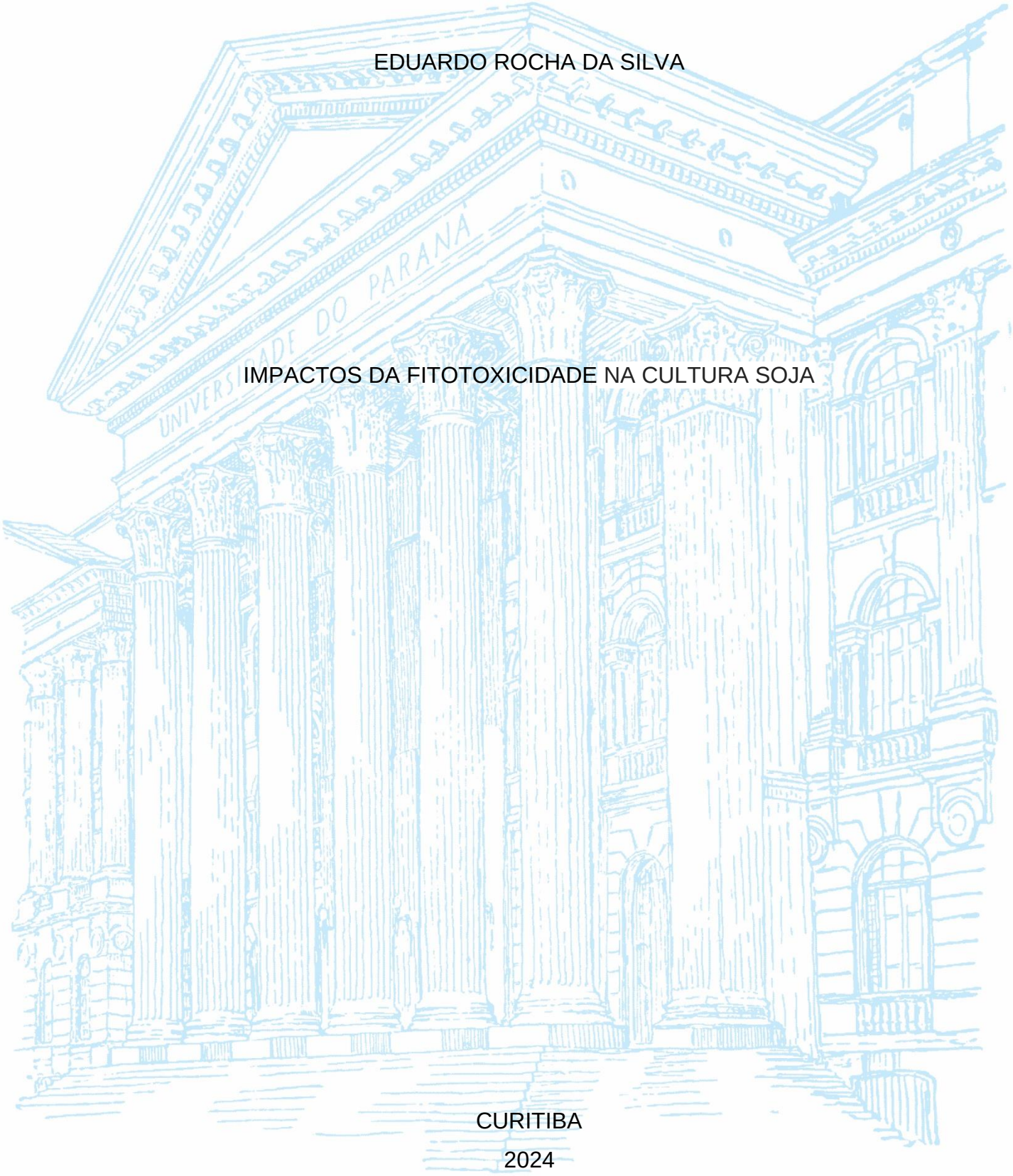
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO ROCHA DA SILVA



IMPACTOS DA FITOTOXICIDADE NA CULTURA SOJA

CURITIBA

2024

EDUARDO ROCHA DA SILVA

IMPACTOS DA FITOTOXICIDADE NA CULTURA SOJA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador Prof. Dr. Alfredo Junior P. Albrecht

CURITIBA

2024

RESUMO

Essa revisão bibliográfica teve como objetivo coletar informações de diferentes pesquisadores e escritores sobre o impacto da fitotoxicidade (estresse oxidativo) na cultura da soja. A partir da leitura e pesquisa de livros, artigos, estudos e obras literárias sobre os temas abordados, foi possível levantar dados e parâmetros sobre o impacto de herbicidas e fungicidas na cultura da soja, assim como métodos e condições para diminuir os efeitos negativos dos agrotóxicos nas plantas, com destaque para importância da tecnologia de aplicação (condições de aplicação, definição de alvo e manejo operacional), mistura em tanque e utilização do manejo nutricional com aminoácidos e fito-hormônios para recuperação de áreas com danos causados por fitotoxicidade.

Palavras-chave: *Glycine max*. Fitointoxicação. Agrotóxicos. Fito-hormônios.

ABSTRACT

This literature review aimed to gather information from severous researchers and authors on the impact of phytotoxicity (oxidative stress) on soybean crops. Through reading and researching books, articles, studies, and literary works on the discussed topics, it was possible to collect data and parameters regarding the impact of herbicides and fungicides on soybean crops, as well as methods and conditions to mitigate the negative effects of agrochemicals on plants. Emphasis was placed on the importance of application conditions, target definition, and operational management, tank mixing, and the use of nutritional management with aminoacids and phytohormones to recover areas damaged by phytotoxicity.

