

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO DO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NA
CULTURA DA SOJA

DENISE WOCHNER

DOURADOS/MS

2020

DENISE WOCHNER

**ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO DO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NA
CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Administração, Ciências Contábeis e Economia
da Universidade Federal da Grande Dourados,
como requisito para a obtenção de título de
Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Dr. Régio Marcio Toesca
Gimenes

Coorientador: Dr. José Fernando Jurca Grigolli

Coorientadora: Dra. Juliana Simonato

DOURADOS/MS

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

DENISE WOCHNER

ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO DO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NA
CULTURA DA SOJA

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Régio Marcio Toesca Gimenes - UFGD

Prof^a Dr.^a Luciana Ferreira da Silva - UEMS

Eng. Agr. Dr. André Ricardo Gomes Bezerra – Fundação MS

DOURADOS/MS

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

W837a	Wochner, Denise. Análise de custo-benefício do controle biológico de pragas na cultura da soja. / Denise Wochner. – Dourados, MS : UFGD, 2020. Orientador: Régio Marcio Toesca Gimenes. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Manejo integrado de pragas. 2. Inimigos naturais 3. Custo ambiental. 4. Sustentabilidade. I. Título.
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.



UFGD

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR DENISE WOCHNER, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "EM AGRONEGÓCIOS E SUSTENTABILIDADE".

Aos seis dias do mês de março de dois mil e vinte, às 15 h, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada "ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO DO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NA CULTURA DA SOJA" apresentada pela mestranda Denise Wochner, do Programa de Pós-Graduação em AGRONEGÓCIOS, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. Régio Márcio Toesca Gimenes/UFGD (presidente/orientador), Prof.^a Dr.^a Luciana Ferreira da Silva/UFGD (membro titular), e Prof. Dr. André Ricardo Gomes Bezerra/FUNDAÇÃO MS (membro titular). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer ao candidato e aos integrantes da Banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após a candidata ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada APROVADA, fazendo jus ao título de MESTRE EM AGRONEGÓCIOS. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados, 06 de março de 2020.

Prof. Dr. Régio Márcio Toesca Gimenes

Prof.^a Dr.^a Luciana Ferreira da Silva

Prof. Dr. André Ricardo Gomes Bezerra

ATA HOMOLOGADA EM: __/__/__, PELA PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA / UFGD.

Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa
Assinatura e Carimbo

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo carinho e ensinamentos de força, caráter e empatia. A minha mãe, por sempre me amparar nos momentos que precisei. Ao meu pai, por ensinar a importância de trabalhar com honestidade e dedicação.

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos, por todo carinho e por serem motivo de orgulho e alegria, participando dos momentos mais importantes da minha vida. Em especial a minha irmã Silvia, que quase como mãe, cuidou de mim desde que nasci até hoje. Obrigada por cuidarem de mim!

Ao Felipe, esposo, companheiro e amigo! Por me incentivar em meus estudos e conquistas, ajudando a resolver meus problemas, sempre com muita alegria e dedicação, minimizando a carga de conciliar trabalho e estudos!

Ao Luiz Clóvis Belarmino, que não tive a honra de conhecer pessoalmente, que com todo seu conhecimento e gentileza, ajudou muito no desenvolvimento da minha pesquisa, demonstrando humildade em nossas conversas, fortalecendo minha admiração por você e seu trabalho!

Aos coorientadores, Juliana Simonato, por me passar um pouco de seu vasto conhecimento sobre controle biológico, por fornecer todos os dados que precisei para desenvolver os resultados do meu estudo! Ao José Fernando Jurca Grigolli, pessoa extraordinária, que com muita dedicação e paciência, ajudou em todos os processos de meus estudos, que foi fundamental para alcançar os resultados e atingir meus objetivos!

Aos colegas da Fundação MS, por fazerem parte da minha trajetória, por me apoiar e incentivar em meus estudos. A instituição, por tornar possível essa conquista. Por serem além de uma equipe de trabalho, são amigos e família!

Ao Professor Régio, que tive a honra de ter como orientador, que com sua sabedoria, dedicação e paciência, me ensinou, orientou e cobrou, para o desenvolvimento deste estudo!

A todos os colegas de turma que tive o prazer de conviver e dividir as lutas e conquistas! Muito obrigada!!!

*“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente,
mas o que melhor se adapta às mudanças”.*

Charles Robert Darwin

RESUMO

A utilização intensa de agroquímicos ao longo dos anos tem gerado diversos problemas ambientais, dentre eles a intoxicação humana, de solos, rios e redução dos níveis populacionais de insetos benéficos para a agricultura, como parasitóides e predadores. Diante disso, a adoção de práticas sustentáveis como o Manejo Integrado de Pragas (MIP), bem como a utilização do controle biológico, surgiu para auxiliar a demanda dos produtores e consumidores por uma agricultura com menos pesticidas. Pesquisas sobre o MIP devem ser realizadas, buscando difundir sua prática, bem como enfatizar a importância da análise de custo ambiental nas decisões acerca do manejo de pragas. Assim, o propósito principal deste estudo foi avaliar o custo-benefício da adoção do controle biológico na cultura da soja no Estado de Mato Grosso do Sul. A pesquisa foi realizada em três propriedades rurais no município de Maracaju/MS, compreendendo a safra 2018/2019. Foram comparados o manejo convencional de pragas realizado pelo produtor rural e o MIP com controle biológico realizado pela Fundação MS. Após a coleta de dados, calcularam-se os custos operacionais para os dois manejos e posteriormente realizou-se a análise de custo ambiental e custo-benefício da aplicação de agroquímicos. Utilizou-se um modelo adaptado de análise de custo ambiental e custo-benefício. Os resultados demonstraram a viabilidade econômica da adoção do controle biológico em uma das áreas testadas. Isso se deu pela maior quantidade de aplicações de agroquímicos utilizados pelo agricultor no manejo convencional, demonstrando a importância de se analisar o custo ambiental dos agroquímicos a serem utilizados utilizando o modelo sugerido, evitando produtos que causem alto impacto sobre indivíduos não-alvo.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas, inimigos naturais, custo ambiental, sustentabilidade.

ABSTRACT

The intensive use of pesticides over the years has generated several environmental problems, including human, soils and rivers poisoning and reduced population levels of beneficial insects for agriculture, such as parasitoids and predators. In view of this, the adoption of sustainable practices such as Integrated Pest Management (IPM), as well as the use of biological control, to help the demand of agricultural growers and consumers with fewer pesticides emerged. IPM research should be carried out, seeking to disseminate its practice, as well as emphasizing the importance of environmental cost analysis in pest management decisions. Therefore, the main objective of this study was to evaluate the cost-benefit of the adoption of biological control on soybean crop in the state of Mato Grosso do Sul. The research was carried out in three rural properties in the municipality of Maracaju/MS, Brazil, developed during 2018/2019 season. Conventional pest management by the growers and the IPM with biological control were compared. After data collection, operating costs were calculated for both procedures and subsequently an environmental cost and cost-benefit analysis of the application of chemical pesticides was performed. An adapted model of environmental cost and cost-benefit analysis was used. The results demonstrated the economic viability of adopting biological control in one of the areas tested. This was due to the greater amount of pesticide applications used by the farmer in conventional management, demonstrating the importance of analyzing the environmental cost of the pesticides that will be used, avoiding products that have a high impact on non-target individuals.

Keywords: Integrated pest management, natural enemies, environmental cost, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção, consumo e exportação de soja em grão no Brasil da safra 2017/2018 a safra 2027/2028 (mil toneladas).	17
Figura 2. Custos na utilização dos agroquímicos considerados pelo produtor rural.	20
Figura 3. Ciclo de desenvolvimento do parasitoide de ovos de percevejo <i>Telenomus podisi</i> .31	
Figura 4. Registro de Agroquímicos, inseticidas biológicos e afins de 2009 a junho de 2019, no Brasil.....	34
Figura 5. Área 1 – Resultados das aplicações de químicos realizadas conforme manejo do produtor na Área 1 de soja, para controle de <i>E. heros</i> no MS na safra 2018/2019.	50
Figura 6. Área 1 – Resultados das aplicações de <i>T. podisi</i> e <i>T. pretiosum</i> para o controle biológico e aplicações de químicos realizadas na Área 1 de soja, dentro das estratégias de uso do MIP no MS na safra 2018/2019.....	50
Figura 7. Área 2 – Resultados das aplicações de químicos realizadas conforme manejo do produtor na Área 2 de soja, para controle de <i>E. heros</i> no MS na safra 2018/2019.	52
Figura 8. Área 2 – Resultados das aplicações de <i>T. podisi</i> e <i>T. pretiosum</i> para o controle biológico e aplicações de químicos realizadas na Área 2 de soja, dentro das estratégias de uso do MIP no MS na safra 2018/2019.....	52
Figura 9. Área 3 – Resultados das aplicações de químicos realizadas conforme manejo do produtor na Área 3 de soja, para controle de <i>E. heros</i> no MS na safra 2018/2019.	53
Figura 10. Área 3 – Resultados das aplicações de <i>T. podisi</i> e <i>T. pretiosum</i> para o controle biológico e aplicações de químicos realizadas na Área 3 de soja, dentro das estratégias de uso do MIP no MS na safra 2018/2019.....	54
Figura 11. Estimativa total de custos social e ambiental do uso de agroquímicos nos Estados Unidos.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Custos do controle de pragas, nas áreas 1, 2 e 3, sob manejo convencional comparados com o MIP com controle biológico aplicado pelo agricultor e controle biológico aplicado por empresa terceirizada.	48
Tabela 2. Número de aplicações de inseticidas químicos, rendimento de grãos (sc ha-1) na área de MIP e do Manejo do Produtor. Maracajú, MS, 2019.	51
Tabela 3. Número de aplicações de inseticidas químicos, rendimento de grãos (sc ha-1) na área de MIP e do Manejo do Produtor. Maracajú, MS, 2019.	53
Tabela 4. Número de aplicações de inseticidas químicos, rendimento de grãos (sc ha-1) na área de MIP e do Manejo do Produtor. Maracajú, MS, 2019.	54
Tabela 5. Fatores de custo ambiental dos agroquímicos utilizados nas três áreas. Demonstrando o preço pago por dosagem de cada produto, o resultado do cálculo do Índice Geral multiplicado pelo Custo Ambiental e o resultado do valor total por dosagem.	57
Tabela 6. Fatores de custo benefício na utilização de pesticidas, incluindo resultado do Custo Ambiental, fatores de benefícios da aplicação e resultado do Índice de Custo-benefício da utilização dos agroquímicos nas dosagens utilizadas.	58
Tabela 7. Custos do controle de pragas com a inclusão do custo ambiental sobre os agroquímicos utilizados nas áreas 1, 2 e 3.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CA – Custo Ambiental

CL₅₀ – Concentração letal capaz de matar 50% de uma população

C-B – Custo-Benefício

DDT – Dicloro-difenil-tricloroetano

DL₅₀ – Dose letal capaz de matar 50% de uma população

DP – Desempenho do Produto

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA – Estados Unidos da América

HA – Hectare

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IG – Índice geral

IN – Inimigos naturais

M – Metros

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MIP – Manejo Integrado de Pragas

MS – Mato Grosso do Sul

NS – Não significativo

P – Preço

PCE – Período de controle efetivo

PE – Perda evitada

PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

SC – Saca

SO – Segurança do operador

SP – São Paulo

Tab – Toxicidade para abelhas

Tav – Toxicidade para aves

Teste t – Teste *Tukey*

TP – Toxicidade para animais aquáticos

US\$ – Dólar dos Estados Unidos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVOS	15
2. ASPECTOS TEÓRICOS DO TEMA.....	15
2.1. A soja no Brasil	16
2.2. Utilização de produtos fitossanitários.....	17
2.3. Manejo Integrado de Pragas	24
2.3.1. Controle biológico de pragas	27
2.3.2. Casos de sucesso do controle biológico	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Área experimental.....	40
3.2. Análise dos custos operacionais e ambientais	41
3.3. Análise de custo-benefício	45
4. RESULTADOS	46
4.1. Fatores que limitam o uso do MIP	46
4.2. Investimentos, custos e receitas da cultura da soja.....	47
4.2.3. Produção e receita da soja	49
4.3. Análise de custo ambiental	55
4.4. Análise de custo-benefício	58
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	60
6. CONCLUSÃO.....	62
7. REFERÊNCIAS	63

1. INTRODUÇÃO

A agricultura mundial vem evoluindo rapidamente em busca de alternativas que possam auxiliar tanto no aumento da produtividade e lucratividade, quanto na produção sustentável, afim de minimizar os danos causados pelo uso inadequado de defensivos químicos. Ao longo dos anos, o uso indiscriminado de agroquímicos provocou sérias perturbações no meio ambiente, tais como: a seleção de indivíduos resistentes, ressurgimento de espécies controladas, surtos de pragas de importância secundária, diminuição da população de insetos benéficos, efeitos deletérios em animais selvagens e domesticados, inclusive ao homem, e o acúmulo de resíduos tóxicos no solo, na água e nos alimentos (WILLIAMSON, et al., 1998; CARVALHO et al., 2012; PRETTY, BHARUCHA, 2015).

Economicamente, o uso indiscriminado de defensivos fez com que algumas pragas se tornassem resistentes a certos produtos, tornando mais caro o controle de pragas por ser necessário um aumento na dosagem deste produto fitossanitário. Ou até mesmo o desenvolvimento de produtos mais agressivos ao meio ambiente e, conseqüentemente, mais caros pelo uso da tecnologia empregada (CORRÊA-FERREIRA, 2003; CRUZ, 2015; PRETTY, BHARUCHA, 2015).

A cultura da soja tem sido a protagonista no aumento da área e produção de grãos no Brasil. Na safra 2018/2019, a área plantada desta cultura atingiu 35,8 milhões de hectares, com uma produção de aproximadamente 114,3 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Umas das alternativas que vem sendo pesquisada e desenvolvida ao longo das últimas décadas, tanto na cultura da soja, quanto em outras monoculturas, é o controle biológico de pragas, que consiste na utilização de inimigos naturais para redução de pragas que causam danos às lavouras. Os inimigos naturais têm sido caracterizados como organismos especializados no controle biológico de pragas. Todas as pragas têm seus inimigos naturais, quer sejam entomopatógenos, parasitóides ou entomófagos (FRITZ et al., 2008; THANCHAROEN, et al., 2018).

Com o aumento da demanda por produtos biológicos, tem se verificado o surgimento de um grande número de pequenas empresas que estão desenvolvendo esforços para colocar agentes de controle biológico no mercado. Se, por um lado, essa multiplicação de “produtos biológicos” sem validação científica e de qualidade eventualmente duvidosa gera um problema de credibilidade no controle biológico, por outro, gera uma oportunidade de integração da pesquisa com as empresas e o mercado. Tem sido frequente a busca dos pequenos empresários

por parcerias e contratos para desenvolvimento e testes de seus produtos junto às instituições de pesquisa e Universidades (BETTIOL et al., 2009; GUPTA; DIKSHIT, 2010).

São indiscutivelmente necessárias pesquisas acerca da análise custo-benefício deste tipo de manejo com o objetivo de difundir essa prática entre pesquisadores e produtores rurais, visando a diminuição das aplicações de agroquímicos, na obtenção de alternativas sustentáveis ecologicamente. A partir da contextualização surge a seguinte questão de pesquisa: Qual é a relação custo-benefício da adoção do controle biológico de pragas na cultura da soja, no estado de Mato Grosso do Sul ?

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi analisar a relação custo-benefício da adoção do controle biológico para o manejo de pragas, na cultura da soja, no Estado de Mato Grosso do Sul.

Especificamente pretendeu-se:

- a) Identificar os fatores que limitam a adoção e o uso do Controle Biológico no Manejo Integrado de Pragas (MIP) a partir de estudos já realizados e publicados em periódicos científicos;
- b) Levantar a produtividade e determinar os custos e receitas geradas pela cultura da soja conduzida sob o MIP associado ao Controle Biológico e sob a forma convencional;
- c) Analisar se as práticas do MIP associado ao Controle Biológico, incluindo a análise de custo ambiental, impactam favoravelmente a relação custo-benefício ao produtor de soja;
- d) Difundir os resultados da pesquisa, como uma alternativa sustentável para o manejo de pragas entre produtores e pesquisadores.

2. ASPECTOS TEÓRICOS DO TEMA

A presente seção se constitui de uma discussão teórica relacionada a conceitos como a soja no Brasil, utilização de agroquímicos, manejo integrado de pragas, controle biológico de pragas e demais temas pertinentes ao estudo.

2.1. A soja no Brasil

Em 1882 a soja foi introduzida no Brasil quando foram trazidos dos EUA e testados 60 materiais genéticos na Bahia. Porém, esse material não se adaptou por causa das condições climáticas de baixa latitude. Mais tarde, em 1891, foram testados novos materiais em São Paulo, dessa vez houve relativo êxito e depois, em 1900, novos materiais foram testados no Rio Grande do Sul obtendo resultados satisfatórios, pois o clima se assemelha ao dos EUA. Mesmo com sucesso nos resultados, nas décadas de 1920 a 1940, a soja ainda era utilizada como forrageira e pouco utilizada para a indústria de farelos e óleos (DALL'AGNOL, et al., 2007).

O sucesso da soja no Brasil se deu a partir das décadas de 1970 e 1980, alguns dos motivos foram a substituição de gorduras animais por óleos vegetais na alimentação humana. A queda na produção de soja pela China e União Soviética para a fabricação de rações, aumentou a demanda dessa leguminosa. O aumento na mecanização e criação de cooperativas apoiando os agricultores, também foi um fator importante para o aumento de produção (DALL'AGNOL, et al., 2007).

