

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Henrique Fernando Lidório

**ESTIMATIVA DO IMPACTO DAS PERDAS DEVIDO AO USO
INADEQUADO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO MANEJO
FITOSSANITÁRIO DA CULTURA DA SOJA**

Santa Maria, RS

2021

Henrique Fernando Lidório

**ESTIMATIVA DO IMPACTO DAS PERDAS DEVIDO AO USO
INADEQUADO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO MANEJO
FITOSSANITÁRIO DA CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Prof. Dr. Adriano Arrué Melo

Santa Maria, RS

2021

Lidório, Henrique Fernando

Estimativa do impacto das perdas devido ao uso inadequado da tecnologia de aplicação no manejo fitossanitário da cultura da soja / Henrique Fernando Lidório.- 2021.

71 p.; 30 cm

Orientador: Adriano Arrué Melo

Coorientador: Alexandre Swarowsky

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2021

1. Tecnologia de aplicação 2. Manejo fitossanitário 3. Meta-análise 4. Agrotóxicos I. Melo, Adriano Arrué II. Swarowsky, Alexandre III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, HENRIQUE FERNANDO LIDÓRIO, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Henrique Fernando Lidório

**ESTIMATIVA DO IMPACTO DAS PERDAS DEVIDO AO USO INADEQUADO
DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO MANEJO FITOSSANITÁRIO DA
CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Aprovado em 11 de fevereiro de 2021



Adriano Arrué Melo, Dr. (UFSM) - Videoconferência
(Presidente/Orientador)



Walter Boller, Dr. (UFSM) - Videoconferência



Glauber Renato Stürmer, Dr. (CCGL) - Videoconferência

Santa Maria, RS

2021

DEDICATÓRIA

Dedico todas minhas conquistas à minha família:

Sônia Negrão

João Ferreira Lidório

Kelly Fernando Negrão Lidório

Sara Fernanda Lidório

Gabriela Fernanda Negrão Lidório

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida e por permitir concluir mais uma etapa de estudos.

A minha família que sempre me apoiou em todos momentos e me incentiva na busca contínua do conhecimento.

Ao meu orientador professor Dr. Adriano Arrué Melo pelo compartilhamento de seu conhecimento, pelas oportunidades me proporcionadas na orientação desse estudo e pela amizade dos últimos anos.

Agradeço ao professor Dr. Marcelo Giovanetti Canteri e ao Lucas Henrique Fantin, pelo grande apoio no desenvolvimento desse estudo, por acreditarem na nossa ideia e pela valiosa troca de conhecimentos.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFSM por transmitirem conhecimento e motivação.

A banca examinadora, professor Dr. Walter Boller e Dr. Glauber Renato Stürmer.

E aqueles que contribuíram de diversas formas em minha trajetória.

A todos um sincero muito obrigado.

RESUMO

Estimativa do impacto das perdas devido ao uso inadequado da tecnologia de aplicação no manejo fitossanitário da cultura da soja

AUTOR: Henrique Fernando Lidório
ORIENTADOR: Dr. Adriano Arrué Melo

A soja é uma cultura de grande destaque comercial em expansão no Brasil e no mundo, movimentando a economia e gerando empregos. Por outro lado, a cultura ainda apresenta diversos desafios, quando se trata do controle fitossanitário de pragas, doenças e plantas invasoras, visto que em seu ciclo produtivo, a soja é atacada por diversos organismos capazes de inviabilizar a produção, trazendo inúmeros prejuízos. No pico do desenvolvimento da soja é o momento quando os produtos e técnicas utilizadas para controle de quaisquer doenças, plantas invasoras ou insetos-pragas deverão ter melhores resultados, sendo o controle fitossanitário necessário e essencial para garantir que a soja consiga expressar todo o seu potencial produtivo sem maiores interferências e a utilização da tecnologia de aplicação nesse processo é fundamental, pois inclui conhecimentos técnicos e científicos para a correta deposição dos agrotóxicos no alvo a ser controlado. Mas a tecnologia de aplicação ainda é muito desprezada por parte dos produtores, devido à falta de conhecimentos necessários ou negligências na aplicação, podendo causar prejuízos que até então, a sua porcentagem estimada de perda de eficiência nas aplicações, era desconhecida. A utilização de métodos estatísticos com revisão sistemática utilizando a meta-análise proporcionou estimar essas perdas e nesse estudo nos permitiu sumarizar novas conclusões sobre as perdas de eficiência causados por equívocos nas aplicações de agrotóxicos em soja, demonstrando que se perde cerca de 40% de eficiência dos produtos na área de controle de doenças, 30% na área de controle de plantas invasoras e aproximadamente 27% de perdas de eficiência na área de controle de insetos-pragas, representando uma estimativa de perda de mais de US\$ 920.2 Milhões, US\$ 634.9 Milhões e US\$ 595 Milhões, respectivamente. De todos os agrotóxicos aplicados em soja, estamos perdendo em média cerca de 32% de eficiência de controle e precisamente na área de controle de doenças, considerando os diferentes níveis da planta, a diferença entre o melhor e o pior tratamento foram, 51% no nível inferior, 40% no nível médio e 34% no nível superior da planta. Esses dados evidenciam as dificuldades em se atingir os alvos no baixeiro da soja, além da dificuldade de se atingir uma homogeneidade em todos os níveis. A aplicação de agrotóxicos é uma atividade que demanda atenção em todos os seus processos, tanto na maneira como estão sendo aplicados os produtos quanto a parte econômica de todo o processo de aplicação, devendo haver um planejamento do controle fitossanitário para que se evite prejuízos produtivos e econômicos, além de problemas ambientais.

Palavras-chave: Eficácia. Meta-análise. Defesa Fitossanitária.

ABSTRACT**Estimation of the impact of losses due to inadequate use of the application technology in phytosanitary management of soybean crop**

AUTHOR: Henrique Fernando Lidório

ADVISOR: Dr. Adriano Arrué Melo

Soybean are a culture of great commercial prominence in Brazil and the world, moving the economy and generating jobs. On the other hand, the crop still presents several challenges, when it comes to plant control of pests, diseases and invasive plants, since in its production several organisms capable of hindering production, bringing numerous losses. At the peak of soybean development is the time when the products and techniques used to control any diseases, weeds or pests should have better results, and phytosanitary control is necessary and essential to ensure that soybeans can express its full productive potential without further interference and the use of application technology in this process is essential, as it includes technical and scientific knowledge for the correct deposition of pesticides on the target to be controlled. However, application technology is still largely overlooked by producers, due to the lack of necessary knowledge or negligence in the application, which can cause losses that until then, its estimated percentage of efficiency loss in applications, was unknown. The use of statistical methods with systematic review using meta-analysis allowed us to estimate these losses and in this study allowed us to sum up new conclusions about the efficiency losses caused by misconceptions in pesticide applications in soybean, demonstrating that about 40% of product efficiency is lost in the area of disease control, 30% in the area of weeds control and approximately 27% of efficiency losses in the area of pest control, representing an estimated loss of more than US\$ 920.2 Million, US\$ 634.9 Million and US\$ 595 Million, respectively. Of all pesticides applied in soybean, we are losing on average about 32% of control efficiency and precisely in the area of disease control, considering the different levels of the plant, the difference between the best and the worst treatment were, 51% at the lower level, 40% at the middle level and 34% at the top level of the plant. These data show the difficulties in reaching in the low parts of the soybean plant, in addition to the difficulty of reaching a homogeneity at all levels. The application of pesticides is an activity that demands attention in all its processes, both in the way products are being applied and the economic part of the entire application process, and there should be a planning of phytosanitary control to avoid productive and economic losses, in addition to environmental problems.

Key words: Effectiveness. Meta-analysis. Crop protection.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1 - Box-Plot – Distribution of the values of the control efficiency of the best and worst treatments of the studys found.....	43
Figura 2 - Box-Plot - Distribution of the individual crude values of the control efficiency of the best and worst treatments in the evaluated areas.....	43
Figura 3 - Florest plot – Distribution of the observed effects and the contribution of each study in the metanalytic measure.....	44
Figura 4 - Florest plot – Distribution of the observed effects and the contribution of each study in the disease control area in the metanalytic measure.....	46
Figura 5 - Florest plot – Distribution of the observed effects and the contribution of each study in the area of insect control in the metanalytic measure.....	46
Figura 6 - Florest plot – Distribution of the observed effects and the contribution of each study in the area of weed control in the metanalytic measure.....	47

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1 - Papers selected for meta-analysis, in the languages Portuguese, English and Spanish, available in the search portals of scientific journals; Capes, Google Scholar and the Scientific Electronic Library Online - SciELO.....	38
Tabela 2 - Metanalytic estimate of the loss of efficiency of the use of plant health control application technology in soybean crop, in the global analysis and by study area.....	39
Tabela 3 - Estimated efficiency loss at plant levels.....	39

ARTIGO II

Tabela 1 - Resultados da estimativa metanalítica da perda de eficiência dos erros no uso da tecnologia de aplicação de controle na cultura da soja (LIDÓRIO et al., 2020).....	49
Tabela 2 - Estimativa de custos totais dos erros na aplicação fitossanitária na cultura da soja, por área da defesa fitossanitária (controle de doenças, controle de plantas invasoras e controle de insetos-pragas) e por hectare no Brasil, com os valores nominais e os valores reais corrigidos pela inflação.....	51
Tabela 3 - Custo operacional de aplicação por equipamento (R\$/ha), disponibilizado pela Fundação ABC (2020) com adaptações.....	53
Tabela 4 - Relação da média da estimativa de área plantada de soja no Brasil nos últimos três anos (2019/20, 2018/19 e 2017/18).....	54
Tabela 5 - Relação da média do custo de agrotóxico por hectare por estado brasileiro nos anos de 2019, 2018 e 2017 com os valores nominais e os valores reais corrigidos pela inflação.....	54
Tabela 6 - Dados da estimativa do mercado de agrotóxicos brasileiro em soja, em porcentagem por tipo de produto, disponibilizado pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (SINDIVEG), 2020 com adaptações e estimativas.....	55
Tabela 7 - Média estimada de custos de controle fitossanitário no ciclo da soja no Brasil (Total e por hectare) e por produto (Total e por hectare) com os valores nominais e os valores reais corrigidos pela inflação.....	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	A CULTURA DA SOJA E SEUS ASPECTOS ECONÔMICOS DE CULTIVO.....	13
2.2	PRINCIPAIS PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS DA SOJA.....	14
2.3	TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NA CULTURA DA SOJA.....	15
2.4	METANALISE NA AGRICULTURA.....	17
3	ARTIGO 1: EVALUATION OF PESTICIDE APPLICATION EFFICIENCY IN SOYBEAN CROP THROUGH META-ANALYS.....	20
4	ARTIGO 2: ESTIMATIVA DAS PERDAS NO USO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO MANEJO FITOSSANITÁRIO DA SOJA NO BRASIL.....	49
5	DISCUSSÃO GERAL.....	65
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
7	REFERÊNCIAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

Todo e qualquer negócio, em seus objetivos, deve ser gerenciado de uma maneira que busque a maximização dos lucros em longo prazo e se torne economicamente viável em curto prazo. Lidar com o gerenciamento correto do custeio dentro de uma propriedade rural é complexo e se exige conhecimento e capacitação correta que não se configura na realidade atual de muitos produtores rurais (LOURENZANI, 2006).

O correto gerenciamento e planejamento na tomada de decisões garantem maior eficiência nas operações de custeio e rentabilidade agrícola. Esses cuidados são fundamentais pois o manejo fitossanitário das lavouras é uma das operações que mais demandam recursos por parte dos agricultores. A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é atacada por diversas doenças, insetos-pragas e plantas invasoras em períodos variados do seu ciclo produtivo, obrigando o produtor a tomar decisões de controle fitossanitário conforme as dimensões do ataque desses organismos (SANTOS, 2020).

No pico do desenvolvimento da soja é o momento quando os produtos e técnicas utilizadas para controle de quaisquer doenças, insetos-pragas e plantas invasoras deverão ter melhores resultados, advindo da necessidade de maior absorção das partes da planta nesse estágio, levando em consideração o nível do dano econômico nas aplicações (ANTUNIASSI et al., 2004; CUNHA et al., 2006). Sendo assim, o emprego adequado da tecnologia de aplicação para cada situação contribui para a eficiência da deposição e absorção dos produtos utilizados (WOMAC et al., 1997).

O controle fitossanitário é necessário e essencial para garantir que a espécie cultivada consiga expressar todo o seu potencial produtivo sem interferência de doenças, insetos-pragas e plantas invasoras (OLIVEIRA, 2008). Para garantir excelentes resultados na tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas é importante conhecer os produtos que serão utilizados e sua forma de aplicação adequada nas modalidades terrestre ou aérea, proporcionando máxima eficiência de resultados garantidos pelo fabricante ao atingir o alvo foco e, por consequência, propiciando a redução de riscos ambientais e custos desnecessários como por exemplo, a reaplicações de produtos (CUNHA, 2014).

Diversos estudos buscam encontrar e confrontar variáveis que possam interferir na qualidade das aplicações de produtos fitossanitários em soja, além de propor técnicas que podem reduzir possíveis erros operacionais do processo de controle fitossanitário. Essas

variáveis como escolha e calibração dos equipamentos, determinação do alvo biológico, volume de calda, taxa de aplicação, uso de adjuvantes, momento ideal de aplicação e ainda considerando as condições ambientais podem interferir diretamente na qualidade das aplicações e, conseqüentemente, no controle eficiente (CUNHA, ALVES e MARQUES, 2017).

Na prática, os responsáveis pela operacionalização do controle fitossanitário focam nos produtos que serão utilizados e não levam em consideração essas variáveis que podem contribuir na minimização de erros e maximização dos lucros (CUNHA e PERES, 2010). Propriedades rurais com as mesmas características físicas e de produção podem, em uma mesma época, apresentar resultados diferentes para o mesmo período agrícola (DOSSA, 1994). Isso ocorre devido a comportamentos gerenciais dentro da empresa rural onde o produtor deve equilibrar os custos a partir de situações recorrentes de erros e acertos de todo o processo.

Nos diversos estudos da literatura, não se encontrou trabalhos que se objetivaram a quantificar os impactos dos equívocos no uso da tecnologia de aplicação no manejo fitossanitário da soja através de uma revisão sistemática com meta-análise. Portanto, os resultados desse trabalho irão gerar informações que servirão como base de explanação dos motivos pelos quais faz-se necessário o correto manejo e escolha das tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA SOJA E SEUS ASPECTOS ECONÔMICOS DE CULTIVO

A soja é uma leguminosa de ciclo anual, pertencendo à família Fabaceae, cultivada na China central há mais de cinco mil anos. A partir do século XX, a soja passa de cultivo selvagem para ser integrada a cultivo comercial nos Estados Unidos, passando por um amplo desenvolvimento de seu sistema de produção (EMBRAPA SOJA, 2001).

No Brasil, ela foi introduzida por volta de 1882 e conforme a sua adaptação no país, novas pesquisas promissoras foram realizadas com o intuito do aprimoramento da produção, fazendo com que a soja ganhasse competitividade de valor no mercado internacional (BLACK, 2000). A partir disso, o país se tornou um dos maiores produtores de soja do mundo, por intermédio da grande expansão tecnológica de 1970, incluindo técnicas de manejo do solo, melhoramento genético e cultivo (SANTOS, 2005), garantindo maior competitividade de mercado e maximização da produção.

Responsável pelo povoamento de diversas regiões do Brasil, principalmente na região central, a soja é uma espécie amplamente utilizada pela indústria para alimentação humana e animal, devido à grande porcentagem de proteínas e óleo. Atualmente, a produção brasileira de soja aproxima-se de 124 milhões de toneladas sendo que Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás correspondem a maior parcela da produtividade total (CONAB, 2020) movimentando no Brasil mais de U\$ 6,30 bilhões em volume de comercialização (MAPA, 2020).

Nesse contexto, o Brasil apresenta vantagem econômica na comercialização da soja pois as exportações ocorrem na entressafra americana, momento em que as cotações atingem os maiores preços e esses, em conjunto com pesquisas de melhoramento genético, aprimoramento de maquinários e técnicas de produção influenciam e contribuem com os investimentos que proporcionam maior desempenho da sojicultura no Brasil. Tais condições garantem diversos benefícios para a economia pois a produção de soja é um dos principais produtos do agronegócio brasileiro, exibindo grande potencial produtivo, movimentando indústrias e comércio, além dos demais setores econômicos (FERREIRA, 2012).

Nesse sentido, para aumentar ou manter a produção de soja atual, é necessário utilizar e aprimorar as técnicas de controle fitossanitário, para que a espécie consiga expressar todo o seu potencial produtivo por meio da redução das variáveis externas que podem comprometer a produtividade (SINDIVEG, 2020).