Keywords: Phytotoxicity. Soybean. Agrochemicals. Phytohormones

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1– Aumento de área planta, produção e produtividade da Soja.....**19**

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) **21**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 JUSTIFICATIVA 16
1.2 OBJETIVOS 17
1.2.1 Objetivo geral 17
1.2.2 Objetivos específicos 17
1.3 METODOLOGIA 17
2 REVISÃO DE LITERATURA 18
2.1 IMPACTO DA FITOTOXICIDADE NA CULTURA DA SOJA 18
2.2 FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS 22
2.3 FITOTOXICIDADE DE FUNGICIDAS 23
2.4 COMO EVITAR A FITOTOXICIDADE 25
2.4.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO 26
2.4.2 MISTURA DE TANQUE 27
2.4.3 UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTES 29
CONSIDERAÇÕES FINAIS 31
REFERÊNCIAS 32

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*) se destaca na produção Brasileira ocupando o primeiro lugar na produção total em toneladas por ano (IBGE 2023), se tornando dessa forma, o principal comodities agrícola brasileiro (CONAB, 2023)

A história de produção da cultura da soja (*Glycine max*) ultrapassa os 140 anos (Freitas, 2011), e ano após ano a importância da cultura vem se evidenciando em todas as regiões do país, dessa forma, o número de artigos, pesquisas e trabalhos a campo vem crescendo exponencialmente, agregando mais tecnologias e ciência a todo o manejo da cultura (Freitas. 2011).

Juntamente ao avanço em novas técnicas de manejo, o mercado agrícola vem se desenvolvendo com novos produtos e tecnologias, entre as principais sendo: Máquinas e implementos agrícolas de colheita, plantio, preparo de solo, pulverização; Avanços nas áreas de fertilizantes; Desenvolvimento de novas cultivares, variedades e híbridos (tecnologia de sementes); Desenvolvimento de novos agroquímicos (herbicidas, pesticidas, inseticidas, fungicidas, bactericidas, nematicidas...). (BNDS, 2012).

Dentre os avanços supracitados, o desenvolvimento e comercialização de agroquímicos se destacam no mercado devido ao grande volume destinado a cultura da soja, devido a característica de manejo predominante sendo de monocultura em grandes áreas (Hirakuri et al 2012), a entrada (aplicação de defensivos agrícolas na área via aérea) em 5 ou 6 vezes de durante o ciclo de 110 – 130 dias propicia uma maior capacidade e oportunidade de causar danos a cultura da soja, mesmo sendo um efeito “indireto” das aplicações, onde o principal objetivo das aplicações é: Controlar doenças, pragas e plantas daninhas sem interferir no desenvolvimento da cultura de interesse econômico.

Os danos causados por defensivos agrícolas, são definidos na literatura científica como “Processo de Estresse Oxidativo” – processo esse também causado por outros agentes bióticos e abióticos, sendo o Estresse Oxidativo causado por defensivos apenas uma das formas (Soares et al, 2007) ou comumente conhecido como fitotoxicidade (EPPO, 2014)

O estresse oxidativo nas plantas ocorre quando há um desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a capacidade da planta de

neutralizá-las através de seus mecanismos antioxidantes. Esse fenômeno pode ser desencadeado por diversos fatores ambientais adversos, como condições climáticas extremas, salinidade do solo, contaminação por metais pesados e utilização de defensivos agrícolas. As EROs em excesso podem danificar componentes celulares essenciais, como lipídios, proteínas e DNA dessa forma comprometendo a integridade e funcionalidade das células vegetais (Soares et al, 2007).

A fitotoxicidade pode ser dividida em dois grandes grupos:

1. fitotoxicidade aparente: Estresse oxidativo que demonstra sinais e sintomas de forma aparente na planta, podendo ser lesões foliares ou diminuição do porte das plantas, murchamento e outras injúrias;
2. fitotoxicidade não aparente: Estresse oxidativo que não demonstra sinais e sintomas de forma aparente na planta, mas que também impacta diretamente no metabolismo da planta, podendo gerar perdas de produtividade e qualidade de produção mesmo sem apresentar injurias externas.

O aumento da utilização de defensivos (ADAPAR, 2022) traz esses desafios de manejos aos produtores rurais, acrescentando mais uma camada de preocupação no cultivo da soja, onde é necessária a utilização de agroquímicos para combater doenças, pragas e plantas daninhas, mas ao mesmo tempo, é necessário entender como e quando utilizar essas ferramentas para não causar problemas indiretos na sua cultura de interesse econômico.

1.1 JUSTIFICATIVA

Dentro do espectro de manejo da cultura da soja, a aplicação de defensivos (popularmente conhecida como “pulverização”) se destaca em número de entradas nas áreas de cultivo, isso devido ao aumento da pressão de doenças e patógenos, e a dificuldade de manejo de plantas daninhas nas áreas cultivadas, e esse número elevado de aplicações de agroquímicos, apenas aumenta os riscos do travamento

causado por estresse oxidativo (fitotoxicidade) e causa danos nas áreas de soja, dessa forma, é essencial entender quais os principais danos causados, como identificar, e principalmente como evitar os danos causados por essas ferramentas.

1.2 OBJETIVOS

Encontrar na literatura e condensar dados e trabalhos segmentados na área de entender, descrever e diminuir os danos causados por fitotoxicidade de agroquímicos na cultura da soja.

1.2.1 Objetivo geral

Listar os principais agroquímicos utilizados na cultura da soja que vem causando problemas de fitotoxicidade nas lavouras de soja do Brasil e como identificar e diminuir os danos causados por estes agroquímicos.

1.2.2 Objetivos específicos

Descrever os danos causados por fitotoxicidade de fungicidas na cultura da soja, assim como descrever parâmetros e condições ideais de aplicação e pulverização para diminuir estes possíveis danos.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia escolhida para o presente trabalho foi a de revisão bibliográfica, com foco em buscar na literatura científica brasileira e internacional artigos e pesquisas atuais e com dados relevantes e confiáveis sobre o tema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Em levantamentos realizados por órgãos federais e nacionais (MAPA, IBAMA e ADAPAR) é possível listar os principais agroquímicos utilizados no manejo da cultura da soja (inclui-se também agroquímicos utilizados “indiretamente” na cultura, como em processos de dessecação pré-plantio, manejo de entresafra..):

- Glifosato;
- 24-D;
- Mancozebe;
- Acefato;
- Clorotalonil,
- Glufosinato – Sal de Amônio;
- Clorpirifós;
- Metomil.