O sistema agroindustrial da soja é um dos mais importantes no cenário do agronegócio mundial. O grão de soja é consumido *in natura* ou como matéria-prima básica na produção de óleo comestível, grãos beneficiados, enlatados, pré-cozidos e congelados, sendo seus resíduos ou cascas utilizadas na produção de ração de diversos tipos. Trata-se uma das principais *commodities*, sendo cultivada comercialmente no Brasil há pouco mais de 40 anos (CASTRO et al., 2006; VIANA FILHO et al., 2010).

A cultura da soja no Brasil foi a principal responsável pela introdução do conceito de agronegócio. Além do grande volume físico e financeiro ela motivou produtores rurais, fornecedores de insumos e agroindústria no processo de ampliação das vantagens competitivas na produção. Essa cultura levou à efetiva modernização da agricultura, impulsionando investimentos em infraestrutura, pesquisa e desenvolvimento agrícola (BNDES, 1998).

A área de soja deve aumentar 10,0 milhões de hectares nos próximos 10 anos, chegando em 2028 a 45,1 milhões de hectares (Figura 1). As exportações de soja em grão do país, projetadas para 2027/28 são de 96,5 milhões de toneladas. Representam um aumento próximo a 26,5 milhões de toneladas em relação à quantidade exportada pelo Brasil em 2017/18 (MAPA, 2018).

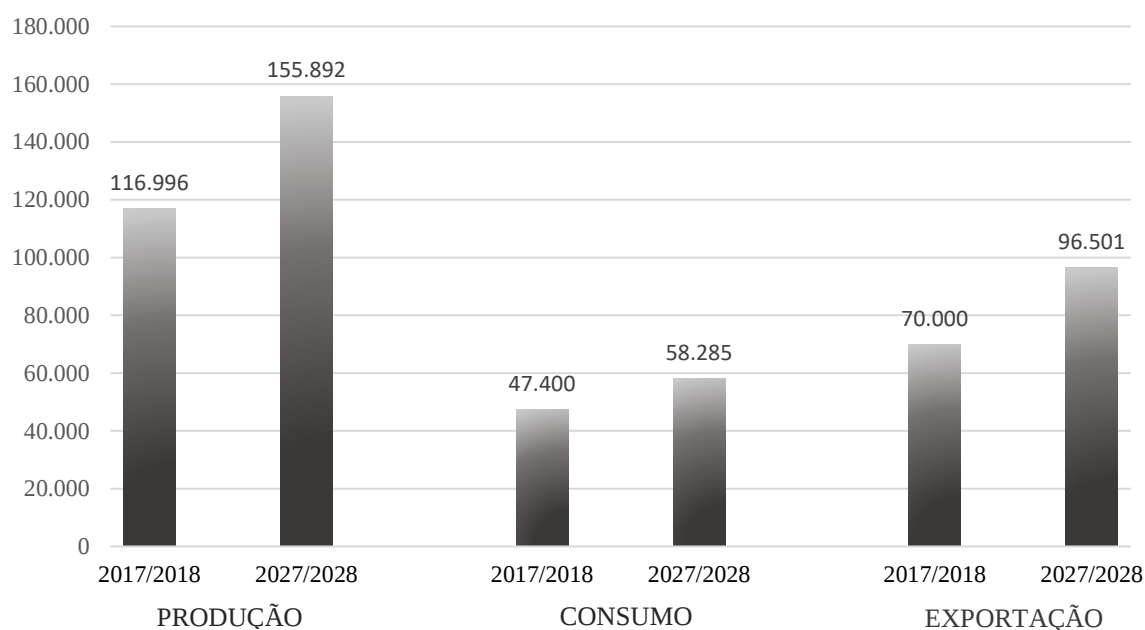


Figura 1. Produção, consumo e exportação de soja em grão no Brasil da safra 2017/2018 a safra 2027/2028 (mil toneladas).

Existe um forte impacto socioeconômico na utilização dos agroquímicos, pois seu uso afeta, de diferentes formas, os atores sociais envolvidos, tais como: a indústria química, trabalhadores, produtores rurais e consumidores. A utilização dos químicos tende a elevar a eficiência econômica pela diminuição das perdas de produtividade, porém a população desses locais tende a aceitar certa quantidade de risco adicional a sua saúde ocasionada pela utilização de agroquímicos (VEIGA, 2007; MATTHEW et al., 2010; MEISSLE et al., 2015).

2.2. Utilização de produtos fitossanitários

Agroquímicos são produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais. Sua finalidade é alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento. Sua formulação ocorre a partir da combinação de diversos componentes, por pessoa jurídica habilitada e autorizada pelo poder público, destinado a controlar ou matar uma praga (WILLIAMSON et al., 1998; MAPA, 2002; GIROTTO, 2010).

De acordo com a Lei nº 7.802/89, os órgãos da saúde e do meio ambiente, ficaram responsáveis pelas avaliações de toxicologia humana e ambiental na concessão dos registros de produtos químicos (LUCCHESI, 2005).

O uso de agroquímicos deu-se no início na década de 1940, durante a II Guerra Mundial e serviram de arma química nas Guerras da Coreia e Vietnã, sendo conhecidos como “agente laranja” e ocasionaram a morte de milhares de soldados e civis, além de contaminar o meio ambiente. Neste momento surgiu o inseticida Dicloro-difenil-tricloroetano (DDT), que logo se tornou popular por ser barato, eficiente e fácil de fabricar e isso fortaleceu a grande indústria de defensivos que se beneficiaram das vendas e desenvolvimento de novos produtos a partir deste (LUCCHESI, 2005; SOARES et al., 2008, BRAIBANTE et al., 2012).

A partir da década de 1970 foi proibida a comercialização do DDT, pois estudos comprovaram que seus resíduos permaneciam em toda a cadeia alimentar e chegava até o leite materno. Com a expansão do cultivo de soja no estado de São Paulo para outros estados na década de 1960, havia grande carência de informações sobre o manejo de pragas e doenças, então nesses estados adotou-se o mesmo método utilizado na cultura do algodão, que era em torno de 15 a 20 aplicações de defensivos por safra (LUCCHESI, 2005; PINTO et al., 2006; BRAIBANTE et al., 2012).

Além do número excessivo de aplicações, era comumente utilizado o DDT para controlar as pragas, produto altamente tóxico que trouxe impactos negativos tanto ao homem quanto ao meio ambiente. Em 1992 foi proibido no Brasil o uso de produtos à base de cloro, porém em outros países já haviam sido banidos desde 1985 (LUCCHESI, 2005; PINTO et al., 2006; SOARES et al., 2008).

Em resposta a adoção dos agroquímicos, após a Segunda Guerra Mundial entre 1940 e 1970, houve o abandono do controle biológico. Os produtores que continuaram utilizando o controle biológico tentavam demonstrar que este método era mais barato e proporcionava o controle permanente, ao mesmo tempo em que o transporte aéreo estava se tornando universal e pela primeira vez as remessas de inimigos naturais poderiam ser enviadas pelo mundo como ovos ou pupas em alguns dias no máximo, em vez de várias semanas em navios (WILLIAMSON et al., 1998; LUCCHESI, 2005; BRAIBANTE et al., 2012; VAN LENTEREN, 2012).

Desta forma, foi possível enviar espécies, liberá-los e ver se eles se estabeleceram em vez de enviar uma ou poucas espécies cuidadosamente estudadas para multiplicação e liberação. Assim, foi possível estudar de maneira correta os insetos e promover o sucesso deste manejo (JUNIOR et al., 2000; VAN LENTEREN, 2012).

No Brasil até 1989, os agroquímicos eram submetidos somente a testes de avaliações toxicológicas e de eficácia agrônômica. Após a regulamentação da Lei 7.802, de 11 de julho de

1989, pelo Decreto no 98.816, de 11 de janeiro de 1990, passaram a ser exigidas também a avaliação e a classificação do potencial de periculosidade ambiental (LUCCHESI, 2005).

Compete ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) realizar a avaliação da eficácia agronômica, ao Ministério da Saúde, executar a avaliação e a classificação toxicológica e ao Ministério do Meio Ambiente, por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), avaliar e classificar o potencial de periculosidade ambiental. Os órgãos estaduais e do Distrito Federal, dentro de sua área de competência, devem realizar o controle e a fiscalização da comercialização e uso desses produtos na sua jurisdição (PERES et al., 2003; LUCCHESI, 2005).

Considerando a importância da soja tanto na alimentação humana como na animal, destaca-se a necessidade de fiscalização da aplicação de agroquímicos na produção desta leguminosa. O modelo de produção agrícola brasileiro, historicamente, baseia-se na utilização de agroquímicos para compensar problemas do processo produtivo. Os agroquímicos foram utilizados na tentativa de corrigir as necessidades do solo, prevenir e eliminar as pragas que prejudicariam a produtividade para aumentar a produtividade e elevar a eficiência econômica do processo produtivo rural (VEIGA, 2007; VIANA FILHO et al., 2010).

A necessidade do uso de agroquímicos nos sistemas produtivos rurais se dá para compensar as perdas e por isso se sustentam, caso contrário, não seria viável a produção. Seria totalmente desastrosa e inaceitável pelos produtores de diversos cultivos, a proposição de métodos de produção em que fosse vedado, repentinamente, o uso de químicos. Os agricultores argumentam que, na redução do uso de inseticidas, a perda na produtividade seria superior a 0,5 saco por hectare, numa visão exclusivamente financeira é compensador manter um número elevado de aplicações de inseticidas (MORAES et al., 2005; PINTO et al., 2006; VEIGA, 2007; GAZZONI, 2012).

A avaliação toxicológica de agroquímicos é realizada pelo Ministério da Saúde (ANVISA), observando os efeitos sobre a saúde humana. Este procedimento ocorre com a avaliação de testes toxicológicos em animais experimentais e microorganismos. Mas além destes testes, o Estado deve realizar uma análise custo-benefício para que se atinja esse nível de equilíbrio na utilização e controle dos agroquímicos. Uma legislação mais restritiva ao uso de agroquímicos pode gerar um ganho socioeconômico significativo (GODOY et al., 2004; VEIGA, 2007).

A produção biológica de alimentos em larga escala é comumente mais cara que o manejo convencional utilizando químicos. Isso significa que a população de renda mais baixa

pode ter grande dificuldade de adquirir os “produtos biológicos”. Pode-se afirmar então, que a maioria da população é obrigada a consumir muitos produtos obtidos de forma tradicional (MORAES et al., 2005).

A redução da dose do inseticida implicará menor mortalidade de pragas, porém significará também a preservação de uma parcela maior dos agentes de controle biológico. Em geral, aceita-se que o controle de 80% da população de pragas representa a melhor relação entre necessidade de controle da praga e preservação de inimigos naturais (CORSO et al. 1999; MEISSLE et al. 2015).

Além de erradicar as pragas, os agroquímicos também eliminariam seus inimigos naturais. E, ainda temos o fato de que alguns indivíduos são mais resistentes, sendo assim, as pragas podem não ser completamente eliminadas, restando indivíduos com genótipo cada vez mais forte. Isso faz com que a praga volte mais resistente e em níveis populacionais maiores do que antes da aplicação química (JUNIOR et al., 2000; PRETTY, BHARUCHA, 2015; MEISSLE, et al., 2015; THANCHAROEN et al., 2018).

O custo marginal do uso de agroquímicos pelo agricultor inclui itens tal como o preço do insumo, o custo do trabalho do aplicador e o material usado na aplicação (Figura 2), por outro lado, não inclui os danos à fauna e flora, à qualidade da água e do solo e à saúde humana (SOARES et al., 2008).

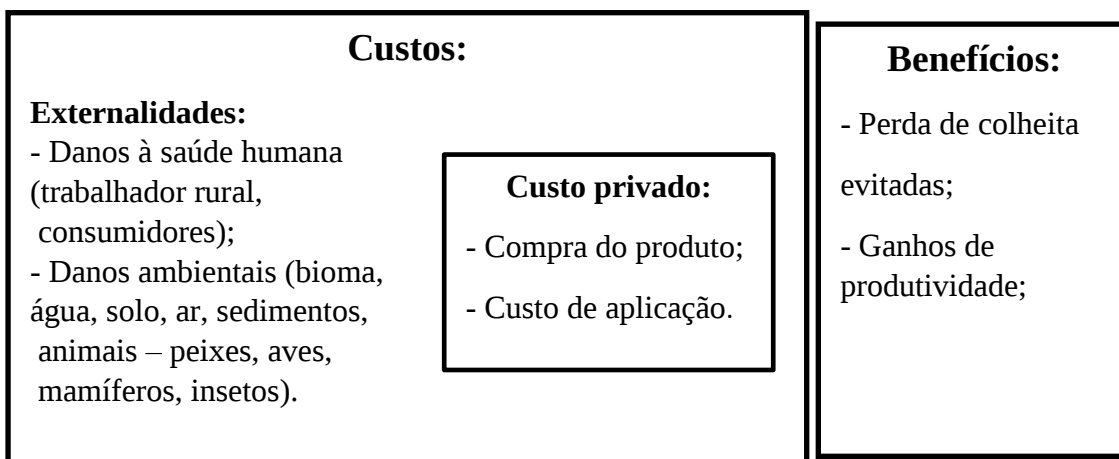


Figura 2. Custos na utilização dos agrotóxicos considerados pelo produtor rural.

Apesar dos agroquímicos serem relevantes na redução das perdas agrícolas, o controle químico tem gerado controvérsias. Um dos principais alvos de preocupação com a saúde humana pelo mundo é a elevação dos níveis de exposição dos produtores rurais e consumidores a esses agentes químicos. Além disso, o uso indiscriminado de pesticidas, como forma de

controle populacional, contribui para o aumento da proliferação de pragas nas culturas, por eliminar seus inimigos naturais. Diante disso, houve um grande aumento de pragas e doenças agrícolas (WILLIAMSON et al., 1998; GODOY et al., 2004; FRITZ et al., 2008; PRETTY, BHARUCHA, 2015; THANCHAROEN et al., 2018).

O excesso de aplicação de agroquímicos tem como uma de suas consequências o desequilíbrio entre pragas e seus inimigos naturais, fazendo com que aquelas desenvolvam populações muito superiores às que seriam observadas, caso houvesse um controle biológico natural eficiente. Durante a primeira década deste século, ocorreram mudanças sensíveis no status de pragas principais, na sua densidade populacional e seus danos, com o surgimento de novas pragas e a ocorrência de altas populações de pragas anteriormente consideradas secundárias. A principal praga da cultura da soja no Brasil é o percevejo-marrom *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). Existe grande dificuldade de controle desta praga, sendo um dos motivos o fato de existir poucos grupos químicos disponíveis para o controle; eles têm grande capacidade migratória e alto potencial reprodutivo. Isso os torna resistentes, sobrevivendo entre uma safra e outra (QUINTELA et al., 2007; GAZZONI, 2012; GRIGOLLI et al., 2018).

Um dos aspectos de notável avanço na legislação pátria é que só é permitido o registro de novo produto agrotóxico mediante comprovação de toxicidade igual ou menor aos já registrados para o mesmo fim. Buscando, assim, melhor preservação da saúde pública e do meio ambiente (GIROTTI, 2010).

Os constantes questionamentos sobre o prejuízo trazido pelos agroquímicos fizeram com que se tornasse forte a produção e o consumo de produtos orgânicos, produzidos sem o uso daquelas substâncias. Têm-se defendido o controle biológico de pragas, que se trata da utilização de um ser vivo, cuja presença inviabiliza o desenvolvimento da praga, tanto na agricultura quanto na área urbana. Já existem várias tecnologias viáveis, como por exemplo, a bactéria *Wolbachia*, que não faz mal ao ser humano e impede a proliferação do mosquito da dengue (LUCCHESI, 2005).

O controle químico deve ser visto como auxiliar do controle biológico, e não como uma medida incompatível, unindo-as para se obter resultados satisfatórios e mais duradouros. Os impactos sobre os inimigos naturais no manejo entre os controles químico e biológico são necessários para se conhecer as formas de seletividade e as condições de uso de um inseticida (CORSO et al., 1999; PANIZZI, 2006; MEISSE et al., 2015; PRIMAVESI, 2016; THANCHAROEN et al., 2018).

Cabe ressaltar que os agroquímicos fazem parte do conjunto de tecnologias associadas ao processo de modernização da agricultura, que ocorreu a partir da década de 1960. O objetivo principal era aumentar a produtividade da agricultura para atender aos desafios da demanda mundial crescente de alimentos. Essa medida para aumento da produtividade é extremamente viável e de rápido retorno, tornando-se mais atrativa do que os métodos alternativos e por este motivo o controle biológico ainda é preterido. A proteção de plantas nos métodos convencionais, por meio do uso de pesticidas, apresenta características extremamente atraentes, como a simplicidade, a previsibilidade e a necessidade de pouquíssimo entendimento dos processos básicos do agroecossistema para a sua aplicação. Por exemplo, para obter-se sucesso com a aplicação de um herbicida de amplo espectro é importante o conhecimento de como aplicar o produto, sendo necessária pouca informação sobre a ecologia e a fisiologia de espécies (GHINI et al., 2000; BETTIOL, 2002; MOSCARDI, 2003).