2.2 PRINCIPAIS PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS DA SOJA

Na agricultura atual, a tecnologia de aplicação de controle fitossanitário é considerada uma das atividades mais complexas e importantes como uma das garantias de produtividade. A soja é atacada por diversas pragas, doenças e plantas invasoras em seu ciclo produtivo e, quando não controladas no momento ideal, podem resultar em danos na produtividade dos grãos ou sementes e, conseqüentemente, danos econômicos (OLIVEIRA, 2008) ocorrendo e distribuídas em regiões produtoras distintas do território brasileiro.

Dentre os insetos-praga da soja, se destacam as lagartas desfolhadoras, tais como, a lagarta falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*) e a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) que quando não controladas no momento ideal e adequadamente podem provocar a perda da área foliar, além dos diversos percevejos que se alimentam dos grãos, influenciando na perda da qualidade e rendimento produtivo (VITOR, 2019). Além disso, plantas invasoras podem competir por espaço, água e nutrientes necessários para o desenvolvimento da soja (AVILA &

GRIGOLLI, 2014). A buva (*Conyza* spp.) é umas das principais plantas invasoras encontradas nas lavouras de soja e estudos demonstram que uma planta de buva por metro quadrado pode reduzir em até 14% a produtividade de soja (CANTU et al., 2019).

Em concomitância, as plantas de soja estão suscetíveis ao surgimento de diversas doenças causadas por fungos que, dependendo de sua severidade, poderão causar perdas consideráveis e irreversíveis na produtividade dos grãos. Nesse cenário, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é a principal doença que pode proporcionar os maiores danos quando não controlada corretamente com o uso adequado da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários (CAMARGOS, 2017), podendo causar perdas de até 90% da produtividade total (PELIN, 2020).

Essa doença inicia-se no baixeiro da cultura, quando em condições favoráveis ao seu desenvolvimento como a presença de umidade e temperatura mais amenas, comprometendo a capacidade fotossintética das plantas por meio da desfolha precoce, prejudicando o enchimento de vagens. Outras doenças como a septoriose, mancha alva, mofo branco e oídio também podem provocar diversos danos a produtividade quando não controlados devidamente (SANTOS, 2020).

2.3 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NA CULTURA DA SOJA

Tecnologia de aplicação é um conjunto de conhecimentos técnicos e científicos com a finalidade da correta deposição de um produto biologicamente ativo sobre o alvo biológico na proporção necessária com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1998). Essas técnicas são elaboradas a partir de diversas áreas do conhecimento científico, tais como: Biologia, Química, Engenharia, Economia e Sociologia, com o objetivo do controle das plantas invasoras, ácaros, insetos, doenças, entre outros (OLIVEIRA, 2008).

Das diversas técnicas de aplicações, o controle utilizando equipamentos chamados de pulverizadores são os mais utilizados, que vão dos mais simples disponíveis no mercado até os mais modernos como os autopropelidos automatizados (CUNHA, 2007). O processo de pulverização consiste em pulverizar o produto fitossanitário presente na calda por meio de gotas formadas a partir da pressão exercida sobre a calda de pulverização presente no tanque do pulverizador. Já a aplicação consiste em depositar essas gotas exatamente no alvo a ser controlado (FERREIRA, 2012).

No controle fitossanitário encontram-se diversas variáveis do ambiente que podem interferir significativamente na eficiência, em que os produtos aplicados podem sofrer

problemas como a volatilização, deriva, problemas com cobertura e absorção, tensão superficial, incompatibilidade química ou física, além de outros (GUTHS, 2013) que podem reduzir a efetividade de controle dos produtos, causados pela falta da cobertura adequada das gotas no alvo foco.

A importância da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários fica mais evidente, quando vemos que ela interfere diretamente na eficiência do produto aplicado (RAETANO, 2011). Portanto, a sua utilização de maneira adequada poderá promover redução de erros que podem ser facilmente causados por negligências ou equívocos do produtor, evitando a redução do lucro final do processo da produção de soja em decorrência da necessidade de reaplicações de produtos (MATTHEWS, 2014), pois não adianta somente conhecer e utilizar os melhores produtos disponíveis no mercado, mas também, a melhor forma de aplicá-lo.

Com o passar do desenvolvimento da planta, o aumento de área foliar dificulta a cobertura das gotas nos alvos, principalmente no dossel inferior da planta, tornando-se importante o processo de escolha dos itens e equipamentos para aplicação de produtos fitossanitários. Dentre esses itens, a escolha correta da ponta de aplicação está inteiramente ligada as diferentes condições de trabalho (CARVALHO, 2014), condições ambientais, modalidade de aplicação, o tipo de produto e seu modo de ação, além de outras (GRIESANG et al., 2017).

Nesse contexto, as pontas de pulverização são itens considerados de grande importância, pois formarão as gotas com as características de diâmetro volumétrico necessários para atingir o alvo desejado de maneira eficiente sem que ocorra a perda por evaporação (YU et al., 2009), sendo que a escolha correta do tamanho da gota a ser pulverizada poderá influenciar diretamente na eficiência de controle (SANTOS, 2020).

Estudos já comprovaram que a utilização de gotas maiores não necessariamente contribuem com o maior controle, pois gotas superiores a 800 μ m podem facilmente escorrerem pelas folhas e serem depositadas diretamente ao solo, devido à dificuldade de se depositarem na superfície foliar. Já gotas de menor tamanho, menores de 100 μ m são consideradas de fácil evaporação em condições adversas de umidade relativa do ar, devido ao seu tamanho, mas por outro lado, apresentam melhor uniformidade na deposição no alvo desejado (SCHMIDT, 2006).

Nesse contexto, parte dos produtos aplicados podem se perder no meio ambiente e não conseguir atingir o alvo de maneira eficiente devido a péssima qualidade da aplicação promovida pelas condições ambientais inadequadas no momento da aplicação ou escolha da tecnologia de aplicação (CUNHA et al., 2008). Essas perdas de produtos podem ser reduzidas seguindo recomendações técnicas e científicas apresentadas em diversos estudos. Esses estudos

definem técnicas para diversas variáveis, além das condições ambientais, em que a umidade relativa maior que 50%, temperatura inferior a 30°C e ventos entre 3 km/h e 10 km/h proporcionam maior efetividade de controle fitossanitário (SANTOS, 2020).

Por outro lado, diversos estudos apontam que tais características ideais no momento da aplicação são difíceis de se conseguir, pois a janela de horas disponíveis para que se ocorra as aplicações necessárias, utilizando essas condições são muito pequenas e, assim, os conhecimentos técnicos e científicos da tecnologia de aplicação são indispensáveis. Outro fator importante que interfere na qualidade da tecnologia de aplicação é o uso de adjuvantes na calda de pulverização, pois esses produtos interferem na eficiência de controle e podem melhorar os resultados da eficácia dos defensivos agrícolas (LANDIM, 2018).

Os adjuvantes podem contribuir para que o produto biologicamente ativo consiga atingir o alvo, participando positivamente no processo da tomada de decisão de controle, pois quando adicionados a calda de pulverização no momento da aplicação, garantem diversos benefícios que dependendo do tipo de adjuvante, podem proporcionar a redução da espuma, melhor dispersão dos produtos, aderência, espalhamento, maior absorção do ingrediente ativo (CUNHA & PERES, 2010) contribuindo com as reações químicas dos produtos (HAZEN, 2000) além de características adesivas, dispersantes, tamponantes, emulsificantes, molhantes, entre outros (GUTHS, 2013).

2.4 METANALISE NA AGRICULTURA

A Meta-análise pode ser definida como a obtenção de um novo resultado por meio de informações já existentes de trabalhos publicados ou não, aplicando uma ou mais ferramentas estatísticas, podendo produzir e sumarizar uma nova conclusão a cerca de um tema em específico (LUIZ, 2002). O trabalho de COCHRAN, (1954) foi um dos primeiros a se interessar pela síntese e união de diversos resultados, com o objetivo de produzir uma nova informação. Mais tarde em 1977, Smith & Glass utilizaram 375 resultados de estudos já publicadas na área de psicoterapia e concluíram que a psicoterapia tem efeitos positivos, chamando esta técnica utilizada de meta-análise (LOVATTO et. al, 2007).

Qualquer área de estudos pode-se utilizar das técnicas e métodos estatísticos para se realizar uma meta-análise, podendo esclarecer situações e resultados que nos experimentos realizados pelos autores, apresentaram algum tipo de inviabilidade na realização de maiores conclusões, contudo, sem modificar a pesquisa primária. Indiferente do risco da manipulação correta das informações de resultados de trabalhos encontrados, o custo da utilização da meta-

análise é inferior aqueles definidos na experimentação que gerou os dados encontrados, isso levou muitos pesquisadores ao redor do mundo começarem a gerar novas conclusões ao identificar hipóteses diferentes, aproveitando a alta disponibilidade de resultados de trabalho disponíveis em domínio público e evidenciando a necessidade de novos estudos (LUIZ, 2002), além da possibilidade da construção de uma síntese dos conhecimentos transmitidos pelos dados dos trabalhos (LOVATTO et. al, 2007).

Esse método de pesquisa está sendo amplamente aceito pela comunidade científica, uma vez que se utiliza todos os trabalhos publicados sobre o assunto a ser pesquisado, levando em consideração aqueles com resultados positivos e negativos, podendo com isso, elevar a precisão das conclusões e ser modificadas em qualquer momento, por meio de novos trabalhos que irão surgindo sobre o tema, com o intuito de aumentar a confiabilidade desses estudos (RAMALHO, 2005; APUD; SANTOS & CUNHA, 2013). Sendo assim, na realização da meta-análise devem-se escolher os dados dos resultados científicos necessários, partindo-se do tema proposto inicialmente (LOVATTO et. al, 2007) dos quais, analisados e escolhidos de forma crítica, utilizando critérios de inclusão e exclusão (SOUZA e RIBEIRO, 2009).

O modelo de efeito fixo e o aleatório são dois métodos que podem ser empregados durante as técnicas estatísticas na realização da meta-análise, levando em consideração que no modelo de efeito fixo considera-se que a medida de efeito é de natureza idêntica, ou seja, não existe distinção entre os resultados dos trabalhos, ocorrendo uma diferenciação somente no erro amostral. O modelo aleatório presume que a medida de efeito é desigual nos resultados dos trabalhos encontrados, considerando amostras aleatórias (BORESTEIN et al., 2009). O método aleatório pode ser escolhido a partir da realização do cálculo do índice conhecido como Higgins & Thompson, onde observa a heterogeneidade dos resultados estatísticos, partindo dos dados encontrados nos estudos primários, quando o valor desse índice for sumo a 1,5 (MADDEN e PAUL, 2011).

Com a realização da meta-análise, permite-se contrapor e agrupar resultados de diversos estudos, por meio da utilização do chamado medida de efeito único e, ao escolher uma medida de efeito, afere-se a todos os outros estudos. Vários métodos e maneiras podem ser empregados ao analisar resultados, pois se comparar um tratamento em relação a nenhum tratamento utilizado, pode-se estimar e determinar os resultados pela diferença de ambos no grau de severidade dos danos encontrados com e sem tratamento ou pela divergência do surgimento do dano encontrado, além de outros métodos considerados válidos para estimar e mensurar o tamanho do efeito (ROSENBERG et al., 2004).

Diante do exposto, os objetivos principais deste trabalho basearam-se no fato de que ocorrem perdas no processo de aplicação de produtos fitossanitários na cultura da soja e, pela primeira vez, buscou-se por meio de uma revisão através da meta-análise, quantificar em porcentagem e custo total do que se perde hoje com os erros de aplicações de agrotóxicos, estimando monetariamente, o custo dessas perdas.

1 **3. ARTIGO CIENTÍFICO 1**

2 **Evaluation of pesticide application efficiency in soybean crop through**
3 **meta-analys**

4

5 Henrique F Lidório¹, Lucas H Fantin^b, Marcelo G Canteri^b, Alexandre Swarowsky^c, Milena
6 Caye^a and Adriano A Melo^{a*}

7

8 **Running title:** Efficiency of pesticide application technology

9

10 **Abstract**

11

12 **BACKGROUND:** This meta-analysis quantified the reduction in the phytosanitary
13 management control efficiency of soybean crop in pesticide application due to the inadequate
14 use of application technologies. We obtained data from studies on terrestrial application in the
15 field to plant diseases control, weeds, and control insect in soybean cultivation, including
16 various control techniques.

17

18 **RESULTS:** When a certain technology was used incorrectly, the efficiency was reduced by an
19 average of 32%, varying from 25.9 to 38.8%. Results in the application technology areas

*Correspondence to: Adriano Arrué Melo, Department of Crop Protection, Federal University of Santa Maria (UFSM), 1000 Roraima avenue, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 97105-900, Brazil. E-mail:

adrianoarrue@hotmail.com

^aDepartment of Crop Protection, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil.

^bAgronomy Department, Londrina State University, Londrina, Paraná, Brazil.

^cDepartment of Sanitary and Environmental Engineering, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil.

20 showed an average reduction in control efficiency of 40% for plant diseases, 30% for weeds,
21 and 27% for control insect.

22

23 **CONCLUSION:** The results provide useful information on the efficiency loss through the
24 application technology. Such losses are mainly related to lack of knowledge and minimal care
25 and are affected by several factors such as the choice of the spray tip, the spray volume, the
26 environmental conditions, application time, among others. Taking these variables into
27 consideration can avoid negative consequences for productivity and economic viability in the
28 food production.

29

30 **Keywords:** Control; Errors; phytosanitary control, Plant Protection.

31

32 **1 INTRODUCTION**

33 The expression of the entire productive potential of soybean requires phytosanitary control of
34 weeds, pests and diseases,¹. Among the control strategies, the application of pesticides is the
35 main measure adopted by farmers in Brazil ². However, one of the aspects that require more
36 attention when using pesticides is the way these products are being sprayed in the field. The
37 application technology should correctly deposit a product in the biological target in the
38 necessary quantity, with minimum contamination of other areas³.

39 However, in practice, this is not always the case. Over the years, several studies have
40 evaluated the factors that make up the application technology, which, when used
41 inadequately, can limit the performance of pesticides. Emphasis is placed on the spraying
42 nozzle⁴, the use of adjuvants⁵, the spray volume⁶, air assistance in the spray boom⁷, and
43 atmospheric conditions⁸. When these factors are analyzed, it becomes clear that they all can
44 contribute to phytosanitary control. ⁹.

45 To obtain / express maximum efficiency, in tests and in practice, application technology
46 is essential, as errors or inappropriate uses can enlarge the number of applications and
47 increase environmental pollution, in addition to leading to product losses.

48 On a global level, each year, billions of dollars are spent on pesticides, and it is necessary
49 to add to this the operational costs involved in the application of pesticides, such as diesel oil,
50 depreciation of equipment, cost of operators, among others.

51 Given this scenario, there are several studies that show the effect of the application
52 technology on pesticide efficiency, but the overall costs of these errors to the farmer and the
53 global economy have not been determined so far. An alternative approach to quantify these
54 losses is through meta-analysis, which is characterized by the analysis of multiple studies of
55 the same theme, with the aim to synthesize evidence that, in one experiment, cannot be
56 obtained. The analysis can be performed using published or unpublished works¹⁰.

57 In this context, the objective of this study was to quantify the effect of inappropriate use,
58 related to the application technology, in the phytosanitary management of plant diseases,
59 weeds, and insects in soybean, using the meta-analysis approach.

60

61 **2. MATERIAL AND METHODS**

62 **2.1 Systematic review and data compilation**

63 The data used for the meta-analysis were obtained through the systematic review of published
64 studs in application technology in the phytosanitary management of soybean pests. The terms
65 were searched in Portuguese, English, and Spanish, using the databases CAPES Portal for
66 Journals¹¹, Google Scholar, and Scientific Electronic Library Online - SciELO (Table 1). The
67 period adopted was 1980 to 2019, and keywords were used combined or individually (Table 2).
68 Only studies on terrestrial applications that used some type of sprayer were included, totaling
69 430 studies found with the keywords in the areas of plant disease, weed control and insect

70 control. Leaf severity, number of insects, and weeds were the main response variables
 71 adopted by the authors. As an inclusion criterion, the paper should present the response
 72 variables such as efficiency, severity, number of insects, number of involuntary plants,
 73 measures of variation such as coefficient of variation, standard error, variance, and treatments
 74 with used application technology such as spray nozzles test, application volume, weather
 75 conditions, application times, adjuvants, and droplet size.

76

77 **2.2 Statistical analysis**

78 Studies that met the inclusion criteria were organized in a spreadsheet. In each paper, the control
 79 treatment without application was not considered. The treatments that presented the highest
 80 (\bar{X}_{Best}) and the lowest (\bar{X}_{Worst}) mean results were included in the meta-analysis, assuming that
 81 the difference between the highest and lowest results is due inappropriate application.