Além dos agroquímicos supracitados, o aumento da pressão de doenças fúngicas está aumentando a utilização de fungicidas dos grupos dos Triazóis e Triazolintiones – Grupos químicos ligados principalmente ao manejo e controle da Ferrugem-Asiática da soja *(Phakopsora pachyrhizi)* (GOULART, 2022)

Como citado por Gazzieiro e Neumaier (1985), fatores como doenças, desequilíbrios nutricionais e condições climáticas podem causar sintomas semelhantes aos causados por defensivos agrícolas, dessa forma, é de extrema importância além de saber identificar com precisão os danos e sintomas, entender o manejo realizado na área avaliada, com histórico de aplicação, condições climáticas durante a pulverização, dose do produto, forma de mistura, ordem de mistura e todos os passos operacionais, para se ter a melhor diagnose do problema a campo.

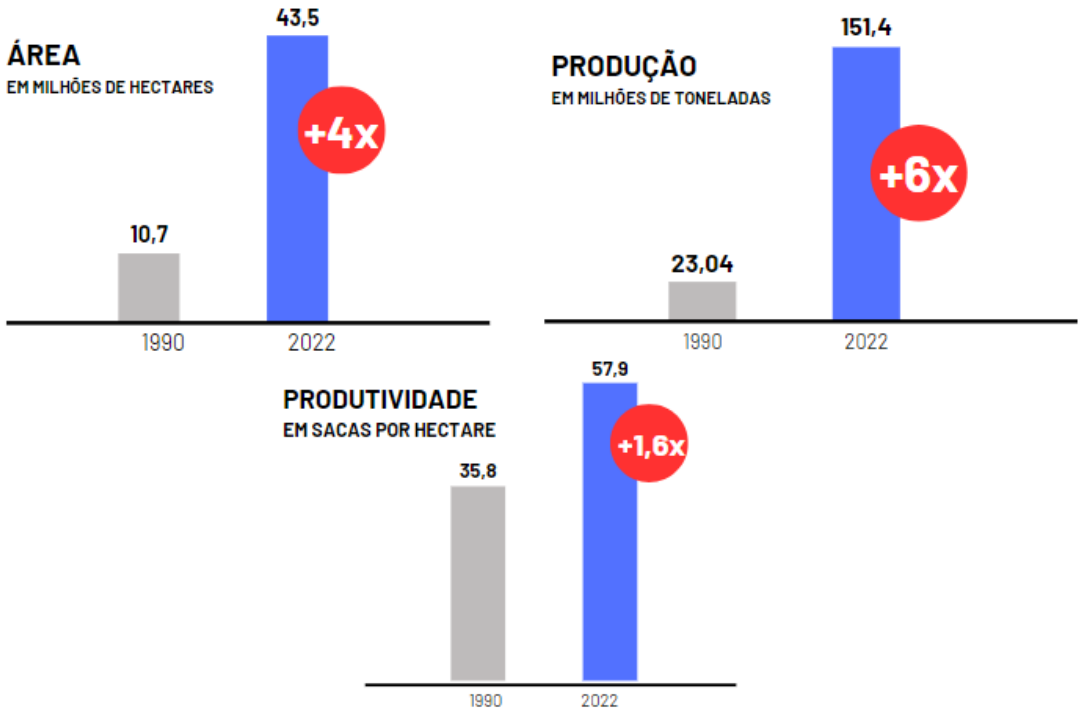
2.1 IMPACTO DA FITOTOXICIDADE NA CULTURA DA SOJA

Dados do CESB (Conselho Estratégico Soja Brasil) mostram que nos últimos 10 anos, as produções de soja no Brasil chegaram em patamares acima dos 120sc/ha nas melhores áreas acompanhadas pelo CESB, valores duas vezes maiores que a média nacional de 58,46sc/ha (IBGE, 2023), esse aumento de produtividade em

algumas áreas, demostra o nivelamento de produção abaixo da capacidade real de produção da cultura da soja, com estudos e acompanhamentos de áreas demostrando a capacidade da cultura de produção de mais de 140sc/ha em áreas do Brasil (CESB), e mais de 200sc/ha em áreas dos Estados Unidos da América (Faverin, 2023 – Canal Rural).

Com base no dados supracitados, é possível afirmar que a produtividade média brasileira é abaixo do potencial da cultura, e isso aliado a dados do CONAB e MAP dos últimos 30 anos compilados por Faverin para a revista Canal Rural em 2023, ressalta que ao mesmo tempo que foi observado um aumento da área plantada de soja no Brasil (De 10,7 milhões de hectares para 43,5 milhões de hectares), aumento na produção de soja (De 23.04 milhões de toneladas para 151,14 milhões de toneladas), a produtividade Brasileira não teve um aumento tão expressivo (De 35,8sc/ha para 57,9sc/ha) como exemplificado na figura abaixo.

Figura 1 – Aumento de área plantada, produção e produtividade da Soja nos últimos 30 anos



Dados CONAB – Compilados por Faverin (2023) e adaptados pelo Autor (2024)

Conforme supracitado a produtividade brasileira de soja por hectare ainda não dobrou nos últimos 30 anos, e fatores como clima, pressão de doenças e pragas,

condições ambientais extremas, plantas daninhas, dificuldade de manejo operacional e manejo de solo são os principais fatores limitantes da produtividade brasileira, mas dentre esses fatores, o presente trabalho busca agregar conhecimento a cadeia científica e produtiva na cultura da soja na região onde se encontra (Região Sul Do Brasil – Especificamente RMC Paranaense e Planalto Norte Catarinense), onde por meio de dados do IBGE (2023) e CESB (2023) e indicadores produtivos do MAPA (2020) são regiões com capacidade produtiva elevadas, e dentre os gargalos de manejo, o presente trabalho busca destacar o impacto da fitotoxicidade na cultura da soja e como o estresse oxidativo causado por herbicidas e fungicidas pode diminuir a capacidade produtiva da cultura da soja citando autores e trabalhos com resultados e metodologias de grande valia para o tema abordado.

