthwaite (PEEL, 2007). A temperatura média anual é de 27°C e precipitação média anual de 1.600 mm, sendo verão chuvoso, inverno seco e elevado déficit hídrico entre os meses de maio a setembro.

Figura 3 – temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar durante o período de condução do experimento, Gurupi - TO

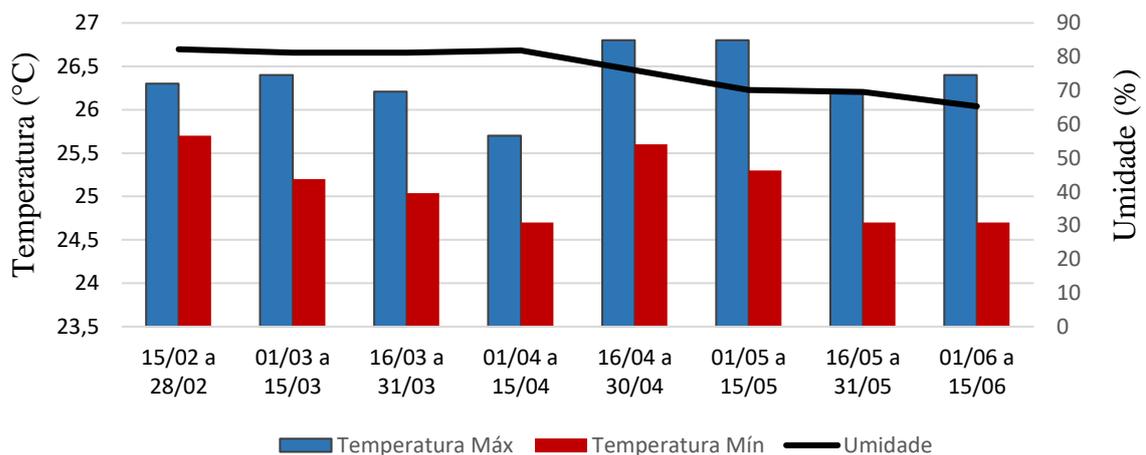
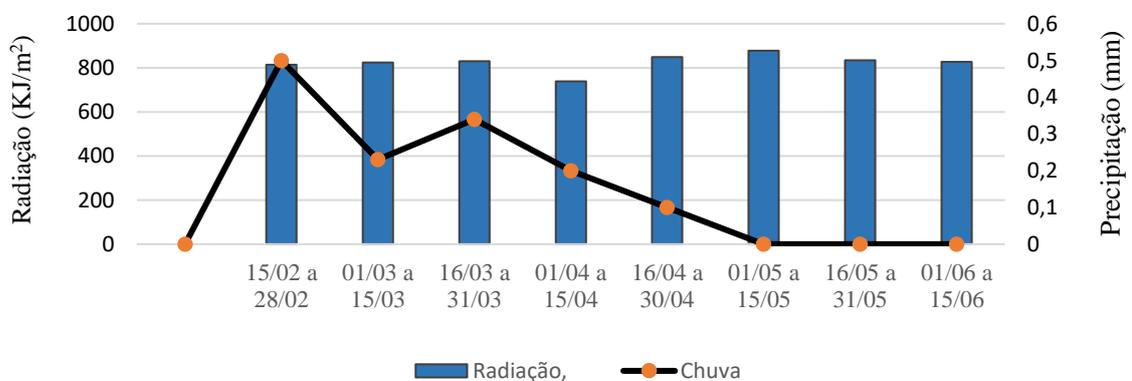


Figura 4 – Radiação solar incidente e precipitação durante a condução do experimento, Gurupi - TO



Fonte: INMET (2018), adaptado pelo autor

Amostras simples de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm com auxílio de um trado. O solo coletado apresentou as características apresentadas na tabela 1.

Tabela 2 – Características químicas e físicas da camada de 0 – 0,20 m de profundidade da área experimental, Gurupi -TO

pH CaCl ₂	M.O	C.O	P	K	CA ²⁺	Mg	Al ³⁺	H+AL	SB	CTC _t	V%
	--dag.kg ⁻¹ --				-----cmol _c .dm ⁻³ -----						
5,4	1,8	1,8	3,0	0,11	2,5	0,9	0,0	2,50	3,51	6,01	58%

O preparo do solo foi feito de forma convencional com apenas gradagem, apesar do solo apresentar acidez não foi aplicado corretivos no solo, pois, o solo não apresentava teores significativos de alumínio.

A semeadura foi realizada no dia 15 de fevereiro de 2018, a cultivar utilizada foi a M8349 IPRO caracterizada como material de ciclo precoce de grupo de maturação 8.3, com densidade de plantio de 14 plantas por metro e espaçamento de 0,50 m entre linhas tendo a produtividade média nacionalmente em torno de 80 sc.há⁻¹, previamente inoculada com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, com concentração mínima de 5x10⁹ células viáveis ml⁻¹ de inoculante, na dosagem de 0,1 L ha⁻¹ em 50 kg de semente de soja, com a finalidade de se obter boa nodulação das raízes. A adubação foi realizada no sulco de plantio utilizando 480 kg ha⁻¹ da fórmula 05-25-15 (NPK). Aos 16 DAE (Dias após a emergência) foi realizada uma adubação de cobertura com 40 kg ha⁻¹ de KCL (Cloreto de Potássio).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições, o experimento foi constituído de sete tratamentos (Tabela 3), incluindo uma testemunha sem aplicação e uma testemunha capinada, os tratamentos referentes as aplicações, foram constituídos com duas doses isoladas de glyphosate comercialmente formulado (480 g e.a L⁻¹), e doses em mistura de glyphosate com outros princípios ativos, sendo eles o Cletodim (240 g.i.a L⁻¹), Bentazona (480 g.i.a L⁻¹) e Cloransulam metílico (840 g.i.a Kg⁻¹). As parcelas experimentais apresentavam 4 linhas com comprimento de 5 metros com espaçamento entre si de 0,50 metros, a área útil de cada parcela considerou as duas linhas centrais.

As aplicações dos tratamentos foram realizadas 30 dias após a semeadura quando as plantas se encontravam no estágio vegetativo V4 (terceiro trifólio completamente expandido), utilizando-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, com pressão constante de 35 kgf.cm², munido de bico XR 110015 BD tipo leque, e volume de calda de 150 L ha⁻¹. Durante a aplicação

a velocidade do vento esteve em torno de 4,5 km h⁻¹, com umidade relativa do ar de aproximadamente 65%, com temperatura de 31 °C.

Tabela 3 – Tratamentos aplicados na cultura da soja M8349 IPRO, com respectivas doses. Gurupi – TO 2018.

Tratamentos	Dose (L ha⁻¹/ g há⁻¹)	i.a (g.i.a ha⁻¹)	Adj. (L/ha⁻¹)
Testemunha	--	--	--
Testemunha capinada	--	--	--
Glyphosate	2,0	960	--
Glyphosate	3,0	1440	--
Glyphosate + Cletodim	2,5 + 0,6	1220 + 144	0,3
Glyphosate + Bentazona	2,5 + 1,0	1220 + 600	0,3
Glyphosate + Cloransulam	2,5 + 0,035	1200 + 29,4	0,3

g.i.a = gramas de equivalente ácido

Momentos antes das aplicações, 0 dias após as aplicações dos tratamentos (DAA), e aos 21 dias após as aplicações dos tratamentos (DAA) foi realizado um levantamento fitossociológico das plantas daninhas presentes na área afim de se obter as densidades das espécies encontradas na área, utilizando um quadrado de 1,0 x 1,0 m como unidade amostral (método do quadrado inventário) lançado aleatoriamente dentro dos tratamentos por meio do caminhar em ziguezague (ERASMO et al., 2004).

Avaliações de toxicidade foram realizadas aos 7, 14 e 21 dias após aplicação, dentro da área útil de cada parcela, empregando a escala visual onde 0% = isenta de sintomas de toxicidade e 100% = morte da planta (EWRC, 1964). As avaliações de controle foram efetuadas aos 7 e 14 dias após a aplicação dos tratamentos, empregando-se a escala percentual, onde 0% representa nenhum controle e 100% ao controle total das plantas daninhas comparados à testemunha sem capina (EWRC, 1964).

Os tratos culturais de pragas e doenças foi realizado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Quando necessário fez-se o uso de irrigação por aspersão convencional disponibilizando uma vazão média diária de 0,45 m³.ha⁻¹, tendo 12 metros de raio.

No estágio reprodutivo R1, foram coletadas de forma aleatória 5 plantas de cada parcela, separadas a parte aérea da raiz, todo material colhido foi colocado em sacos de papel e secos em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas até peso constante para

determinação de massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), tendo os resultados expressos em g.planta^{-1} .