82 The variance or coefficient of variation was extracted from the studies and organized in an
 83 Excel software spreadsheet with the data of efficiency, control and variability, metrics or the
 84 synthesis of the results, which were calculated according to the equation¹²:

85

$$86 \quad \text{Corrected \%} = \left(1 - \frac{n \text{ in } T \text{ after treatment}}{n \text{ in } Co \text{ after treatment}} \right) \times 100$$

87

88 Where n is insect/ pest population, T is the treatment, and Co is the control. The effect size
 89 was calculated trough the response variable of treatment with technology and control/test. Due
 90 to different measures of response, the log response ratio was calculated as an effect size^{13, 14, 15},
 91 using the following equation:

$$92 \quad L_i = \ln(\bar{X}_{Best,i} / \bar{X}_{Worst,i})$$

93

94 Where L_i is the log response ratio of the i th study, \bar{X}_{Best} is the response of treatment with
 95 the application technology, and \bar{X}_{Worst} is the response of the control. The use of L is due the

96 statistical characteristics as presented in a previous study¹⁴. The estimate of the overall mean
 97 effect size (\bar{L}) was performed using the random effects model ¹⁶:

98

99

$$L_i = \zeta + \mu_i + \varepsilon_i$$

100

101 Where L_i represents the effect size for study i , ζ is the expected overall effect size, μ_i is
 102 the among-study variability (σ^2) (random effect of study i on the effect size), and ε_i is the
 103 within-study variability (residual or sampling variation). The model assumes that $\mu_i \sim N(\mathbf{0}, \sigma^2)$
 104 and $\varepsilon_i \sim N(\mathbf{0}, s_i^2)$, as well as $L_i \sim N(\zeta, s_i^2 + \sigma^2)$. The estimation of ζ and σ^2 was given by
 105 the maximum likelihood method. To obtain the overall effect size ($\hat{\zeta}$), the following steps were
 106 performed: $\hat{\zeta} = \sum w_i L_i / \sum w_i$ and $w_i = \frac{1}{\sigma^2 + s_i^2}$, where w_i is the weight assigned to each
 107 measure of effect. The results of overall estimate and confidence intervals were back-
 108 transformed through the following equation: $C = (1 - \exp(-\bar{L})) * 100$.

109 Heterogeneity (among-study variance σ^2) was tested to assess whether there are factors
 110 that would influence the true effect, and the following tests were performed: Cochran's Q-
 111 statistic (Test), Higgin's & Thompson's I2 and Tau. The null hypotheses was that there is a
 112 common effect size across studies ($\sigma^2 = \mathbf{0}$), which was tested at the 0.05 significance level.
 113 The data were sub-grouped in the three fields "plant diseases", "weeds", and "control insect".
 114 The plant diseases theme was subdivided into locations on the plant, namely "lower",
 115 "medium", and "upper" plant (Table 4).

116 Analyses were performed using the R software ¹⁷, metaphor, and plot packages ¹⁸ and using
 117 the forest-plot graph to demonstrate the distribution of the observed effects and the contribution
 118 of each study in the area of phytosanitary control in the metanalytical measure.

119

120 **3 RESULTS**

121 **3.1 Data analysis**

122 The 59 papers that met the inclusion criteria presented the minimum parameters of the
123 prerequisites established for the analysis (Fig. 3). Data input consisted of 189 entries, with 78
124 on plant diseases (Fig. 4), 45 on insect control (Fig. 5), and 65 on weed control (Fig. 6). The
125 efficiency control varied between test/control and technology treatment.

126 Figure 1 (box plot) shows the disposition of the individual efficiency of the working data,
127 without distinguishing the factors evaluated, organized by the efficiency found in the “best”
128 and “worst” treatment. The box plot distributions indicated a varied distribution effect of
129 efficiency control.

130

131 **3.2 Global control efficiency**

132 The results of the studies obtained through a systematic literature review were incorporated
133 into a global analysis to assess the effect size of the application. The results presented in
134 Figure 3 show the distribution of the observed effects and the contribution of each study to the
135 metanalytical measure. These results indicate the global average of control efficiency through
136 the meta-analysis, the variation of studies, that is, without distinction of the study area or
137 technology, with an estimated average efficiency loss of 32.2% and a 95% confidence interval
138 of 25.9 to 38.8% (Table 3) due to inappropriate applications.

139 Variability tests using effect moderators indicated high variability between the effects of
140 the studies. The Tau coefficient presented significant (<0.05) heterogeneity among the effects.
141 The effect moderators, in other words, are other factors affecting the real effect size and
142 needed to be incorporated in the analysis. The moderator “study area”, composed of plant
143 diseases, insect control, and weeds (Fig. 2), was considered.

144

145 **3.3 Phytosanitary study areas**

146 In the study area plant diseases, the results showed a variation in the control efficiency
147 between the results of the worst treatment and the best treatment, with an estimated 30 and
148 50%, respectively. This means that the loss of efficiency can reach an average of 40% with
149 the occurrence of errors in the use of plant disease control applications (Table 3).

150 In the different plant canopies, the data showed an estimated efficiency loss of 40.79 and
151 34.22% in the medium and upper canopies, respectively (Table 4), of the worst treatment in
152 relation to the best; the lower canopy presented a higher estimated loss compared to the other
153 canopies, with an average of 51.91%.

154 The results indicate that the insect control area has the lowest estimate of loss of
155 application efficiency; in relation to the other evaluated areas, this loss of efficiency reaches
156 27.5% of the best treatment in relation to the worst treatment, with ranging 17.1 and 38.7%.

157 Regarding control weeds, the results show an estimated loss of efficiency in the
158 application technology of 30% in relation to the best treatment (Table 3).

159

160 **4 DISCUSSION**

161 The efficiency of the pesticide application technology has been questioned over the years.
162 However, there was no data to estimate potential pesticide losses, which, according to our
163 results, can exceed 50%, only due to inadequate choice of some factors at the time of
164 application. This shows the need to obtain greater efficiency in phytosanitary control in all
165 areas evaluated in this study, in addition to an awareness of the risks and consequences for
166 financial and technical stability in food production due to errors during the control process,
167 generating unnecessary costs and environmental contamination.

168 When the droplets settle on the entire target, the application can be characterized as
169 efficient. The control efficiency depends on several factors, and in many cases, the amount of

170 the product that actually reaches the target is lower in relation to the volume sprayed initially,
171 resulting in a lower efficiency. This is mainly the case when the focus is on the product and
172 not on the application technique¹⁹.

173 These conclusions corroborate this study, since we found various variations in percentage
174 in relation to the best and worst control treatments used, disregarding the evaluated products
175 and focusing on the applied technologies. The selected studies were conducted under a wide
176 range of climatic and operational conditions in different regions of Brazil and the world,
177 which facilitated an estimation of the average losses under different conditions. The meta-
178 analysis made it possible to estimate losses in all areas of pest and disease control in soybean
179 crops and to establish the global loss as an estimate, that is, without distinction of the study
180 area or technology. The average efficiency loss was 32.2%, which means that a large part of
181 the products applied to control pests and diseases in soybean crops do not reach the target
182 (Table 2).

183 Studies in the field of phytopathology describe the lower canopy of the soybean plant as a
184 critical location and extremely important to achieve greater uniformity of coverage of the
185 sprayed drops, as several diseases, such as Asian rust, caused by the fungus *Phakopsora*
186 *pachyrhizi* Syd. & P. Syd., start in the lower canopy²⁰. According to the results obtained, only
187 in the lower canopy, the estimated loss reaches 51.91%, as half of the efficiency of the
188 applied products is lost due to factors related to the application technology.

189 Regarding insect control, the inefficiency value was 27.5% is the lowest value among the
190 others evaluated (Table 2). Soybean crops are subject to attacks by insect species in varying
191 proportions throughout their cycle²¹, resulting in irreparable losses, such as those caused by
192 defoliating insects of the order Lepidoptera, which may be present in the crop during some
193 phenological stages due to their migration capacity and can cause damage to productivity²²
194 when pest management was not carried out correctly. In the reproductive phase, bed bugs can

195 cause even greater damage, as they directly attack the grains or seeds, interfering with crop
196 quality and reducing seed vigor; attacks can occur even in the pod-filling and maturation
197 phases²³.

198 In conjunction with the other pests, the permanence of weeds in the crop due to
199 inefficiency caused by errors in phytosanitary control can affect productivity through the
200 dispute for nutrients in soil, light and water. Maximization of the efficiency of weeds control
201 and waste reduction of products in a soybean production cycle must occur during control
202 planning. Therefore, if the errors related to application technology of weeds control are of the
203 estimated order of 30.8%, this will directly interfere with the final productivity of the crop
204 and with the financial results of the planning.

205 In any area of phytosanitary control, application methods need to be improved to make
206 them more efficient. The quality of the applications not only depends on the products selected
207 for control, but also on the technical and scientific factors. Observing the variables that may
208 interfere with the phytosanitary control of soybean crops can facilitate the development of
209 adequate application techniques, ensuring greater economic viability.

210

211 **5 CONCLUSION**

212 This meta-analysis provides an estimate of the total and individual losses caused by
213 inadequate pesticide application in soybean crops, based on a large set of studies carried out
214 in several locations over several years.

215 The efficiency data of the works found for the accomplishment of the meta-analysis
216 demonstrated wide variation of percentage in relation to the best and the worst control
217 treatment used, presenting a loss of efficiency of 32% in the global estimate of all the data
218 used, that is, without distinction of study area and applied product.

219 Regarding the disease control, the efficiency losses can reach an estimated average of
220 40%, while control weeds, such losses were 30%. In the insect control area, results were 27%
221 of the best treatment in relation to the worst treatment.

222 The results of this study provide, useful information on efficiency losses in the
223 application of pesticides due to inadequate technologies, lack of knowledge, and minimum
224 care, emphasizing the basic requirements to ensure greater control efficiency, thereby
225 avoiding product losses and increasing economic viability for financial and technical stability
226 in food production in the field.

227

228 **References**

- 229 1 Tinos AC, Compagnon AM, Sales JGC, and Lopes RAP, Effect of addition of syrup
230 glycerin as adjuvant for spraying in land use. *Applied Research & Agrotechnology*, v. 3, n.
231 3 (2010).
- 232 2 Oliveira JRG, Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem
233 adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda. (Dissertação de mestrado).
234 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista Júlio de
235 Mesquita Filho. Jaboticabal, São Paulo. iv, 76 f. (2008) <http://hdl.handle.net/11449/91347>.
- 236 3 Matuo T. Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas. Jaboticabal: Funep. n. 139 p.
237 (1990).
- 238 4 Chechetto RG, Mota AAB, Antuniassi UR, Carvalho FK, Vilela CM, and Arruda AC.
239 Caracterização da taxa de aplicação e pontas de pulverização utilizadas no Estado de Mato
240 Grosso. *Magistra*, v. 26, n. 1, p. 89-97 (2017).
- 241 5 Moura PSR. Efeito de adjuvante e assistência de ar na barra do pulverizador agrícola no
242 espectro de gotas de pulverização no terço inferior da cultura da soja. 2019. 39 f., il.

- 243 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) —Universidade de
244 Brasília, Brasília (2019).
- 245 6 Costa LL, Carneiro ÂLCG, Souza ADV, Almeida DP, and Ferreira CM. Caracterização da
246 aplicação com diferentes inseticidas e pontas de pulverização na cultura da soja. *Revista*
247 *Engenharia na Agricultura-reveng*, v. 25, n. 2, p. 116-123 (2017).
- 248 7 Hoffmann LL, Roehrig R, Boller W, and Forcelini CA. Controle químico da ferrugem
249 asiática da soja como uma função dos sistemas de apoio ao cultivo, ao espaçamento das
250 fileiras e à barra de pulverização. *Engenharia Agrícola*, v. 39, n. 4, p. 504-511 (2019).
- 251 8 Larbi PA, Green S. Análise de séries temporais da resposta da soja a condições atmosféricas
252 variadas para agricultura de precisão. *Agricultura de Precisão*, v. 19, n. 6, p. 1113-1126
253 (2018).
- 254 9 Madureira RP, Raetano CG, Cavalieri JD, Interação pontas-adjuvantes na estimativa do
255 risco potencial de deriva de pulverizações. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e*
256 *Ambiental*. v. 19, n. 2, p. 180-185 (2015).
- 257 10 Madden LV, Paul PA, Meta-Analysis for Evidence Synthesis in Plant Pathology: An
258 *Overview*. *Phytopathology*, 101:1, 16-30 (2011).
- 259 11 CAPES. Portal de Periódicos da Capes. www.periodicos.capes.gov.br. (Access in: 26
260 August 26, 2018).
- 261 12 Abbott WS, A, method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Econ.*
262 *Entomol.*; 18: 265-267 (1925).
- 263 13 Ngugi HK, Lehman BL, and Madden LV. Multiple treatment meta-analysis of products
264 evaluated for control of fire blight in the eastern United States. *Phytopathology*. n. 101, p.
265 512–22 (2011). doi:10.1094/PHYTO-08-10-0221.
- 266 14 Paul PA, Lipps PE, Hershman DE, McMullen MP, Draper MA, and Madden LVA.
267 quantitative review of tebuconazole effect on fusarium head blight and deoxynivalenol

- 268 content in wheat. *Phytopathology*. n. 97, p. 211–220. (2007). doi:10.1094/PHYTO-97-2-
269 0211.
- 270 15 Paul PA, Lipps PE, Hershman DE, McMullen MP, Draper MA, and Madden LV. Efficacy
271 of triazole-based fungicides for Fusarium head blight and deoxynivalenol control in wheat:
272 a multivariate meta-analysis. *Phytopathology*. n. 98, p. 999–1011. (2008)
273 doi:10.1094/PHYTO-98-9-0999.
- 274 16 Borenstein M, Hedges LV, Higgins JP, Rothstein HR, Introduction to Meta-Analysis. *John*
275 *Wiley & Sons* (2011).
- 276 17 R CORE TEAM VERSION 3.6.2. R: A language and environment for statistical
277 computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (version 2018).
- 278 18 Viechtbauer W, Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of*
279 *Statistical Software*, v. 36, n. 3, p. 1-48 (2010).
- 280 19 Marques RS, Controle de Dalbulus maidis (DeLong & Wolcott) (*Hemiptera: Cicadellidae*)
281 na cultura do milho com pulverização eletrostática. Dissertação (mestrado) - Universidade
282 Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. 34 f.: il. (2018)
283 <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.761>. (Access in December 15, 2019).
- 284 20 Cunha JPAR, Peres TCM, Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle
285 químico da ferrugem asiática da soja. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 32, n. 4, p. 597-602
286 (2010).
- 287 21 Corrêa Ferreira BS, Hoffmann Campo CB, Lima D, and Arias CAA, Tolerância da soja
288 BRS 391 aos danos de percevejos sugadores de grãos. In: Embrapa Soja-Artigo em anais
289 de congresso (ALICE). In: reunião de pesquisa de soja, 35, Londrina, Embrapa Soja
290 (2016).

- 291 22 Kuss CC, Roggia RCRK, Basso CJ, Oliveira MCND, Pias OHDC, and Roggia S, Controle
292 de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com inseticidas químicos e
293 biológicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 5, p. 527-536 (2016).
- 294 23 Nogueira KDO, and Bellizzi NC, Manejo do percevejo marrom (*Euschistus Heros*) na
295 cultura da soja (Monografia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias –
296 Universidade Estadual de Goiás, Campus Posse, Posse, Goiás. p. 34 (2018).
- 297 24 Cunha JPAR, Reis EFR, and Santos RO, Controle químico da ferrugem asiática da soja em
298 função de ponta de pulverização e de volume de calda. *Ciência rural*, v. 36, n. 5, p. 1360-
299 1366 (2006).
- 300 25 Favera DD, Pontas de pulverização e taxas de aplicação sobre o controle da ferrugem
301 asiática em diferentes cultivares de soja. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de
302 Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, programa de Pós-graduação em Engenharia
303 Agrícola, RS 13 p.: il. (2012).
- 304 26 Costa LL, Eficiência de volumes e pontas de pulverização centrífuga e hidráulica na
305 distribuição e deposição da calda no controle da ferrugem asiática da soja. Tese
306 (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e
307 Veterinárias de Jaboticabal. 2013. xi, 80 p. (2013).
- 308 27 Tormen NR, Silva FD, Debortoli MP, Uebel JD, Fávera DD, and Balardin RS, Deposição
309 de gotas no dossel e controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. *Revista Brasileira*
310 *de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 7, p. 802-808 (2012).
- 311 28 Godoy CV, Flausino AM, Santos L, and Del Ponte EM, Eficiência do controle da
312 ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia
313 em Londrina, PR. *Tropical Plant Pathology*, v. 34, n. 1, p. 56-61 (2009).