Artigos ligados a eficiência de glifosato na cultura da soja são vastos na academia científica, enquanto artigos e trabalhos ligados a fitotoxicidade deste herbicida são menos comuns. E mesmo grande parte das cultivares de soja serem resistentes a esse herbicida (Safras e Mercado, 2012), pesquisadores alertam sobre como o herbicida glifosato pode interferir em mecanismos secundários das plantas e dessa forma, causando fitotoxicidade e demais “danos secundários” (Reddy et al 2000), e nessa linha de pesquisa, é possível encontrar trabalhos como de Serra (2011) demostra o impacto negativo do herbicida glifosato na absorção e metabolismos de nutrientes durante o ciclo da soja, com destaque para a diminuição da eficiência nutricional da planta e nos teores totais de Nitrogênio, Manganês, Cobre, Zinco e Ferro, além de impactar no número de nódulos e redução de massa seca produzida.

Artigos como o de Bellaloui et al. (2008) trazem dados sobre o tempo de recuperação da soja onde após aplicação de glifosato, e após a observação dos danos causados, decorre uma média de 14 dias da aplicação com glifosato para as plantas recuperarem completamente.

Artigos como o de Zadinello et al, 2012, com estudos realizados na região de Cascavel – Paraná, demonstram o impacto do herbicida glifosato quando aplicado especificamente na floração (R1 e R2), diminuindo produtividade, e recomendando a aplicação (caso necessário) após R4. Outro trabalho focado em período de aplicação de glifosato realizado por Pinto et al, 2015, buscou avaliar o efeito da Efeito da dose e da época de aplicação do glifosato na produção e na qualidade da soja RR, tendo como resultado a não interferência na qualidade dos grãos, mas uma diminuição

significativa no número de vagens por planta comprimento de raiz primária na aplicação em V8 (muito perto da floração, sendo um resultado complementar ao trabalho supracitado de Zandinello et al, 2012).

"Fitoxidez residual" pode ser definida como a capacidade de um componente causar danos permanentes ou temporários na cultura da soja (EPPO, 2014) mesmo sua utilização na área sendo anterior ao plantio da soja, dessa forma, artigos como o Gonçalves et al, 2018 buscam avaliar o impacto residual de herbicidas na dessecação pré-plantio (manejo de "inverno" para limpeza da área pré-plantio da soja) e em seu trabalho foi observado que todos os herbicidas (Atrazine, Flumioxazin, Metribuzin e mistura DHS (Diuron, Hexazinone e Sulfometuron-methyl) impactaram no vigor das plântulas, assim como número de vagens e peso de mil grãos com destaque para a mistura DHS como causador dos maiores danos fitotóxicos avaliados, podendo destacar no **Tabela 1** o impacto dos herbicidas na diminuição da Matéria seca da parte aérea (MSPA) e produtividade das culturas do milho e da soja, cultivados em solo com residual de herbicidas.

Tabela 1 - O impacto dos herbicidas na diminuição da Matéria seca da parte aérea (MSPA) e produtividade das culturas do milho e da soja, cultivados em solo com residual de herbicidas.

Tratamentos	Soja	
	MSPA[1] (g)	Produtividade (t ha^{-1})
Controle	9,59 a	1,55 a
Atrazine	6,74 b	1,23 b
Flumioxazin	5,94 b	1,05 b
Metribuzin	7,77 ab	1,11 b
Mistura DHS	6,09 b	0,76 c
CV (%)	15,03	11,36

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al, 2018.

Um trabalho realizado por ROSEGHINI (2016) buscou avaliar o efeito de fungicidas na cultura da soja em relação a perda de produtividade, o trabalho foi conduzido no estado do Mato Grosso do Sul na safra 2014/2015, com diversos grupos químicos distintos de fungicidas, dentre eles, o que apresentou maiores sinais e

sintomas de fitotoxidez (lesões necróticas do tipo folha carijó – segundo o autor) foi o tratamento com Piraclostrobina + Metconazol, causando danosproximos a 23,6% de lesões foliares nos parâmetros avaliados, causando uma diminuição das taxas de fotossíntese da planta, mas sem danos diretos na produtividade no trabalho.

Segundo Forcelini (2014) um sintoma típico de fitotoxicidade é o bronzeamento pouco tempo após a aplicação de defensivos com adjuvantes utilizados nas pulverizações. Segundo o autor isso ocorre porque o óleo rompe a camada externa de cera das folhas, permitindo a entrada do fungicida e quando combinado com o calor do ambiente após a aplicação, esse processo resulta no bronzeamento dos tecidos foliares (Forcelini, 2014), dessa forma, além dos danos causados pelos grupos químicos e mecanismos de ação dos próprios defensivos, a utilização de adjuvantes como óleos pode causar danos nas folhas – causado danos a processos de fotossíntese da planta devido a diminuição da área ativa de captação de luz.

Com base em todos os artigos supracitados, é possível afirmar que a utilização de defensivos agrícolas afeta a produtividade da soja e demais componentes durante o ciclo.