3.1 Variáveis Agronômicas Avaliadas

Atributos agronômicos foram avaliados em diferentes estágios, em R6 se procedeu a aferição da altura de plantas (AP), 5 plantas de cada parcela, medido em centímetros, na área útil de cada parcela, medida a partir da superfície do solo até a extremidade a haste principal da planta; altura da primeira vagem (APV), medida em centímetros da superfície do solo até a primeira vagem.

A colheita foi feita no estágio reprodutivo R8, de acordo com a escala de Fehr et al., (1971), coletando 14 plantas que é a quantidade de plantas. m^{-1} indicada para a cultivar dentro da área útil de cada parcela quando as mesmas apresentaram no mínimo 95% de vagens maduras, determinando o peso dos grãos das plantas coletadas de cada tratamento, e a produtividade de grãos (PG), obtido por meio da massa correspondente a coleta de cada parcela, convertida em kg.ha^{-1} , após a correção da umidade para cerca de 13% que foi feita em estufa com circulação de ar a 65 °C.

3.2 Variáveis Fisiológicas Avaliadas

Foram realizadas 5 avaliações fisiológicas, aos 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação (DAA) dos tratamentos, estando a plantas no início das avaliações em estágio vegetativo V4, escolhendo um trifólio completamente expandido (folha diagnose) de duas plantas de cada parcela. Utilizou-se o analisador portátil de gás infravermelho (IRGA, modelo LI- 6400 XT, LI-COR, inc. Lincoln, NE, EUA). As leituras foram realizadas entre 9 e 12 h da manhã, de forma que fossem mantidas as condições ambientais homogêneas.

Utilizou o nível de irradiância saturante de $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (*DFFFA*), com temperatura do bloco calibrada a 30 °C, temperatura esta tendo referência da média da temperatura ao longo do dia na área experimental de acordo com dados do INMET.

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 ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a

eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (MACHADO et al. 2005, MELO et al. 2009).

3.3 Variáveis Bioquímicas

Amostras da parte aérea das plantas foram coletadas aos 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação (DAA) dos tratamentos, totalizando 5 coletas. A coleta do material vegetal se procedeu no terço media da planta, sempre na mesma planta da parcela, coletando um trifólio e armazenado o mesmo em um tubo tipo *Falcon* de 25 ml devidamente identificado, após a coleta o material foi rapidamente congelado em nitrogênio líquido ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) de forma a preservar o material coletado para posteriores análises.

O extrato foi obtido através da maceração e ressuspensão do material vegetal (300 mg) em 2,0 mL de tampão fosfato de potássio 0.1 M, pH 7.0, complementado com 200 mg de polivinilpolipirrolidona (PVPP). Feita a centrifugação do material em centrífuga refrigerada com rotação de 4.000 rpm por 25 minutos o sobrenadante foi coletado e armazenado a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ em nitrogênio líquido, de acordo com metodologia descrita por Bettini et al., (2015), com modificações.

As atividades das enzimas foram avaliadas espectrofotometricamente. A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi determinada pela sua capacidade em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT), proposta por Giannopolitis e Ries (1977) a 560 nm. A atividade da peroxidase do ascorbato (APX) foi determinada pelo acompanhamento da oxidação do guaiacol a 290 nm segundo Lin e Wang (2002) com modificações. A atividade da enzima catalase (CAT) foi determinada em espectrofotômetro a 240 nm monitorando a variação da absorção do peróxido de hidrogênio, conforme Peixoto et al. (1999).

3.4 Análise dos dados

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).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comunidade infetante presente na área experimental obtida através do levantamento fitossociológico realizado aos 21 DAP (dias após aplicação) apresentou predominância da planta daninha *Cenchrus echinatus* (timbete) apenas na testemunha sem capina, onde que ficou sob competição com a planta daninha durante todo seu desenvolvimento, nos demais tratamentos a planta daninha foi controlada, ficando a soja sem competição da planta daninha durante seu desenvolvimento.

Para a variável toxicidade aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA), observou-se que o tratamento de glyphosate + bentazona foi o único que apresentou efeito fitotóxico, sendo que aos 7 DAA estava em torno de 27% e aos 21 DAA próximo 10%, mostrando que a planta foi se recuperando dos efeitos provocados pela mistura de herbicida. Os demais tratamentos não apresentaram nenhum efeito visual de toxicidade.

Os resultados mostram que o único tratamento que apresentou toxicidade na cultivar msoy 8349 IPRO foi a mistura de herbicidas glyphosate + bentazona. Por se tratar de um herbicida de contato, ocasionou efeitos visuais isolados de queima e posterior necrose nas áreas afetadas das folhas, sendo que as injurias recuperam-se ao logo do tempo. Seus sintomas visuais de toxicidade em soja manifestam-se através de clorose e necrose de tecidos foliares restringindo a áreas que foram atingidas pelo produto, porém, quando completada a desativação do produto o desenvolvimento volta a ser normal (GAZZIERO e NEUMAIER 1985; ADAPAR, 2018).

Resultados semelhantes foram observados por Alonso et al (2013) na soja cultivar CD 214 RR, a mistura dos herbicidas glyphosate + bentazona apresentou intoxicação de 40% aos 7 DAA, os resultados de toxicidade foram reduzindo gradativamente ao longo do desenvolvimento da cultura, ocorrendo apenas em folhas velhas

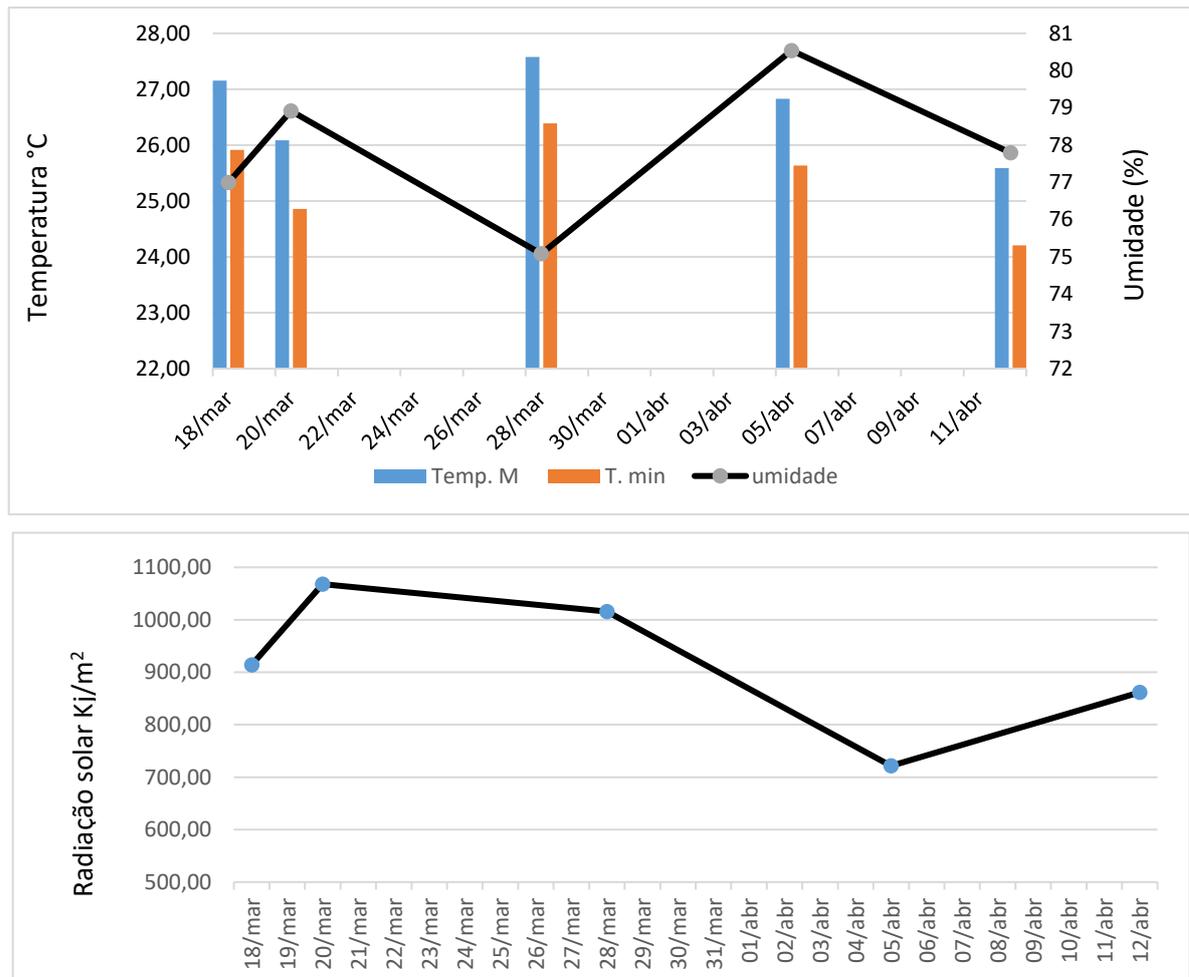
Misturas de herbicidas em pós-emergentes com glyphosate em soja geneticamente modificada apresentam maior potencial de fitointoxicação em aplicações em estágios de desenvolvimento mais precoce da cultura (ALONSO, 2010).