- 314 29 Godoy CV, Henning AA, Tratamento de semente e aplicação foliar de fungicidas para o
315 controle da ferrugem-da-soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 10, p. 1297-
316 1302 (2008).
- 317 30 Godoy CV, Canteri MG, Efeito da severidade de oídio e crestamento foliar de cercospora
318 na produtividade da cultura da soja. *Fitopatologia brasileira*, v. 29, n. 5, p. 526-530
319 (2004).
- 320 31 Debortoli MP, Tormen NR, Balardin RS, Favera DD, Stefanello MT, Pinto FF, and Uebel
321 JD, Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem-asiática-da-soja em
322 cultivares com diferentes arquiteturas de planta. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 47,
323 n. 7, p. 920-927 (2012).
- 324 32 Zôrzo F, Volumes de calda para aplicação de fungicida na soja. Trabalho de Conclusão de
325 Curso (Bacharelado em Agronomia) — Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro
326 Largo (2015).
- 327 33 Cunha JP, Moura EA, Silva J LDJ, Zago FA, and Juliatti FC, Efeito de pontas de
328 pulverização no controle químico da ferrugem da soja. *Engenharia Agrícola*, v. 28, n. 2, p.
329 283-291 (2008).
- 330 34 Ferreira MC, Critérios para o início das aplicações de fungicida e desempenho de pontas
331 de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. 93 f. Tese (Doutorado em
332 Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo (2012).
- 333 35 Prado EP, Raetano CG, Aguiar HOJ, Dal Pogetto MHFDA, Christovam RDS, Gimenes,
334 MJ, and Araújo DD, Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda
335 fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. *Summa*
336 *phytopathologica*, v. 36, n. 1, p. 45-50 (2010).

- 337 37 Vismar Costa LIMAC, GODOY CV, ROSA CT, CASTANHO HE, and VICENTE NG,
338 Controle químico da ferrugem asiática da soja na região sul do Paraná. *Scientia Agraria*, v.
339 8, n. 3, p. 319-323 (2007).
- 340 38 Christovam RDS, Raetano CG, Aguiar HOJ, Dal-Pogetto MHFDA, Prado EP, Gimenes
341 MJ, and Kunz VL, Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem
342 asiática da soja. *Bragantia*, v. 69, n. 1, p. 231-238 (2010).
- 343 39 Durão CF, Boller W, Spray nozzles performance in fungicides applications for asian
344 soybean rust control. *Engenharia Agrícola*, v. 37, n. 4, p. 709-716 (2017).
- 345 40 Berger AN, Controle do mofo branco: efeito de pontas e volumes de pulverização em soja
346 e produtos biológicos em soja e canola. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) -
347 Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa (2015).
- 348 41 Madalosso MG, Madalosso, M. G, Espaçamento entre linhas e pontas de pulverização no
349 controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal
350 de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, programa de Pós-graduação em Engenharia
351 Agrícola, RS (2007).
- 352 42 Cadore PC, Espectros de gotas e taxas de aplicação de fungicidas em diferentes horários
353 no controle da ferrugem asiática da soja. 14 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade
354 Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, programa de Pós-graduação em
355 Engenharia Agrícola, RS (2017).
- 356 43 Dal Pogetto MHFDA, Raetano CG, Christovam RDS, Prado EP, Aguiar HDOJ, and
357 Gimenes M J, Controle da ferrugem asiática e produtividade da soja após pulverizações de
358 piraclostrobina+ epoxiconazole em diferentes estádios fenológicos da cultura. *Summa*
359 *Phytopathologica*, v. 38, n. 3, p. 248-250 (2012).

- 360 44 Roehrig R., Boller W, Forcelini CA, and Chechi A, Use of surfactant with different
361 volumes of fungicide application in soybean culture. *Engenharia agrícola*, v. 38, n. 4, p.
362 577-589 (2018).
- 363 45 Aguiar HOJ, Raetano CG, Prado EP, Pogetto MHFDAD, Christovam RDS, and Gimenes,
364 MJ, Adjuvantes e assistência de ar em pulverizador de barras sobre a deposição da calda e
365 controle de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow). *Summa Phytopathologica*, v. 37, n.
366 3, p. 103-109 (2011).
- 367 46 Fiallos FRG, Danelli ALD, Tonin RB, and Boller W, Droplet spectrum and fungicide
368 efficiency in the control of Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.).
369 *Acta Agronómica*, v. 67, n. 2, p. 362-367 (2018).
- 370 47 Júnior DPM, Ribeiro LAE, de Sá DDD, de Araújo FP, and de Souza JEB. Comportamento
371 De Fungicidas Sistêmicos Para O Controle Da Ferrugem Asiática Na Soja. *Ipê Agronomic*
372 *Journal*, v. 3, n. 2, p. 25-34 (2019).
- 373 48 Senger M, Moresco E, Galdino JV, Briega AH, Oliveira LS, Kaminski MR, Moresco FM,
374 Silva PDS, Souza KC, Luz B, Felde REC, Brigola LAB, Eficiência agrônômica de
375 diferentes fungicidas no controle da ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na
376 cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] (2019).
- 377 49 Sarto SA, JUNIOR JBD, Stangarlin JR, KUHN O, COSTA AD, and Sarto MV, Incidência
378 das doenças na cultura da soja em função da aplicação de fungicidas em diferentes épocas.
379 *Cultivando o Saber*, Cascavel, v. 6, n. 3, p. 182-194 (2013).
- 380 50 Costa LL, Ferreira MDC, Campos HBN, Carvalho GGFD, and Barbosa JC, The mixture
381 volume sprayed by hydraulic and centrifugal energy nozzles for the control of Asian
382 soybean rust. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 37, n. 4, p. 425-433 (2015).

- 383 51 Prado EP, Raetano CG, Christovam RS, Aguiar-Júnior HO, and Dal Pogetto MHFA,
384 Tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários no controle de percevejos pragas na
385 cultura da soja. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 77, n. 2, p. 265-274 (2010).
- 386 52 Bonadiman R, Pontas de pulverização e volumes de calda no controle de *Anticarsia*
387 *gemmaalis* HÜBNER, 1818 e *Piezodorus guildinii* (WESTWOOD, 1837) NA CULTURA
388 DA SOJA *Glycine max*, 70 f. il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa
389 Maria, Centro de Ciências Rurais, programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola,
390 RS (2008).
- 391 53 Prado EP, Raetano CG, Aguiar-Júnior HO, Christovam RDS, Dal Pogetto MHFDA, and
392 Gimenes MJ, Velocidade do fluxo de ar em barra de pulverização no controle químico de
393 *Anticarsia gemmatalis*, Hübner e percevejos na cultura da soja. *Bragantia*, v. 69, n. 4, p.
394 995-1004 (2010).
- 395 54 Pratto EDS, Milesi JR, Tecnología de aplicación para control de plagas en soja (*Glycine*
396 *max* (L. Merrill)): control de lagartas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em
397 Agronomia) – Universidad de La República, Facultad de Agronomía, UY (2011).
- 398 55 Ferrari F, Roggia S, and Felix LF, Efeito do volume de calda adjuvante e horário de
399 aplicação sobre a eficiência de controle percevejos da soja. In: Embrapa Soja-Resumo em
400 anais de congresso (ALICE). In: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, 9, Londrina.
401 Resumos expandidos. Londrina: Embrapa Soja (2014).
- 402 56 Brenha JAM, Influência do volume reduzido e do estágio fenológico da planta de soja no
403 controle da *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818), v, 39 p. Dissertação (mestrado) -
404 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e
405 Veterinárias (2015).

- 406 57 Maziero H, Estudo de tecnologias de aplicação e inseticidas para o controle de percevejos
407 fitófagos na cultura da soja. 32 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa
408 Maria, Centro de Ciências Rurais, programa de Pós-graduação em Agronomia, RS (2006).
- 409 58 Guedes JV, Fiorin RA, Stürmer GR, Dal Prá E, Perini CR, and Bigolin M, Sistemas de
410 aplicação e inseticidas no controle de *Anticarsia gemmatalis* na soja. *Revista Brasileira de*
411 *Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 8, p. 910-914 (2012).
- 412 59 Sitta R, Alves D, Martins M, Lopes E, Filho, JVC, Adegas F, and Roggia S, Impacto de
413 diferentes tecnologias de aplicação na eficiência do inseticida clorantraniliprole no controle
414 da lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens*, em soja. In: Embrapa Soja-Artigo em
415 anais de congresso (ALICE). In: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, 11, Londrina.
416 Resumos expandidos. Londrina: Embrapa Soja (2016).
- 417 60 Arrué A, Guedes JVC, Storck L, Swarowsky A, Cagliari D, Burtet LM, and Arnemann JA,
418 Precipitação artificial após aplicação do inseticida clorantraniliprole associado com
419 adjuvante em plantas de soja. *Ciência Rural*, v. 44, n. 12, p. 2118-2123 (2014).
- 420 61 Kuss CC, Roggia RCRK, Basso CJ, Oliveira MCND, Pias OHDC, and Roggia S, Controle
421 de *Helicoverpa armigera* (*Lepidoptera: Noctuidae*) em soja com inseticidas químicos e
422 biológicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 5, p. 527-536 (2016).
- 423 62 Almeida DP, Timossi PC, Lima SF, Silva UR, and dos Reis EF, Condições atmosféricas e
424 volumes de aplicação na dessecação de *Urochloa ruziziensis* e vegetação espontânea.
425 *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 13, n. 3, p. 245-251 (2014).
- 426 63 Bueno MR, Alves GS, Paula ADM, and Cunha JPAR, Volumes de calda e adjuvante no
427 controle de plantas daninhas com glyphosate. *Planta Daninha*, v. 31, n. 3, p. 705-713,
428 (2014).

- 429 64 Costa NV, Rodrigues ACP, Martins D, Cardoso LA, and Silva, JIC, Efeito de pontas de
430 pulverização na deposição e na dessecação em plantas de *Brachiaria brizantha*. *Planta*
431 *Daninha*, v. 26, n. 4, p. 923-933 (2008).
- 432 65 Roman ES, MARINHO J, and Tosso F, Tecnologia de aplicação de herbicida na
433 dessecação de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. In: Embrapa Trigo-Artigo em anais
434 de congresso (ALICE). In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Soja:
435 resultados de pesquisa, 1998/99. Passo Fundo (1999).
- 436 66 Boller W, Machry M, Efeito da pressão de trabalho e de modelos de pontas de
437 pulverização sobre a eficiência de herbicida de contato em soja. *Engenharia Agrícola*, v.
438 27, n. 3, p. 722-727 (2007).
- 439 67 Bueno MR, Cunha JPAR, Naves MG, and Tavares RM, Deposição de calda e controle de
440 plantas daninhas empregando pulverizador de barra convencional e com barra auxiliar, em
441 volumes de calda reduzidos. *Planta daninha*, v. 32, n. 2, p. 447-454 (2014).
- 442 68 Souza LA, Cunha JPAR, and Pavanin LA, Eficácia e perda do herbicida 2, 4-D amina
443 aplicado com diferentes volumes de calda e pontas de pulverização. *Planta Daninha*, v. 29,
444 n. SPE, p. 1149-1156 (2011).
- 445 69 Grigolli JFJ, Pereira FCM, Peñaherrera LC, Santos EA, and Ferreira MC, Controle de
446 *Euphorbia heterophylla* com mesotrione e óleos para diferentes pontas de pulverização.
447 *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 10, n. 3, p. 266-276 (2011).
- 448 70 Costa NV, Martins D, Costa ACPR, and Cardoso LA, Deposição de glyphosate com
449 diferentes pontas de pulverização na dessecação de plantas de *Panicum maximum*. *Revista*
450 *Brasileira de Herbicidas*, v. 11, n. 1, p. 96-107 (2012).
- 451 71 Maciel CDG, Iuchemin CEL, Souza MV, Silva AAP, Karpinski RAK, Helvig EO, and
452 Matias JP, Eficiência de controle de cipó-de-veado por glyphosate e glyphosate+ 2, 4-D

- 453 em diferentes horários de aplicação. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 15, n. 4, p. 380-
454 387 (2016).
- 455 72 Maciel CDG, Kondo PNY, Barbosa AP, Silva AFM, Mendes MA, Sapia JG, and Martins
456 APC, Eficiência e deposição da aplicação de paraquat com adjuvantes e ângulo de
457 inclinação das pontas sobre capim-colchão, falsa-serralha e caruru. *Revista Brasileira de*
458 *Herbicidas*, v. 12, n. 1, p. 87-93 (2013).
- 459 73 Ramirez AC, Constantin J, Junior OM, Maciel CDG, Junior RSO, and Apoloni DKM,
460 Influência dos diferentes horários de aplicação em pós-emergência dos herbicidas
461 chlorimuron-ethyl, fomesafen e bentazon no controle de *Commelina benghalensis* L. *Acta*
462 *Scientiarum. Agronomy*, v. 21, p. 467-472 (1999).
- 463 74 Filho MN, Pelissari A, Koehler HS, Bassetti JC, Muraro M, Kerkhoff M, and Sphyrá A,
464 Controle químico de plantas daninhas utilizando diferentes pontas de pulverização.
465 *Scientia Agraria*, v. 15, n. 1, p. 33-37 (2014).
- 466 75 Junior JDDG, Júnior JMS, Gontijo GA, and Ruas RAA, Nozzles hydraulic, adjunctive and
467 fomesafen application time in controlling beggar's tick¹. *Revista Brasileira de Herbicidas*,
468 v. 14, n. 4, p. 326-332 (2015).
- 469 76 Santo TLE, Mendonca CG, Graichen FAS, Raetano CG, and Teodoro PE, Control of
470 conyza bonariensis with glyphosate associated to adjuvants applied with different spray
471 nozzles. *Bioscience Journal* (2017).
- 472 77 Galon L, Pinto JJO, Agostinetto D, and Magro TD, Controle de plantas daninhas e
473 seletividade de herbicidas à cultura da soja, aplicados em dois volumes de calda. *Revista*
474 *Brasileira Agrociência*, v. 13, n. 3, p. 325-330 (2007).
- 475 78 Almeida DP, Agostini AR, Yamauchi AK, Decaro Jr ST, and Ferreira MDC, Application
476 volumes and sizes of droplets for the application of diquat herbicide in the control of
477 *Eichhornia crassipes*. *Planta Daninha*, v. 34, n. 1, p. 171-179 330 (2016).

- 478 79 Lima PRF, Neto JGM, Otimização da aplicação de fluazifop-p-butil em pós-emergência na
479 cultura de soja (*Glycine max*). *Planta Daninha*, v. 19, n. 1, p. 85-95 (2001).
- 480 80 Machry M, Boller W, Efeito da pressão de trabalho sobre a eficiência de diferentes pontas
481 de pulverização no manejo químico de Picão-preto (*bidens spp.*) na soja. *Revista*
482 *Eletrônica Anima Terra*. n 3, p. 22-30 (2016).

483 **Tables**

484 **Table 1:** Papers selected for meta-analysis, in the languages Portuguese, English and Spanish, available in the search portals of scientific
 485 journals; Capes, Google Scholar and the Scientific Electronic Library Online - SciELO.

Nº ARTICLE	AUTHOR (ES)	YEAR	AREA	Nº ARTICLE	AUTHOR (ES)	YEAR	AREA	Nº ARTICLE	AUTHOR (ES)	YEAR	AREA
1	Cunha JPAR, et al. ²⁴	2006	Disease control	22	Junior HOA, et al. ⁴⁵	2011	Disease control	43	Costa LL, et al. ⁶⁴	2008	Weed control
2	Favera DD ²⁵	2012	Disease control	23	Christovam RS, et al. ³⁸	2010	Disease control	44	Roman ES, et al. ⁶⁵	1999	Weed control
3	Costa LL ²⁶	2013	Disease control	24	Fialhos FRG, et al. ⁴⁶	2017	Disease control	45	Boller W ⁶⁶	2007	Weed control
4	Tormen NR. et al. ²⁷	2012	Disease control	25	Muhl A, et al. ⁴⁷	2019	Disease control	46	Bueno MR, et al. ⁶⁷	2014	Weed control
5	Godoy CV, et al. ²⁸	2009	Disease control	26	Senger M, et al. ⁴⁸	2019	Disease control	47	Souza LA, et al. ⁶⁸	2011	Weed control
6	Godoy CV ²⁹	2008	Disease control	27	Sarto AS, et al. ⁴⁹	2013	Disease control	48	Grigolli JFJ, et al. ⁶⁹	2011	Weed control
7	Godoy CV ³⁰	2004	Disease control	28	Costa LL, et al. ⁵⁰	2015	Disease control	49	Costa NV, et al. ⁷⁰	2012	Weed control
8	Debortoli MP, et al. ³¹	2012	Disease control	29	Prado EP, et al. ⁵¹	2010	Insect control	50	Maciel CDG, et al. ⁷¹	2016	Weed control
9	Zôrzo F ³²	2015	Disease control	30	Bonadiman R ⁵²	2008	Insect control	51	Maciel CDG, et al. ⁷²	2013	Weed control
10	Cunha JPAR, et al. ³³	2008	Disease control	31	Prado EP, et al. ⁵³	2010	Insect control	52	Ramires AC, et al. ⁷³	1999	Weed control
11	Ferreira MC ³⁴	2012	Disease control	32	Pratto EDS ⁵⁴	2011	Insect control	53	Filho MN ⁷⁴	2014	Weed control
12	Prado EP, et al. ³⁵	2010	Disease control	33	Ferrari F, et al. ⁵⁵	2014	Insect control	54	Junior JDG, et al. ⁷⁵	2015	Weed control
13	Reis EF, et al. ³⁶	2007	Disease control	34	Brenha JAM, et al. ⁵⁶	2015	Insect control	55	Santos TLE, et al. ⁷⁶	2017	Weed control
14	Vismar CL, et al. ³⁷	2007	Disease control	35	Maziero H ⁵⁷	2006	Insect control	56	Galon LG, et al. ⁷⁷	2007	Weed control
15	Christovam RS, et al. ³⁸	2010	Disease control	36	Guedes JVC, et al. ⁵⁸	2012	Insect control	57	Almeida DP, et al. ⁷⁸	2016	Weed control
16	Durão CF ³⁹	2017	Disease control	37	Ferrari F, et al. ⁵⁵	2014	Insect control	58	Lima PRF ⁷⁹	2001	Weed control
17	Neto AB ⁴⁰	2015	Disease control	38	Sitta RB, et al. ⁵⁹	2016	Insect control	59	Machry M ⁸⁰	2016	Weed control
18	Madalosso MG ⁴¹	2007	Disease control	39	Arrué AM, et al. ⁶⁰	2014	Insect control				
19	Cadore PC ⁴²	2017	Disease control	40	KUSS CC, et al. ⁶¹	2016	Insect control				
20	Pogetto MHFD, et al. ⁴³	2012	Disease control	41	Almeida DP, et al. ⁶²	2015	Weed control				
21	Roehrig R, et al. ⁴⁴	2018	Disease control	42	Bueno MR, et al. ⁶³	2013	Weed control				

487 **Table 2:** Keywords used translated for each language searched used combined or individually

Soy	Bedbugs	Invasive plants
Application volume	Caterpillars	Nematodes
Drop size	Insect control	Mites
Spray tank	Application technology	Maintenance of agricultural equipment
Calibration of agricultural equipment	Application rate	Timing of application
Weed control	Spraying	Agroclimatological conditions
Weeds	Spraying tip	Mip
Pest management	Spraying drop	Efficiency losses
Controls le phytosanitary	Spraying spray	Adjuvants
Cover	Drift	Herbicides
Pesticides	Deposition	Fungicides
Agrochemicals	Ph and hardness	Acaricides
Pesticides	Surface tension	Insecticides
Disease control	Efficiency	Optimization
Productivity	Application	
Phytopathology	Losses	

488

489 **Table 3:** Metanalytic estimate of the loss of efficiency of the use of plant health control
 490 application technology in soybean crop, in the global analysis and by study area.