Com a ampliação da adoção do MIP a tendência é que tenha uma diminuição na quantidade total utilizada de agroquímicos como inseticidas/acaricidas, pois serão utilizados produtos mais potentes, ou seja, que eliminam as pragas em menor concentração. Embora o controle biológico seja a primeira e preferida linha de defesa no controle de pragas, nem sempre pragas, doenças ou ervas daninhas em uma determinada cultura podem ser mantidos abaixo dos níveis de controle. Portanto, os métodos de redução de pragas utilizando também agroquímicos são necessários (WILLIAMSON et al., 1998; BETTIOL, 2002; VAN LENTEREN, 2012).

Para monitorar as pragas nas lavouras de forma eficaz, faz-se necessária a amostragem através do pano de batida. Os percevejos começam a causar danos econômicos quando atingem populações superiores a 4 percevejos/2 metros de fileira de soja e isso apenas no período de desenvolvimento das vagens e enchimento dos grãos. Porém, na fase vegetativa ou de florescimento essa praga não causa danos econômicos a produção e não precisam ser controladas (CORRÊA-FERREIRA, 2003; GUEDES et al., 2006; STÜRMER et al., 2014).

Para melhor tomada de decisão no controle de pragas é fundamental que seja realizada a amostragem para conhecer as espécies presentes na lavoura. No caso de não realização da amostragem através do pano de batida, o agricultor pode tomar decisões equivocadas acerca de qual medida de controle utilizar, bem como dosagens incorretas ou aplicações desnecessárias (SUJII et al., 2002; CORRÊA-FERREIRA, 2003; STÜRMER et al., 2014; GRIGOLLI et al., 2018).

A alternância do princípio ativo do inseticida é importante para evitar que sejam selecionados indivíduos resistentes, proporcionando o surgimento de novos biótipos de insetos-

praga. O emprego correto dos métodos culturais, químicos e biológicos proporciona a diminuição da população de insetos-praga, com menor agressão ao meio ambiente (CORRÊA-FERREIRA et al., 1999; SUJII et al., 2002; FRITZ et al., 2008).

Há ainda um maior potencial para o desenvolvimento da resistência das pragas, dos fitopatógenos e das plantas invasoras aos agroquímicos que resulta na necessidade de se utilizar doses mais elevadas, ou de se misturar agroquímicos ou ainda de se elevar a frequência das pulverizações. O que aumenta ainda mais o seu potencial de dano ao homem e ao meio ambiente (WILLIAMSON et al., 1998; BETTIOL, 2002; MOSCARDI, 2003; VEIGA, 2007).

A adoção do MIP é a alternativa mais adequada, pois, gradativamente diminui-se a utilização de agroquímicos. E uma redução compulsória da utilização de agroquímicos poderia provocar externalidades que normalmente passariam despercebidas pela maioria da população (desemprego, aumento dos custos de produção, perdas de escala, redução de oferta de produtos e queda da competitividade da economia rural local (MOSCARDI, 2003; VEIGA, 2007; THANCHAROEN et al., 2018).

Dentre os entraves a adoção de métodos alternativos de controle fitossanitário, está a eficiência imediata dos produtos químicos comparados ao controle biológico. Outra questão abordada é que os inimigos naturais são mais específicos para cada praga. E, nos cursos técnicos, a formação raramente é voltada para práticas alternativas e grande parte dos técnicos trabalha em empresas vinculadas a venda de químicos, influenciando na decisão do agricultor e desestimulando a adoção do controle biológico (CAMPANHOLA et al., 2003; GAZZONI, 2012).

O sucesso da implantação do MIP se dá através de treinamento tanto de quem oferece essa alternativa quanto para o agricultor que irá utilizar. Outro ponto importante é a influência do Governo na promoção e divulgação deste tipo de manejo como no caso das Filipinas em que o prefeito de Atok proibiu a publicidade de inseticidas químicos em seu município e promoveu a utilização de métodos alternativos para o controle de pragas (WILLIAMSON et al., 1998).

A preocupação com o uso de agroquímicos de baixo impacto sobre os organismos benéficos foi por muitos anos negligenciada. Após desastrosos exemplos de desequilíbrio ambiental provocados pelo emprego abusivo e inadequado de agentes químicos é que a comunidade científica despertou para a necessidade de adotar medidas de racionalização do uso de agroquímicos na agricultura (PARRA et al., 2002).

Na Europa, tem-se adotado normas mais rígidas para registros de novos produtos químicos de uso agrícola, a exigência principal é baixa toxicidade para mamíferos e seletividade

aos organismos benéficos. Com isso, houve um aumento no número de testes com o objetivo de compatibilizar o controle químico e biológico, porém, são poucos países que adotam essas práticas. Existem intercâmbios hoje, com o objetivo de padronizar esses métodos de análise afim de permutar resultados de pesquisas (PARRA et al., 2002).

A presença de pragas em proporções inferiores ao nível que possa causar danos econômicos, não torna necessárias medidas de controle químico. Pois, essas aplicações prejudicam insetos benéficos à agricultura, como os inimigos naturais (MOSCARDI, 2003; PANIZZI, 2006; FRITZ et al. 2008; CARVALHO et al., 2012; BUENO et al., 2012; GAZZONI, 2012).

2.3. Manejo Integrado de Pragas

Nas décadas de 1950 e 1960, surgiu o conceito integrado de controle de pragas, cuja característica é empregar com maior amplitude as táticas de controle dos agentes nocivos. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) nas lavouras é um conjunto de práticas tecnológicas e seus efeitos são potencializados sob sistemas que envolvem a sinergia entre plantas, em rotação e sucessão e, sobretudo busca o equilíbrio com a natureza, ao otimizar a atuação de inimigos naturais, com o uso mínimo de inseticidas. O MIP é definido como um sistema de manejo de pragas que associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie, utiliza todas as técnicas apropriadas e métodos de controle, de forma tão compatível quanto possível e mantém a população da praga em níveis abaixo daqueles capazes de causar dano econômico (WILLIAMSON et al., 1998; QUINTELA et al., 2007; CARVALHO, et al., 2012).

O MIP trata-se da utilização de táticas de controle associadas, levando em consideração a relação custo/benefício, bem como o interesse e/ou impacto no ambiente, produtores e sociedade, baseado nos preceitos ecológicos, econômicos e sociais. Com a busca constante por métodos menos agressivos ao meio ambiente, a fim de minimizar os danos já causados. Entre as técnicas do MIP, destaca-se a análise do nível de dano econômico, o qual estabelece que não há necessidade de aplicar medidas de controle de imediato para qualquer praga que ataque a soja, considerando a tolerância que a planta possui a um determinado nível populacional de pragas e o seu dano consequente (MOSCARDI, 2003; PRAÇA et al., 2006; VEIGA, 2007).

As medidas de controle só se justificam quando existe possível dano econômico. Uma vez determinado o nível populacional que causa o prejuízo econômico, faz-se necessário avaliar o parasitismo e predação, observados ao longo do programa de monitoramento, para a

determinação da tendência de crescimento populacional do inseto (CORRÊA-FERREIRA, 2003; MOSCARDI, 2003; PRAÇA et al., 2006; VEIGA, 2007).

O MIP da soja desenvolvido e implementado no Brasil foi um dos mais bem-sucedidos programas de manejo de pragas no mundo. Estabelecido durante a década de 1970, mostrou um tremendo nível de adoção pelos produtores, diminuindo a quantidade de inseticida em mais de 50%. Incluía abordagens excepcionais de campo e tomada de decisão, considerando os níveis de prejuízo econômico para as principais pragas (PANIZZI, 2006).

Com a adoção do sistema de plantio direto e da introdução de culturas múltiplas mais intensas, o programa começou a diminuir durante os anos 2000. Com o passar do tempo, o MIP da soja tornou-se uma tecnologia de controle esquecida. Além disso, o baixo preço dos agroquímicos adicionados à baixa entrada da extensão para promover o MIP contribuiu para a presente situação de abandono deste manejo (PANIZZI, 2013).

No entanto, aumento gradativo no número de pragas resistentes e os efeitos colaterais negativos ao ambiente provocados pelos inseticidas químicos, somados à maior conscientização da população sobre a necessidade de consumo de alimentos seguros, vêm significativamente contribuindo para o avanço no conhecimento e disponibilização de novas tecnologias para o manejo das pragas agrícolas. Com a diminuição do apoio público a utilização de agroquímicos juntamente com as restrições regulatórias, houve uma maior pressão sobre os agricultores em produzir alimentos com menos resíduos tóxicos (WILLIAMSON et al. 1998; CASTLE et al., 2009; CRUZ, 2015).

O manejo sustentável deve focar na praga que está presente na lavoura e que pode causar danos econômicos caso não seja controlada. Diante disso, o agricultor deve tomar a decisão de qual medida adotar para controlar essa praga se baseando no valor de referência de infestação e posteriormente continuar monitorando a área para confirmar se há a necessidade de aplicar mais algum tipo de manejo. No estado do Paraná, com o MIP, conseguiu-se reduzir as aplicações de químicos de 8 a 12 para 1 a 3. Assim, o cultivo se torna mais lucrativo pela redução drástica nos custos de aplicações de defensivos (CORRÊA-FERREIRA et al., 2013; CRUZ, 2015; PRIMAVESI, 2016;).

O MIP na cultura da soja tem como principal objetivo proteger a lavoura evitando perdas econômicas decorrentes do ataque de pragas. Entretanto, o uso dos inseticidas “na carona” dos fungicidas, sem uma avaliação precisa do nível populacional das pragas na lavoura, tem proporcionado resultados desastrosos para o manejo de pragas, além de, muitas vezes,

acelerar o processo de seleção de populações resistentes de insetos aos inseticidas (BUENO et al., 2012; GAZZONI, 2012; CORRÊA-FERREIRA et al., 2013; CONTE et al., 2017).

A aplicação de qualquer inseticida precisa ser racional e econômica, sendo, portanto, somente justificável quando a densidade populacional de alguma praga estiver em níveis que reconhecidamente ameacem a lucratividade da lavoura. Aplicações de inseticidas realizadas de forma preventiva não trazem bons resultados agrônômicos, aumentam o custo de produção, além de colocar em risco a saúde do homem e do ambiente. Para diminuir o custo de aplicação de químicos, muitos agricultores fazem aplicações conjuntas de herbicidas e de um ou mais inseticidas, na maioria das vezes sem necessidade, e em desacordo com a legislação vigente. O mesmo acontece no controle de ferrugem asiática, em que o agricultor adiciona inseticidas no tanque de aplicação, com o objetivo de diminuir custos (BUENO et al., 2012; GAZZONI, 2012; CORRÊA-FERREIRA et al., 2013; CONTE et al., 2017).

A compreensão de como as práticas de manejo agrícolas interferem negativamente na biodiversidade dos ecossistemas agrícolas permitirá aos produtores a incorporação de estratégias de conservação das espécies e restauração de áreas degradadas. Assim, o MIP busca o controle racional de pragas, através de diferentes métodos (FRITZ et al., 2008).

Poucas regiões no mundo detêm de fronteiras agrícolas que possam ser exploradas e, como agravante, em muitos lugares não há mais terras aráveis disponíveis. Em outras palavras, a expansão da área plantada seria ambientalmente e socialmente inaceitável. Para minimizar o problema é necessário que se concentrem esforços no sentido de promover a elevação dos índices de produtividade agrícola, através da adoção de tecnologias e do uso de boas práticas agrícolas, referendadas na segurança alimentar (GODOY et al., 2004).

Um ponto importante a se considerar é a utilização de um inseticida ecologicamente seletivo, pois, permite que o produto, mesmo quando não seletivo fisiologicamente, preserve os inimigos naturais na área tratada, minimizando, conseqüentemente, o impacto negativo dessa prática agrícola. O controle biológico é cada vez mais importante em programas de MIP, principalmente neste momento em que se discute cada vez mais a produção integrada rumo a uma agricultura sustentável (PARRA et al., 2002; BUENO et al., 2012).

Ao invés de diminuir a dosagem de agentes químicos contra pragas, o ideal é utilizar um inseticida seletivo, pois assim poderia fornecer o controle necessário a praga, mantendo uma porção necessária de inimigos naturais para continuar com o controle natural. O primeiro passo para um manejo de pragas sustentável é minimizar o uso de inseticidas utilizando todos os métodos de controle não químicos concebíveis. Outro ponto importante é antecipar através

do histórico da propriedade métodos de controle provisórios para um corte prematuro das pragas. Deve-se evitar tratamentos desnecessários para o uso responsável dos inseticidas quando não há o total controle das pragas de maneira natural (PANIZZI, 2006; CASTLE et al. 2009).

Os impactos dos programas de MIP vão muito além dos efeitos econômicos imediatos nas fazendas onde as práticas são aplicadas. Quando o manejo integrado de pragas é adotado por um grande número de produtores, resultando em reduções de custos e mudanças na oferta pode influenciar nos preços da *commodity*. O MIP também pode gerar benefícios reduzindo o uso de agroquímicos consequentemente, seu dano ambiental. Os efeitos positivos refletem-se na qualidade da água, segurança alimentar para seres humanos e animais e sustentabilidade a longo prazo. Esse sistema de controle de pragas gera benefícios que potencialmente pode ser medido em termos econômicos (NORTON et al., 1994).

2.3.1. Controle biológico de pragas

O controle biológico é um fenômeno natural, que consiste na regulação do número de plantas e animais pelos inimigos naturais. Atua de tal forma que, sempre uma população é regulada por outra população, ou seja, um ser vivo é sempre explorado por outro ser vivo e com efeitos na regulação do crescimento populacional, e assim mantendo o equilíbrio da natureza. Do ponto de vista econômico, um inimigo natural efetivo é aquele que é capaz de regular a densidade populacional de uma praga e mantê-la em níveis abaixo daquele de dano econômico estabelecido para um determinado cultivo (MAPA, 2002; PARRA et al., 2002; GODOY, 2005; MATTHEW et al., 2010).

Agente biológico de controle é o organismo vivo, de ocorrência natural ou obtido por manipulação genética, introduzido no ambiente para o controle de uma população ou de atividades biológicas de outro organismo vivo considerado nocivo (MAPA, 2002).

O controle biológico aplicado envolve a interferência do homem e funciona no sentido de incrementar as interações antagônicas que ocorrem entre os seres vivos na natureza. Esse tipo de controle pode ser clássico, conservativo e aumentativo.

O controle biológico clássico envolve a importação dos agentes de controle de um país para outro ou de uma região para outra, de modo a estabelecer um equilíbrio biológico a uma dada praga (PARRA et al., 2002; GODOY et al. 2015). Em muitos casos, o complexo de inimigos naturais associados com um inseto-praga pode ser inadequado. Isto é especialmente evidente quando um inseto-praga é acidentalmente introduzido em uma nova área geográfica

sem seus inimigos naturais, o que envolveria então, a procura e a introdução do inimigo natural apropriado para a praga ou espécies proximamente relacionadas. Uma série de estudos, no entanto, devem ser realizados previamente com esses agentes de controle para que haja certeza no que diz respeito à segurança e efetividade, antes da implantação do programa (PARRA et al., 2002; GODOY et al. 2015).

Em muitos casos, o complexo de inimigos naturais associados com um inseto-praga pode ser inadequado. Isto é especialmente evidente quando um inseto-praga é acidentalmente introduzido em uma nova área geográfica sem seus inimigos naturais, o que envolveria então, a procura e a introdução do inimigo natural apropriado para a praga ou espécies proximamente relacionadas. Uma série de estudos, no entanto, deve ser realizada previamente com esses agentes de controle para que haja certeza no que diz respeito à segurança e efetividade, antes da implantação do programa (PARRA et al., 2002; GODOY et al. 2015).

No controle biológico aumentativo os inimigos naturais são periodicamente introduzidos e liberados, após a criação massal em laboratório. E comercialmente aplicado em grandes áreas em vários sistemas de cultivo ao redor do mundo (CORRÊA -FERREIRA et al., 1999; BETTIOL et al., 2002; PARRA et al., 2002; MATTHEW et al., 2010).

Segundo Parra et al. (2002), Goodoy et al. (2005) e Matthew et al., 2010, três formas de liberações aumentativas de inimigos naturais podem ser distinguidas:

1. Liberação inundativa: os inimigos naturais são criados massalmente em laboratório, sendo periodicamente liberados em grandes números para obter um efeito de controle imediato de pragas por uma ou duas gerações, isto é, esses organismos são usados como “inseticidas biológicos”. É utilizado em culturas anuais, ou em cultivos onde o nível de dano é muito baixo, exigindo um rápido controle da praga nos estágios iniciais da infestação, ou em cultivos onde ocorre somente uma geração da praga;

2. Liberação inoculativa: os inimigos naturais são liberados em número limitado, ou seja, somente um pequeno número é liberado, com o objetivo de supressão em longo prazo da população da praga. É aplicado em culturas perenes ou semiperenes e florestas, sendo típica do controle biológico clássico;

3. Liberação inoculativa sazonal: os inimigos naturais são liberados em casas de vegetação, com cultivos de curta duração, no período de ocorrência da praga. Um relativamente, grande número de inimigos naturais é liberado tanto para obter um controle imediato como para permitir o crescimento da população do agente de controle durante o ciclo do cultivo.

Várias tendências atuais estimularão a aplicação do controle biológico. Em primeiro lugar, a diminuição de novos inseticidas devido aos custos crescentes de desenvolvimento e cadastro. Em segundo lugar, as pragas continuam a desenvolver resistência a qualquer tipo de pesticidas, um problema particularmente prevalente em estufas, onde o manejo intensivo e aplicações repetidas de agroquímicos exercem forte pressão seletiva em organismos de pragas. Em terceiro lugar, há uma forte demanda do público em geral para reduzir o uso de agroquímicos (MATTHEW et al., 2010; VAN LENTEREN, 2012).