4.1 Variáveis fisiológicas

Os dados meteorológicos diários de temperatura (máxima e mínima), umidade relativa do ar e radiação solar incidente na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi, onde o experimento foi conduzido estão indicados na figura 6, referentes

aos períodos de avaliação de trocas gasosas com o IRGA e coleta de material para posterior análise bioquímica de enzimas aos 3, 5, 12, 18 e 25 DAA para as respectivas avaliações.

Figura 5 – Condições climáticas (Temperatura máxima, mínima, umidade do ar e radiação solar) diárias nos dias das avaliações (3, 5, 12, 18 e 25 DAA) fisiológicas com IRGA e coleta de material para análise bioquímicas de enzimas, Gurupi – 2018.



Fonte: INMET (2018), adaptado pelo autor

Os dados meteorológicos, temperatura, umidade relativa do ar e radiação solares incidentes variaram ao longo dos dias da avaliação, sendo esses elementos influenciadores nas trocas gasosas das plantas.

Para a variável fotossíntese (A), pode-se observar através da tabela 5, que não houve diferença estatística dentre os tratamentos avaliados em todos os períodos de avaliação (3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação), sendo que no início das avaliações (3DAA) todos os tratamentos apresentaram valores de fotossíntese inferiores à testemunha capinada, ao qual foi a que apresentou as maiores médias fotossintéticas na primeira avaliação, e o tratamento com

as menores medias foi o de glyphosate + cletodim com cerca de 17,457 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sendo em torno de 7% menor do que a testemunha.

Aos 12 DAA a soja cultivar msoy 8349 IPRO já estava no estágio reprodutivo R2, com a testemunha capinada com maiores valores de fotossíntese (Tabela 5). Aos 18 DAA os tratamentos apresentaram taxas crescentes de fotossíntese, tendo o pico fotossintético avaliado nesse período, mostrando que as plantas foram se recuperando ao logo do tempo do estresse provocado pelos tratamentos. O tratamento glyphosate + cletodim apresentou a maior taxa fotossintética aos 18 DAA em relação aos demais tratamentos, sendo superior a todos, porém, não se diferenciando estatisticamente.

Na última data de avaliação (25 DAA), todos tratamentos foram estatisticamente iguais entre si, apresentando uma queda na taxa fotossintética, sendo o maior valor o do tratamento glyphosate + cletodim e o menor o glyphosate aplicado isoladamente na concentração de 960 g.i.a 8,662 e 7,796 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ respectivamente.

Tabela 4 – Análise de variância para a variável fotossíntese (A), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018

Tratamentos	3 DAA	5 DAA	12 DAA	18 DAA	25 DAA
	------(A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)-----				
Testemunha sem capina	18,263 a	18,721 a	19,112 a	20,948 a	8,131 a
Testemunha capinada	18,820 a	18,890 a	19,572 a	20,118 a	7,945 a
Glyphosate 960 g.i.a	18,705 a	19,571 a	19,206 a	21,129 a	7,796 a
Glyphosate 1440 g.i.a	17,554 a	19,322 a	19,708 a	20,306 a	8,530 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cletodim	17,457 a	19,754 a	19,933 a	22,167 a	8,662 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Bentazona	16,765 a	17,715 a	19,055 a	21,776 a	8,186 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cloransulam	17,714 a	18,550 a	19,181 a	21,409 a	7,888 a
F calculado	1.223 ^{ns}	1,315 ^{ns}	0,403 ^{ns}	0,885 ^{ns}	0,905 ^{ns}
CV (%)	7,45	6,41	5,53	7,47	8,23

^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. As medias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste scott-knott.

No presente trabalho os valores de fotossíntese para os tratamentos e testemunha não se diferiram estatisticamente (tabela 5). Apesar de ter ocorrido toxicidade visual e redução de produção em alguns tratamentos, mesmo naqueles que tinha como local de atuação da molécula de herbicida o fotossistema, essa influência dos herbicidas não foi suficiente para diminuir a taxa fotossintética da soja cultivar Msoy 8349 IPRO, evidenciando que as moléculas de herbicidas foram degradadas antes de afetar a fotossíntese. Todos tratamentos com aplicação de herbicidas de forma isolada ou em mistura seguiu um mesmo padrão da fotossíntese apresentada pelas testemunhas.

As características fisiológicas são análises pontuais e altamente dependentes das condições ambientais sendo úteis principalmente para inferências entre plantas avaliadas no mesmo momento, sob condições ambientais equivalentes (GALON et al., 2010).

Determinados fatores como a espécie que está sendo estudada, o estágio fenológico em que foi realizado as avaliações, condições ambientais no momento das aplicações, tempo decorrido após a aplicação para avaliação dos tratamentos, características edafoclimáticas, são possíveis influenciadores nas respostas sobre o metabolismo do glyphosate e outros produtos no vegetal (GRAVENA, 2006).

Galon (2014) observou que houve uma redução da taxa fotossintética de ervilha e trevo-branco tratadas com doses e dobro de doses recomendada para a mistura de imazethapyr + imazapic, entretanto, plantas de azevém apresentou sua taxa fotossintética aumentada quando tratadas com a dose recomendada da mistura.

Para a variável condutância estomática (G_s) (tabela 6), observa-se que houve diferença estatística nos tratamentos apenas aos 3 DAA, tendo o tratamento glyphosate + bentazona ($2,082 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), testemunha sem capina ($2,234 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e glyphosate + cletodim ($2,041 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) si diferindo estatisticamente em relação aos demais, apresentando a maiores medias de condutância estomática, o tratamento glyphosate + cloransulam apresentou a menor condutância estomática nesse período de avaliação ($1,651 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Aos 5 DAA por mais que os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si foi o período em que houve uma menor taxa de condutância entre todos os tratamentos, no decorrer das avaliações as plantas foram se recuperando.

Não houve diferença estatística para todos os tratamentos nos demais períodos de avaliação (tabela 5), apresentado valores que variam de $0,919$ a $1,038 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no 5 DAA; $1,441$ a $1,620 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no 12 DAA; $1,927$ a $1,775 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aos 18 DAA.

Tabela 5 – Análise de variância para a variável condutância estomática (*G_s*), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018

Tratamentos	3 DAA	5 DAA	12 DAA	18 DAA	25 DAA
	-----(<i>G_s</i>) (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)-----				
Testemunha sem capina	2,234 a	0,989 a	1,483 a	1,842 a	0,730 a
Testemunha capinada	1,957 b	0,967 a	1,441 a	1,830 a	0,693 a
Glyphosate 960 g.i.a	1,931 b	1,038 a	1,605 a	1,848 a	0,694 a
Glyphosate 1440 g.i.a	1,860 b	1,002 a	1,620 a	1,915 a	0,756 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cletodim	2,041 a	1,035 a	1,589 a	1,775 a	0,697 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Bentazona	2,082 a	0,977 a	1,593 a	1,927 a	0,708 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cloransulam	1,651 b	0,919 a	1,551 a	1,833 a	0,666 a
F calculado	4,715**	2,542 ^{ns}	1,160 ^{ns}	0,767 ^{ns}	1,314 ^{ns}
CV (%)	8,67	5,21	8,08	6,45	7,21

^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste scott-knott.

A condutância estomática (*G_s*), é um parâmetro essencial para a compreensão dos processos fisiológicos na planta, devido os estômatos serem o principal meio pelo qual a planta realiza trocas gasosas entre a atmosfera e o interior do aparato fotossintético (AMARAL, RENA e MARAL, 2006).

Ferreira-Silva et al., (2008) evidenciam que o estresse abiótico estimula a redução da condutância estomática e, conseqüentemente uma menor perda de água pelas plantas, conferindo à planta maior resistência. 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).

Isso condiz com o presente trabalho, onde que aos 3 DAA o tratamento que proporcionou menores medias de condutância estomática foi o de glyphosate + cloransulam, que comparado com a testemunha reduziu em torno de 26% a taxa de condutância estomática. Isso possivelmente ocorreu pela interação antagônica dos mecanismos de ação dos tratamentos, principalmente do glyphosate somado como o do cloransulam (inibidos da EPSPS + inibidor

da ALS). Os inibidores da ALS atuam paralisando o crescimento das plantas susceptíveis (OLIVEIRA JR, 2011).

Paiva et al., (2005) observou que 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.

Ometto et al., (2003), evidência que herbicidas pode reduzir a condutância estomática nas plantas sensíveis e, em alguns casos em plantas tolerantes. Isso geralmente ocorre pelo fechamento dos estômatos, o qual é influenciado por diversos fatores, como disponibilidade hídrica, luz e energia, poluição e herbicidas usados no controle de plantas daninhas.