Area	Measure of effect (log)						Measure of effect (%)			
	n	k	L efic	Error standard	I.C inf	I.C sup	Efficiency loss	Error standard	I.C inf	I.C sup
Global	58	185	0.2791	0.0249	0.2303	0.3279	32.2	2.5	25.2	38.8
Disease control	28	79	0.3414	0.0397	0.2631	0.4188	40.6	4.0	30.1	52.0
Weed control	18	65	0.2686	0.0566	0.1577	0.3795	30.8	5.8	17.1	46.2
Insect control	12	45	0.2427	0.0431	0.1582	0.3272	27.5	4.4	17.1	38.7

491

492 **Table 4:** Estimated efficiency loss at plant levels.

Plant level	Estimate	Error standard	Z val	P val	ci.lb	ci.ub	
Low	51,91%	0,1352	3,0923	0,0020	0,1531	0,6832	**
Middle	40,79%	0,0457	7,4878	0,0001	0,2525	0,4316	***
Upper	34,22%	0,0973	3,0238	0,0025	0,1036	0,4851	**

493 Significance level: 0 “***”; 0,001 “**”; 0,01 “*”; 0,05 “. .”; 0,1 “.”. 1. Estimate: analytical met estimate; Z val:

494 tabulated Z value; P val: P value; ci.lb: lower limit; ci.ub: upper limit.

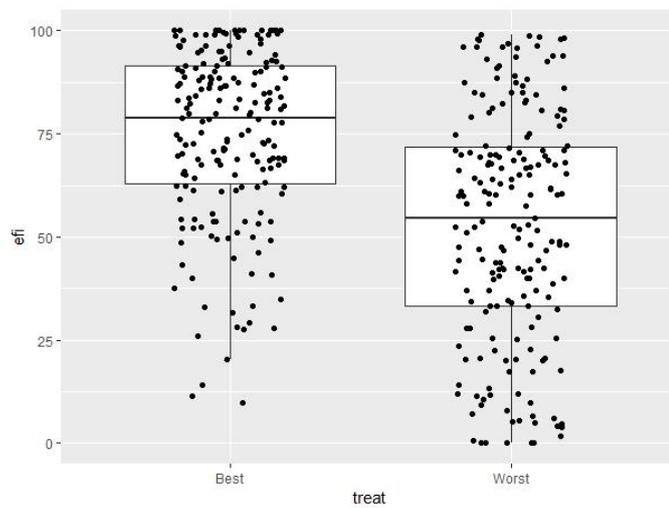
495

496 **Figures**

497

498 **Fig. 1:** Box-Plot – Distribution of the values of the control efficiency of the best and worst
499 treatments of the studys found.

500



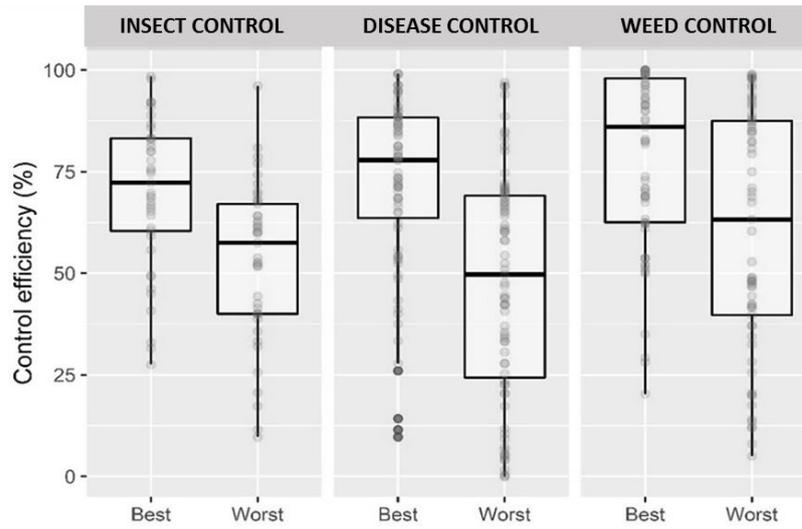
501

502 Treat: Treatment (best treatment, worst treatment) efi: Data of the calculated efficiency of the studies found.

503

504 **Fig. 2:** Box-Plot - Distribution of the individual crude values of the control efficiency of the
505 best and worst treatments in the evaluated areas.

506



507

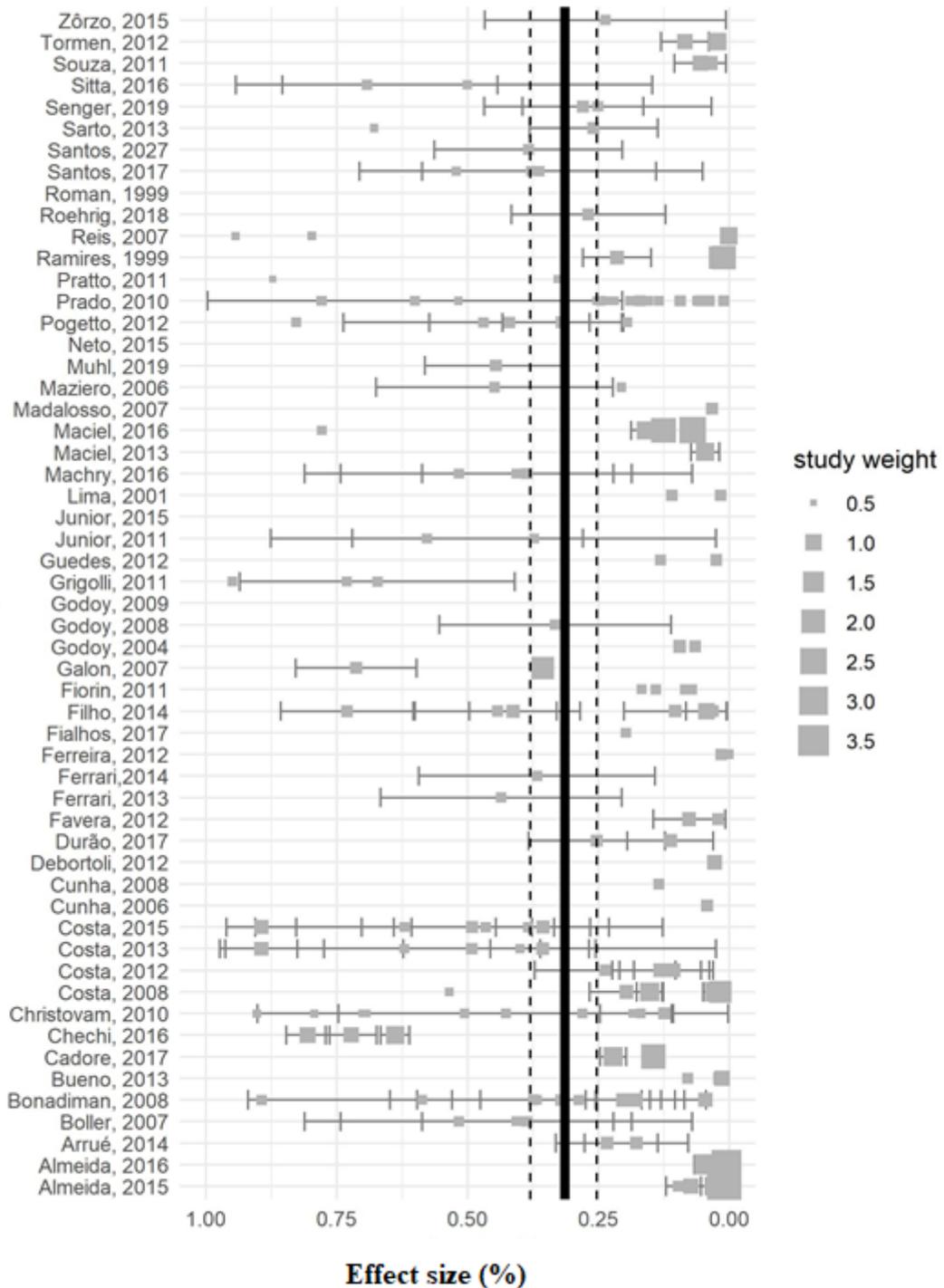
508 Treatment (best treatment, worst treatment).

509

510 **Fig. 3:** Forest plot – Distribution of the observed effects and the contribution of each study in
 511 the metanalytic measure.

512

Overall



513

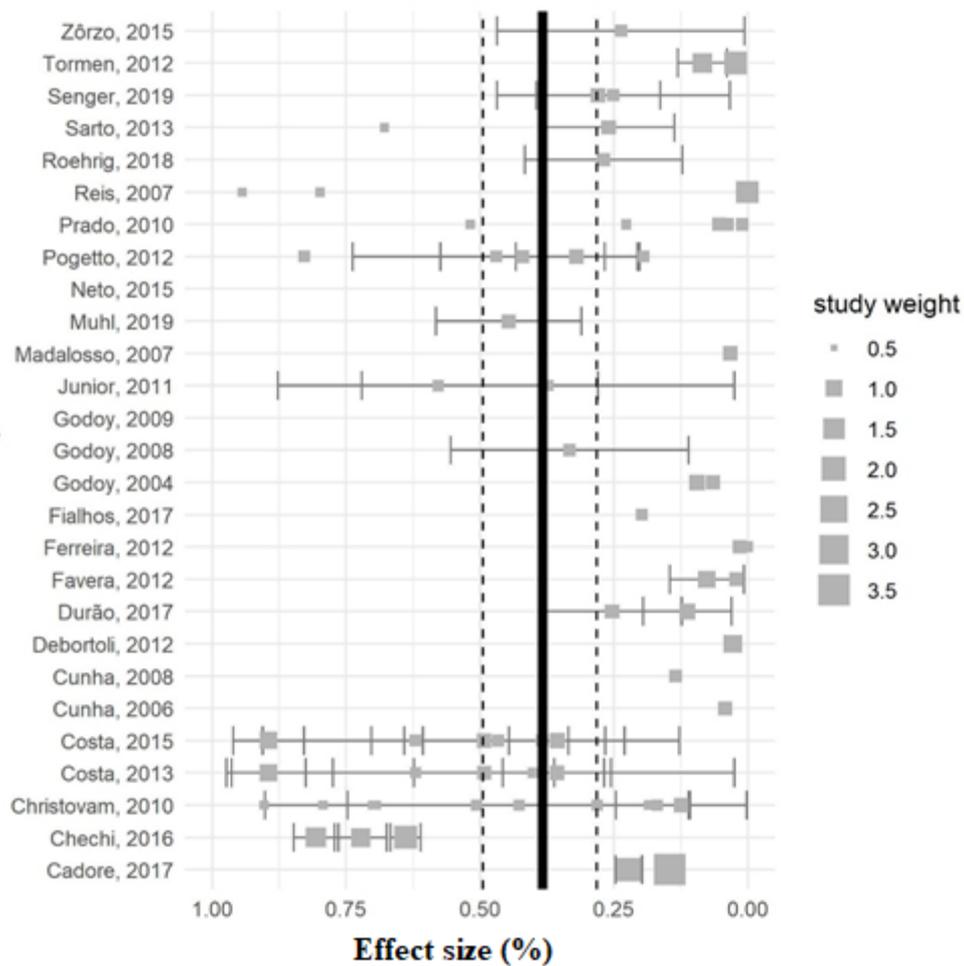
514 The size of each box is proportional to the precision of the estimate, that is, the weight of each study in the
 515 analysis and the 95% confidence interval is characterized by the horizontal line of each box that represents the
 516 estimate of the effect size of each study. The dashed vertical line are the limits of the relative risk axis.

517

518

519 **Fig. 4:** Florest plot – Distribution of the observed effects and the contribution of each study in
 520 the disease control area in the metanalytic measure.

521



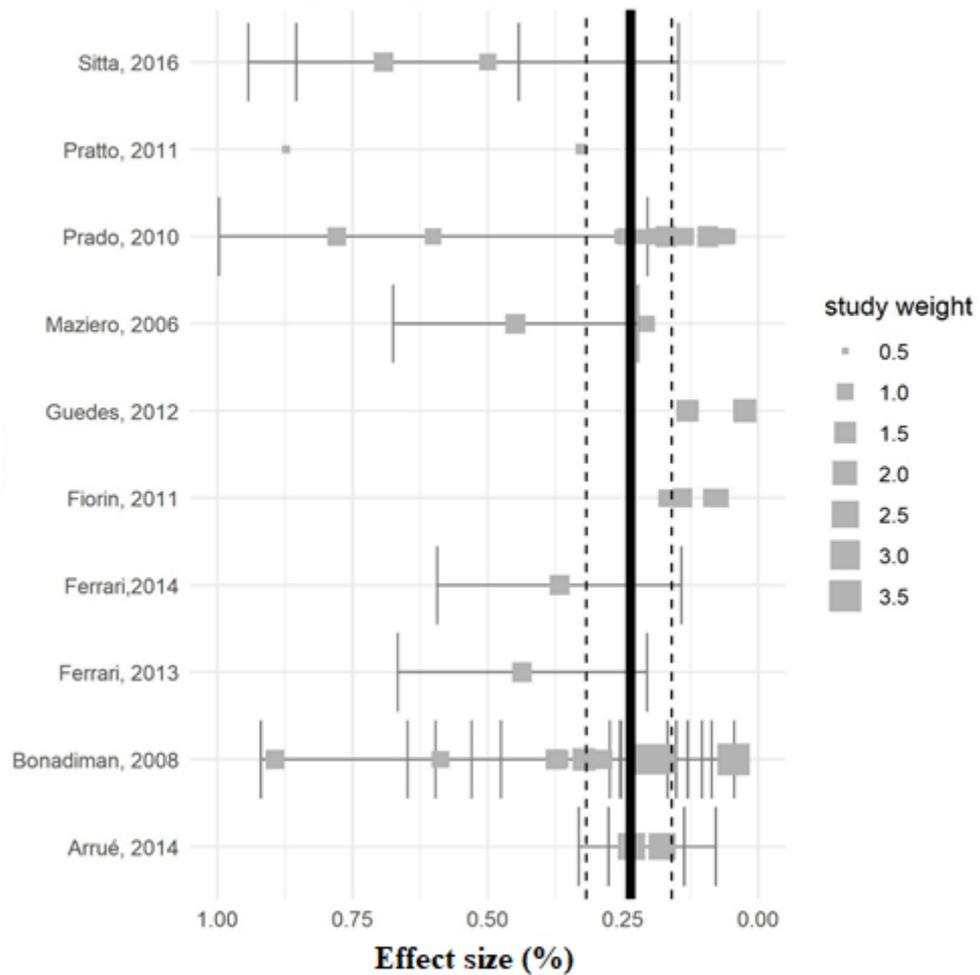
522

523 The size of each box is proportional to the precision of the estimate, that is, the weight of each study in the
 524 analysis and the 95% confidence interval is characterized by the horizontal line of each box that represents the
 525 estimate of the effect size of each study. The dashed vertical line are the limits of the relative risk axis.