2.2 FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS

O principal trabalho ligado a classificação de danos causados por herbicidas na cultura da soja é de Gazzieiro e Neumaier (1985), tendo em seu trabalho listado os principais sintomas e passos para diagnose do efeito dos mecanismos de ação na cultura da soja, abaixo serão listados os principais sintomas causados pelo contato de diferentes herbicidas com a cultura da soja:

- Glufosinato – Clorose amarelada causada pela interferência do herbicida nas rotas fotossintéticas da planta;
- Glifosato em soja s sem tecnologia de resistência a este grupo químico – Murcha e coloração amarronzada, e possivelmente morte das plantas devido ao seu mecanismo de ação ligado a alteração de processos fisiológicos enzimáticos e posteriormente fotossintéticos;
- Glisofato em sojas com tecnologias de tecnologia de resistência a este grupo químico – Diminuição de porte, diminuição da nodulação e massa verde.

- Lactofen - A fitotoxicidade causada por estes produtos resulta em clorose e necrose dos tecidos das plantas de soja devido a alteração de processos fotossintéticos da planta;
- Bentazon - Os sintomas de fitotoxicidade em soja manifestam-se através da clorose e necrose dos tecidos foliares, nas áreas que tiveram contato direto com o produto, sintomas ligados ao mecanismo de ação ligado a alteração de processos fotossintéticos e formação de carboidratos pela planta.

De forma geral, na academia científica é encontrado os seguintes sintomas de fitotoxicidade de herbicidas na cultura da soja:

1. Sintomas Necróticos: Ocorrem quando há degeneração e danos irreversíveis do protoplasma, resultando assim na morte de células, tecidos e órgãos vegetais, levando a sintomas amarelecimento, clorose, manchas, secamento das plantas e as frequentes “queimas”;
2. Sintomas Plásticos: Ocorrem quando há danos a multiplicação e diferenciação celular, resultando em crescimento desordenado ou inferior ao esperado.
3. fitotoxicidade Fisiológica: Ocorrem quando a planta não consegue metabolizar completamente o produto comercial, e mesmo sem demonstrar danos visíveis, pode causar danos ao crescimento e processos metabólicos.

(Gazziero 1985; Forcelini 2014; Zadinello et al, 2012).

2.3 FITOTOXICIDADE DE FUNGICIDAS

Segundo Antuniassi (2005), as condições ideais para aplicação de fungicidas são de umidade do ar acima de 50%, temperatura ambiente abaixo de 30ºC, e condições de vento entre 3 e 10 km/h.

Autores como Soares *et al* 2007) destacam a importância da quantidade de água dentro da planta para diminuir o estresse oxidativo na cultura, dessa forma, os danos causados por fungicidas estão muito ligados a condições climáticas no momento da aplicação.

Artigos como de Rodrigues (2009) compilam a função fisiológica dos principais grupos químicos de fungicidas da cultura da soja, e em seu trabalho citam as possibilidades de danos causados por fitotoxicidade destes grupos na cultura da soja e em outras culturas, em seu trabalho pode-se destacar:

- Estrobilurinas – Mecanismo de ação de inibição da respiração mitocondrial – Registros de fitotoxicidade em Maça, Uva e Banana (Tomlin, 1997; Rodrigues 2005 apud Rodrigues 2009);
- Triazóis – Mecanismo de ação ligado a inativação de precursores de ergosterol e outros compostos – Registros de fitotoxicidade em Trigo e Maça (Tomlin, 1997 apud Rodrigues 2009).

Artigos como de Barros (2008) nomeado “Doenças na cultura da soja” trazem para a academia científica problemas que eram encontrados no campo, como a “Folha-Carijó” pós-aplicação de fungicidas, e neste trabalho o autor cita o aumento dos casos desta doença (causada por fungicidas) nas safras de 2006/2007/2008, onde Barros (2008) ressalta a correlação entre danos causados por estresse oxidativo e períodos quentes e secos. No mesmo artigo, o autor cita 3 principais fatores observados como indutores do surgimento de fitotoxicidade na soja, sendo eles: Fungicida, Condições Climáticas e Variedade, destacando variedades de soja com mais propensão a danos causados por fungicidas, assim como citando o agravante de aplicações pós R5 da cultura principalmente com Tebuconazole. Outro fator interessante citado pelo autor por meio de um estudo realizado pela fundação MS em 2006 e 2007 é o índice de fitotoxicidade não aparente, onde mesmo sem sinais visíveis de danos, houve “travamento”’ das plantas

Um trabalho recente realizado nos anos de 2017 e 2018 em Goiás pela autora Gonçalves (2019) avaliou o efeito da interferência de óleos minerais na fitotoxicidade do fungicida trifloxistrobina + protioconazol na cultura da soja, e obteve os seguintes resultados:

- Todos os tratamentos apresentaram fitotoxicidade na cultura;
- Utilização de óleo mineral não apresentou interferência da fitotoxicidade da soja.

2.4 COMO EVITAR A FITOTOXICIDADE

O manejo fitossanitário da cultura da soja nas últimas safra vem se tornando cada vez mais desafiador, com registros de resistência de plantas daninhas a herbicidas (Baldini, 2021), resistência de fungos a fungicidas (Reis, 2018) e condições climáticas cada vez mais extremas (Nobre, 2008) e aumento do número de aplicações por ciclo da cultura sendo citado desde o início do século (Barros, 2008) até os dias atuais com recomendações de até 7 entradas (pulverizações/aplicações) durante o ciclo da soja, com aplicações recomendadas chamadas (Autor, 2024) de:

- V0 – Entrada de fungicida para proteção desde o início do ciclo, podendo ser produtos “biológicos” – aplicação pré-limpeza:
- Limpeza – Entrada de herbicida para controle de plantas daninhas – recomendação pré-fechamento de linhas;
- 1V (Primeira “verdadeira”) – Entrada de fungicida + inseticida;
- 2V (Primeira “verdadeira”) – Entrada de fungicida + inseticida – Geralmente no período pré ou em plena floração da soja – R1 a R2;
- 3V (Segunda “verdadeira”) – Entrada de fungicida + inseticida;
- 4V (Terceira “verdadeira”) – Entrada de fungicida + inseticida;
- 5V (Terceira “verdadeira”) – Entrada de fungicida + inseticida

Esse manejo com até 7 entradas se baseia em recomendações com período de intervalo de aplicações de 12 a 15 dias (Balardin, 2022).