Além da redução provocada pela mistura de glyphosate + cloransulam, a condutância estomática também foi afetada pelas condições climáticas durante o período de avaliação (3, 5, 12, 18 e 25 DAA). A condutância estomática apresentou comportamento inverso a temperatura ambiente e a radiação solar, em temperaturas e radiação mais amenas a condutância apresentou uma taxa mais elevada em seus valores, porém, quando a radiação solar se mostrou mais intensa, observou-se uma redução nas medias de condutância estomática.

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).

Quanto ao carbono interno (Ci) (tabela 7), houve diferença estatística entre os tratamentos aos 3 DAA, os tratamentos glyphosate + bentazona, glyphosate + cletodim, testemunha sem capina e glyphosate isolado na concentração de 1440 g.i.a foram os que apresentaram os maiores valores de carbono interno, 304,31 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 304,22 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 301,09 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e 300,68 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ respectivamente.

Houve uma redução dos valores de carbono interno aos 5 DAA, até o 25 DAA os tratamentos não se diferiram estatisticamente entre si. Sendo que no decorrer do desenvolvimento da cultura, assim como foi nos parâmetros de fotossíntese e condutância estomática, as plantas foram se recuperando e reestabelecendo os valores de carbono interno, mas não sendo superior aos valores obtidos aos 3 DAA. Em um aspecto geral da primeira

avaliação para a última, os tratamentos apresentaram redução na concentração de carbono interno no decorrer de desenvolvimento da cultura.

Ao 25 DAA, os tratamentos apresentaram os menores valores de condutância estomática dentre os períodos de 3, 5, 12, 18 e 25 DAA (tabela 7), permanecendo estatisticamente iguais entre si. Tendo valores que variaram de 249,60 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na testemunha capinada, ao qual manteve-se superior aos demais tratamentos aos 12 DAA, 18 DAA e 25 DAA (tabela 7).

Tabela 6 - Análise de variância para a variável carbono interno (C_i), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018

Tratamentos	3 DAA	5 DAA	12 DAA	18 DAA	25 DAA
-----(C_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)-----					
Testemunha sem capina	301,09 a	260,97 a	260,84 a	274,23 a	241,73 a
Testemunha capinada	297,76 b	263,14 a	263,14 a	277,47 a	249,60 a
Glyphosate 960 g.i.a	298,18 b	260,57 a	260,20 a	274,29 a	245,50 a
Glyphosate 1440 g.i.a	300,68 a	258,10 a	253,91 a	277,41 a	240,93 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cletodim	304,22 a	258,85 a	260,86 a	277,41 a	239,88 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Bentazona	304,31 a	262,93 a	259,86 a	272,54 a	241,12 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cloransulam	296,18 b	261,36 a	259,14 a	274,82 a	246,55 a
F calculado	2,914*	0,745 ^{ns}	2,005 ^{ns}	1,052 ^{ns}	1,200 ^{ns}
CV (%)	1,23	1,68	1,55	1,97	2,72

^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste scott-knott.

Nota-se no presente trabalho que aos 3 DAA os tratamentos apresentaram diferenças estatísticas significativas na concentração de carbono interno, sendo o tratamento mais afetado a mistura de glyphosate + cloransulam que comparado com a testemunha teve uma pequena redução de aproximadamente 3%.

De acordo com Magalhães Filho et al. (2008), o parcial fechamento estomático leva à diminuição na condutância estomática (gs) e conseqüentemente o aumento no CO_2

subestomático (Ci). O Ci é considerado uma variável fisiológica influenciada por fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, luz e energia, entre outros (Ometto et al., 2003).

Em trabalho realizado em mandioca por Silveira et al., (2013) observou que em avaliação aos 45 DAA do herbicida mesotrione o mesmo foi um fator limitante no metabolismo das plantas com relação a concentração interna de carbono. Cedergreen e Olesen (2010) ao realizar um estudo com aplicação de glyphosate em plantas de cevada observou redução na fixação de CO₂ devido ao processo de regeneração da Rubisco diminuir com a aplicação do herbicida.

De acordo com a tabela 8 pode se verificar os valores de eficiência instantânea da carboxilação (EiC), nota-se que os valores apresentados apesar de não haver diferença estatística foi aumentado de uma forma geral em todos os tratamentos no decorrer do 3 DAA ao 18 DAA, todos os tratamentos apresentaram valores similares às testemunhas, evidenciando que o uso de herbicidas na cultivar Msoy 8349 IPRO não afetou o parâmetro de eficiência da carboxilação. A folha conseguiu regenerar a Rubisco mesmo sob ação dos herbicidas.

Tabela 7 - Análise de variância para a variável Eficiência da carboxilação (EiC), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018

Tratamentos	3 DAA	5 DAA	12 DAA	18 DAA	25 DAA
	-----(<i>EiC</i>) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) ⁻¹ -----				
Testemunha sem capina	0,061 a	0,072 a	0,073 a	0,077 a	0,034 a
Testemunha capinada	0,063 a	0,072 a	0,074 a	0,073 a	0,032 a
Glyphosate 960 g.i.a	0,063 a	0,075 a	0,074 a	0,077 a	0,032 a
Glyphosate 1440 g.i.a	0,059 a	0,075 a	0,078 a	0,074 a	0,035 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cletodim	0,057 a	0,076 a	0,077 a	0,082 a	0,036 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Bentazona	0,055 a	0,068 a	0,074 a	0,080 a	0,034 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cloransulam	0,060 a	0,071 a	0,074 a	0,078 a	0,032 a
F calculado	1,23 ^{ns}	1,235 ^{ns}	0,568 ^{ns}	0,993 ^{ns}	1,151 ^{ns}
CV (%)	8,52	7,67	5,62	8,65	9,16

^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste scott-knott.

Os valores menores da Eic no início das avaliações é em função da taxa fotossintética que no mesmo período também apresentaram os menores valores em todos os tratamentos, isso devido a limitação causada pela capacidade da folha em regenerar a Rubisco para a carboxilação (FARQUHAR; SHARKEY, 1992). Dessa forma os efeitos provocados pelos tratamentos após a aplicação dos herbicidas reduziu a fotossíntese em todos os tratamentos refletindo assim na Eic inicialmente tendo menos capacidade de regeneração da Rubisco se recuperando no decorrer das avaliações.

Com relação a transpiração (E) (tabela 9), pode se observar que todos os tratamentos foram estatisticamente iguais entre si em todos os períodos de avaliação (3, 5, 12, 18 e 25 DAA). Aos 12 DAA foi o pico de transpiração de todos os tratamentos durante o período de avaliação, evidenciando que as plantas foi se recuperando do estresse provocado pelos tratamentos, tendo valores variando de 9,341 mol H₂O m⁻² s⁻¹ (testemunha sem capina) a 9,606 mol H₂O m⁻² s⁻¹ (glyphosate isolado na concentração de 960 g.i.a e glyphosate + cletodim). Do 12 DAA aos 25 DAA a taxa transpiratória de todos os tratamentos apresentou uma redução, sendo em torno de 249,60 mol H₂O m⁻² s⁻¹ e 239,88 mol H₂O m⁻² s⁻¹, sendo os menores valores de transpiração em todos os períodos de avaliação.

Tabela 8 - Análise de variância para a variável Transpiração (E), as 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018

Tratamentos	3 DAA	5 DAA	12 DAA	18 DAA	25 DAA
	-----(<i>E</i>) (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)-----				
Testemunha sem capina	7,512 a	7,149 a	9,341 a	9,129 a	6,977 a
Testemunha capinada	7,08 a	7,205 a	9,395 a	8,895 a	6,984 a
Glyphosate 960 g.i.a	7,300 a	7,257 a	9,606 a	9,128 a	6,732 a
Glyphosate 1440 g.i.a	7,221 a	7,184 a	9,535 a	9,233 a	7,059 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cletodim	7,076 a	7,331 a	9,606 a	9,105 a	6,824 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Bentazona	7,099 a	7,001 a	9,535 a	9,154 a	6,804 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cloransulam	7,310 a	7,005 a	9,568 a	8,853 a	6,673 a

F calculado	0,483 ^{ns}	2,648 ^{ns}	0,929 ^{ns}	1,230 ^{ns}	0,967 ^{ns}
CV (%)	4,13	2,11	2,28	2,81	4,26

^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. As medias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste scott-knott.

Apesar de não constar diferença significativa entre os tratamentos em relação a taxa de transpiração (E) (tabela 9) nota-se que todos tratamentos apresentaram valores próximos de transpiração durante as avaliações. Inicialmente o tratamento que apresentou os menores valores de transpiração foi o de glyphosate + bentazona aos 3 e 5 DAA, possivelmente devido a toxicidade provocada por esse tratamento. A transpiração até os 12 DAA foi influenciada pela temperatura e radiação solar, sendo proporcional os valores, quanto mais intensa a radiação mais a planta transpirou.

A partir do estágio reprodutivo R3 houve incidência de antracnose na cultura da soja, provocando queda de folhas e com isso reduzindo a área foliar da cultura, contribuindo para as reduções evidenciadas principalmente aos 25 DAA nos tratamentos de fotossíntese, carbono interno, condutância estomática e transpiração.