526

527 **Fig. 5:** Florest plot – Distribution of the observed effects and the contribution of each study in
 528 the area of insect control in the metanalytic measure.

529



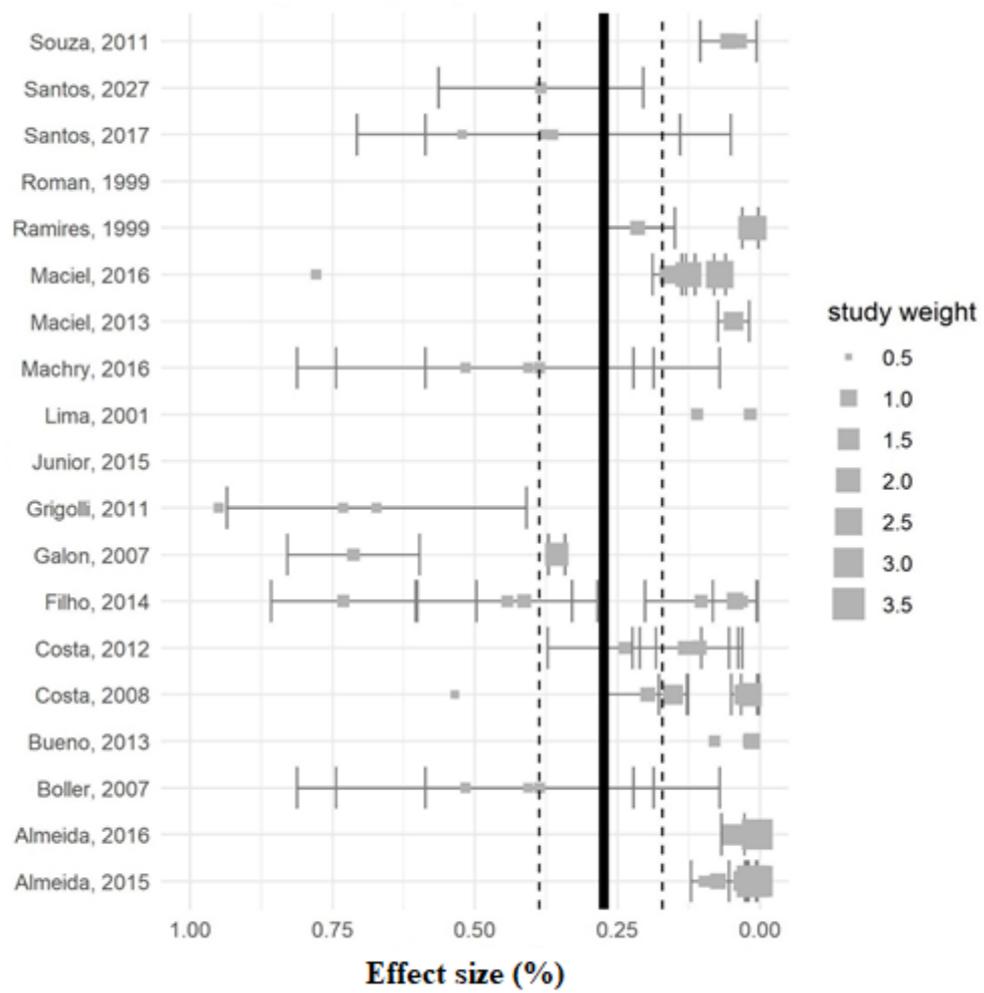
530

531 The size of each box is proportional to the precision of the estimate, that is, the weight of each study in the
 532 analysis and the 95% confidence interval is characterized by the horizontal line of each box that represents the
 533 estimate of the effect size of each study. The dashed vertical line are the limits of the relative risk axis.

534

535 **Fig. 6:** Florest plot – Distribution of the observed effects and the contribution of each study in
 536 the area of weed control in the metanalytic measure.

537



538

539 The size of each box is proportional to the precision of the estimate, that is, the weight of each study in the
 540 analysis and the 95% confidence interval is characterized by the horizontal line of each box that represents the
 541 estimate of the effect size of each study. The dashed vertical line are the limits of the relative risk axis.

4. ARTIGO CIENTÍFICO 2

Estimativa das perdas devido ao uso equivocado da tecnologia de aplicação no manejo fitossanitário da soja no Brasil

Resumo: A soja é atacada por diversas pragas, plantas daninhas e doenças, sendo necessária a utilização de estratégias de controle que busquem a redução das perdas de produtividade causadas por esses organismos. Esse trabalho se propõe, utilizando dos resultados encontrados por Lidório, et al., (2021) estimar os custos em valores monetários por meio da projeção de cenário real dos equívocos da perda de eficiência de controle encontrados pelo autor. Estimou-se a perda de mais de US\$ 920.2 milhões na área de controle de doenças e aproximadamente US\$ 634.9 milhões na área de controle de plantas invasoras e US\$ 595 milhões na área de insetos-pragas pelos erros na aplicação de agrotóxicos nas áreas de defesa fitossanitária no Brasil. As atividades de aplicações de agrotóxicos no campo ainda apresentam grandes desafios e a falta de atenção ou a irresponsabilidade no momento da tomada de decisões de controle fitossanitário no uso das tecnologias de aplicações disponíveis podem gerar graves consequências, tanto para o meio ambiente ou para a produtividade, como demonstrado nesse estudo.

Palavras-chave: Controle; Equívocos, Projeções.

Estimation of losses in the use of application technology in the phytosanitary management of soybean in Brazil

Abstract: Soybean is attacked by several pests, weeds and diseases, and it is necessary to use control strategies that seek to reduce productivity losses caused by these organisms. This study proposes using the results found by Lidório, et al., (2021) to estimate costs in monetary values by projecting a real scenario of the mistakes of the loss of control efficiency found by the author. It was estimated the loss of more than US\$ 920.2 million in the area of disease control and approximately US\$ 634.9 million in the area of control of invasive plants and US\$ 595 million in the area of insect pests for errors in the application of pesticides in the areas of phytosanitary defense in Brazil.

34 The activities of pesticide applications in the field still present great challenges and the
35 lack of attention or irresponsibility at the time of decision-making of plant health
36 control in the use of available application technologies can generate serious
37 consequences, both for the environment or for productivity, as demonstrated in this
38 study.

39 **Key words:** Control; Mistakes, Projections.

40

41

INTRODUÇÃO

42

43

44

45

46

A cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill), atualmente, apresenta grande importância socioeconômica no setor do agronegócio mundial, devido ao grande volume de área cultivada, volume de produção e comercialização, atendendo uma demanda cada vez mais crescente de consumo (SILVA et al., 2020), sendo os grãos utilizados para diversos fins pela indústria.

47

48

49

50

Todavia, é imprescindível que se tenha um planejamento de todo o processo produtivo, especialmente as questões financeiras, tendo como finalidade buscar a eficiência econômica dos sojicultores, uma vez que a cultura da soja sofre ataques de diversos insetos-pragas, plantas invasoras e, conseqüentemente, doenças foliares.

51

52

53

54

(OLIVEIRA, 2008) Dessa maneira, é necessário a utilização de estratégias de controle que busquem a redução das perdas de produtividade causada por esses organismos, entre essas táticas, a aplicação de agrotóxicos é a forma convencional mais utilizada (HARTMAN et al., 2016).

55

56

57

58

59

60

61

62

63

A forma em que é realizado o manejo fitossanitário muitas vezes pode ser a diferença entre o sucesso e o fracasso da produtividade final. Esse manejo utiliza diferentes tecnologias de aplicação de agrotóxicos, considerando os conhecimentos técnicos e científicos para a cultura, neste caso, da soja. Onde, a correta deposição do produto biologicamente ativo no alvo na proporção ideal, garante seu sucesso, sem contaminar áreas próximas (MATUO, 1990) sendo que a não observância dessas técnicas e das condições ideais no momento da aplicação podem inviabilizar o controle fitossanitário eficiente em que equívocos poderão proporcionar diversos prejuízos econômicos ao produtor.

64

65

66

Alguns fatores são cruciais na tecnologia de aplicação, tais como volume de calda a ser utilizada ou não, a assistência de ar na barra de pulverização, adição de adjuvantes à calda, além da escolha correta das pontas de pulverização que podem maximizar a

67 eficiência dos agrotóxicos aplicados e, conseqüentemente, proporcionar um maior
68 controle fitossanitário (HIGASHIBARA et al., 2013).

69 Em um estudo utilizando uma revisão sistemática com metanálise para estimar a
70 perda de eficiência por erros no uso da tecnologia de aplicação de agrotóxicos nas
71 principais áreas da defesa fitossanitária, demonstraram perda de eficiência de 40% na
72 área de controle de doenças, de 30% na área de controle de plantas invasoras e 27% de
73 perda de eficiência na área de controle insetos-pragas, essas perdas foram causadas por
74 equívocos, principalmente, no uso da tecnologia de aplicação de agrotóxicos de controle
75 fitossanitário sobre a cultura da soja (LIDÓRIO et al., 2021).

76 Esses dados são preocupantes, pois como em qualquer atividade comercial a
77 lucratividade na produção agrícola está entre os principais objetivos, exigindo boa
78 gestão dos recursos financeiros com o intuito do controle de custos da produção agrícola
79 (DUTRA, 2019). Dados do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa
80 Vegetal (SINDIVEG) estimam que no ano de 2019, do total do mercado de defensivos
81 agrícolas, 54% foram aplicados em soja enfatizando a necessidade de gestão dos
82 recursos na produção de soja (SINDIVEG, 2020).

83 Na cultura da soja, pela sua importância econômica, a qual envolve vários setores da
84 economia, erros durante o seu processo produtivo relativos ao controle fitossanitário
85 podem elevar os custos totais da produção por meio da necessidade de reaplicações, além
86 de possíveis contaminações do meio ambiente pela perda desses produtos aplicados,
87 podendo gerar prejuízos ao sojicultor (SANTOS, 2020).

88 Diante do exposto, o objetivo deste estudo é estimar os custos em valores monetários
89 dos equívocos da perda de eficiência de controle fitossanitário no cultivo da soja, por
90 meio da projeção de cenário real, como alternativa de ampliar a conscientização prática
91 financeira da necessidade da utilização correta dos conhecimentos técnicos e científicos
92 da tecnologia de aplicação no manejo fitossanitário.

93

94 **MATERIAL E MÉTODOS**

95 **Análise do custo com agrotóxicos**

96 As análises de estimativas desse estudo foram realizadas no ano de 2021,
97 apresentando uma abordagem quantitativa de cunho exploratório, com o intuito de
98 estimar o valor monetário das perdas em virtude dos equívocos no processo de

99 aplicação de agrotóxicos na cultura da soja (Tabela 1) baseadas na metodologia de
100 Lidório et al. (2021).

101

102 Tabela 1. Resultados da estimativa metanalítica da perda de eficiência dos erros no uso
103 da tecnologia de aplicação de controle na cultura da soja (LIDÓRIO et al., 2021).

Área	Medida de efeito (%)					
	¹ n	² k	Perda de eficiência	Erro padrão	I.C inf	I.C sup
Controle de doenças	28	79	40.6	4.0	30.1	52.0
Controle de plantas invasoras	18	65	30.8	5.8	17.1	46.2
Controle de insetos-pragas	12	45	27.5	4.4	17.1	38.7

104 ¹n: número de trabalhos usados; ²k: número de entradas (1 trabalho por conter várias entradas); L efic:
105 average efficiency; I. C inf: lower limit; I. C upper limit.

106

107 Média nacional do custo com agrotóxicos

108 Foram utilizados dados da série histórica do custo de produção da cultura da soja, de
109 cada estado brasileiro entre os anos de 1997 a 2019, disponibilizados no site da
110 Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Desses dados, foram extraídos os
111 custos totais dos anos de 2017, 2018 e 2019 (Tabela 2), da comercialização de
112 agrotóxicos no Brasil, necessários na produção da cultura da soja, por hectare em cada
113 estado brasileiro e organizados em planilha Microsoft® Office Excel e realizado o
114 cálculo da média por estado por hectare e média nacional total e por hectare de despesas
115 com agrotóxicos na produção da cultura da soja nos anos supracitados.

116

117 Estimativa da porcentagem do mercado de agrotóxicos por linha de produto

118 Utilizando-se de dados disponibilizados pelo Sindicato Nacional da Indústria de
119 Produtos para Defesa Vegetal (SINDIVEG, 2020) da estatística do mercado brasileiro
120 de agrotóxicos, deduziu-se a média nacional do custo com agrotóxico estimados por
121 esse estudo, partindo dos dados disponibilizados pela CONAB, pela porcentagem de
122 mercado de cada linha de produto, estimada pela SINDIVEG em que 31% do total do
123 mercado brasileiro de agrotóxicos são fungicidas, 29% inseticidas e 27% herbicidas,
124 sendo assim, estimou-se o mercado total de cada classe de produto.

125

126 Análises do custo operacional de pulverização

127 A partir dos dados disponibilizados pela Fundação ABC dos custos da mecanização
128 agrícola de maio de 2020, que incluem gastos com manutenção de equipamentos,
129 abastecimentos de combustível durante as operacionalizações, custos com mão de obra
130 e usando uma média de 4 aplicações médias no Brasil, estimado por Ferreira et al.
131 (2010) em soma de todas as áreas da defesa fitossanitária, foi possível calcular o custo
132 total operacional das aplicações em soja e por hectare, por meio da multiplicação dos
133 custos totais operacionais pela área total de soja no Brasil.

134

135 Custo total de aplicações no ciclo da cultura da soja

136 Calculou-se a média de custos do controle fitossanitário no ciclo da cultura da soja
137 no Brasil (total e por hectare) e por produto (total e por hectare) multiplicando a área
138 total de produção da cultura da soja no país, pelo valor médio nacional do custo com
139 agrotóxicos no país e, em seguida, somados pela média do custo operacional por
140 equipamento e posteriormente, deduzidos pela proporção de mercado de cada linha de
141 agrotóxico, estimado e disponibilizados pelo SINDIVEG (2020).

142

143 Custo dos equívocos na tecnologia de aplicação

144 Foram computadas as perdas encontradas por Lidório et al., (2021) em cada linha de
145 produto de cada área da defesa fitossanitária sendo que 40% na área de controle de
146 doenças, 30% na área de controle de plantas invasoras e 27% de perdas de eficiência de
147 controle na área de insetos-pragas pelo custo total de aplicações no ciclo da soja e por
148 hectare.

149

150 Análise geral dos dados

151 Os resultados foram dispostos em moeda americana (US\$) em que a cotação da
152 moeda foi feita pelo câmbio do último mês do ano de 2019. Os resultados foram
153 organizados em uma planilha do Microsoft® Office Excel 2010, sendo realizada,
154 posteriormente, quando eram médias históricas, a correção monetária pela inflação no
155 sistema automatizado de correção disponibilizado no site do Banco Central do Brasil.

156

157

RESULTADOS E DISCUSSÃO

158

159 Estima-se perdas superiores a US\$ 920.2 Milhões na área de controle de doenças e
 160 aproximadamente US\$ 634.9 Milhões na área de controle de plantas invasoras e US\$
 161 595 Milhões na área de controle de insetos-pragas (Tabela 2), sendo a perda total
 162 estimada em aproximadamente US\$ 2.1 Bilhões variando conforme a ocorrência de
 163 erros na aplicação de agrotóxicos nas áreas de defesa fitossanitária na cultura da soja no
 164 Brasil, levando em consideração que Lidório et al., (2021) utilizou a diferença entre o
 165 pior e o melhor tratamento.

166

167 Tabela 2: Estimativa de custos totais dos erros na aplicação fitossanitária na cultura da
 168 soja, por área da defesa fitossanitária (controle de doenças, controle de plantas invasoras
 169 e controle de insetos-pragas) e por hectare no Brasil, com os valores nominais e os
 170 valores reais corrigidos pela inflação.

Custo estimado dos erros de aplicação na área de controle de doenças (Total)			Custo estimado dos erros de aplicação na área de controle de doenças (p/ ha BR)		
	Custo valor nominal	Custo valor real	Equipamento	Custo valor nominal	Custo valor real
Média	US\$ 834.250.770,20	US\$ 920.204.961,86	Média	US\$ 23,21	US\$ 25,60
Custo estimado dos erros de aplicação na área de controle de plantas invasoras (Total)			Custo estimado dos erros de aplicação na área de controle de plantas invasoras (p/ ha BR)		
	Custo valor nominal	Custo valor real	Equipamento	Custo valor nominal	Custo valor real
Média	US\$ 575.626.238,73	US\$ 634.933.931,11	Média	US\$ 16,02	US\$ 17,67
Custo estimado dos erros de aplicação na área de controle de insetos-pragas (Total)			Custo estimado dos erros de aplicação na área de controle de insetos-pragas (p/ ha BR)		
	Custo valor nominal	Custo valor real	Equipamento	Custo valor nominal	Custo valor real
Média	US\$ 539.511.666,68	US\$ 595.098.416,92	Média	US\$ 15,01	US\$ 16,56

171

172 Esses resultados são preocupantes, pois o aumento dos problemas fitossanitários em
 173 diferentes áreas de controle da defesa fitossanitária exige, entre as partes interessadas,
 174 atenção ao momento da tomada de decisões para que se evite prejuízos produtivos e
 175 econômicos (GAZZONI, 2012).