Levando em consideração a germinação e emergência de 20 dias, e primeira entrada com 25 dias (V0), uma soja de ciclo de 120 dias, teria 95 dias de intervalo de aplicação, resultando em uma média de 6 a 7 intervalos de aplicação, dessa forma, além de todos as condições climáticas, estresses bióticos por pragas, doenças e plantas daninhas, a planta terá que assimilar 7 aplicações de agentes xenomórficos em seu ciclo, 7 possíveis causadores de fitotoxicidade em seu ciclo.

Na literatura acadêmica, encontra-se recomendações “gerais” sobre como diminuir os efeitos negativos de defensivos agrícolas na cultura da soja, sendo os principais citados:

- Precisão na dose e recomendação do produto, com leitura e instrução dos operadores e aplicadores;

- Mistura no tanque, seguindo a ordem recomendada para todos os produtos da calda, além de sempre realizar o processo de pré-mistura em recipiente adequado e com todos os parâmetros necessários para avaliação da calda;
- Manejo operacional, com implementos e maquinários devidamente vistoriados e regulados;
- Condições climáticas, observando umidade do ar, temperatura, condições de ventos, chuva e orvalho, e outras condições climáticas que afetam diretamente a qualidade da aplicação;
- Compatibilidade de calda, com recomendação de ordem de mistura e eficácia de produtos na calda. (Gazziero e Neumaier, 1985).

E por mais importantes e essenciais que as recomendações supracitadas são para o manejo de defensivos agrícolas, trabalhos acadêmicos recentes mostram que para evoluir o manejo fitossanitário na cultura da soja, é necessário ir ainda mais fundo para se ter o melhor desempenho possível nas aplicações de defensivos agrícolas.

2.4.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

Dentro da área de aplicações agrícolas e manejo fitossanitário, o tema da “Tecnologia de Aplicação” vem ganhando destaque nas últimas décadas, com objetivo de padronização e elevar qualidade das pulverizações agrícolas em solo brasileiro e mundial.

Artigos como o Shiratsuchi e Fontes (2002) são a base da tecnologia de aplicação moderna, trazendo por meio da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) um material acessível para produtores rurais e prestadores de serviços agrícolas, com recomendações técnicas e praticas para elevar a qualidade das pulverizações no Brasil.

Artigos e materiais como os de Shiratsuchi e Fontes (2002), Antuniassi (2005), Azevedo (2006) e Bonadio (2015) convergem e corroboram com importância de padronização dos métodos e passos de aplicação e pulverização de defensivos agrícolas em território brasileiro, sendo em consenso os principais parâmetros avaliados nos artigos e materiais supracitados os seguintes:

- Definição do alvo (identificação do patógeno, planta daninha, inseto... e demais condições pertinentes como estádio fisiológico da planta daninhas, estágio de crescimento/reprodução do fungo entre outros diversos pontos de atenção);
- Conhecimento acerca do mecanismo de ação e produto comercial (dose, eficácia, forma de aplicação, mistura em tanque e demais pontos de atenção ligados ao produto a ser aplicado);
- Eficiência do princípio ativo e mecanismo de ação para o alvo;
- Condições edafoclimáticas (Temperatura, umidade do ar, umidade do solo, pluviosidade e vento);
- Condições de solo (cobertura vegetal e disponibilidade de água no solo);
- Condições operacionais (regulagem de bicos, filtros, barras de pulverização, sistema hidráulico, implementos adicionais e demais componentes como forma e modelo de bico pensando em alvo, cobertura, deriva e evaporação).

Dos parâmetros supracitados, encontra-se na literatura um aumento de artigos e materiais acadêmicos ligados a mistura de tanque e eficiência de produtos e mecanismos de ação em consorcio na mesma calda de pulverização.

2.4.2 MISTURA DE TANQUE

No Brasil, a prática de mistura em tanque de agrotóxicos foi regulamentada e legalizada pela Instrução Normativa Conjunta nº 1, de 5 de janeiro de 2014, emitida pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária)

A regulamentação permitiu oficialmente a mistura de diferentes produtos comerciais no tanque de pulverização, desde que seguissem os critérios específicos definidos pelos órgãos competentes para garantir a eficácia e segurança do uso dos agrotóxicos. A regulamentação formalizou essa prática estabelecendo regras para a compatibilidade de produtos, instruções para realizar as misturas, e os cuidados necessários para evitar danos às ao meio ambiente e à saúde humana.

A prática de mistura de tanque vem de antes da regulamentação, com dados e artigos da década de 80 já citando essa prática, como o artigo científico de Cruz e Toledo (1982) que buscou avaliar a eficiência da mistura de alachlor com diuron e cyanazine para o controle de plantas daninhas em algodão. Ruedell (1983) desenvolveu um trabalho para avaliar o controle de plantas daninhas no trigo e em seu trabalho utilizou de misturas em tanque de herbicidas para controle de “folhas largas”.

De acordo com Guimarães (2014), a mistura no tanque de agrotóxicos traz diversos benefícios, como:

- Redução dos custos;
- Redução do número de operações no campo;
- Redução do consumo de combustível;
- Diminuição da compactação do solo;
- Redução do tempo de exposição do trabalhador aos produtos químicos.

Um dos artigos mais importantes dentro do tema de mistura de tanque da última década é sem dúvida o do Dr. Gazzieiro (2015) intitulado “Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil” que buscou avaliar a percepção de profissionais envolvidos com a cadeia produtiva agrícola do tema de mistura de tanque, para tal, o pesquisador elaborou um questionário e enviou para profissionais da área, e os resultados foram:

- 97% dos entrevistados utilizam misturas em tanque, com a maioria variando de dois a 5 produtos na calda;
- Na maioria das vezes com dose cheia dos produtos comerciais;
- 86% das vezes as aplicações do herbicida glifosato são consorciadas simultaneamente com inseticidas, fungicidas e outros herbicidas;
- 72% dos entrevistados afirmaram desconhecer ou considera insuficientes as informações sobre misturas;
- 99% dos entrevistados demonstraram interesse em receber mais informações acerca do tema.