4.2 Variáveis Bioquímicas

O glyphosate é um dos herbicidas mais utilizados no mundo, inibindo a enzima EPSPs, através da via metabólica do chiquimato. Esse princípio aplicado isoladamente ou em mistura com outros herbicidas de diferentes mecanismos de ação pode vir a causar danos bioquímicos nas plantas. O estresse causado por esse herbicida pode aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) considerado altamente tóxico. As espécies reativas de oxigênio (ERO), representadas pelos radicais de superóxido ($O_2^{\bullet-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o radical hidroxila (OH^{\bullet}) promovem danos às proteínas e lipídios das membranas celulares dos vegetais (THOUNAOJAM et al. 2012; SÁNCHEZ-PARDO et al. 2014).

As plantas apresentam mecanismos de defesa antioxidantes envolvendo enzimas, tais como a superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e a catalase (CAT) (ANDRESS et al., 2015)

A enzima catalase não apresentou diferenças significativas em decorrência da aplicação dos herbicidas (Tabela 10), mas pode-se notar que aos 3 DAA o tratamento que apresentou a maior concentração desta enzima foi o de glyphosate + cloransulam, sendo em torno de 60% superior às testemunhas nesse período de avaliação, decrescendo nos dias posteriores.

O tratamento que proporcionou maior concentração da enzima catalase (CAT), aos 3 DAA foi o de glyphosate + Cloransulam sendo superior aos demais tratamentos, tendo um decréscimo significativo nos demais períodos de avaliação, mantendo níveis similares da enzima catalase em todos os tratamentos. Não houve diferença estatística nos tratamentos, os níveis da catalase decresceu ao longo do tempo de avaliação, sendo que aos 25 DAA esses níveis se mantiveram em torno de $66,51 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \cdot \text{g MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e $20,11 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \cdot \text{g MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

Tabela 9 – Enzima catalase (CAT), aos 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018

Tratamentos	3 DAA	5 DAA	12 DAA	18 DAA	25 DAA
------(CAT) ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \cdot \text{g MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)-----					
Testemunha sem capina	77,86 a	60,90 a	65,57 a	77,68 a	32,97 a
Testemunha capinada	109,59 a	97,03 a	84,45 a	32,55 a	35,25 a
Glyphosate 960 g.i.a	95,38 a	61,79 a	64,74 a	72,94 a	53,36 a
Glyphosate 1440 g.i.a	62,54 a	52,99 a	81,24 a	40,29 a	66,51 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cletodim	55,59 a	66,40 a	43,02 a	84,68 a	44,69 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Bentazona	100,87 a	92,40 a	101,45 a	48,56 a	20,11 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cloransulam	228,02 a	84,92 a	56,53 a	45,92 a	27,16 a
F calculado	2,029 ^{ns}	1,953 ^{ns}	0,514 ^{ns}	1,753 ^{ns}	1,371 ^{ns}
CV (%)	39,38	32,44	33,71	31,42	42,95

^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste scott-knott.

Para a enzima ascorbato peroxidase (APX), nota-se através da tabela 11, que os tratamentos apresentaram diferenças significativas ao logo das avaliações. Aos 3 DAA todos tratamentos apresentaram níveis similares ao da testemunha capinada, a testemunha sem capina foi a que apresentou o maior nível de APX em relação aos demais tratamentos seguida pelo tratamento de glyphosate na concentração de 1440 g.i.a, $722,91 \mu\text{mol AsA} \cdot \text{g MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e $193,72 \mu\text{mol AsA} \cdot \text{g MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ respectivamente.

Aos 5 DAA, o tratamento que apresentou a maior concentração da APX em relação aos demais foi o de glyphosate + Cloransulam, sendo estatisticamente superior ao restante dos tratamentos, tendo a testemunha a menor concentração aos 5 DAA.

As misturas de herbicidas ao 12 DAA foram os tratamentos que apresentaram maiores concentrações da APX, sendo a mistura glyphosate + cletodim tendo a maior concentração, na sequência glyphosate + bentazona e glyphosate + cloransulam. As misturas de herbicidas apresentaram concentrações superiores a 49% da enzima APX em relação à testemunha.

Aos 18 DAA houve um acréscimo no nível da APX nos tratamentos, indicando que as plantas sofreram estresse nesse período (tabela 10), sendo a mistura de glyphosate + bentazona apresentando a maior concentração da APX seguido pela testemunha sem capina.

Aos 25 DAA todos tratamentos não apresentaram diferença estatística, sendo praticamente iguais, tendo seus valores variando de 84,33 $\mu\text{mol AsA} \cdot \text{g MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a 128,99 $\mu\text{mol AsA} \cdot \text{g MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Tabela 10 – Enzima ascorbato peroxidase (APX), aos 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018

Tratamentos	3 DAA	5 DAA	12 DAA	18 DAA	25 DAA
	------(APX) ($\mu\text{mol AsA} \cdot \text{g MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)-----				
Testemunha sem capina	722,91 ak	138,56 c	95,03 b	532,87 a	109,40 a
Testemunha capinada	133,76 b	78,12 c	126,57 b	281,19 a	84,33 a
Glyphosate 960 g.i.a	135,21 b	118,95 c	224,87 a	627,86 a	128,99 a
Glyphosate 1440 g.i.a	193,72 b	263,97 b	47,64 b	482,95 a	92,58 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cletodim	40,252 b	151,79 c	327,87 a	408,74 a	86,50 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Bentazona	143,52 b	233,87 b	312,94 a	241,45 a	117,99 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cloransulam	130,56 b	361,31 a	253,23 a	388,33 a	105,95 a
F calculado	31,84**	15,417**	7,279**	1,487 ^{ns}	0,277 ^{ns}
CV (%)	37,91	26,12	40,99	26,52	33,57

^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. As medias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste scott-knott.

Houve influência dos tratamentos nas concentrações das enzimas SOD e APX, sendo que na APX, os tratamentos influenciados também envolveram a testemunha sem capina que permaneceu em competição com plantas daninhas, as 3 misturas de herbicidas também apresentaram efeito na concentração dessa enzima e a utilização de glyphosate de forma isolada na menor dose.

A superóxido dismutase (SOD) apresentou diferenças estatísticas ao logo das avaliações (tabela 12). Aos 3 DAA, o tratamento que apresentou a maior concentração da SOD foi a testemunha sem capina $193,62 \text{ U} \cdot \text{g MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ seguida pelo tratamento de glyphosate na concentração de 1440 g.i.a, sendo similar ao comportamento apresentado na enzima APX na primeira avaliação para os dois tratamentos.

Aos 5 DAA os tratamentos se mantiveram em níveis similares da SOD. Aos 12 DAA as testemunhas (capinada e sem capina) foram as que apresentaram os maiores níveis da enzima SOD em relação aos demais tratamentos. O tratamento de glyphosate + cletodim foi o que apresentou o menor nível da SOD nesse período de avaliação (tabela 10).

O tratamento de glyphosate na concentração de 960 g.i.a foi o que apresentou a maior concentração da SOD aos 18 DAA (tabela 10), sendo mais de 86% maior do que os valores observados na testemunha.

Aos 25 DAA o tratamento que apresentou a maior concentração da SOD foi o de glyphosate na concentração de 1440 g.i.a, o que apresentou a menor concentração foi a mistura de glyphosate + bentazona.

Tabela 11 – Enzima superóxido dismutase (SOD), aos 3, 5, 12, 18 e 25 dias após aplicação dos tratamentos, Gurupi-2018

Tratamentos	3 DAA	5 DAA	12 DAA	18 DAA	25 DAA
	-----SOD) (U · g MF ⁻¹ ·min ⁻¹)-----				
Testemunha sem capina	193,62 a	40,09 a	327,88 a	43,92 b	58,81 b
Testemunha capinada	28,52 b	70,00 a	147,82 b	23,66 c	193,68 a
Glyphosate 960 g.i.a	36,82 b	50,54 a	70,24 b	179,11 a	71,40 b
Glyphosate 1440 g.i.a	144,87 a	81,69 a	90,97 b	0,17 c	236,65 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cletodim	68,79 b	53,00 a	19,23 b	95,88 b	32,62 b

Glyphosate 1220 g.i.a + Bentazona	108,10 a	46,24 a	73,96 b	3,28 c	1,21 c
Glyphosate 1220 g.i.a + Cloransulam	49,52 b	99,15 a	110,73 b	67,66 b	53,74 b
F calculado	5,667**	2,143 ^{ns}	3,742*	13,066**	7,760**
CV (%)	31,59	21,84	41,73	40,07	39,31

^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste scott-knott.