176 Desde os primeiros relatos do surgimento de diversas doenças de grande potencial de
177 perda de produtividade em soja, como por exemplo a ferrugem asiática (*Phakopsora*
178 *pachyrhizi*) ocorreu um aumento considerável do uso de agrotóxicos para o controle
179 fitossanitário, caracterizando a área de controle de doenças como uma das que
180 apresentam diversos desafios que, possivelmente, justifica essa maior perda pois nela
181 concentram-se as maiores estimativas de perdas de produtividade de soja devido a
182 doenças com amplo potencial de severidade.

183 Essas doenças apresentam características de se iniciarem no dossel inferior das
184 plantas, fazendo com que fique mais difícil a cobertura das gotas nos alvos (CUNHA et
185 al., 2014) devido ao acúmulo de área foliar na parte superior da planta, a partir do
186 momento em que ocorre o fechamento do dossel. A grande maioria dessas doenças
187 reduz a atividade fotossintética da planta causando perda da área foliar, sendo
188 necessário que o controle fitossanitário seja de forma eficiente e adequado ao
189 determinar quando será o momento ideal de controle, com o intuito de controlar
190 rapidamente, evitando perdas pelo desenvolvimento dessas doenças.

191 Desse total de perdas, a área de controle de plantas invasoras e insetos-pragas,
192 apresentaram, nesse estudo, menor perda financeira nas aplicações de agrotóxicos em
193 soja quando comparado com a área de controle de doenças, pois nessas áreas como por
194 exemplo, a área de controle de plantas invasoras, utiliza-se para controle herbicidas
195 com ação sistêmica, ou seja, quando absorvido pela planta a ser controlada apresenta
196 capacidade de translocação via floema até as raízes (BIFFE, 2012) sendo assim, esses
197 produtos conseguem maior eficiência de controle devido essa característica do modo de
198 ação.

199 Na área de controle de insetos-pragas, o controle é realizado por meio da deposição
200 dos produtos nas folhas, em que os alvos deslocam-se dentro da lavoura e as vias de
201 exposição mais comuns são por contato e ingestão, sendo assim, ocorre o controle ao se
202 alimentarem das folhas pulverizadas. Esses produtos permanecerem nas plantas, de
203 forma residual ou de forma sistêmica, quando apresentam ação de translocação,
204 garantindo a possibilidade de maior controle ao movimentar-se pela planta atingindo
205 partes que não foram pulverizadas (LOBAK, et al., 2018).

206 Por outro lado, Antuniassi (2005) descreveu que a grande maioria dos inseticidas
207 sistêmicos apresentam características de translocação ascendente, fazendo-se necessário

208 o uso apropriado da tecnologia de aplicação para atingir a maior parte possível da
209 planta.

210 Em décadas, muitos autores vêm concluindo em seus estudos a necessidade da busca
211 pela melhor eficiência nas aplicações de agrotóxicos no campo, considerando a
212 aplicação de agrotóxicos como uma atividade que demanda atenção em todos os
213 processos, tanto na maneira como estão sendo aplicados os produtos, quanto a parte
214 econômica de todo o processo da aplicação. Em muitos casos, são utilizados produtos
215 com custo elevado e a perda desses por equívocos em situações que levam a novas
216 aplicações podem gerar graves problemas ambientais e consequências econômicas na
217 produção de soja, pois em cada aplicação geram-se custos além dos produtos como por
218 exemplo, manutenção e operacionalização dos equipamentos.

219 Nesse estudo, estimou-se o total de custos com a operacionalização dos equipamentos
220 utilizados para aplicação dos agrotóxicos em soja e o custo por hectare dessas aplicações
221 sendo que em cada hectare de soja são gastos em média US\$ 4,27 e, considerando as
222 quatro aplicações médias no Brasil, estimado por Ferreira et al., (2010) em cada ciclo de
223 produção de soja são gastos em média US\$ 17,09 somente com a operacionalização dos
224 equipamentos de aplicação de agrotóxicos (Tabela 3) e em nível nacional, estima-se o
225 total de aproximadamente US\$ 614.1 Milhões. Dados esses aproximados, foram
226 encontrados por Matthews, Bateman e Miller, (2014) em que estimaram o custo total por
227 aplicação por hectare em US\$ 3,87.

228 As quatro aplicações médias utilizadas nesse estudo podem variar para mais ou
229 para menos dependendo da região brasileira, pois em diversos estudos da literatura
230 demonstram que algumas regiões podem chegar até 6 aplicações médias em soja,
231 principalmente na região central. Sendo assim, em regiões que ocorrem poucas aplicações
232 as perdas de eficiência podem ser menores quando comparadas as regiões que mais
233 utilizam aplicação para o controle fitossanitário na cultura da soja.

234

235 Tabela 3: Custo operacional de aplicação por equipamento (US\$/ha), disponibilizado
236 pela Fundação ABC (2020) com adaptações.

Equipamento	Barra	Capacidade	Custo p/ aplicação p/ ha	Custo total p/ ha ¹	Custo Brasil
Montado	12 a 16 metros	600 a 800 L.	US\$ 3,21	US\$ 12,83	US\$ 461.253.475,89
ArrastoA	18 metros	2000 L.	US\$ 4,07	US\$ 16,28	US\$ 584.922.886,10

ArrastoB	19 a 24 metros	2000 a 3000 L.	US\$ 4,70	US\$ 18,46	US\$ 675.168.131,38
Arrasto-vortex	19 a 24 metros	2000 a 3000 L.	US\$ 5,12	US\$ 20,46	US\$ 735.331.628,24
Média			US\$ 4,27	US\$ 17,09	US\$ 614.169.030,40

237 ¹Custo total: Custo total p/ ha corrigido por 4 aplicações médias, conforme Ferreira et al., (2010).

238

239 Dados divulgados pela CONAB apontam que nos últimos três anos, em média, a área
240 plantada de soja no Brasil representou mais de 35 Milhões de hectares (Tabela 4)
241 demonstrando crescimento a importância da cultura da soja no agronegócio brasileiro.

242

243 Tabela 4: Relação da média da estimativa de área plantada de soja no Brasil nos últimos
244 três anos (2019/20, 2018/19 e 2017/18).

Ano	Área
2019/20	36,791 milhões de ha
2018/19	35,876 milhões de ha
2017/18	35,151 milhões de ha
Média	35, 939.333,33 milhões de ha

245 (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2020)

246

247 Utilizando a série histórica disponibilizada pela CONAB foi possível calcular a
248 média da utilização de agrotóxicos na produção de soja de cada estado brasileiro e,
249 posteriormente, a média nacional dos anos 2017, 2018 e 2019 (Tabela 5). Ou seja, no
250 Brasil, em média são gastos com agrotóxicos US\$ 129,30 por hectare durante o ciclo de
251 produção da cultura da soja.

252

253 Tabela 5: Relação da média do custo de agrotóxico por hectare por estado brasileiro nos
254 anos de 2019, 2018 e 2017 com os valores nominais e os valores reais corrigidos pela
255 inflação.

Estado	Média valor nominal	Média valor real	Estado	Média valor nominal	Média valor real
RS	US\$ 79,84	US\$ 87,79	PR	US\$ 134,99	US\$ 148,08
MA	US\$ 101,58	US\$ 111,43	MG	US\$ 141,85	US\$ 156,01
PI	US\$ 109,36	US\$ 109,36	MS	US\$ 143,35	US\$ 157,44
TO	US\$ 109,87	US\$ 120,07	DF	US\$ 168,63	US\$ 184,45
GO	US\$ 114,70	US\$ 125,39	MT	US\$ 188,55	US\$ 206,61
BA	US\$ 129,67	US\$ 142,61			
Média Brasil valor nominal		US\$ 129,31			

Média Brasil valor real US\$ 140,84

256 (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2020).

257

258 Em décadas, muitos autores vêm concluindo em seus estudos a necessidade da busca
 259 pela melhor eficiência nas aplicações de agrotóxicos no campo, considerando a
 260 aplicação de agrotóxicos como uma atividade que demanda atenção em todos os
 261 processos, tanto na maneira como estão sendo aplicados os produtos, quanto a parte
 262 econômica de todo o processo da aplicação.

263 Em muitos casos, são utilizados produtos com custo elevado e a perda desses por
 264 equívocos em situações que levam a novas aplicações podem gerar graves problemas
 265 ambientais e consequências econômicas na produção de soja, pois em cada aplicação
 266 geram-se custos além dos produtos como por exemplo, manutenção e operacionalização
 267 dos equipamentos.

268 Do total do mercado de agrotóxicos no Brasil, estimou-se nesse estudo que são
 269 gastos mais de US\$ 1.4 bilhões com produtos da linha de fungicidas, US\$ 1.3 bilhões
 270 com herbicidas e US\$ 1.2 Bilhões gastos com inseticidas, representando cerca de 31%,
 271 29% e 27%, respectivamente (Tabela 6).

272

273 Tabela 6: Dados da estimativa do mercado de agrotóxicos brasileiro em soja, em
 274 porcentagem por tipo de produto, disponibilizado pelo Sindicato Nacional da Indústria
 275 de Produtos para Defesa Vegetal (SINDIVEG), 2020 com adaptações e estimativas.

Produto	Porcentagem (%)	Valor em mercado total
Fungicida	31%	US\$ 1.440.635.822,31
Inseticida	29%	US\$ 1.347.691.575,71
Herbicida	27%	US\$ 1.254.747.329,11

276 (Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal - SINDIVEG, 2020, com
 277 adaptações).

278

279 Comparado com outros países produtores de alimentos, o Brasil apresenta clima
 280 tropical que favorece o surgimento e proliferação de insetos-pragas, doenças e plantas
 281 invasoras, justificando maior volume de agrotóxicos. Por outro lado, o Brasil encontra-se
 282 em décimo terceiro no ranking de uso de agrotóxicos por tonelada produzida com gasto
 283 menor de US\$ 10,00 por tonelada atrás de países como Japão, Coreia, Itália, Alemanha,

284 França, Reino Unido, Canadá, Espanha, Austrália, Argentina, Estados Unidos, Polônia
285 (SINDIVEG, 2020).

286 Esse estudo estimou o total gasto em cada ciclo de produção de soja no Brasil,
287 totalizando a estimativa de mais de US\$ 5.8 bilhões e por hectare o custo total das
288 aplicações foi estimado em US\$ 161,48. Na linha de produtos com ação fungicida
289 estima-se o custo de US\$ 2.2 bilhões somente com a aplicação desses produtos em cada
290 ciclo de produção de soja no Brasil, US\$ 2 Bilhões com herbicidas, US\$ 2.1 bilhões
291 com inseticidas (Tabela 7).

292 Nesse sentido, o Brasil é um dos maiores produtores de alimentos no mundo,
293 produzindo muito mais alimento com menor uso de agrotóxicos. Atualmente, encontra-
294 se na sétima posição do ranking de utilização de agrotóxicos com gasto menor de US\$
295 200,00 por hectare atrás de países como Japão, Coréia, Alemanha, França, Itália e Reino
296 Unido (SINDIVEG, 2020).

297

298 Tabela 7: Média estimada de custos de controle fitossanitário no ciclo da soja no Brasil
299 (Total e por hectare) e por produto (Total e por hectare) com os valores nominais e os
300 valores reais corrigidos pela inflação.

Estimativa do custo de aplicação em soja no Brasil (Total)			Estimativa do custo de aplicação em soja no Brasil (p/ ha)	
	Custo valor nominal	Custo valor real	Custo valor nominal	Custo valor real
Média	US\$ 5.261.381.360,43	US\$ 5.803.469.900,21	US\$ 146,40	US\$ 161,48
Estimativa da média do custo de aplicação por produtos no Brasil (Total)			Estimativa da média do custo de aplicação por produto no Brasil (p/ ha)	
Produto	Média do custo valor nominal	Média do custo valor real	Média do custo valor nominal	Média do custo valor real
Fungicida	US\$ 2.054.804.852,71	US\$ 2.266.514.684,37	US\$ 57,17	US\$ 63,07
Herbicida	US\$ 1.868.916.359,51	US\$ 2.061.473.802,30	US\$ 52,00	US\$ 57,36
Inseticida	US\$ 1.961.860.606,11	US\$ 2.163.994.243,33	US\$ 54,59	US\$ 60,21

301

302 Os agrotóxicos disponíveis no mercado pelas indústrias apresentam grande potencial
303 de controle fitossanitário de pragas, doenças e plantas invasoras. Entretanto, a forma
304 equivocada que esses produtos estão sendo aplicados por meio da utilização ineficiente
305 dos conhecimentos da tecnologia de aplicação fazem aumentar ainda mais a

306 dependência desses produtos, ocorrendo a possibilidade do surgimento de casos de
307 resistência.

308 Em muitas situações, os sojicultores não se dão por conta do elevado custo com as
309 perdas de eficiência nas aplicações, sendo que, muitas vezes são imperceptíveis durante
310 a operacionalização no campo. Como todo e qualquer negócio, deve ser gerenciado de
311 maneira que busque a maximização dos lucros em longo prazo e se tornem
312 economicamente viáveis em curto prazo. Certamente, o recurso financeiro investido em
313 aplicações deve garantir o controle fitossanitário e, conseqüentemente, a rentabilidade
314 financeira suficiente com a comercialização da produção, tal qual, em quantidade
315 monetária necessária que se dilua nos custos operacionais.

316 Os resultados encontrados nesse estudo são estimativas que podem variar para mais
317 ou para menos, podendo refletir a realidade principalmente quando em situações em que
318 o produtor não utiliza corretamente os recursos de controle disponíveis.

319 Portanto, na produção de soja, em situação que são necessários o controle
320 fitossanitário de doenças, plantas invasoras e insetos-praga é imprescindível que se
321 detenha os conhecimentos sobre as variáveis que podem interferir na eficiência de
322 controle, independente da área da defesa fitossanitária para que a cultura consiga
323 expressar todo o seu potencial produtivo sem maiores interferências de doenças, plantas
324 invasoras e insetos-praga.

325

326 **CONCLUSÃO**

327

328 1. A falta de atenção ou a irresponsabilidade no momento da tomada de decisões de
329 controle fitossanitário no uso das tecnologias de aplicações disponíveis podem gerar
330 graves conseqüências, tanto para o meio ambiente ou para a produtividade, como
331 demonstrado nesse estudo.

332 2. Esse estudo mostra e amplia por meio de valores monetários de estimativas de
333 perdas financeiras a importância da busca da eficiência técnico/econômica da aplicação
334 de agrotóxicos no campo.

335 3. A atenção necessária nos conhecimentos técnicos e científicos provenientes da
336 tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários ainda se mostra ineficiente em
337 decorrência de equívocos praticados nos processos de aplicações de agrotóxicos em soja.

338 4. As atividades de aplicações de agrotóxicos no campo ainda apresentam grandes

339 desafios na busca de eficiência de controle fitossanitário. Além disso, mais do que as
340 perdas econômicas demonstradas nesse estudo e as graves consequências ambientais que
341 a perda de agrotóxicos podem ocasionar no campo, está a falta de conhecimento sobre o
342 lucro que poderia ser obtido pelo sojicultor com uso adequado da tecnologia de aplicação
343 de agrotóxicos no controle fitossanitário da soja.

344

345

LITERATURA CITADA

346

347 ANDEF-Associação Nacional de Defesa Vegetal. Manual de tecnologia de aplicação de
348 produtos fitossanitários. São Paulo, 2013. 7p.

349

350 Antuniassi, U.R. Qualidade em tecnologia de aplicação de defensivos. In: CONGRESSO
351 BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5. 2005, Salvador. Anais eletrônicos. Campina Grande
352 Embrapa Algodão, 2005.

353

354 Biffe, D. F. Efeito da aplicação de herbicidas em pré-emergência e de glyphosate em pós-
355 emergência, sobre a cultura da soja em solo compactado e não compactado. (Tese de
356 doutorado). Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em
357 Agronomia. Maringá, Paraná. mi, 88 f.: il. 2012.

358

359 Cooke, B.K.; Hislop, E.C.; Herrington, P.J.; Western, N.M.; Humpherson-Jones, F. Air-
360 assisted spraying of arable crops, in relation to deposition, drift and pesticide
361 performance. Crop Protection, v.9, p.303-311, 1990.

362

363 Cunha, J. P. A. R.; Juliatti, F. C.; Reis, E. F. Tecnologia de aplicação de fungicida no
364 controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas
365 Gerais e Goiás. Bioscience Journal. Uberlândia, v.30, n.4, p.950- 957. 2014.

366

367 Ferreira, B. S. C; Alexandre, T. M; Pellizzaro, E. C; Moscardi, F; Bueno, A. D. F. Práticas
368 de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura. Embrapa Soja-
369 Circular Técnica (INFOTECA-E), 2010.