Sobre as vantagens de utilizar mistura de tanque, os entrevistados responderam:

- 30% utilizam devido a economia de tempo, mão de obra diesel;
- 26% por agilidade no manejo operacional;
- 24% por facilidade de manejo da cultura;
- 15% para diminuir compactação no solo.

Dados como os supracitados, e outros artigos como de Petter et al (2012) que avaliou a Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas e fungicidas e inseticidas mostra a importância do conhecimento acerca da mistura de tanque para garantir uma aplicação eficiente e sem problemas com incompatibilidade, diminuição da eficácia e ocorrência de fitotoxicidade.

2.4.3 UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTES

Uma das formas estudadas para minimizar os danos causados por defensivos encontrados na literatura é a utilização de indutores de crescimento e bioestimulantes (Povero et al, 2016) juntamente aos agrotóxicos, e dentro dessa linha de pesquisa, destacam-se a utilização de:

- Aminoácidos;
- Fito-hormônios;
- Ácidos húmicos e fúlvicos.

(Silva, 2013).

Nos últimos anos a utilização de Aminoácidos vem crescendo na agricultura brasileira (Castro, 2014) Aminoácidos são compostos orgânicos que desempenham papéis vitais nas culturas agrícolas, principalmente no crescimento das plantas e sanidade vegetal. Os aminoácidos são os “blocos de construção” das proteínas e, dessa forma, são essenciais para processos fisiológicos e enzimáticos das plantas (Silva, 2013; Pires, 2017).

Os Fito-hormônios são substâncias e componentes químicos produzidos pelas próprias plantas que regulam seu crescimento e desenvolvimento. Os fito-hormônios atuam como sinais químicos que influenciam no crescimento, divisão celular, diferenciação e resistência a estresses bióticos e abióticos, os principais fito-hormônios utilizados na agricultura moderna por meio de precursores de fito-

hormônios (produtos a base de extratos de outras plantas, como algas marinhas) são: Precursores de Citocinina, Giberelinas, Citocininas e Ácido Abscísico (Leite, 2003).

A utilização de ácidos húmicos e fúlvicos é antiga e consolidada nos manejos agrícolas das mais diferentes culturas e regiões e sua utilização têm um impacto significativo em diversos processos metabólicos e enzimáticos nas plantas, incluindo fotossíntese, síntese de ácidos nucleicos, respiração e transpiração. Além disso, artigos apontam que essas substâncias elevam a atividade antioxidante nas plantas, fornecendo maior resistência, em condições de estresse hídrico e climáticos além da recuperação de áreas com danos causados por defensivos agrícolas (Hamza e Suggars 2001, Zhang; Schimidt, 2000 apud Freitas et al, 2018).

Artigos como de Pires, 2017 ressaltam a importância e a eficácia da utilização de bioestimulantes na recuperação da soja com danos por fitotoxicidade de herbicidas, onde no trabalho desenvolvido pelo autor em Minas Gerais, com a cultura da soja cultivar NA 5909 RR, em conjunto com a aplicação de Glifosato e Imazethapyr no ano de 2016. A utilização de bioestimulantes nos estádios V3 e V4 trouxe os seguintes resultados:

- Incremento em altura das plantas com bioestiumulantes;
- Incremento na produtividade;
- Maior recuperação da fitotoxicidade pós aplicação de bioestimulantes.

O trabalho realizado por Aline Pertuzati (2017) em palotina reafirma os resultados supracitados, onde a utilização de biorreguladores em um experimento no ano de 2016 com soja variedade Monsoy 6210 e aplicação de glifosato e lactofen auxiliou na desintoxicação da cultura da soja com utilização de bioestimulantes, tendo um ganho significativo na biomassa de raiz em aplicação associada ao herbicida glifosato.

Em outras culturas é possível encontrar resultados semelhantes, como no trabalho de Pinho et al, 2021 que demonstrou a eficiência da utilização de aminoácidos para recuperação de áreas de café com problemas de “deriva de herbicidas”, e a utilização de aminoácidos 2 dias após a intoxicação do cafeeiro auxiliou a retomada de crescimento da planta mesmo em situação de estresse.

Trabalhos como o de Freitas et al, 2018 também corroboram a utilização de bioestimulantes para retomada de crescimento em plantas pós estresse causado por herbicidas, o autor em seu experimento utilizou um produto a base de ácidos húmicos

e fúlvicos para retomar crescimento pós- fitotoxicidade e teve como resultado um incremento de produtividade e retomada de crescimento mesmo em situação de estresse de fitotoxicidade e estresse climático.

Com base nos artigos citados, é possível identificar uma opção de caminho para buscar a diminuição dos danos causados por fitotoxicidade s: Utilizar produtos que incrementem o crescimento e desenvolvimento vegetal mesmo em situações de estresse.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidencia a relevância da compreensão dos impactos da fitotoxicidade na cultura da soja. A análise dos dados e artigos citados revela que a exposição a condições adversas que promovem o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) pode comprometer significativamente o desenvolvimento fisiológico e a produtividade da cultura da soja.

Os artigos agrupados e resultados condensados ressaltam a importância de estratégias de manejo agrícola que busquem minimizar os efeitos do estresse oxidativo nas plantas de soja.

A literatura indica que, apesar dos avanços no entendimento dos mecanismos de defesa das plantas contra o estresse oxidativo, ainda existem grandes lacunas na compreensão de como minimizar os danos causados por fitotoxicidade.

Em resumo, as práticas supracitadas ligadas a Tecnologia de Aplicação e Manejo nutricional com aminoácidos e fito-hormônios demonstram ser alternativas validas para melhorar o manejo fitossanitário da cultura da soja, sem perder eficácia de controle de pragas e doenças e minimizando os danos negativos causados pela fitotoxicidade de defensivos agrícolas.