Sendo similar os resultados na concentração da SOD, a testemunha sem capina apresentou influência sobre a concentração desta enzima evidenciando que a competição com plantas daninhas afeta a concentração da superóxido dismutase (SOD). Além das testemunhas o tratamento de glyphosate na dose de 1440 g.i.a também afetou a concentração desta enzima bem como a mistura de herbicida glyphosate + bentazona, possivelmente provocado pela soma dos dois mecanismos de ação sobre a cultura, já que o glyphosate afeta a rota do chiquimato e a bentazona atua sobre o fluxo de elétrons do fotossistema II, houve toxicidade provocada por esse herbicida na cultura da soja cultivar Msoy 8349 IPRO, causando necrose nas áreas atingidas, possivelmente causando estresse na planta e influenciado na concentração da SOD.

Para evitar danos oxidativos, as plantas apresentam defesas antioxidantes que envolvem as enzimas, como a dismutase do superóxido (SOD), peroxidase do ascorbato (APX) (ADRESS et al. 2015).

As plantas, devido ao modo de vida sésil, ficam expostas a diversos fatores ambientais que podem levar a uma situação de estresse oxidativo, como excesso de luz, herbivoria, seca, alagamento, utilização de herbicidas, metais pesados, desbalanço de nutrientes, entre outros, podendo aumentar drasticamente a produção de EROs, levando a morte (ROSSI, 2012).

Scandalios (1994), também afirma que são inúmeros os fatores que podem contribuir para o aumento dos níveis de EROs, radiação UV, luminosidade intensa, herbicidas, ataque de patógenos, certas injúrias, hiperoxia, ozônio, flutuações na temperatura. Seca, metais pesados, concentração elevada de sais, extremos de temperatura, poluição do ar (Mallick e Mohn, 2000).

As superóxido dismutases desempenham papel chave no sistema de defesa antioxidante através da dismutação de O_2^- a H_2O_2 e O_2 . As SODs são metaloenzimas que ocorrem em três diferentes formas moleculares, contendo os metais Mn, Fe ou Cu/Zn como grupos prostéticos (FRIDOVICH, 1986).

Bowler et al., (1992) relatou que o herbicida paraquat causou um estresse fotooxidativo na soja, modificando a atividade da SOD e o nível de proteína CuZn-SOD nas folhas. Pastori e

Trippi (1992) observaram que ocorreu aumento da atividade da SOD quando discos foliares de milho foi submetido ao herbicida paraquat na concentração de 1mml/L. Dodge (1971) constatou que as plantas parecem ser capaz de eliminar o O₂⁻ gerado pelo paraquat aplicado em concentrações subletais, como já foi observado por outros autores (MALAN et al., 1990).

Ramos (2017) constatou que houve aumento da atividade da SOD em *Acácia mangium* sob influência do tratamento de glyphosate na dosagem de 180 g.e.a.L⁻¹ do herbicida. Corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho, onde que a dose de glyphosate de 960 g.i.a.L⁻¹ provocou aumento da atividade da SOD na cultura da soja. Este aumento pode ter ocorrido pela produção dos radicais superóxido (O₂⁻) induzido pelo herbicida (GILL e TUTEJA, 2010). A remoção do radical superóxido pode prevenir a formação de radicais hidroxila antes de sua interação com moléculas alvo (ROSSI, 2012).

As SODs são responsáveis pela transformação do superóxido em peróxido de hidrogênio. A partir daí este peróxido de hidrogênio seria eliminado pela ação das ascorbato de peroxidase (APX), minimizando os efeitos tóxicos destes compostos (ROSSI, 2012). Participando de vários processos fisiológicos da planta, desta forma, um acréscimo na atividade enzimática da APX pode ser considerada uma ação protetora, pois elas neutralizam as EROs em água e oxigênio molecular, evitando assim a peroxidação dos lipídios (ROSSI, 2001). Após a formação de H₂O₂ pela SOD, a APX é uma das principais enzimas responsáveis pela detoxificação da molécula de peróxido de hidrogênio em plantas, formando produtos não tóxicos à células (ROSSI, 2012).

A atividade enzimática da SOD no presente trabalho variou nos tratamentos, sendo que no início das avaliações apenas a testemunha sem capina que apresentou níveis elevados desta enzima. Com o decorrer das avaliações as misturas de herbicidas passaram a apresentar atividade significativa desta enzima, sendo o tratamento de glyphosate + cloransulam apresentou as maiores concentrações do 5 DAA ao 18 DAA.

Acredita-se que as peroxidases tenham papel substancial na eliminação de danos celulares induzidos por herbicidas, por ser predominantemente citosólica e organelar (FOYER e NOCTOR, 2000), a APX utiliza o ascorbato como seu doador de elétrons específicos para eliminação do H₂O₂ produzido pela SOD.

4.3 Variáveis Agronômicas

Em relação aos efeitos dos tratamentos na altura das plantas de soja (tabela 4), verificou-se que o tratamento que possibilitou o maior crescimento diferindo estatisticamente dos demais

foi o do glyphosate aplicado isoladamente na dosagem de 1440 g.i.a. A menor média foi observada na testemunha sem capina, onde constatou-se uma redução de 13,0 % em relação ou tratamento com a maior média de altura. Entre as testemunhas, a capinada teve um incremento de 2,1% em relação a não capinada. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si.

Para a variável altura de inserção de primeira vagem (tabela 4) o tratamento que proporcionou a menor altura de inserção foi a testemunha capinada, e a maior altura foi do tratamento de glyphosate com 1440 g.i.a, porém, todos os tratamentos são estatisticamente iguais.

Dentre os tratamentos o que teve o maior número de vagens (tabela 4) foi o de glyphosate + bentazona, sendo 26,65% maior do que o tratamento de glyphosate + cletodim que teve a menor média de vagens por planta⁻¹, todavia, estatisticamente não houve diferença nessa variável para nenhum dos tratamentos.

Para a variável número de nós por planta⁻¹ pode se observar que não houve nenhuma diferença estatística entre os tratamentos. Porém, o maior número de nós foi observado no tratamento de glyphosate com 1440 g.i.a, sendo 25,34% maior do que o tratamento que teve as menores medias de nós por planta⁻¹ que foi o glyphosate + cletodim e cerca de 18% superior a testemunha.

A massa seca da parte aérea não teve diferenças estatísticas em todos os tratamentos (tabela 3), o que teve a maior média de massa seca foi o de glyphosate + bentazona, sendo 20,85% maior do que o tratamento com a menor média de massa seca, que foi o glyphosate + cloransulam, e 10,47% maior do que as medias da testemunha.

Diferença estatística foi observada na variável produtividade (tabela 4). Os tratamentos com as maiores médias o de glyphosate + bentazona e glyphosate com 1440 g.i.a sendo iguais estatisticamente entre si, no entanto, apresenta diferenças estatísticas aos demais tratamentos sendo 53,53% e 53,36% respectivamente maiores do que o tratamento de glyphosate + cloransulam ao qual foi o que apresentou a menor média de produtividade, tendo uma redução de aproximadamente de 48% em relação à testemunha.

Tabela 12 - Valores médios da altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (APV), número de vagens (NV), número de nós por planta (NN), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos (PG). Cultivar de soja Msoy 8349 IPRO. Gurupi – TO, 2018.

Tratamentos	AP				MSPA (g)	PG (kg/ha)
	(cm)	APV (cm)	NV planta ⁻¹	NN planta ⁻¹		
Testemunha sem capina	43,97 b	9,73 a	47,52 a	7,23 a	9,15 a	913,35 a
Testemunha capinada	45,00 b	8,80 a	51,09 a	7,91 a	10,26 a	1017,3 a
Glyphosate 960 g.i.a	44,50 b	10,08 a	44,45 a	8,52 a	9,12 a	973,9 a
Glyphosate 1440 g.i.a	50,50 a	12,68 a	55,14 a	9,55 a	9,68 a	1135,45 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cletodim	45,42 b	10,83 a	55,34 a	7,13 a	10,93 a	1122,65 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Bentazona	44,35 b	9,55 a	57,89 a	8,45 a	11,46 a	1139,45 a
Glyphosate 1220 g.i.a + Cloransulam	44,57 b	9,88 a	42,46 a	9,21 a	9,07 a	529,5 b
F calculado	4,96*	22,76 ^{ns}	34,75 ^{ns}	6,59 ^{ns}	41,47 ^{ns}	3,98*
CV (%)	6,31	19,70	21,31	14,30	8,78	4,80

As médias seguidas de uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste scott-knott ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade e * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os valores médios de altura de plantas estão expressados na tabela 4, os dados observados demonstram que a testemunha sem capina foi a que apresentou a menor média de desenvolvimento em altura no decorrer do ciclo da cultura. Limitações de espaço provocados por competição tanto aéreo como subterrâneo, podem afetar o desenvolvimento de plantas cultivadas, bem como a competição por água, luz, nutrientes e CO₂ (SILVA et al., 2008). Demonstrando que a competição em que as plantas se encontravam durante todo o período de desenvolvimento da cultura influenciou o parâmetro de altura de plantas.