Diferentemente do controle químico, o controle biológico não apresenta efeito imediato e total sobre as pragas e geralmente esse efeito está abaixo do necessário para o controle. Sendo importante a necessidade de integrar este método com outras práticas afim de torná-la mais eficiente, comumente chamada de controle integrado (JUNIOR et al. 2000).

A ideia de que o controle biológico é menos confiável do que o controle químico surgiu principalmente resultado de uma forte pressão para comercializar inimigos naturais que não foram totalmente testados quanto à sua eficácia. No entanto, a filosofia da maioria dos pesquisadores de controle biológico é defender o uso apenas daqueles inimigos que provaram ser eficazes em condições práticas para uma determinada cultura (VAN LENTEREN, 2012).

Costuma-se pensar que encontrar um inimigo natural é mais caro e leva mais tempo do que identificando um novo agente químico. Porém, o que acontece é o oposto, os custos para o desenvolvimento de um inimigo biológico é, em média, de US\$ 2 milhões, enquanto, para desenvolver um pesticida se atinge, em média, US\$ 180 milhões, e ambos os métodos geralmente levam uma média de 10 anos para resultar em uma solução comercializável (MATTHEW et al., 2010; VAN LENTEREN, 2012).

O desenvolvimento de novos agroquímicos tornou-se cada vez mais difícil. Com muito mais potencial os produtos químicos precisam ser rastreados, os custos gerais de produção estão subindo rapidamente e mais pesquisa é necessária antes que novos agroquímicos sejam legislados. A taxa em quais insetos estão desenvolvendo resistência a novos e complexos agroquímicos não está, no entanto, diminuindo. O controle químico de pragas resultou em mais de 500 espécies de insetos resistente a um ou mais pesticidas. Quase sem exceção, tentativas de erradicar insetos-praga falhou e insetos nocivos sobreviveram a todas as táticas químicas inventadas para destruí-los (MATTHEW et al., 2010; VAN LENTEREN, 2012).

Os benefícios do controle biológico devem ser reconhecidos pelos consumidores e pela sociedade, pois a redução na aplicação de agroquímicos na produção dos alimentos e a opção de adotar um manejo de pragas sustentável, agregam valor ao produto, pois fornecem alimentos

mais saudáveis tanto para quem os consome quanto para quem produz (MEDEIROS et al. 2006).

A maioria das pesquisas sobre controle biológico é voltada para a comprovação da eficácia deste manejo, porém pouco se fala sobre as criações, transporte e formas de armazenamento. A falta de conhecimento sobre a liberação dos parasitóides torna essa prática muitas vezes ineficaz, gerando incredibilidade pelo produtor. O desafio do controle biológico é o de desenvolver inimigos naturais altamente eficientes, sistemas de criação em larga escala e sistemas de comercialização abrangentes e adequados, a um custo competitivo com os produtos fitossanitários (PARRA et al., 2002; GAZZONI, 2012).

No método de controle biológico dos percevejos são utilizados os parasitóides de ovos *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae) e *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). Microhimenópteros medem 1 mm de comprimento, de cor preta, os adultos depositam seus ovos no interior dos ovos dos percevejos, matando o embrião e se alimentando dele. No interior dos ovos do hospedeiro, os parasitóides passam por diferentes estágios de desenvolvimento: ovo, larva e pupa. Ao completar o desenvolvimento, cerca de 10-12 dias após o parasitismo, inicia-se a emergência dos adultos, com os machos emergindo um a dois dias antes do que as fêmeas (Figura 3), assim ao invés de nascerem mais percevejos, nascem vespas que não causam danos as lavouras. Esses parasitóides ocorrem naturalmente nas lavouras de soja, porém, o uso inadequado de inseticidas é um dos fatores que prejudicam a sua eficiência (MOSCARDI 2003; BUENO et al., 2012).

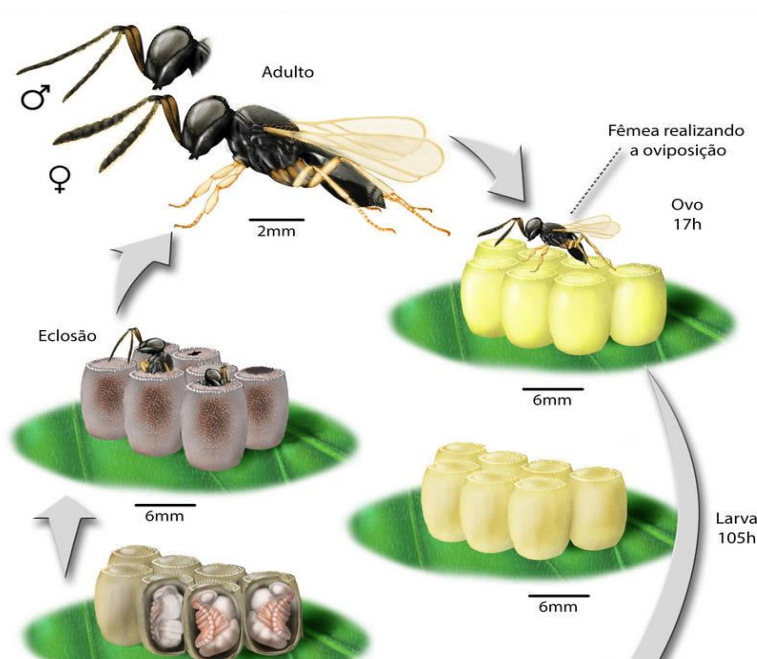


Figura 3. Ciclo de desenvolvimento do parasitoide de ovos de percevejo *Telenomus podisi*.

Essas vespas possuem uma grande vantagem em relação ao uso de produtos fitossanitários, que é a capacidade de parasitar ovos localizados em diferentes regiões das plantas, inclusive em locais onde a calda do pulverizador com inseticidas dificilmente atinge (SIMONATO et al., 2014).

Uma das mais importantes ferramentas de programas de MIP é a regulação de populações de pragas por meio de agentes bióticos (predadores, parasitóides, entomopatógenos e microrganismos antagonistas de fitopatógenos) contribuindo para a sustentabilidade ecológica de agroecossistemas. O controle biológico ocorre naturalmente e pode ser preservado ou aumentado em agroecossistemas, agentes naturais de controle podem ser importados dos países de origem da praga para os países onde uma determinada praga foi introduzida (MOSCARDI, 2003).

Para a população geral e consumidores, a principal vantagem do uso do controle biológico é que não polui o meio ambiente e não deixa resíduos em alimentos. Já para os agricultores, o que dificulta a adoção dessa prática é que exige o acompanhamento da população de pragas ao longo da cultura e isso consome mais tempo, estudos e dedicação (MORAES et al., 2005; MATTHEW et al., 2010).

O Laboratório Costa Lima da Embrapa, localizada em Jaguariúna-SP, credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é o único no Brasil autorizado a introduzir agentes de controle biológico. O qual já recebeu mais de 773 espécies desses agentes do Brasil de 1991 a 2013(SA, PESSOA, 2014).

Com o exagero na dosagem de agroquímicos, houve uma reação da natureza onde pragas que antes eram tratadas como secundárias passaram a causar danos nas lavouras. As pragas que eram controladas por produtos fitossanitários, passaram a ser mais resistentes, pois os indivíduos fracos eram exterminados e restavam as pragas mais fortes, tornando a genética mais resistente. O objetivo principal do controle biológico é exatamente este, reduzir o número

de pragas resistentes aos químicos, e conseqüentemente, a redução de exposição dos consumidores aos agroquímicos. Foi assim, que há cerca de cinquenta anos desenvolveu-se o manejo integrado de pragas, cujo objetivo é conciliar diversas práticas de controle de pragas, reduzindo o uso de agroquímicos (CORREA-FERREIRA et al., 1999; MORAES et al. 2005).

O controle de *Carpocapsa* da macieira (*Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae)) já é realizado exclusivamente com feromônios em diversas localidades dos Estados Unidos e Europa. Para a redução da aplicação de agroquímicos na planta, são utilizados métodos de agricultura de precisão, permitindo o emprego de agroquímicos apenas nas reboleiras onde ocorre a doença, a praga ou a planta invasora e não em toda a área. Desta forma, busca-se aumentar a eficiência, minimizando os impactos ambientais e aumentando a competitividade (GHINI et al., 2000).

No Brasil, aproximadamente 50% das áreas de cana-de-açúcar utilizam controle biológico com resultados satisfatórios, sendo este, o maior programa de controle biológico do mundo. Além desses, existem outros casos de sucesso com a adoção deste tipo de manejo como o controle da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), que se trata da principal praga da cultura no Brasil, cujo controle é realizado basicamente com o parasitóide de fase larval *Cotesia flavipes* e o parasitóide de ovos *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). E na cultura da soja, o uso do parasitóide *Trissolcus basal* para o controle de percevejos fitófagos e de *Baculovirus anticarsia* para a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*) vem sendo bastante utilizada como método de controle biológico (GHINI et al., 2000; SIMONATO et al., 2014).

Todos os casos de sucesso de controle biológico no Brasil tiveram o suporte de entidades ou órgãos que oferecem relevantes serviços de atendimento ao usuário. Atendendo-o diretamente, divulgando a tecnologia por meio de publicações, promovendo dias de campo, campos de demonstração etc. (PARRA et al., 2002).

A difusão dos conceitos e princípios envolvidos no controle biológico é deficiente, pois na maioria dos cursos de engenharia agrônoma e engenharia florestal não há programas curriculares aplicados ao desenvolvimento e utilização de controle biológico. Além disso, ainda é limitada a consciência dos consumidores sobre os problemas de saúde pública e ambiental causados pelo uso intensivo de agroquímicos e sobre as vantagens do controle biológico. Outro problema é que há poucos programas específicos para o financiamento de pesquisa e produção que permitam o desenvolvimento e a produção em larga escala dos produtos biológicos, como também, não há incentivos tributários para a produção e uso de agentes de controle biológico,

ocasionando pouco interesse dos produtores para esta alternativa de manejo (BETTIOL et al., 2009).

Mesmo com pesquisas que apresentam resultados positivos sobre a utilização do controle biológico, existe alguma rejeição dessa prática no Brasil. E um dos motivos da desconfiança dos produtores rurais são os resultados inconsistentes ao nível de campo, que tem gerado perda de credibilidade em sua ação (SUJII et al., 2002; BETTIOL et al., 2009).

A ação, muitas vezes, lenta dos microrganismos tem gerado desconfiança por parte de agricultores quanto a sua efetividade. Um dos principais problemas é a falta de metodologias adequadas para a produção massal de vespas parasitóides de ovos de percevejos. As dificuldades para a compra dessas no mercado são um fator de restrição na área fitossanitária para a expansão da área plantada de soja orgânica, tanto no cerrado como em outras regiões do País (SUJII et al., 2002; BETTIOL et al., 2009).

A importância da análise da viabilidade em qualquer tipo de produção é essencial para o sucesso do negócio, o manejo de pragas não foge à regra. O custo/benefício deve ser compatível com a cultura e com as outras medidas de controle (PARRA et al., 2002; MATTHEW et al., 2010).

Assim, enquanto em cana-de-açúcar mais do que duas liberações de *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) inviabilizariam a utilização do controle biológico, em tomate rasteiro (industrial) é possível fazer dez liberações de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e mais dez aplicações do *Bacillus thuringiensis*, além de acaricidas, pois a cultura é de alta rentabilidade. A multiplicação e a liberação de agentes de controle biológico em programas de controle aplicado são muito importantes e podem ser viáveis economicamente, se executados de maneira e condições adequadas (PARRA et al., 2002; BUENO et al., 2012).

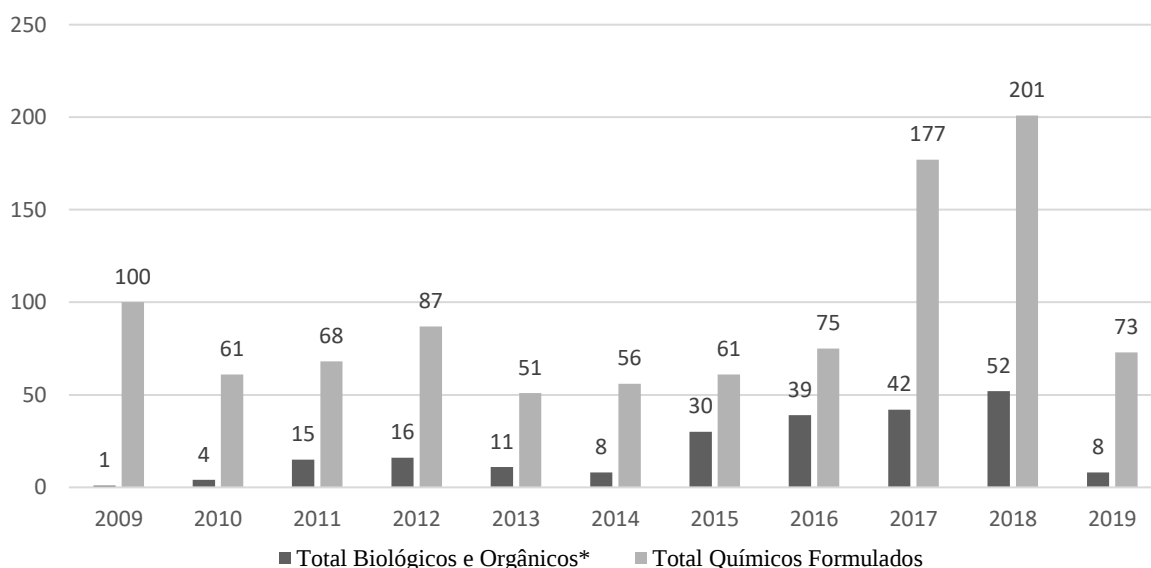
Outras táticas de manejo, incluindo o emprego de agroquímicos seletivos, somente devem ser utilizadas para complementar o controle biológico natural e utilizados como último recurso. E serem aplicadas nesse caso, harmoniosamente com a preservação do controle biológico, no sentido de uma verdadeira prática do manejo integrado, cujo conceito encerra princípios econômicos, ecológicos e toxicológicos (BUENO et al., 2012).

O monitoramento das populações dos insetos-praga é importante para o conhecimento do momento em que se deve iniciar a aplicação de métodos de controle. Alcançar o máximo benefício em termos de controle das pragas ao menor custo só é possível quando se conhece a dinâmica da população da praga e os fatores que controlam o crescimento populacional,

associado ao conhecimento da eficiência e características do método de controle a ser empregado. A rejeição dos agricultores, na adoção do controle biológico, se deu porque organismos de qualidade inferior foram vendidos e a orientação de uso foi insuficiente, dessa maneira o resultado foi insatisfatório (CORREA-FERREIRA et al., 1999; VAN LENTEREN, 2000; SUJII et al., 2002).

Outro problema se refere aos métodos de criação massal, que são comumente desenvolvidos sem todos os recursos necessários e isso pode resultar em inimigos naturais de má qualidade. Os poucos grandes produtores de inimigos naturais estão dispondo de estruturas adequadas de pesquisa, utilizam algum método de controle de qualidade, a fim de aumentar a confiabilidade neste método. Este mercado certamente crescerá com o aumento da demanda de alimentos livres de agroquímicos, assim como com a crescente resistência de pragas a produtos fitossanitários (CORREA-FERREIRA et al., 1999; VAN LENTEREN, 2000; SUJII et al., 2002).

Em 2018, foram registrados no Brasil o total de 52 produtos biológicos e orgânicos, enquanto o total de produtos químicos registrados no mesmo ano foram 201 (Figura 4). Até o mês de junho de 2019, foram registrados 73 produtos químicos e 8 produtos biológicos e orgânicos. Pode-se perceber que, ao longo da última década, os registros de produtos com baixa toxicidade vêm aumentando, porém de maneira menos significativa se comparado aos registros de produtos químicos (MAPA, 2019).



*Bio/Org - Produto formulado biológico, microbiológico, bioquímico, extrato vegetal ou semioquímico, para a agricultura orgânica.

Figura 4. Registro de Agroquímicos, inseticidas biológicos e afins de 2009 a junho de 2019, no Brasil.

No registro de Agentes Biológicos de Controle não constará a indicação de cultura ficando autorizado o uso do produto para controle dos alvos biológicos indicados em qualquer cultura na qual ocorram. As embalagens de acondicionamento de agentes biológicos de controle ficam dispensadas de incluir a caveira com as duas tibias cruzadas em seus rótulos e bulas por tratar-se de produtos que possuem baixa toxicidade e periculosidade e baixa exposição do aplicador (MAPA, 2011).

Os biopesticidas ainda são amplamente regulados pelo mesmo sistema projetado para agroquímicos. Isto criou barreiras à entrada no mercado impondo custos onerosos à indústria de biopesticidas. As medidas políticas precisam ser fortalecidas para reduzir o uso excessivo de agroquímicos e promover o uso de biopesticidas (KUMAR; SINGH, 2014).

2.3.2. Casos de sucesso do controle biológico

O controle biológico vem sendo pesquisado em vários países ao longo das últimas décadas, tendo como principal objetivo a diminuição dos danos causados pela utilização dos agroquímicos. Alguns casos de sucesso na adoção do manejo de pragas mais sustentável são destaques e incentivam outros países a aderirem a essa prática.

a) Citrus - O parasitóide mais eficiente no controle de minerador-do-citros (*Phyllocnistis citrella*) é *Ageniaspis citrícola* (Hymenoptera, Encyrtidae). Trata-se de um inseto que mede de 0,8 a 1,0mm, de cor preta brilhante, com pelos prateados. Originou-se na Ásia e a partir de 1993 dispersou-se para todos os continentes. Na década de 1990 não era mais viável aplicações de químicos para controlar o minerador-do-citrus na Austrália e os inimigos naturais nativos dessa praga também não eram eficazes no controle e, com a importação de *A. citrícola*, foi possível obter sucesso de 90% de parasitismo. Logo, vários países produtores de Citrus se interessaram e importaram este parasitóide. Em uma pesquisa aplicada na Flórida, a taxa de parasitismo foi de 60 a 80% do minerador-do-citros (CHAGAS et al., 2002).