370

- 371 Dutra, G. L; Rocha, L. C. J. Comparativo de resultados de sementes de soja safra
372 2018/2019 no município de Eldorado do Sul no estado do Rio Grande do Sul. Revista
373 de anais de eventos dom alberto, v. 1, n. 2, p. 37-42, 2019.
374
- 375 Gazzoni, D. L. Perspectivas do manejo de pragas. Soja: manejo integrado de insetos e
376 outros artrópodes-praga. Embrapa, Brasília, p. 789, 2012.
377
- 378 Higashibara, L. R; Oliveira, G. M; Balan, M. G; batista, F. I. C; Abi, S. O. J. G.
379 Distribuição da superfície das gotas aplicadas no solo com o pulverizador. Pesquisa
380 aplicada e agrotecnologia, v. 6, n. 1, p. 91-94, 2013.
381
- 382 Lourenzani, W. L. Capacitação gerencial de agricultores familiares: uma proposta
383 metodológica de extensão rural. Organizações Rurais & Agroindustriais, v. 8, n. 3,
384 2006.
385
- 386 Lobak, T., Ruzza, D., Nimet, M., Schneider, A. N., Barrionuevo, F., Roggia, S. Ação
387 sistêmica de imidacloprido+ betaciflutrina aplicado em plantas de soja em diferentes
388 estádios na mortalidade do percevejo-marrom. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de
389 congresso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8. 2018, Goiânia. Inovação,
390 tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
391
- 392 Luiz, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados
393 espaciais. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 19, n. 3, p. 407-428, 2002.
394
- 395 Oliveira. J. R. G., Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e
396 sem adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda. Faculdade de Ciências
397 Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
398 Jaboticabal, São Paulo. iv, 76 f. 2008. Dissertação de mestrado.
399
- 400 Matthews, G. A.; Baterman, R.; Millher, P. Pesticide application methods: 4. ed. Cowley:
401 John Wiley & Sons, Ltd., 2014.
402

- 403 Matthews G. A., Pesticide Application Methods 4^a Edição. Matthews, GA, Bateman, R.,
404 Miller, P., Editor: Wiley- Blackwell. 2014.
405
- 406 Meyer, M. C., Campos, H. D., Godoy, C. V., Utiamada, C. M., Seii, A. H., Dias, A. R.,
407 Jaccoud, D. S. F., Borges, E. P., Juliatti, F. C., Junior, J.N., Silva, L. H. C. P., Sato, L.
408 N., Martins, M. C., Venancio, W. S., Eficiência de fungicidas para controle de mofo-
409 branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2017/18: Resultados sumarizados
410 dos ensaios cooperativos. Circular Técnica, v. 140, 2018.
411
- 412 R Core Team Version 3.6.2. R: A language and environment for statistical computing. R
413 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020.
414
- 415 Santos, M. L. M. Volume de calda e horário da aplicação no controle de doenças na
416 cultura da soja (*Glycine max*). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade
417 Estadual Paulista (Unesp). Botucatu, São Paulo. 77 p. 2020. Dissertação de mestrado.
418
- 419 Reynaldo, E. F., Machado, T. M., Taubinger, L., Quadros, D. Vertical and horizontal
420 oscillation of three models of self-propelled boom sprayers. Revista Brasileira de
421 Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 20, n. 10, p. 941-945, 2016.
422
- 423 Silva, R. R. C., Nascimento, N. C., Pereira, I. C., Silva, R. N. M., Silva, R. E. O., Júnior,
424 F. C. M. Avaliação do perfil do consumidor de soja (*Glycine max*) e seus
425 derivados. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 9, n. 1, p. 12911575, 2020.
426
- 427 Souza, P. H. N., Dias, A. S., Gavassoni, W. L., Bacchi, L. M. A., Pontim, B. C. A., Silva,
428 R. A. L. Eficácia de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja em
429 Dourados–MS na safra 2016/17. Agrarian, v. 13, n. 47, p. 17-26, 2020.
430
- 431 SINDIVEG. O que você precisa saber sobre defensivos agrícolas, São Paulo, SP, 2020.
432 Disponível em:
433 https://sindiveg.org.br/wpcontent/uploads/2020/08/SINDIVEG_Paper_REV_FINAL
434 [_2020_bxresolucao.pdf](https://sindiveg.org.br/wpcontent/uploads/2020/08/SINDIVEG_Paper_REV_FINAL_2020_bxresolucao.pdf)
435

436 Tinos, A. C., Compagnon, A., M., Sales, J. G. C., Lopes, R., A. P. Effect of addition of
437 syrup glycerin as adjuvant for spraying in land use. Applied Research &
438 Agrotechnology, v. 3, n. 3. 2010.

439

440 Yorinori, J. T., Paiva, W. M., Frederick, R. D., Costamilan, L. M., Bertagnolli, P. F.,
441 Hartman, G. E., Godoy C.V., Nunes J. R., J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora*
442 *pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. Plant Disease, v. 89, n. 6, p.
443 675-677. 2005.

444

445 Yorinori, J. T., Yuyama, M. M., Siqueri, F. V. Doenças da soja. Boletim de pesquisas de
446 soja 2013/2014. Rondonópolis: Fundação MT. p. 174-22. Boletim, 16. 2014.

5. DISCUSSÃO GERAL

A soja é uma cultura de grande apelo comercial ainda em expansão no Brasil e no mundo, movimentando a economia e gerando empregos. Por outro lado, a cultura ainda apresenta diversos desafios, quando se trata do controle fitossanitário de pragas, doenças e plantas invasoras, visto que em seu ciclo produtivo, a soja é atacada por diversos organismos capazes de inviabilizar a produção, trazendo inúmeros prejuízos.

Para o controle fitossanitário na soja, estão disponíveis no mercado diversos produtos com grande capacidade de controle, mas para que se consiga atingir a eficiência definida pelo fabricante, a utilização da tecnologia de aplicação é uma ferramenta de extrema importância, pois pode maximizar a eficiência do produto, promovendo a proteção adequada da planta para que ela consiga expressar todo o seu potencial produtivo, sem maiores interferências.

A aplicação de produtos fitossanitários ainda é complexa para muitos produtores, pois são inúmeras variáveis que podem interferir na eficiência dos produtos pulverizados, como condições ambientais, regulagens correta dos equipamentos, escolha correta dos produtos que serão misturados na calda de pulverização, adição de adjuvantes, escolha das pontas de pulverização, momento ideal de aplicação dos produtos, volume de calda, utilizar assistência de ar na barra de pulverização, entre outros, que quando não observados, podem causar prejuízos financeiros ao produtor e ao meio ambiente, em decorrência da necessidade de reaplicações de produtos, pois não adianta conhecer e utilizar os melhores produtos disponíveis no mercado, mas também, conhecer a melhor forma de aplicá-los.

A utilização da meta-análise nesse estudo permitiu sumarizar novas conclusões sobre a eficiência das aplicações de agrotóxicos em soja, demonstrando que se perde em cada linha de produto da área da defesa fitossanitária cerca de 40% de eficiência dos produtos na área de controle de doenças, 30% na área de controle de plantas invasoras e 27% de perdas de eficiência de controle na área de insetos-pragas, representando uma estimativa de perda de mais de US\$ 920.2 Milhões, US\$ 634.9 Milhões e US\$ 595 Milhões, respectivamente, causados por equívocos na aplicação de agrotóxicos. As perdas encontradas nesse estudo são estimativas estatísticas que podem variar para mais ou para menos, podendo refletir a realidade principalmente quando em situações em que o produtor não utiliza corretamente os recursos de controle disponíveis.

Foram encontrados na literatura diversos estudos que avaliam as variáveis que compõem o processo de aplicações de agrotóxicos em soja e pôde-se observar as diversas lacunas de eficiência entre tratamentos, ou seja, podendo associar com a realidade de muitas das aplicações em campo, principalmente do pequeno produtor, que no Brasil, representa a maior parcela dos

produtores rurais e em muitos casos, o produtor não tem o conhecimento necessário ou por negligência, acaba promovendo a redução de seu lucro final e problemas ambientais, devido a equívocos cometidos durante o processo de controle fitossanitário.

De todos os agrotóxicos aplicados em soja, em todas as áreas da defesa fitossanitária avaliadas por esse estudo, estamos perdendo cerca de 32% de eficiência de controle e precisamente na área da fitopatologia, os resultados demonstram que a diferença entre o melhor e o pior tratamento de controle nos níveis da planta superior, médio e inferior, foram respectivamente, 51%, 40% e 34%, evidenciando as dificuldades em se atingir os alvos no baixeiro da soja, além da dificuldade de se atingir uma homogeneidade em todos os níveis.

Por outro lado, a realização de um planejamento das aplicações a serem empregadas no ciclo de produção em conjunto com a observação da situação atual, para identificar o momento ideal de controle e utilizando corretamente os conhecimentos técnicos e científicos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos, permitirá melhor controle das operações fitossanitárias na cultura da soja e, conseqüentemente, a redução da ocorrência dos equívocos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da demanda por alimentos no mundo exige maior responsabilidade na produção de alimentos no campo e a ocorrência de pragas, doenças e plantas invasoras na cultura da soja, exige das partes interessadas, atenção ao momento da tomada de decisões, utilizando um planejamento de controle fitossanitário para que se evite prejuízos produtivos e econômicos, além de problemas ambientais.

A aplicação de agrotóxicos é uma atividade que demanda atenção em todos os seus processos, tanto na maneira como estão sendo aplicados os produtos quanto a parte econômica de todo o processo de aplicação e, ainda, a maneira com que os agrotóxicos são aplicados em campo pode ser a diferença entre o sucesso e o fracasso da sua utilização, evitando perdas pelo desenvolvimento de pragas, doenças ou plantas invasoras.

7. REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U.R. et al. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3. 2004, Botucatu, SP. Anais... Botucatu: FEPAF, p. 48-51, 2004.

ÁVILA, C. J., & GRIGOLLI, J. F. J. Pragas de soja e seu controle. Embrapa Agropecuária Oeste-Capítulo em livro científico (ALICE), 2014.

BORENSTEIN, M.; HEDGES, L. V.; HIGGINS, J. P. T.; ROTHSTEIN, H. R. Introduction to Meta-Analyses. 2009.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). Soja: tecnologia de produção II. Piracicaba: ESALQ, p.1- 18, 2000.

CARVALHO, L. R. Influência de pontas de pulverização e estandes no espectro e deposição de calda na cultura do feijoeiro. 2014. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

CAMARGOS, R. Ferrugem asiática da soja. Informativo técnico. 3ed. 2017.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira, Grãos, safra 2019/2020. N° 6. Sexto levantamento, 2020.

CANTU, R. M., SURIANO, G. M., ALBRECHT, A. J. P., ALBRECHT, L. P., DANILUSSI, M. T. Y., & LORENZETTI, J. B. Uso de herbicidas pré-emergentes para manejo de buva. In Anais do Congresso Brasileiro de Fitossanidade. Vol. 5, No. 1, 2019.

COCHRAN, W.G. The combination of estimates from different experiments. Biometrics, v.10, p.101-129, 1954.

CONCEIÇÃO, M. Z. Defesa vegetal: Legislação, normas e produtos fitossanitários. IN. ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. Viçosa: UFV, p. 376. 2003.

CUNHA, J. P. A. R.DOS REIS, E. Fialho; DE OLIVEIRA SANTOS, Roberto. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. Ciência rural, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006.

CUNHA, J. P., TEIXEIRA, M. M., & FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. Engenharia Agrícola, v. 27, n. SPE, p. 10-15, 2007.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. 2008.

CUNHA, J.P.A.R.; PERES, T.C.M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.32, n.4, p.597-602, 2010. DOI: 10.4025/actasciagronv.32i4.2502

CUNHA, J. P. A. R.; JULIATTI, F. C.; DOS REIS, E. F. Tecnologia de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 4, 2014.

CUNHA, J. P. A. R., ALVES, G. S., MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017.

DE CARVALHO DORES, E. F. G.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do Estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. *RBSO*, v. 37, n. 125, p. 78-88, 2012.

DOSSA, D. Programação linear na gestão da propriedade rural: um enfoque alternativo. *Revista Teoria e Evidência Econômica*, v. 2, n. 04, 1994.

EMBRAPA, SOJA. Tecnologias de produção de soja-Região Central do Brasil-2001/2002. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2001.

FERREIRA, M. C. Critérios para o início das aplicações de fungicida e desempenho de pontas de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

GRIESANG, F.; DECARO, R. A.; SANTOS, C. A.; SANTOS, E. S.; ROQUE, N. H. D. L.; FERREIRA, M. C. How much do adjuvant and nozzles models reduce the spraying drift? Drift in agriculture spraying. *American Journal of plant Sciences*, Irvine, v. 8, n. 11, p. 2785-2794, 2017.

GUTHS, G. Uso de adjuvantes siliconado em substituição total ou parcial do óleo mineral na aplicação de fungicidas em soja e milho. 2013. 152 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo fundo, 2013.

HAZEN, J. L. Adjuvants: Terminology, Classification, and Chemistry. *Weed Technology*. v. 14.773-784, 2000.

LANDIM, T. N., Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja. 2018. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.789>

LOURENZANI, W. L. Capacitação gerencial de agricultores familiares: uma proposta metodológica de extensão rural. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 8, n. 3, 2006.

LOVATTO, P. A.; LEHNEN C. R.; ANDRETTA I.; CARVALHO A. D.; HAUSCHILD L. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. *R. Bras. Zootec.*, v.36, suplemento especial, p.285-294, 2007.

LUIZ, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 19, n. 3, p. 407-428, 2002.

MADDEN, L. V.; PAUL, P. A. Meta-Analysis for Evidence Synthesis in Pathology: An Overview. *Phytopathology*, v. 101, n. 1, p. 16-30, 2011.

MATTHEWS, G.A. Pesticide application methods. London: Blackwell Science, 4 ed., 2014, p. 536.

MATUO, T. Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas. Jaboticabal: Funep, 1990. 139p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. 2020

OLIVEIRA, J. R. G. Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda. (Dissertação de mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal, São Paulo. 2008.

PELIN, C., WORDELL FILHO, J. A., & NESI, C. N. Ferrugem asiática da soja: etiologia e controle. *Agropecuária Catarinense*, v. 33, n. 3, p. 18-21, 2020.

RAMALHO, A. Manual para redação de estudos e projetos de revisão sistemática com e sem metanálise. Coimbra: Formasau. 2005. ISBN 972-8485-54-9.

RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W (Org.). Tecnologia de aplicação para culturas anuais. Ed. Aldeia Norte, Passo Fundo, RS, p. 15-26, 2011.

ROSENBERG, M. S. et al. Meta-analysis in plant pathology: synthesizing research results. *Phytopathology*, v. 94, n. 9, p. 1013-1017, 2004.

SANTOS, E. J. F.; CUNHA, M. Interpretação crítica dos resultados estatísticos de uma meta-análise: estratégias metodológicas. *Millenium*, n. 44, p. 85-89, 2013.

SANTOS, M. L. M. Volume de calda e horário da aplicação no controle de doenças na cultura da soja (*Glycine max*). (Dissertação de mestrado). Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista (Unesp). Botucatu, São Paulo, p. 77, 2020.

SANTOS, J. M. F. DOS. Minicurso: Tecnologia de Aplicação de Pesticidas (Terrestre e Aérea), Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas, São Paulo, SP, 2005.

SCHLOSSER, J. F. administração de máquinas agrícolas. Santa Maria: Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 1998. p.100, Série Técnica Módulo 6.

SCHMIDT, M. A. H. Deposição da calda de pulverização na cultura da soja em função do tipo de ponta e do volume aplicado. 2006. 47 f. 2006. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.

SMITH, M.L.; GLASS, G.V. Meta-analysis of psychotherapy outcome studies. *Am Psychol*, v.32, n.9, p.752-760, 1977.

SINDIVEG. O QUE VOCÊ PRECISA SABER SOBRE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS, São Paulo, SP, 2020. Disponível em: https://sindiveg.org.br/wpcontent/uploads/2020/08/SINDIVEG_Paper_REV_FINAL_2020_bxresolucao.pdf

SOUSA, M. R., & RIBEIRO, A. L. P. Revisão sistemática e meta-análise de estudos de Diagnóstico e Prognóstico: um tutorial. *Arq Bras Cardiol*, v. 92, n. 3, p. 241-251, 2009.

VITOR, L. W., Comparação do uso do MIP e Método Tradicional no Controle de Insetos Pragas na Cultura da Soja. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) – Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA, Anápolis. 14 f. 2019

YU, Y.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; DERKSEN, R.C.; KRAUSE, C.R. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and spray additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. *Transactions of the ASAE*, v.52, p. 39-49, 2009.

WOMAC, A. R.; GOODWIN, J. C.; HART, W. E. Comprehensive evaluation of droplet spectra from drift reduction nozzles. Saint Joseph: ASAE, 1997. 47 p. (Paper, 971069).