A soja está sujeita a uma série de fatores que podem interferir o seu desenvolvimento, fatores esses que podem ser abióticos (disponibilidade de água e nutrientes, pH do solo, luminosidade, dentre outros) ou bióticos, decorrentes de ações de seres vivos, como a interferência em decorrência da competição com plantas daninhas por luz, nutrientes, água, etc. (DUARTE, 2009).

De acordo com Pittelkow et al (2009), em estudos realizados observaram que a comunidade infestante interferiu negativamente nos parâmetros de crescimento da soja, afetando diretamente o crescimento em altura da cultura.

Com relação à altura de plantas, o efeito da aplicação de herbicidas está relacionado a cultivar de soja, pois, sob condições ambientais semelhantes, um mesmo tratamento pode ser prejudicial à altura de plantas para uma variedade e indiferente para a outra (MACIEL et al., 2009).

Os dados de altura de inserção de primeira vagem (APV), número de vagens (NV), número de nós por planta (NN) e massa seca da parte aérea (MSPA) estão expressados na tabela 4. Os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas para essas variáveis, mostrando que não houve influência dos tratamentos sobre esses parâmetros.

A produtividade da soja foi afetada pelos tratamentos, sendo o de glyphosate + cloransulam o mais prejudicial para a variável produção, comparado com a testemunha essa mistura de herbicida provocou uma redução de 48% da produtividade. Esse efeito negativo da mistura provavelmente se deve ao mecanismo de ação do herbicida cloransulam. A sensibilidade relativa de plantas ao mecanismo de ação do cloransulam se deve ao tempo necessário para a absorção e translocação e da taxa de metabolismo dentro da planta, no caso da soja a tolerância da cultura é significativamente maior quando essa classe de herbicida é aplicado em pré-emergência do que em pós-emergência (OLIVEIRA JR, 2011).

Contudo, essa redução acentuada na produtividade pelo tratamento de glyphosate + cloransulam, além do que já foi apresentado, possivelmente foi agravado pela incidência de antracnose a partir do estágio reprodutivo R3, que é uma doença provocada pelo fungo *Colletotrichum truncatum*, ao qual provocou quedas de folhas e conseqüentemente reduzindo a área foliar da cultura, afetando a produção de fotoassimilados e tendo reflexo na produtividade, bem como afetando o enchimento de grãos.

Resultado similar encontrado por Alonso et al (2010), ao que mistura de herbicidas aplicados na cultivar de soja CD 214, aplicados no estágio de desenvolvimento V1-V2 / V3-V4 podem promover efeitos negativos na produtividade da soja.

Alguns tratamentos apesar de ter provocado efeitos de toxicidade não provocaram injúrias suficientes ao ponto de reduzir a produtividade em relação às testemunhas. Correa et al (2008) obtiveram resultados semelhantes, nos quais misturas de glyphosate + lactofen e glyphosate + flumioxazim promoveram toxicidade severa na soja, contudo esses efeitos não se refletiram na produtividade da cultura.

5. CONCLUSÕES

Apesar de ter ocorrido a antracnose no final da condução do experimento a doença afetou todos tratamentos de uma forma igual, permanecendo assim todos os tratamentos nas mesmas condições.

O tratamento que foi prejudicado pelo uso de herbicidas foi o da mistura de glyphosate + cloransulam, onde que o mesmo acarretou os menores valores de condutância estomática e concentração interna de carbono até os 18 DAA, refletindo assim na produtividade do tratamento que foi a menor dentre todos.

A cultivar Msoy 8349 IPRO apresentou respostas enzimáticas em função dos tratamentos, onde que essa atividade enzimática não seguiu um mesmo padrão para as demais variáveis, a enzima que apresentou a maior atividade foi a SOD no tratamento de glyphosate na concentração de 1440 g.i.a mas sem refletir na produtividade.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; OSIPE, R. Alternativas de controle químico de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Responsabilidade social e ambiental no manejo de plantas daninhas**. Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 756-760. Trab. 161. 1 CD-ROM.
- ADEGAS, F.S; VARGAS, L.; GAZZIERO, D.L.P.; KARAM, D.; SILVA, A.F.; AGOSTINETTO, D. Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil – Circular Técnica 132. **EMBRAPA**, 2018
- Adrees M et al (2015) The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. **Environmental Science and Pollution Research**
- AGENCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ, Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=337>> Acesso em: 21 de novembro de 2018.
- AGOSTINETO, M.C; CARVALHO, L.B; ANSOLIN, H.H; ANDRADE, T.C.G.R; SCHMIT, R. Sinergismo de misturas de glyphosate e herbicidas inibidores da PROTOX no controle de cordade-viola. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.1, p.8-15, 2016
- Albrecht, L.P.; Alonso, D.G.; Albrecht, A.J.P.; Oliveira Jr., R.S.; Braccini, A.L.; Constantin, J. Glyphosate e associações em pós-emergência no desempenho agrônomo e na qualidade das sementes de soja RR. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.139-146, 2012.
- ALMAGRO, L.; GÓMEZ-ROS, L. V.; BELCHI-NAVARRO, S.; BRU, R.; ROSBARCELO, A.; PEDREÑO, M. A. Class III peroxidases in plant defence reactions. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, p. 377-390, 2009.
- ALONSO, D. G. et al. Selectivity of glyphosate tank mixtures for RR soybean in sequential applications with mixtures only in the first or second application. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 865-875, 2010.
- ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J; OLIVEIRA JR., R.S; SANTOS, G; DAN, H.A; OLIVEIRA NETO, A.M. Seletividade de glyphosate isolado ou em mistura para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013
- 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.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373-399, 2004.
- ARREGUI, L. M. et al. Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. **European Journal of Agronomy**, Rome, v. 24, n. 2, p. 140-148, 2006.

ASADA K. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 50:601-639, 1999.

BALKE, N.E. Herbicide affects on membrane functions. In: Duke, S.O (Ed), **Weed physiology**. Boca Raton, EUA: CRC Press, v. II, p. 113-139, 1985

BARBOSA, M.R. et al. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.453-460, 2014.

BETTINI, M.O. Aplicação de extratos de algas marinhas em cafeeiro sob deficiência hídrica e estresse salino. Doutorado (Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu, São Paulo, 2015.

BOWLER, C.; VAN MONTAGU, M.; INZÉ, D. Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, v.43, p.83-116, 1992.

BREUSEGEM, F.V., VRANOVA, E., DAT, J.F. & INZÉ, D. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science** 161:405-414. 2001.

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. Biochemistry & molecular biology of plants. Rockville: **American Society of Plant Physiologists**, 2002.

CARVALHO, L.B. Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate. 118p. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) - **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias**, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita” Jaboticabal, 2011

CATANEO, A.C; CHAMMA, K;L; FERREIRA, L.C; DESTRO, G.F.G; SOUSA, D.C.F. Atividade de superóxido dismutase em plantas de soja (*Glycine max* l.) cultivadas sob estresse oxidativo causado por herbicida. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.4, n. 2, 2005.

CEDERGREEN, N.; OLESEN, C.F. Can glyphosate stimulate photosynthesis? **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.96, p.140-148, 2010.

CLIVE, J. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010. **ISAAA Brief No. 42**. ISAAA: Ithaca, NY

COLBY SR. 1967. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. **Weeds**. 15: 20-22.

CONAB (Companhia Nacional De Abastecimento). **Acompanhamento safra brasileira, Décimo levantamento, da safra 2017/2018**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, V.2/N.10. (Versão online) p. 1-109, outubro 2018.

CORREA, 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. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1136-1145, out. 2010.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 663-671, 2008.

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.

DODGE, A.D. The mode of action of bipyridylum herbicides, paraquat and diquat. **Endeavour**, v.30, p.130-5, 1971.

DUARTE, D. J. Interferência da comunidade infestante na cultura da soja tolerante ao glyphosate. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal) Faculdade ciências agrárias e veterinárias – UNESP, Jaboticabal, São Paulo, 2009

DUKE, S.O.; RIMANDO, A.M.; PACE, P.F.; REDDY, N.K.; SMEDA, R.J. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, p. 340-344, 2003.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of the 3rd, and 4th meetings of EWRC. Comittee of methods in Weed Research. **Weed Res.**, v. 4, p. 88, 1964.

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

FENNER, A., FENNER, W.; OKUMURA, S.; MARIANO, D.C.; DALLACORT, R.; BATISTTI, M.; PICCININ, G.G.; Aplicação foliar de manganês em soja geneticamente modificada submetida a doses de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v. 11, n. 3, 2012. p. 322-331.

FERNANDES, R.; AMADOR, P. E PRUDÊNCIO, C. β -Lactams: chemical structure, mode of action and mechanisms of resistance. **Reviews in Medical Microbiology**, 24, pp. 7-17. 2013

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia** Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, R.A. et al. Efeito de herbicidas de pré-emergência sobre o desenvolvimento inicial de espécies arbóreas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, n.1, p.133-145, 2005.