Nos anos de 2007 e 2008 foram realizados experimentos para controle do minerador-do-citrus utilizando o parasitóide *A. citrícola* no estado do Alabama – EUA. Os resultados dos dois anos mostraram claramente que a predação foi significativa, representando 87-96% de todas as mortalidades larvares de *P. citrella* em árvores desprotegidas. Os resultados mostraram que a predação por aranhas e formigas são fatores de mortalidade natural muito importantes que atuam sobre *P. citrella* em citros do Alabama. Conservação destes predadores chave através

do uso criterioso de agroquímicos e o aumento das populações de campo dos principais inimigos naturais, são centrais para a estratégia sustentável de manejo de pragas no Alabama (XIAO et al., 2010).

Ageniaspis citricola é um parasitóide altamente eficaz de *P. citrella*, obtendo 28,4% de parasitismo médio em todo o Equador, enquanto em uma das zonas 79,3% da praga minador-do-citrus foram parasitados por esta espécie. Devido à eficácia deste parasitóide, em 1996, o Peru importou e introduziu em suas plantações de Citrus esse agente biológico, em seguida, por volta de 1998 foram importados também pela Argentina, Chile, Venezuela e Brasil. Mais um ponto positivo na adoção deste parasitóide, é que mesmo em áreas em que foram utilizados grandes volumes de químicos, ele se adaptou (CHAGAS et al., 2002; BERMÚDEZ et al., 2004).

b) Mandioca - No sudeste da Nigéria foi utilizado o parasitóide *Epidinocarsis lopezi* (Hymenoptera: Encyrtidae) para o controle de Cochonilha da mandioca (*Protortonia navesi* (Hemiptera: Margarodidae)). A média de parasitismo no primeiro ano foi de 24,6% em lavouras de agricultores e 25,7% na área do instituto de pesquisa. Nos anos o nível de dano foi reduzindo gradativamente, comprovando a persistência do controle biológico bem-sucedido (HAMMOND et al. 1990).

A praga Cochonilha da mandioca foi introduzida acidentalmente no Nordeste do Brasil nos anos 1980 e causava perdas em torno de 60 a 80% da produção de mandioca. Devido aos ataques dessa praga e a quantidade de agroquímicos necessários para seu controle, tornou-se inviável a produção de mandioca até os anos 1990. Em 1993, iniciou-se o processo de controle biológico com a importação dos parasitóides *Acerophagus cocois* (Hymenoptera, Encyrtidae) e *Aenasius vexans* (Hymenoptera, Encyrtidae), trazidos da Venezuela e *Apoanagyrus diversicornis* (Hymenoptera, Encyrtidae) da Colômbia e entregues para quarentena na Embrapa Meio Ambiente. Posteriormente foram estabelecidas criações massais para futuras liberações e em 1997 constatou-se a eficácia da adoção destes parasitóides no controle da Cochonilha, viabilizando o cultivo de mandioca novamente (BENTO et al., 2002).

Em 2008, foi realizada uma pesquisa na Tailândia utilizando o parasitóide *Anagyrus lopezi* (Hymenoptera, Encyrtidae) para controlar a praga *P. navesi*. Neste estudo, foram realizados testes comparativos utilizando o controle biológico e utilizando agroquímicos os resultados se mostraram satisfatórios na adoção do controle biológico, em que o aumento das raízes foi de 4,0 a 4,2 vezes maior e de matéria seca 3,5 a 3,9 vezes maior, se comparado ao controle químico (THANCHAROEN et al., 2018).

c) Cana-de-açúcar - Na Tailândia foi realizada uma pesquisa analisando a viabilidade da utilização do parasitóide *Cotesia flavipes* para o controle de Brocas de cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Os estudos foram realizados em quatro províncias nos anos de 2009, 2010 e 2011. Constatou-se que *C. flavipes* parasitou eficazmente os ovos da praga, comprovando uma produtividade maior do que nas áreas em que foi realizado o manejo convencional de pragas com utilização de inseticidas (MANEERAT et al., 2017).

O parasitóide *C. flavipes* é de origem do Sul da Ásia e Austrália, foi introduzido em diversos países a fim de controlar a praga *D. saccharalis*, dentre esses países estão os EUA, Trinidad, Panamá e no Brasil em 1971. A broca da cana-de-açúcar, *D. saccharalis*, causa severos danos a essa cultura, primeiramente ela se aloja na região do cartucho e se alimenta pela raspagem da folha ou entrenó em formação e depois abre uma galeria e desce pelo palmito em formas circulares enfraquecendo os entrenós causando a quebra da planta (BOTELHO et al., 2002).

d) Trigo - Pulgões do trigo *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae), *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae), *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae), *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae), *Rhopalosiphum rufiabdominale* (Hemiptera: Aphididae) e *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae) são pragas que se distribuem por diversas partes da planta (raízes, colmos, folhas e espigas) causando grandes danos econômicos, pois os agricultores necessitavam cada vez mais de aplicações de agroquímicos, tentando controlar essas pragas e tornando o cultivo do trigo totalmente dependente da utilização dos químicos. Para controlar essa situação, em 1978, a FAO apoiou o projeto de implantação dos parasitóides vespas (Hymenoptera) e moscas (Diptera), com o apoio de diversos pesquisadores e instituições, foram desenvolvidas técnicas de controle biológico até 1982 e tiveram continuidade até 1992. Esses parasitóides ovipositam dentro do corpo dos pulgões, do ovo eclode a larva que se alimenta do conteúdo interno do pulgão causando a morte. A utilização desses parasitóides não foi suficiente na exclusão total do uso de inseticidas nas lavouras de trigo, porém reduziram significativamente a necessidade de aplicações dos químicos que já estava em níveis caóticos na década de 1970 (SALVADORI et al., 2002).

No norte da China, a joaninha é um importante predador não apenas de pulgões do trigo, mas também de pragas nas culturas de algodão, milho e soja, diminuindo consideravelmente os danos econômicos causados por pragas (YANG et al., 2018).

e) Soja – No Estado do Michigan – EUA foram realizadas pesquisas nos anos de 2005 e 2006. Essas pesquisas abordavam a análise de eficácia dos predadores ao Pulgão da Soja

(*Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae)) uma praga recentemente introduzida nos Estados Unidos. A presença de predadores *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae), *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae), *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae), *Orius insidiosus*, *Chrysoperla carnea*, *Aphidoletes aphidomyza*, *Leucopis spp.* e *Syrphidae* reduziu a necessidade de tratamento com inseticida em 25% em 2005 e 43% em 2006 (GARDINER et al., 2009).

Os percevejos causam danos às lavouras de soja pois sugam os grãos e vagens, diminuindo assim a qualidade dos grãos. Os parasitóides *Trissolcus basalidis* e *Telenomus podisi*, foram introduzidos em 1979. Estes parasitóides parasitam os ovos do percevejo, se alimentam e se desenvolvem ali mesmo até emergir e se alimentarem como adultos de néctar. Assim, posteriormente os adultos ovipositam seus ovos nos ovos dos percevejos e ao invés de nascerem novos percevejos, nascem vespas que regulam as populações dessa praga. Pesquisas realizadas em campo nas safras de 1990/1991 e 1991/1992 pela Embrapa Soja, mostraram a viabilidade do uso desses parasitóides com controles semelhantes ao controle químico e esse método vem sendo utilizado e aperfeiçoado ao longo dos anos (CORRÊA-FERREIRA et al., 2002).

f) Tomate - *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) ataca os brotos, gemas e as flores do tomateiro causando elevadas perdas na produção. Visando uma solução para o controle dessa praga e diminuição nas aplicações de químicos, em 1989 foi realizado pela Embrapa do Semi-Árido no Estado de Pernambuco o I Encontro sobre Manejo de Pragas no Tomateiro. Uma das estratégias adotadas neste programa, foi a adoção do uso de *T. pretiosum* no controle biológico dessa praga pelos ótimos resultados apresentados em seu uso na Colômbia. Além da aplicação desse parasitóide na cultura do tomate, ela apresenta resultados significativos no controle de pragas na mandioca, algodão, soja, milho e cana-de-açúcar. Com as pesquisas realizadas no controle de *T. absoluta*, constatou-se a diminuição em 50% de aplicações de agroquímicos e em casos em que foi realizado o MIP desde o início do cultivo o parasitismo foi mais de 80%. Concluindo mais um caso de sucesso da aplicação do controle biológico no controle de pragas (HAJI et al., 2002).

g) Milho - Uma das principais pragas da cultura do milho é *Spodoptera spp* (Lepidoptera: Noctuidae). Na Venezuela, os primeiros testes de campo com *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) foram conduzidos em 1987 e seis semanas após a primeira liberação, 90% de parasitismo dos ovos da praga *Spodoptera spp.* foram registrados. Em 1988, outro estudo de campo foi conduzido para continuar o estudo de dispersão de *T. remus* e os

resultados indicaram 14% de parasitismo uma semana após os primeiros lançamentos, e 100% oito semanas depois. Em 1989 uma pesquisa da universidade Los Llanos no Estado de Portuguesa e da Associação Nacional de Produtores de Algodão, foi montado um ensaio em milho comercialmente plantado, para estudar os níveis de parasitismo de *T. Remus* em ovos de *Spodoptera*. Os níveis de parasitismo de 55,7 a 71,4% foram registrados e *T. Remus* foi encontrado numa distância de 60 m do ponto de lançamento dentro de 24 horas (FERRER, 2001).

No Zimbábue em 1999, foram liberados os parasitóides *C. flavipes* para o controle da praga *Chilo Partellus* (Lepidoptera: Pyralidae) predominante nas culturas de milho e sorgo. Nos estudos realizados comprovou-se que mais de 64% das larvas da praga foram parasitados. Desde então este parasitóide foi permanentemente estabelecido em nove países da África Oriental e Austrália (CHINWADA et al., 2008).

O controle biológico na União Européia contra as pragas *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) e *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) vem sendo realizado com o parasitóide *Trichogramma* spp. O país que mais aderiu a este parasitóide, afim de reduzir as aplicações de inseticidas foi a França. Foi comprovada a eficácia de 75% de parasitismo nos ovos ao preço de 35 a 40 Euros por hectare, valores comparáveis a utilização de agroquímicos em infestações não muito altas (MEISSLE et al., 2015).

No Estado do Rio Grande do Sul, em 18 de fevereiro de 2019, foi instituída a Política Estadual de Redução de Agroquímicos, com o Projeto de Lei nº 264/2017. Com o objetivo de reduzir a utilização de agroquímicos no estado, os instrumentos desse projeto são: a assistência técnica e a extensão rural, capacitação e qualificação profissional; a pesquisa; o Relatório Estadual do Uso e Impactos dos Agroquímicos; o monitoramento e o controle da qualidade dos resíduos de agroquímicos nos alimentos; os incentivos econômicos e financeiros e os subsídios; a educação ambiental; a vigilância sanitária (Porto Alegre (RS), 2019). Este Projeto de Lei pode servir como referência para outros estados, visando o estímulo a adoção do controle biológico e outras práticas que causem menos impactos ambientais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo segue uma abordagem quantitativa com base em dados de pesquisa de campo e utilização de métodos de análise estatística e de custo-benefício.

Para o embasamento teórico realizou-se uma revisão bibliográfica sobre a efetividade do controle biológico para controlar as pragas e minimizar o uso de agroquímicos. O objetivo

foi identificar os resultados de pesquisas realizadas em diversos países onde o MIP foi adotado. As buscas por artigos foram escolhidas mediante a amplitude na comunidade acadêmica nacional e internacional, o que favorece uma análise mais sistemática do tema proposto.

Apresenta-se neste estudo um modelo adaptado para análise de custo ambiental e custo-benefício da aplicação de inseticidas químicos, objetivando-se valorar o quanto os agroquímicos realmente custam proporcionando uma nova ferramenta na tomada de decisão do agricultor.

3.1 Área experimental

Na pesquisa de campo, foram conduzidas pela Fundação MS três áreas de validação de 20 hectares cada uma. As áreas são de produtores rurais, localizadas no Município de Maracajú, no estado de Mato Grosso do Sul. A pesquisa foi realizada entre o período do mês de outubro de 2018 a março de 2019, compreendendo a Safra 2018/2019. Cada área foi dividida em duas partes iguais, de forma que uma das partes foi conduzida da forma tradicional, ou seja, com a aplicação de inseticidas químicos para o controle de lagartas e percevejos de acordo com a realidade de cada propriedade. A outra metade foi conduzida liberando os parasitóides *Telenomus podisi* e *Trichogramma pretiosum* em quatro momentos. Foram liberados 5 mil ovos do parasitóide *Telenomus podisi* para o controle do complexo de percevejos e 100 mil ovos do parasitóide *Trichogramma pretiosum* para o controle do complexo de lagartas na cultura. Os ovos foram liberados com o auxílio de um *dispenser* acoplado à um drone, que sobrevoou a área a 20 m de altura, com linhas de voo espaçadas de 30 m. Além disso, na área de liberação dos agentes de controle biológico, quando as pragas atingiram o nível de controle, foi realizada a aplicação de inseticidas químicos.

Foram amostrados 10 pontos por área, em cada ponto foi realizada uma batida de pano. Foram registrados o número de pragas por metro de linha. Além disso, foi registrado o número de aplicações de inseticidas utilizados para o controle de lagartas e de percevejos. As três áreas foram monitoradas semanalmente com a técnica do pano de batida, sendo registrados a população de pragas e inimigos naturais encontrados em cada área. Nas áreas de controle convencional, as aplicações dos inseticidas foram realizadas de acordo com os métodos utilizados pelos proprietários das fazendas. Os níveis de controle utilizados foram 1 percevejo por pano de batida e 8 lagartas por pano de batida.

Os dados obtidos serviram para a elaboração de gráficos de flutuação populacional de pragas na soja nas três áreas de condução do ensaio, bem como submetidos à análise de

variância, com médias comparadas pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. Esta avaliação foi realizada para verificar uma eventual redução das aplicações de inseticidas em áreas com manejo biológico de pragas. Todas as aplicações foram realizadas com o auxílio de um pulverizador de arrasto de 2.000 litros. Na área de controle biológico, as aplicações foram realizadas quando necessário e três dias antes de cada liberação ou cinco dias após a liberação dos inimigos naturais, para evitar qualquer interferência dos agentes liberados.

A partir de informações fornecidas pelos produtores rurais, proprietários das áreas onde foram implantados os experimentos, foram tabulados os custos das aplicações de químicos utilizados nessas áreas. Para a obtenção dos valores destes produtos, foram realizados orçamentos em revendas locais.

Para a análise de custos do controle biológico, foram realizados orçamentos para compra dos ovos parasitados nas quantidades aplicadas e para aquisição de um drone e treinamento utilizado para liberação destes ovos parasitados. Foi também orçada a aplicação dos parasitóides por empresa terceirizada, sem a necessidade da aquisição do drone.

3.2. Análise dos custos operacionais e ambientais

Para cada tratamento do manejo de pragas na soja, o convencional e o MIP, foram elaboradas tabelas de custos operacionais para identificar as diferenças entre cada manejo e analisar a relação custo-benefício da substituição do manejo convencional pelo controle biológico utilizado no MIP. Após a realização da análise de custo-benefício, é possível identificar se a eficiência financeira na adoção deste tipo de manejo é atrativa aos produtores rurais.

Para a análise de custos ambientais, foram coletados os dados nas bulas dos produtos utilizados e periódicos, referentes a ecotoxicidade e desempenho dos agroquímicos utilizados para inclusão nas fórmulas de análise custo-benefício adaptadas do estudo de Belarmino (1992). A fórmula proposta é a seguinte: $\text{Custo-Benefício} = [(\text{preço do inseticida}) \times (\text{custo ambiental})] / [(\text{desempenho do produto}) \times (\text{período de controle efetivo}) \times (\text{perda evitada})]$.

O preço do produto trata-se do preço do produto na dosagem utilizada. O preço foi obtido através de orçamentos realizados em revendas locais e convertido em dólar americano.