REFERÊNCIAS

ADAPAR, 2023 – AGROTOXÍCOS. Acesso em 04/04/2024.

ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação de defensivos.** Botucatu/SP: FCA/UNESP, 2005.

AZEVEDO, F. R.; FREIRE, FDCO. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. 2006.

BALDINI, Pablo Rodrigues; JARDIM, João Pedro Garcia; TORRES, Lucas Castro. Avaliação da resistência de biótipo de Amaranthus Viridis ao Herbicida Glifosato Evaluation of the resistance of biotype of caruru to Herbicide Glyphosate. Brazilian **Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 101461-101469, 2021.

BALARDIN, Ricardo. Intervalo entre as aplicações de fungicidas, ELEVAGRO, Materiais Técnicos Blog. 2022.

BARROS, Ricardo. Doenças da cultura da soja. Barros, R. Tecnologia e produção de soja e milho, v. 2009, p. 109-122, 2008.

BARROS, Hélio Bandeira *et al*. Efeito do número de aplicações de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 239-245, 2008.

BNDS - SILVA, Martim Francisco de Oliveira e; COSTA, Letícia Magalhães da. A indústria de defensivos agrícolas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 35 , p. 233-275, mar. 2012.

BONADIO, Jose Antonio Brandão *et al*. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**: inovações. Ciências Agrárias, p. 207, 2015.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23

CRUZ, L. S. P.; TOLEDO, N. M. P. Aplicação pre-emergente de misturas de alachlor com diuron e cyanazine para o controle de plantas daninhas em algodão" IAC-17". **Planta Daninha**, v. 5, p. 57-61, 1982.

EPPO. European and Mediterranean Plant Protection Organization. Phytotoxicity assessment: Efficacy evaluation of plant protection products, Paris: **EPPO**, n.44, p. 265-273, 2014. FORCELINI, C.A. fitotoxicidade de fungicida. Revista Plantio Direto. Edição 139, 2014.

FAVERIN, Victor. Produtor de soja alcança 231,8 sacas por hectare e supera recorde mundial, **Canal Rural**, 2023. Disponível em https://www.canalrural.com.br/agricultura/projeto-soja-brasil/produtor-soja-alcanca-2318-sacas-hectare-supera-recorde-mundial/#:~:text=Ele%20colheu%20impressionantes%20231%2C8,sacas%20de%20soja%20em%202016.

FREITAS, M. . (2011). A CULTURA DA SOJA NO BRASIL: O CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA E O SURGIMENTO DE UMA NOVA FRONTEIRA AGRÍCOLA. ENCICLOPEDIA BIOSFERA, v. 7, n. 12.

FREITAS, Gilson Araújo et al. Fertiactyl pós na redução da fitotoxidez do herbicida roundup ready na cultura da soja. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 99-116, 2018.

GAZZIERO, D. L. P.; NEUMAIER, Norman. **Sintomas e diagnose de** fitotoxicidade **de herbicidas na cultura da soja**. 1985.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

GONÇALVES, Felipe Augusto Reis et al. Atividade residual de herbicidas nas culturas do milho e da soja. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences,** v. 61, 2018.

FORCELINI, C.A. fitotoxicidade de fungicida. **Revista Plantio Direto**. Edição 139, 2014.

GOULART, Nádia *et al.* **Triazois isolados no manejo de ferrugem asiática da soja.** 2022.

IBGE. RANKING - AGRICULTURA - VALOR DA PRODUÇÃO (2022). ACESSO EM 01/04/2024.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi *et al*. **Sistemas de produção:** conceitos e definições no contexto agrícola. 2012.

LEITE, Vagner Maximino; ROSOLEM, Ciro Antonio; RODRIGUES, João Domingos. Giberelina e citocinina no crescimento da soja. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 3, p. 537-541, 2003.

NOBRE, Carlos A.; SAMPAIO, Gilvan; SALAZAR, Luis. Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do século 21. **Parcerias Estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 19-42, 2008.

PINHO, Leandro Glaydson Rocha *et al*. REVERSÃO DA FITOTOXIDEZ POR GLIFOSATO COM APLICAÇÃO DE AMINOÁCIDOS EM MUDAS DE CAFÉ CONILON (Coffea canephora P.) CLONE LB. 1 DEMUNER. **Revista Ifes Ciência**, v. 7, n. 1, p. 01-11, 2021.

PETTER, F. A. *et al*. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha**, v. 30, p. 449-457, 2012.

PETTER, F. A. *et al.* Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha**, v. 30, p. 449-457, 2012.

POVERO, G.; MEJIA, J. F.; DI TOMMASO, D.; PIAGGESI, A.; WARRIOR, P. A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. **Frontiers in Plant Science**, v.7, 2016.

REIS, Erlei Melo; REIS, Andrea Camargo; ZANATTA, Mateus. Reflexo econômico e desenvolvimento da resistência de Phakopsora pachyrhizi a fungicidas em função do número de aplicações. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 3, p. 289-292, 2018.

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

RODRIGUES, Marco Antonio Tavares. **Avaliação do efeito fisiológico do uso de fungicidas na cultura de soja**. 2009.

RUEDELL, JOSE. 4.1. CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO TRIGO NA REGIÃO SUL DO BRASIL. **Seminario Sobre: Tecnologia de Trigo**, v. 6, p. 143, 1983.

SAFRAS & MERCADO. Agência Leia –Últimas Notícias. Disponível em: <http://www.safras.com.br/index.asp?tag=N&Tipo=L> Acessado em: 15 de março de 2012

SILVA, D.J.; LEAO, P.C.S.; LIMA, L. O.; SOUZA, D.R.M. Efeito de bioestimulantes sobre as características de produção de videiras Thompson Seedless. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013. Florianópolis. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.