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.

FIORI, M.S. Estresse oxidativo em clones de seringueira sob ataque de antracnose-das-folhas. Mestrado (Ciência Florestal) Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu, São Paulo, 2011.

FOYER CH, NOCTOR G. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signalling. **New Phytologist**, 146:359-388, 2000.

FRIDOVICH, I. Superoxide dismutases. In: Advances in enzymology and related areas of molecular biology. v.58, 1986, p.61-97.

GALLI, A.J.B.; MONTEZUMA, M.C. Forma da atuação nas plantas. In:_____. **Alguns Aspectos da Utilização do Herbicida Glyphosate na Agricultura**. ACADCOM Gráfica e Editora Ltda, 2005, Jaboticabal, p. 12-13.

GALON, L; GUIMARÃES, S; LIMA, A.M; CONCENÇO, G; KROLOW, I.R.C; FERREIRA, E.A. Influência de herbicidas do grupo das imidazolinonas em características fisiológicas de plantas cultivadas no inverno. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 20, ns. 1/2, p. 42-51, 2014.

GARCEZ, M.; BORDIN, D.; PERES, W.; SALVADOR, M. Radicais livres e espécies reativas. In: SALVADOR, M.; HENRIQUE, J. A. P. **Radicais livres e a resposta celular ao estresse oxidativo**. Ulbra, Canoas, 2004. p. 13-33.

GAZZIERO, D.L.P; NEUMAIER, N. Sintomas de diagnose de fitotoxicidade de herbicidas na cultura da soja. **Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária, EMBRAPA**. Documento 13, Londrina – PR, 1985

GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, v.59, p.309-314, 1977.

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.

HEAP, I. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2019.

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.

IGAMBERDIEV, A.U, LEA, P.J. The role of peroxisomes in the integration of metabolism and evolutionary diversity of photosynthetic organisms. **Phytochemistry**, 60:651-674, 2002.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Agrometeorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTAxOQ==>>. Acesso em: 28 de ago. 2018.

JAWORSKI, E.G. Mode of action of N-phosphonomethyl-glycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.20, p.1195-1198, 1972.

KRUSE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.R. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. **Revista Brasileira Herbicida**, v.1, n.2, p.139-146, 2000.

LIN J, WANG G. Doubled CO2 could improve the drought tolerance better in sensitive cultivars than in tolerant cultivars in spring wheat. *Plant Sci* 163, 627–637, 2002.

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.

MALAN, C.; GREYLING, M.M.; GRESSEL, J. Correlation between Cu-Zn Superoxide dismutase and Glutathione reductase, and environmental and xenobiotic stress tolerance in maize inbred. **Plant Sci.**, v.69, p.157-66, 1990.

MALLICK N, MOHN FH. Reactive oxygen species: response of alga cells. *Journal of Plant Physiology*, 157:183-193, 2000.

MATTHEWS JM. 1994. Management of herbicide resistant weed populations. In: POWLES S & HOLTUM J (Eds.). *Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry*. Boca Raton: CRC. p.317-335.

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, 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, 2002.

MONQUERO, P.A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. **Instituto Agrônomo de Campinas – Bragantia**, v.64, n.4, p.517-531, 2005.

NORDBERG, J; ÁRNER E.S.J. Reactive oxygen species, antioxidants, and the mammalian thioredoxin system. **Free Radic Biol Med**, v.31, p.1287-1312, 2001.

OLIVEIRA JR, R.S.O. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR, R.S.O.; CONSTANTIN, J.; INOUE, H.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Omnipax, 2011, cap. 7, p. 141-187

OLIVEIRA, M. C. de; SCHOFFEN, J. P. F. Oxidative stress action in cellular aging. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 6, p. 1333-1342, 2010.

OMETTO J. P. H. B. et al. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 4., 2003, Fortaleza. **Anais...** Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003.

OSIPE, J.B.; FERREIRA, C.; OSIPE, R.; BOIKO, W.A.; OSIPE, P.B.; BALDINI, V. Flumioxazin e chlorimuron-ethyl no plantio direto na cultura da soja. In: Congresso Brasileiro da Ciência das **Plantas Daninhas**, 27. Ribeirão Preto. Anais. 2010, p.1868-1872.

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.

PASTORI, G.M.; TRIPPI, V.S. oxidative stress induces high rate of glutathione reductase synthesis in a drought-resistant maize strain. **Plant Cell Physiol.**, v.33, p.957-61, 1992.

PEIXOTO, P.H.P., CAMBRAIA, J., SABBATANA, R., MOSQUIM, R., MOREIRA, M.A. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Rev. Bras. Fisiol. Veg.**, n.11, v.3, p. 137-143. 1999.

PETERSON, D.E.; THOMPSON, C.R.; REGEHR, D.L.; AL-KHATIB, K. **Herbicide mode of action**. Topeka: Kansas State University, 2001.

PETTER, F. A. et al. Manejo de herbicidas na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 557-566, 2007.

PICININI F; REIMCHE, G; CASAGRANDE, G. S; CORADINI, C; MACHADO, S. L. O. Aplicações isoladas ou associadas de glifosato e saflufenacil para o controle de *Ipomoea triloba* e *Ipomoea purpurea*. **Encicl. Biosf.** 8: 150-159, 2012

PITTELKOWL, F. K; JAKELAITIS, A; CONUS, L. A; OLIVEIRA, A. A; GIL, J. O; ASSIS, C; BORCHARTT, L. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja transgênica. **Global Science and Technology**. v. 02, n. 03, p.38 - 48, 2009.

PROCÓPIO, S. O. et al. Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 365-373, 2007

QUEIROZ, J.R.G; SILVA JR, A. C; RODRIGUES, A. C. P; MARTINS, D. Eficiência da aplicação da mistura de glyphosate com saflufenacil sobre plantas de *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Herbicidas**. 13: 1-7, 2014.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. Guia de Herbicidas. 5. ed. Londrina: **IAPAR**, 2005. 592p.

ROSSI, M.F. Mecanismo antioxidante em plantas. 10º mostra acadêmica UNIMEP.10º Simpósio de ensino de graduação. 23-25/10/2012.

SÁNCHEZ-PARDO et al. **Ecotoxicol Environ Saf** 102, 1-5. 2014 Jan 31. SHARMA, P. et al. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v.2012, p.1-26, 2012

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREITA, M.A.M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta daninha** vol. 25 no.1 Viçosa Jan./Mar. 2007. p. 165-171

SATCHIVI, N. M.; WAX, L. M.; STOLLER, E. W.; BRISKIN, D. P. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, Champaign, v. 48, n. 6, p. 675 – 679, 2000.

SCANDALIOS, J.C. (Ed.). Oxidative Stress and the Molecular Biology of Antioxidant Defenses. Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY, 1997. p. 667-713.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; CANDIDO, A. C. S.; DIAS, A. C. R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência do glyphosate na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glyphosate. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n.1, 2011

SHAALTIEL, Y.; GRESSEL, J. Multienzyme oxygen radical detoxifying system correlated with paraquat resistance in *Conyza bonariensis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 26, p. 22-28, 1986.

SHARMA, P. et al. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v.2012, p.1-26, 2012.

SILVA, A.F. et al. Período anterior à interferência na cultura da soja-RR em condições de baixa, média e alta infestação. **Planta daninha**, v.27, p.57-66, 2009.

SILVA, A.F.; FERREIRA, E.A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F.A.; ASPIAZU, I; GALON, L.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, v. 26, p. 65-71, 2008.

SOUZA, M. O.; MARQUES, D. V.; SOUZA, G. S.; MARRA, R. O complexo da soja: aspectos descritivos e previsões. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1-86, 2010.

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

THOUNAOJAM, T. C. et al. Excess copper induced oxidative stress and response of antioxidants in rice. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 53, p. 33-39, 2012

VIEIRA JÚNIOR, N.S.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I.S; REZENDE, P.N.; MORAES, N.C.; ARAÚJO, V.T. et al. Associação de herbicidas aplicados em pós-mergulhão na cultura do milho. **Global Science and Technology**, v.8, n.1, p.1-8, 2015.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. **Glifosato, herbicida com singular modo de ação: efeitos secundários e implicações fisiológicas e agronômicas**. In: Potafos, 2012. 45 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 119).

ZANELA C.; WINKEL, H. L. CARNEIRO, P. H. **Aspectos Econômicos da Cultura da Soja**. Disponível: <http://projetosfree.tripod.com/soja.htm>. Acessado em 08/06/2018.

ZHOU, Q.; LIU, W.; ZHANG, Y.; LIU, K.K. Action mechanisms of acetolactase synthase-inhibition herbicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 89, p. 89-96, 2007.

ZOBIOLE, L.H.S.; KREMER, R.J.; OLIVEIRA JR., R.S; CONSTANTIN, J. Glyphosate affects photosynthesis in first and second generation of glyphosate resistant soybeans. **Plant and soil**, 336:251-265, 2010