Para reduzir o custo ambiental faz-se necessário promover a utilização de produtos que causam menos danos ambientais. Para isso, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

Segurança do operador (SO):

$$SO = \frac{DL_{50} \text{ ORAL} + DL_{50} \text{ DERMAL}}{DOSAGEM \text{ (P.C./ha)}} \times 10 \quad (1)$$

Em que: DL_{50} Oral = Dose ingerida capaz de matar 50% de uma população.
 DL_{50} Dermal = Dose de contato capaz de matar 50% de uma população. Divide-se pela dosagem utilizada por hectare. A multiplicação por 10 é necessária para evitar valores inferiores à unidade e possibilitar a transformação para as seguintes equivalências:

Nota 1 = $SO > 1.000$

Nota 2 = SO entre 200 e 1.000

Nota 3 = SO entre 50 e 200

Nota 4 = SO entre 10 e 50

Nota 5 = SO entre < 10

Toxicidade para abelhas (TAb): Foi incluso este cálculo pela importância da polinização das abelhas na reprodução e manutenção das diversas espécies de plantas em todo ecossistema. A fórmula é a seguinte:

$$TAb = \frac{DL_{50} \text{ CONTATO}}{DOSAGEM \text{ (P.C./ha)}} \times 1000 \quad (2)$$

As equivalências desta análise são similares às utilizadas para análise de Segurança do Operador:

Nota 1 = $TAb > 1.000$

Nota 2 = TAb entre 200 e 1.000

Nota 3 = TAb entre 50 e 200

Nota 4 = TAb entre 10 e 50

Nota 5 = TAb entre < 10

Toxicidade para aves (TA_v): Modelo sugerido pelo autor a partir de pesquisas relacionadas.

$$TA_v = \frac{DL_{50} \text{ ORAL}}{DOSAGEM \text{ (P.C./ha)}} \times 100 \quad (3)$$

As equivalências desta análise são referentes a efeitos sobre as aves:

Nota 1 = $TA_v > 1.000$

Nota 2 = TAv entre 200 e 1.000

Nota 3 = TAv entre 50 e 200

Nota 4 = TAv entre 10 e 50

Nota 5 = TAv entre < 10

Toxicidade para animais aquáticos (TP): Modelo sugerido pelo autor a partir de pesquisas relacionadas.

$$TP = \frac{CL_{50} \text{ ORAL}}{\text{DOSAGEM (P.C./ha)}} \times 100 \quad (4)$$

As equivalências desta análise são referentes a efeitos sobre animais aquáticos:

Nota 1 = Tp > 1.000

Nota 2 = Tp entre 200 e 1.000

Nota 3 = Tp entre 50 e 200

Nota 4 = Tp entre 10 e 50

Nota 5 = Tp entre < 10

Toxicidade para inimigos naturais (IN): o impacto sobre os inimigos naturais, um dos mais importantes indicadores de custo ambiental), revela o quanto determinado pesticida reduz o parasitismo ou predação dos insetos benéficos existentes nas lavouras (BELARMINO, 1992). Para obtenção dos resultados da seletividade dos inseticidas sobre os inimigos naturais, foi utilizada a pesquisa de Netto, Degrande e Melo (2014).

As equivalências desta análise são referentes a redução de parasitismo ou predação:

Nota 1 = Redução de 0 a 20%

Nota 2 = Redução de 20 a 40%

Nota 3 = Redução de 40 a 60%

Nota 4 = Redução de 60 a 80%

Nota 5 = Redução de 80 a 100%

Fator persistência ambiental (PA): Este fator mede o tempo de resíduos dos componentes no solo. Os resultados foram obtidos nas bulas dos produtos utilizados e nos trabalhos de Marchetti e Luchini (2004), Júnior e Franco (2013) e Nogueira (2016).

As equivalências desta análise são:

Nota 1 = PA entre 0 e 1 semana

Nota 2 = PA entre 1 e 2 semanas

Nota 3 = PA entre 2 e 3 semanas

Nota 4 = PA entre 3 e 5 semanas

Nota 5 = PA > 5 semanas

Para se determinar o custo ambiental, previamente se calcula o Índice Geral (IG) com base na média aritmética dos resultados obtidos nos indicadores obtidos das formulações anteriores, como segue:

$$IG = SO + IN + PA + IB \quad (5)$$

Sendo:

IG = é o índice geral. Somatória das notas de segurança do operador (SO), toxicidade para inimigos naturais (IN), persistência ambiental (PA) e toxicidade para indicadores biológicos, aves, abelhas e animais aquáticos (IB).

Após a obtenção do IG, determina-se o Custo Ambiental (CA), a partir da aplicação da seguinte fórmula:

$$CA = (IG - 4) \times 0,625 \quad (6)$$

Subtraindo-se o IG por “4” e multiplicando o resultado pela constante “0,625” determinada por Belarmino (1992), para chegar a essa constante foram realizadas várias simulações com os IG obtidos com os produtos. O resultado precisou ser parametrizado numa escala viável e aplicável para o objetivo de avaliar economicamente as medidas de controle de pragas na soja. Serve para atribuir um espaço paramétrico, evitando que o CA gere um valor numérico que anule o preço da medida de controle que se esteja avaliando e assim obtêm-se o CA cujo resultado varia em uma escala de 1 a 10.

Componentes do benefício de aplicação

Fator desempenho do produto (DP): Este fator demonstra a eficiência técnica do produto no controle de pragas. Para obtenção das informações utilizadas neste cálculo, utilizou-se os estudos de Grigolli (2016, 2017, 2018).

$$DP = \frac{\text{EFICIÊNCIA MÉDIA ACIMA DE 80\%}}{4/\text{número de datas eficientes}} \quad (7)$$

Fator período de controle efetivo (PCE): o período de observação do ensaio, trata-se do período em dias de coleta de dados do ensaio de controle. Para obtenção destas informações foram utilizados os resultados das pesquisas de Grigolli (2016, 2017, 2018).

$$PCE = \frac{\text{PERÍODO DE CONTROLE EFETIVO (PCE)}}{\text{PERÍODO DE OBSERVAÇÃO DO ENSAIO (POE)}} \quad (8)$$

Fator perda evitada (PE): este fator considera as perdas de produção causadas por pragas evitadas pela utilização de pesticidas. Os dados foram obtidos dos estudos de Grigolli, (2016, 2017, 2018), dados não publicados.

Nota 1 = de 0 a 100 Kg/ha

Nota 2 = de 100 a 200 Kg/ha

Nota 3 = de 200 a 300 Kg/ha

Nota 4 = de 300 a 400 Kg/ha

Nota 5 = de > 400 Kg/ha

3.3. Análise de custo-benefício

O cálculo de Custo-Benefício (C-B) da aplicação de inseticida sugerido por Berlamino (1992), segue na fórmula abaixo:

$$C - B = \frac{P \times CA}{DP \times PCE \times PE} \quad (9)$$

Em que:

C-B = Custo-Benefício;

P = Preço em dólar americano (US\$);

CA = Custo ambiental;

DP = Desempenho do produto;

PCE = Período de controle efetivo;

PE = Perda evitada.

O modelo sugerido por Belarmino (1992) e adaptado pelos autores deste estudo, visa estabelecer uma ferramenta de análise para auxiliar os produtores na tomada de decisão sobre o manejo de pragas.

4. RESULTADOS

Nesta etapa do estudo são apresentados os resultados da pesquisa, organizados em quatro seções. Na primeira, os fatores que limitam o uso do MIP. Na segunda, apresentam-se os investimentos e custos do manejo de pragas e receitas da cultura da soja nas áreas testadas. Na terceira, análise de custo ambiental, utilizando um modelo adaptado para valorar os impactos dos agroquímicos em organismos não-alvo. Por fim, apresenta-se a análise custo-benefício dos agroquímicos utilizados.

4.1. Fatores que limitam o uso do MIP

O terceiro objetivo proposto neste estudo foi identificar os fatores que limitam o uso do MIP a partir de estudos já realizados e publicados em periódicos científicos, dentre essas limitações, as principais são:

a) devido a facilidade de uso e eficiência, os agricultores dão preferência aos produtos químicos, tendo em vista a falta de divulgação do MIP pelos técnicos, além disso, o baixo preço dos agroquímicos adicionados à baixa entrada da extensão para promover o MIP contribuiu para a presente situação de seu abandono deste manejo. Os inimigos naturais são mais específicos que os agroquímicos, e por este motivo representam um mercado menor, o que não estimula grandes empresas a entrarem nesse negócio (BETTIOL et al. 2002; CAMPANHOLA et al. 2003; PANIZZI, 2006; PARSA, et al. 2014).

b) a formação dos técnicos de assistência técnica está voltada à recomendação do uso de produtos químicos para controles fitossanitários e o baixo nível de conhecimento e de informação dos produtores quanto ao MIP e uso de práticas alternativas de controle (BETTIOL et al. 2002; CAMPANHOLA et al. 2003; PANIZZI, 2006; PARSA, et al. 2014).

c) a indústria de agroquímicos desempenha um papel importante na assistência técnica dos produtores rurais e ocasionalmente oferece produtos favorecendo suas vendas e deixando de lado sugestões de medidas alternativas para o controle de pragas e doenças nas lavouras (BETTIOL et al. 2002; PANIZZI, 2006, PARSA; et al. 2014).

d) no Brasil, apesar de ações governamentais de apoio e estímulo à adoção do MIP, não existe uma política pública específica de estímulo à adoção ao uso de inimigos naturais ou

outras alternativas de controle de pragas e doenças de plantas (CAMPANHOLA et al. 2003; GAZZONI, 2012).

Nos Estados Unidos, o MIP foi transformado em política pública em fevereiro de 1972, quando o Presidente Richard Nixon determinou às agências federais que implementassem este conceito em todos os cultivos relevantes do agronegócio norte-americano (GAZZONI, 2012).

É fundamental o aumento da adoção do MIP para atingir objetivos relacionados à sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola no Brasil. É necessária a análise dessas razões para se poder antecipar uma agenda de pesquisa de políticas públicas, ou de ações institucionais, para solucionar os entraves detectados, de forma a conferir uma perspectiva de mudança do quadro atual, no futuro imediato (GAZZONI, 2012).

Outro receio dos produtores em aderir à produção de soja sem a utilização dos agroquímicos, é quanto ao risco de baixa produtividade, devido a competição das pragas e plantas daninhas. Porém, produtores de soja orgânica estão atingindo quantidades bem próximas as da soja cultivada de maneira convencional e mesmo nos casos de menor produtividade, a cotação do produto orgânico é maior, cobrindo os custos extras para o manejo de pragas (CORRÊA-FERREIRA, 2003).

4.2. Investimentos, custos e receitas da cultura da soja

Neste item são apresentados os investimentos necessários para adoção do controle biológico, os custos operacionais para o controle de pragas no manejo convencional, sendo eles a compra dos pesticidas, valor da hora do colaborador e maquinário. E custos operacionais do MIP, sendo eles a aquisição de pesticidas, hora do colaborador e maquinário, aquisição dos ovos parasitados ou no caso de contratação de empresa terceirizada, prestação de serviços de soltura dos ovos parasitados.

O investimento para adoção do controle biológico foi de US\$ 8.407,57 referente à aquisição do drone e treinamento para liberação dos ovos parasitados. A vida útil do drone de acordo com o fabricante é de 10 anos. O Banco do Brasil oferece financiamento para aquisição do drone com juros de 6% ao ano, com carência de 3 anos, parcelado em 10 anos pelo Finame BNDES.

Pode-se também utilizar moto para a distribuição dos ovos parasitados na lavoura, sendo assim o valor comercial da moto é US\$ 3.330,69 com financiamento pela revendedora Yamaha em 48 parcelas de US\$ 123,54. Ou pode-se utilizar o crédito do Pronaf para produtores

cadastrados na agricultura familiar com prazo de 120 meses, três anos de carência e juros de 4,6% ao ano.

Existe também a possibilidade de contratar empresa especializada em liberação dos ovos parasitados. A contratação deste tipo de serviço exclui a necessidade de adquirir equipamento e parasitóides para realizar o controle biológico, assim o produtor realiza apenas as aplicações de inseticidas quando necessário.

Nas três áreas, os custos do controle de pragas na cultura da soja sob manejo convencional, (Tabela 1) se referem à aquisição dos inseticidas conforme tabela de preços fornecida pelas revendas locais. Os custos do controle de pragas na cultura da soja sob manejo integrado de pragas foram referentes à compra dos ovos parasitados e dos inseticidas utilizados quando necessário. Foram calculados também o valor da hora do trator e pulverizador ou pulverizador autopropelido de acordo com a estrutura de cada propriedade para as aplicações dos inseticidas. E o custo da hora do colaborador nas aplicações tanto dos inseticidas quanto do controle biológico.

Tabela 1. Custos do controle de pragas, nas áreas 1, 2 e 3, sob manejo convencional comparados com o MIP com controle biológico aplicado pelo agricultor e controle biológico aplicado por empresa terceirizada.

ÁREA	CONVENCIONAL US\$	MIP com CB* US\$	DIFERENÇA US\$
1	67,30	178,84 *	111,54
1	67,30	157,25 **	89,95
2	111,30	187,76 *	76,47
2	111,30	166,10 **	54,80
3	74,23	164,49 *	90,26
3	74,23	142,90 **	68,66

*Práticas do MIP, utilizando controle biológico e agroquímicos quando necessário. **Parasitóides aplicados pelo produtor. ***Parasitóides adquiridos e aplicados por empresa terceirizada.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

Na área 1, as aplicações de inseticidas foram semelhantes, tanto no manejo do produtor quanto no MIP foram utilizados os mesmos produtos totalizando assim o valor de US\$ 67,30/ha (Tabela 1). Nessa área o produtor realizou as aplicações apenas quando atingiu os níveis de controle e as aplicações do controle biológico não retardaram a necessidade da utilização dos produtos químicos.

Os custos para utilização do controle biológico foram de US\$ 63,78 no caso das 4 aplicações de *T. pretiosum* (controle de lagartas) e US\$ 47,76 com 3 aplicações de *T. podisi* (controle de percevejos). Para a contratação de empresa terceirizada, nas três áreas, os custos

foram os mesmos, dado o fato de serem as mesmas quantidades aplicadas, sendo US\$ 42,33 por hectare para as 4 aplicações de *T. pretiosum* (controle de lagartas) e US\$ 47,62 por hectare para as 3 aplicações de *T. podisi* (controle de percevejos).

Na área 2, no manejo convencional o produtor realizou 10 aplicações para o controle de pragas totalizando US\$ 111,30/ha. Com a adoção do MIP houve redução de 6 aplicações de inseticidas (Tabela 1). No MIP foram realizadas 4 aplicações de produtos químicos totalizando o valor de US\$ 69,27/ha. Os custos do controle biológico foram US\$ 63,78 para as 4 aplicações de *T. pretiosum* (controle de lagartas) e US\$ 47,83 para as 3 aplicações de *T. podisi* (controle de percevejos).

Na área 3 houve redução de 2 aplicações de inseticidas, este produtor realizou 6 aplicações para o controle de pragas totalizando US\$ 74,23/ha (Tabela 1). No MIP foram realizadas 4 aplicações de produtos químicos totalizando o valor de US\$ 47,70/ha. Os custos do controle biológico foram US\$ 63,78 para as 4 aplicações de *T. pretiosum* (controle de lagartas) e US\$ 47,76 para as 3 aplicações de *T. podisi* (controle de percevejos).

Foram significativas as diferenças nos preços das aplicações de químicos entre as três áreas, além das diferenças nas quantidades de aplicações, outro motivo foram os produtos utilizados por cada produtor, que diferem de marcas e preços de mercado. Alguns são mais cautelosos e utilizam produtos mais baratos enquanto um deles além de realizar aplicações sem a atingir o nível de controle, utilizou produtos mais caros.

4.2.3. Produção e receita da soja

Nesta seção são apresentadas as aplicações de agroquímicos para o controle de lagarta e percevejos, nas áreas de manejo convencional e MIP. São apresentados também, os resultados de produção, comparando o manejo convencional realizado pelo produtor e o MIP.

Área 1: Para os resultados obtidos nesta área avaliada, não foram observados efeitos acentuados da liberação dos agentes de controle biológico na população do percevejo, uma vez que os picos populacionais na área com liberação e na área sem liberação são similares, indicando que não houve retardo da infestação como esperado (Figuras 5 e 6). As aplicações do controle químico e controle biológico foram demarcadas conforme conotações abaixo:

Controle biológico:		<i>Trichogramma pretiosum</i>		<i>Telenomus podisi</i>
Controle químico:		Lagartas		Percevejos

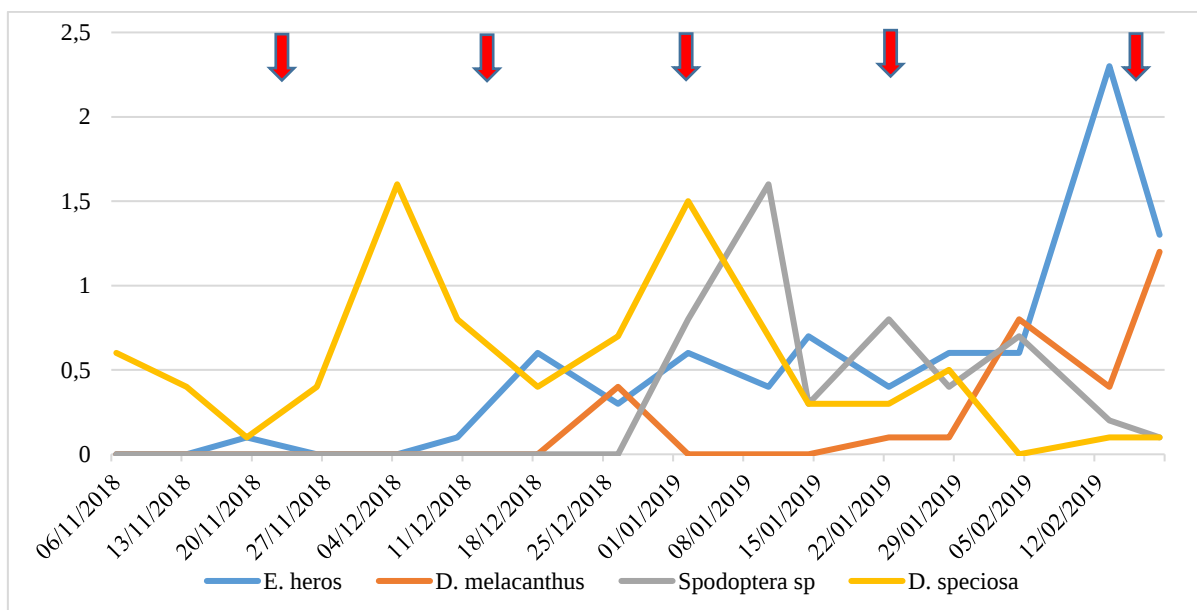


Figura 5. Área 1 – Resultados das aplicações de químicos realizadas conforme manejo do produtor na Área 1 de soja, para controle de *E. heros* no MS na safra 2018/2019.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

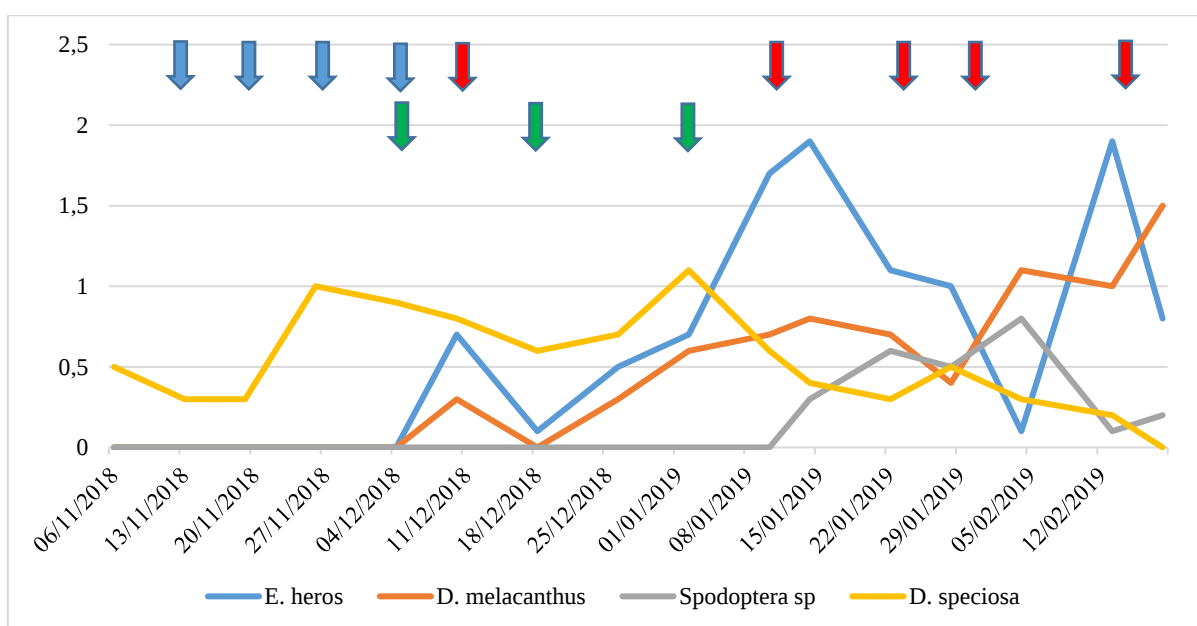


Figura 6. Área 1 – Resultados das aplicações de *T. podisi* e *T. pretiosum* para o controle biológico e aplicações de químicos realizadas na Área 1 de soja, dentro das estratégias de uso do MIP no MS na safra 2018/2019.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

Não foram observadas diferenças no número de aplicações de inseticidas químicos entre as áreas. Vale ressaltar, que neste caso, o manejo do produtor seguiu os níveis de controle, e que as aplicações foram realizadas quando atingiram o nível de controle. Provavelmente por esta característica não se observou alteração nas aplicações. Quanto ao rendimento de grãos e

a massa de 100 grãos, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Número de aplicações de inseticidas químicos, rendimento de grãos (sc ha⁻¹) na área de MIP e do Manejo do Produtor. Maracajú, MS, 2019.

Área 1	Número de Aplicações de Inseticidas Químicos		Rendimento de Grãos (sc ha ⁻¹)
	Lagartas	Percevejos	
Área de MIP	0	5	54,3 a
Manejo Produtor	0	5	49,4 a
Teste t	---	---	2,01 ^{ns}
CV (%)	---	---	7,23

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ^{ns}não significativo; * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Área 2: nesta área avaliada, verificou-se que as liberações de *T. podisi* contribuíram com uma menor população da praga no mês de novembro. E a liberação de *T. pretiosum* foi extremamente eficaz, eliminando por completo as necessidades de aplicações de inseticidas químicos para o controle de lagartas (Figuras 7 e 8).

Quanto ao número de aplicações de inseticidas químicos para o controle de largatas, verificou-se um resultado extremamente positivo. Na área com a liberação de *T. pretiosum*, não foi necessária nenhuma aplicação de inseticida químico, enquanto no Manejo do Produtor, foram realizadas cinco aplicações. Para percevejos, na área de MIP foram necessárias quatro aplicações, enquanto o Manejo do Produtor foram cinco aplicações (Tabela 3). Este resultado indica que a área de MIP com a liberação de agentes de controle biológico reduziram seis aplicações de inseticidas químicos em relação ao Manejo do Produtor.

Em comparação com a Área 1, houve a redução de 1 aplicação de agroquímicos para percevejos e redução de 5 aplicações para lagartas. Percebemos na Área 2, o quanto as práticas do MIP são essenciais para a redução do uso de agroquímicos.

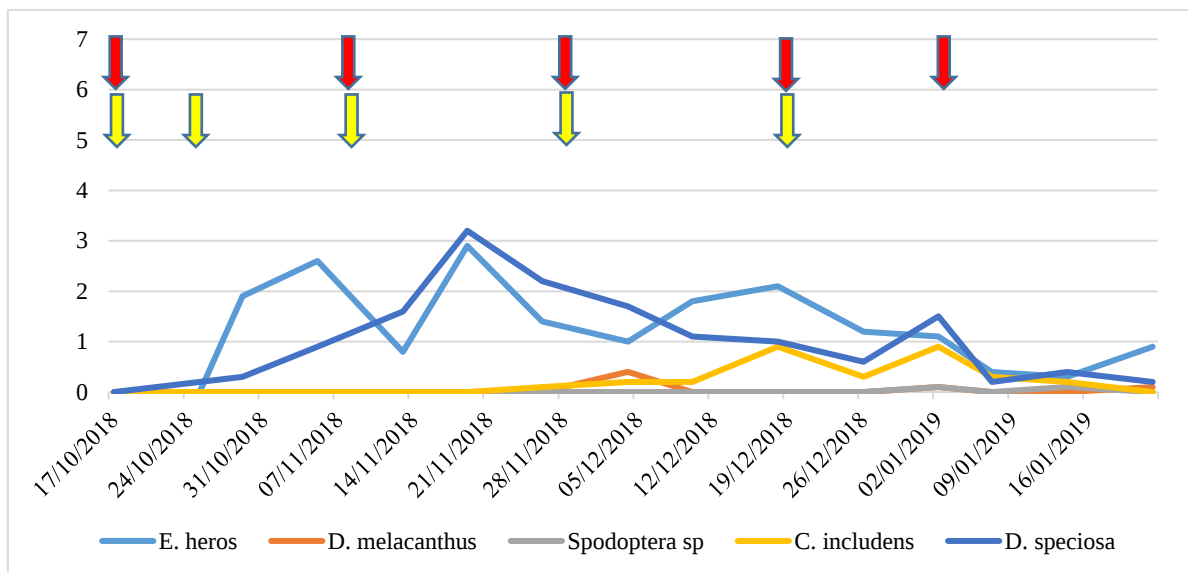


Figura 7. Área 2 – Resultados das aplicações de químicos realizadas conforme manejo do produtor na Área 2 de soja, para controle de *E. heros* no MS na safra 2018/2019.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

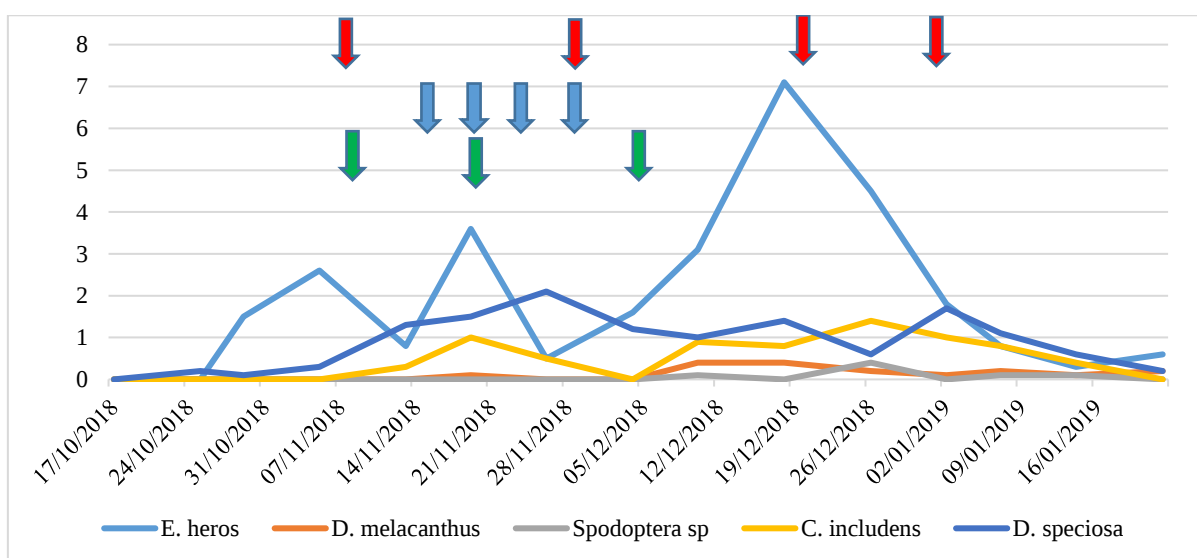


Figura 8. Área 2 – Resultados das aplicações de *T. podisi* e *T. pretiosum* para o controle biológico e aplicações de químicos realizadas na Área 2 de soja, dentro das estratégias de uso do MIP no MS na safra 2018/2019.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

Quanto ao número de aplicações de inseticidas químicos, verificou-se um resultado extremamente positivo. Na área com a liberação de *T. pretiosum*, não foi necessária nenhuma aplicação de inseticida químico para o controle de lagartas, enquanto no Manejo do Produtor, foram realizadas cinco aplicações. Para percevejos, na área de MIP foram necessárias quatro aplicações, enquanto no Manejo do Produtor foram cinco aplicações (Tabela 3). Este resultado indica que a área conduzida com o MIP, com a liberação de agentes de controle biológico reduziu seis aplicações de inseticidas químicos em relação ao Manejo do Produtor.

No que tange ao rendimento de grãos, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Número de aplicações de inseticidas químicos, rendimento de grãos (sc ha⁻¹) na área de MIP e do Manejo do Produtor. Maracajú, MS, 2019.

Área 2	Número de Aplicações de Inseticidas Químicos		Rendimento de Grãos (sc ha ⁻¹)
	Lagartas	Percevejos	
Área de MIP	0	4	64,7 a
Manejo Produtor	5	5	62,0 a
Teste t	---	---	1,74 ^{ns}
CV (%)	---	---	9,45

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ^{ns}não significativo; * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Área 3: verificou-se efeito significativo das liberações de *T. podisi* na área para o controle de percevejos, uma vez que houve retardo do segundo pico na área de MIP em relação ao Manejo do Produtor, inclusive com retardo da primeira aplicação de inseticida químico no comparativo das duas áreas (Figuras 9 e 10).

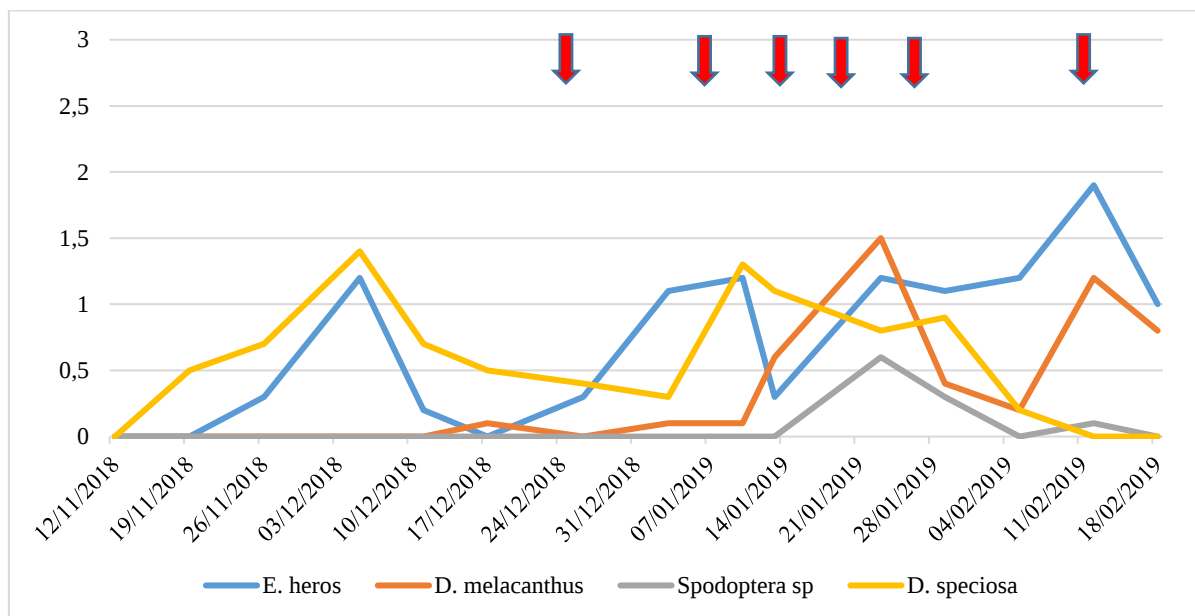


Figura 9. Área 3 – Resultados das aplicações de químicos realizadas conforme manejo do produtor na Área 3 de soja, para controle de *E. heros* no MS na safra 2018/2019.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

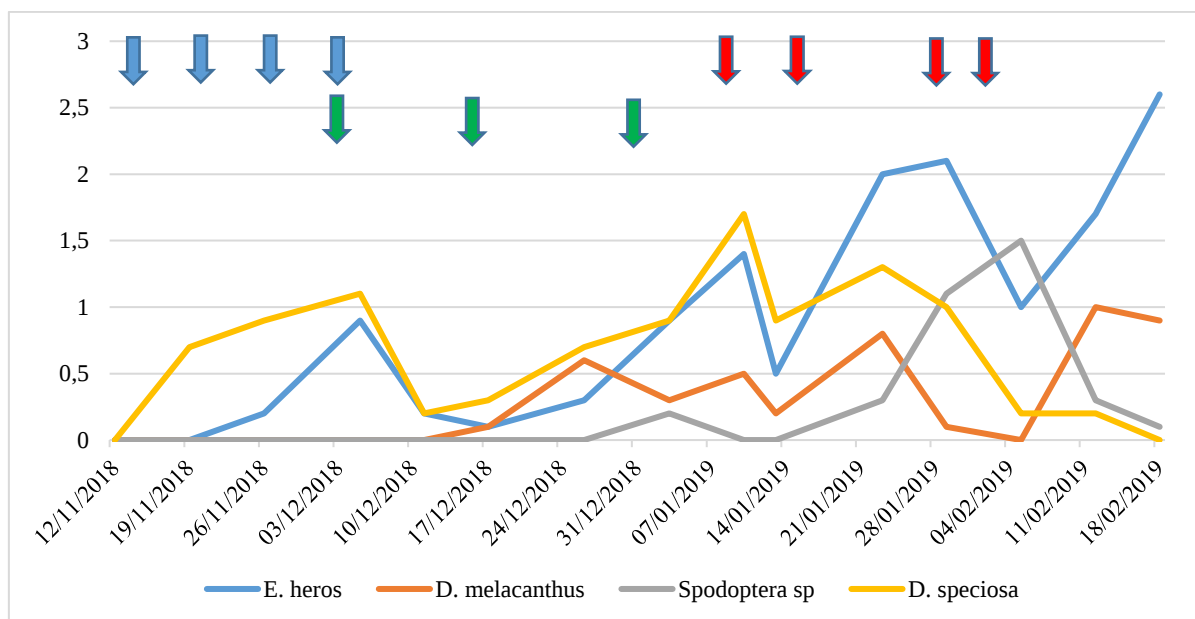


Figura 10. Área 3 – Resultados das aplicações de *T. podisi* e *T. pretiosum* para o controle biológico e aplicações de químicos realizadas na Área 3 de soja, dentro das estratégias de uso do MIP no MS na safra 2018/2019. Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

Quanto ao número de aplicações de inseticidas químicos, não foram realizadas aplicações para lagartas em nenhuma das áreas. Quanto a percevejos, foram realizadas quatro aplicações na área de MIP e seis aplicações no Manejo do Produtor. Verificou-se efeito positivo do MIP e com redução do uso de inseticidas. Quanto ao rendimento de grãos não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Número de aplicações de inseticidas químicos, rendimento de grãos (sc ha⁻¹) na área de MIP e do Manejo do Produtor. Maracajú, MS, 2019.

Área 3	Número de Aplicações de Inseticidas Químicos		Rendimento de Grãos (sc ha ⁻¹)
	Lagartas	Percevejos	
Área de MIP	0	4	45,9 a
Manejo Produtor	0	6	51,4 a
Teste t	---	---	2,51 ^{ns}
CV (%)	---	---	9,71

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ^{ns}não significativo; * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente. Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se a singularidade de cada área testada. Na Área 1, o Manejo do Produtor e o MIP foram similares, não havendo a necessidade de aplicações de inseticidas químicos para lagartas em nenhuma das áreas e cinco aplicações de químicos para o controle de percevejos. Porém, na Área 2, nota-se que com o Manejo do Produtor, foram realizadas dez aplicações de

químicos, sendo cinco para o controle de lagartas e cinco para o controle de percevejos, enquanto na área do MIP, utilizando o controle biológico, não foi necessário realizar nenhuma aplicação de químicos para o controle de lagartas e apenas quatro para o controle de percevejos.

Na Área 3, não foram necessárias nenhuma aplicação química para o controle de lagartas, porém para o controle de percevejos, foram realizadas seis aplicações no Manejo do Produtor e quatro no MIP. Com isso, constatou-se que a adoção do MIP é eficaz para a redução do uso de agroquímicos e com a utilização do controle biológico, foi possível controlar a população de lagartas sem a necessidade de nenhuma aplicação de agroquímicos, reduzindo assim o impacto ambiental no controle de pragas da soja.

4.3. Análise de custo ambiental

Para a análise de custo ambiental, os componentes de custo e benefício foram analisados separadamente, visando demonstrar de maneira clara os resultados obtidos no modelo utilizado. Conforme apresentado na Tabela 7, os agroquímicos estão dispostos pelo ingrediente ativo, alguns nomes se repetem, pois, as doses utilizadas nas diferentes áreas não foram as mesmas, sendo necessário apresentar cada produto pela dosagem utilizada.

Os itens apresentados são: preço por dose em dólar americano; índice geral sendo a somatória das notas de segurança do operador, toxicidade para inimigos naturais, persistência ambiental e toxicidade para indicadores biológicos (aves, abelhas e organismos aquáticos) calculou-se a média aritmética e arredondou-se para o número inteiro mais próximo; custo ambiental e o total.

Utilizando as fórmulas sugeridas e apresentadas na metodologia, seguem exemplos de como foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 5.

Segurança do operador (SO): utilizando como exemplo o ingrediente ativo Bifentrina + Carbosulfano.

$$SO = \frac{200+2000}{0,6 \text{ (P.C./ha)}} \times 10, \text{ em que o resultado foi: } 36,67. \text{ Então a equivalência}$$

determinada deste produto é: Nota 4 = SO entre 10 e 50

Toxicidade para abelhas (Tab): Utilizando como exemplo o ingrediente ativo Clorantlaniliprole.

$$TAb = \frac{100}{0,12 \text{ (P.C./ha)}} \times 1000, \text{ em que o resultado foi: } 833,33. \text{ Então a equivalência}$$

determinada deste produto é: Nota 2 = TAb entre 200 e 1.000

Toxicidade para aves (TAv): utilizando como exemplo o ingrediente ativo Acefato.

$$TAv = \frac{219,14}{100 \text{ (P.C./ha)}} \times 100, \text{ em que o resultado foi: } 219,14. \text{ Então a equivalência}$$

determinada deste produto é: Nota 2 = TAv entre 200 e 1.000

Toxicidade para animais aquáticos (TP): utilizando como exemplo o ingrediente ativo Imidacloprido+Bifentrina.

$$TP = \frac{49,24}{0,4 \text{ (P.C./ha)}} \times 100, \text{ em que o resultado foi: } 12,31. \text{ Então a equivalência}$$

determinada deste produto é: Nota 4 = Tp entre 10 e 50

Toxicidade para inimigos naturais (IN): Para obtenção das informações necessárias para esta análise, foi utilizada a pesquisa de Netto, Degrande e Melo (2014). Utilizando como exemplo o ingrediente ativo Fipronil, que reduz o parasitismo ou predação dos inimigos naturais em torno de 75%, então a equivalência deste produto é: Nota 4 = Redução de 60 a 80%.

Fator persistência ambiental (PA): as informações para esta análise foram obtidas nas bulas dos produtos utilizados e nos trabalhos de Marchett e Luchini (2004); Júnior e Franco (2013) e Nogueira (2016). Como exemplo, utilizou-se o ingrediente ativo Zeta-Cipermetrina+Bifentrina, que permanece por aproximadamente 14 dias no solo. Assim, a equivalência deste produto é: Nota 2 = PA entre 1 e 2 semanas.

Para o Custo Ambiental, como exemplo, foram utilizadas as equivalências do ingrediente ativo Imidacloprido+Bifentrina, na seguinte fórmula:

$$IG = 3 + 3 + 2 + 4 = 12$$

Custo ambiental, segue fórmula:

$$CA = (12 - 4) \times 0,625 = 5$$

Todos os resultados alcançados a partir dos cálculos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 5. Fatores de custo ambiental dos agroquímicos utilizados nas três áreas. Demonstrando o preço pago por dosagem de cada produto, o resultado do cálculo do Índice Geral multiplicado pelo Custo Ambiental e o resultado do valor total por dosagem.

Pesticida (Ingrediente ativo)	Preço/ha US\$	Índice geral SO+IN+PA+IB	Custo Ambiental	Total US\$
Acefato	8,86	9,00	3,1	27,69
Methomyl	1,99	10,00	3,8	7,46
Clorantraniliprole	13,97	9,00	3,1	43,66
Fipronil	1,80	13,00	5,6	10,13
Imidacloprido+Bifentrina	9,80	12,00	5,0	49,00
Zeta-Cipermetrina+Bifentrina	5,93	11,00	4,4	25,94
Zeta-Cipermetrina+Bifentrina	5,15	10,00	3,8	19,31
Zeta-Cipermetrina	4,40	12,00	5,0	22,00
Teflubenzuron	3,56	8,00	2,5	8,90
Teflubenzuron	5,33	9,00	3,1	16,66
Teflubenzuron	4,27	9,00	3,1	13,34
Clorantraniliprole	6,05	6,00	1,3	7,56
Acefato	14,00	13,00	5,6	78,75
Piraclostrobina+Tiofanato metílico+ Fipronil	9,45	9,00	3,1	29,53
Bifentrina + Carbosulfano	7,70	13,00	5,6	43,31

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

Conforme (Tabela 5), o preço é o valor que o produtor paga pelo produto por dosagem utilizada nas áreas testadas. O índice geral é a soma dos impactos destes produtos sobre os organismos não alvo, o custo ambiental é o resultado do índice geral subtraído por quatro e multiplicado pela constante 0,625, para se chegar a um número inteiro até dez. O total, é a multiplicação do custo ambiental pelo preço pago na compra do produto. Percebe-se que quanto maior o impacto que este produto causa ao meio ambiente, maior é o custo total dele, e este é o valor que deve ser considerado pelo produtor na escolha dos produtos que irá utilizar (Belarmino, informação pessoal, 2019).

O custo ambiental desempenha o papel de precificar a ação residual do pesticida sobre organismos não-alvo. Assim, este método de análise pode auxiliar o agricultor na tomada de decisão sobre o uso de pesticida que cause menos danos ao ecossistema.

Além do custo ambiental, faz-se necessária a análise dos benefícios da utilização de determinado pesticida e assim, determinar o Índice de Custo-Benefício de cada produto na dosagem utilizada.

Utilizando as fórmulas mencionadas na metodologia, foi possível apresentar conforme (Tabela 6) o Índice de Custo-Benefício dos produtos utilizados nesta pesquisa, e serve como modelo para aplicar a qualquer outro pesticida.

Para a análise de Custo-Benefício, foram aplicadas as fórmulas conforme exemplos abaixo:

Fator desempenho do produto (DP): Para obtenção das informações utilizadas neste cálculo, utilizou-se as pesquisas de Grigolli (2016, 2017, 2018). Para este exemplo, foi utilizado o ingrediente ativo Methomyl.

$$DP = \frac{86,30}{4/3} = 64,7$$

Fator período de controle efetivo (PCE): Para obtenção destas informações foram utilizados também os resultados das pesquisas de Grigolli (2016, 2017, 2018). Para este exemplo, também foi utilizado o ingrediente ativo Methomyl.

$$PCE = \frac{7}{14} = 0,5$$

Fator perda evitada (PE): Os dados foram obtidos nas mesmas pesquisas de Grigolli (2016, 2017, 2018), dados não publicados. Utilizou-se como exemplo o ingrediente ativo Methomyl, obtendo-se como resultado: Nota 3 = de 200 a 300 Kg/ha.

4.4. Análise de custo-benefício

Para melhor entendimento da sugestão de cálculo de Custo-benefício da aplicação de inseticida de Berlamino, 1992, foram inseridos no exemplo da fórmula abaixo os dados obtidos do ingrediente ativo Methomyl:

$$C - B = \frac{1,99 \times 3,8}{64,7 \times 0,5 \times 3} = \frac{7,562}{97,05} = 0,08$$

Tabela 6. Fatores de custo benefício na utilização de pesticidas, incluindo resultado do Custo Ambiental, fatores de benefícios da aplicação e resultado do Índice de Custo-benefício da utilização dos agroquímicos nas dosagens utilizadas.

Fatores de custo					Fatores de benefício				
Pesticida	Preço/ha US\$	IG	CA	Total US\$	DP	PCE	PE	Total	Índice de custo benefício
Acefato	8,86	9,00	3,1	27,69	20,1	0,5	3	30,15	0,92
Methomyl	1,99	10,00	3,8	7,46	64,7	0,5	3	97,05	0,08
Clorantraniliprole	13,97	9,00	3,1	43,66	20,4	0,2	5	20,4	2,14
Fipronil	1,80	13,00	5,6	10,13	41,3	0,7	5	144,55	0,07
Imidacloprido+									
Bifentrina	9,80	12,00	5,0	49,00	21,5	0,2	5	21,5	2,28
Zeta-Cipermetrina+									
Bifentrina	5,93	11,00	4,4	25,94	21,5	0,2	5	21,5	1,21
Zeta-Cipermetrina+	4,90	10,00	3,8	19,31	21,5	0,2	5	21,5	0,85

Bifentrina									
Zeta-Cipermetrina	4,40	12,00	5,0	22,00	43,6	0,3	2	26,16	0,84
Teflubenzuron	3,56	8,00	2,5	8,90	20,4	0,1	3	6,12	1,45
Teflubenzuron	5,33	9,00	3,1	16,66	20,4	0,1	3	6,12	2,72
Teflubenzuron	4,27	9,00	3,1	13,34	20,4	0,1	3	6,12	2,18
Clorantraniliprole	6,05	6,00	1,3	7,56	43,3	0,2	5	43,3	0,17
Acefato	14,00	13,00	5,6	78,75	20,1	0,5	3	30,15	2,61
Piraclostrobina+ Tiofanato metílico+									
Fipronil	9,45	9,00	3,1	29,53	41,3	0,7	5	144,55	0,20
Bifentrina + Carbosulfano	7,70	13,00	5,6	43,31	21,5	0,2	3	12,9	3,36

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

Na (Tabela 8), foram incluídas as análises de benefícios dos produtos, sendo elas, o fator desempenho do produto, o fator período de controle efetivo e o fator perda evitada. O Índice de custo-benefício é obtido através da divisão do preço do produto após a análise de custo ambiental, dividido pela soma dos benefícios. Assim, percebe-se que alguns produtos como no caso do Clorantraniliprole, tem baixo custo ambiental e alto índice de benefício do produto, atingindo também um bom índice de custo-benefício. Em comparação, o último produto analisado Bifentrina+Carbosulfano, obteve alto índice de custo ambiental e baixo fator de benefício, totalizando alto índice de custo benefício, inviabilizando assim sua utilização.

Incluindo o custo ambiental na análise de custos podemos obter informações pertinentes quanto aos produtos menos agressivos ao ecossistema. Seguem abaixo os resultados das três áreas estudadas.

Tabela 7. Custos do controle de pragas com a inclusão do custo ambiental sobre os agroquímicos utilizados nas áreas 1, 2 e 3.

ÁREA	CONVENCIONAL US\$	MIP com CB* US\$	DIFERENÇA US\$
1	297,40	408,94 **	111,54
1	297,40	387,35 ***	89,95
2	383,46	412,67 **	29,20
2	383,46	391,00 ***	7,54
3	288,79	297,49 **	8,70
3	288,79	275,90 ***	12,89

*Práticas do MIP, utilizando controle biológico e agroquímicos quando necessário. **Parasitoides aplicados pelo produtor. ***Parasitoides adquiridos e aplicados por empresa terceirizada.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

Na área 1, a diferença de valores dos manejos convencional e MIP se mantém comparando a Tabela 1 e Tabela 9. Porém, com a inclusão dos custos ambientais, pode-se perceber que houve acréscimo significativo nos valores totais das aplicações, isso ocorre pelo

impacto negativo destes produtos no ecossistema. No manejo convencional de pragas o valor totalizado foi de US\$ 297,40/ha. No MIP o valor das aplicações dos agroquímicos totalizou US\$ 290,84/ha (Tabela 7). As aplicações do controle biológico mantiveram o mesmo valor, já que não tem custo ambiental a ser acrescentado, pois não impactam negativamente o ecossistema.

Na área 2, houve diferença significativa nos resultados, os custos das aplicações de agroquímicos aumentaram. Porém, a diferença entre o manejo convencional e MIP com controle biológico diminuíram, onde antes a diferença era de US\$ 76,47/ha (Tabela 1) passou a ser US\$ 29,20/ha (Tabela 7) e onde a diferença era de US\$ 54,80/ha passou a ser US\$ 7,54/ha. Os valores do controle biológico se mantêm. Isso demonstra a importância de se calcular o custo ambiental dos produtos para melhor tomada de decisão de qual produtos utilizar na lavoura.

Na área 3, a diferença nos resultados foi ainda mais satisfatória, onde antes a diferença era de US\$ 90,26/ha (Tabela 1) passou a ser US\$ 8,70/ha (Tabela 9) e onde a diferença era de US\$ 68,66/ha passou a ser positivos US\$ 12,89/ha, viabilizando a adoção do MIP com controle biológico.

Em comparação, devido a utilização de produtos mais agressivos que consequentemente obtiveram o custo ambiental mais alto, a área 3 teve o aumento nos custos, demonstrando que a análise de custo ambiental é imprescindível na tomada de decisão do produtor, optando por produtos menos danosos ao meio ambiente.

As diferenças nos resultados se deram pela escolha de produtos utilizados por cada produtor, fica clara a necessidade de utilização de produtos mais seletivos, bem como que adotar as práticas do MIP diminuem os custos tanto econômicos quanto os custos ambientais.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Quando usado como um componente do MIP, a eficácia dos biopesticidas pode ser igual à convencional utilizando agroquímicos (KUMAR, 2012). De acordo com os resultados de produtividade deste estudo, pode-se afirmar que a adoção do MIP é eficaz, reduzindo assim as aplicações de inseticidas químicos e mantendo a produtividade esperada.

São consideráveis os benefícios para a agricultura e saúde pública o uso de biopesticidas dentre esses benefícios estão: Menos prejudicial ao meio ambiente, são projetados para afetar apenas a praga específica, frequentemente eficazes em pequenas cargas e se

decompõem rapidamente, evitam problemas com poluição e, quando associados a programas do MIP contribuem muito ao meio ambiente (GUPTA; DIKSHIT, 2010).

Os custos indiretos do uso de agroquímicos para o meio ambiente e a saúde pública precisam ser equilibrados com os benefícios da utilização deles. Nos Estados Unidos em 2014, foram estimados os gastos indiretos da utilização de pesticidas, totalizando cerca de 9,6 milhões de dólares (Figura 11). Uma análise de custo-benefício tão completa e de longo prazo do pesticida reduziria sua utilização e a rentabilidade percebida pelos produtores (PIMENTEL, BRUGRESS, 2014). O desafio é desenvolver um sistema regulatório capaz de equilibrar os custos e benefícios amplamente definidos dos biopesticidas em comparação com agroquímicos (KUMAR; SINGH, 2014).

Setor	Custos em milhões de dólares
Impactos na saúde pública	114,000
Mortes e contaminações de animais domésticos	30
Perda de inimigos naturais	520
Custo da resistência a pesticidas	1,500
Perdas de abelhas e polinização	334
Perdas de culturas	1,391
Perdas de pesca	100
Perdas de aves	2,160
Contaminação da água subterrânea	2,000
Regulamentos governamentais para evitar danos	470
Total	9,645

Figura 11. Estimativa total de custos social e ambiental do uso de agroquímicos nos Estados Unidos.
Fonte: Adaptado de Pimentel, Bugress, 2014.

O MIP reduz a utilização de agroquímicos e consequentemente reduz os custos no manejo de pragas, porém a adoção do controle biológico substituindo produtos químicos ainda é mais caro. Um dos motivos é a falta de políticas públicas voltadas para a agricultura sustentável, não existe incentivo fiscal para a criação, comercialização e utilização de agente biológicos, dificultando a competição de mercado deste tipo de manejo.

Nos EUA, a Environmental Protection Agency (EPA) desde 1994 facilita o registro para incentivar o desenvolvimento e uso de biopesticidas. Como os biopesticidas representam menos riscos que os agroquímicos, a EPA geralmente exige muito menos dados para registrar um biopesticida do que para registrar um pesticida. Frequentemente é necessário mais de um ano para registrar um novo biopesticida, comparado com mais de três anos para um pesticida químico (KUMAR, 2012).

A National Farmer Policy 2007 recomendou a promoção de biopesticidas, priorizando a saúde dos agricultores e o meio ambiente. Os biopesticidas seriam tratados a par dos

agroquímicos em termos de apoio e promoção. Recomendou também, pesquisa e desenvolvimento de produtos biológicos e apresentação de métodos de controle de pragas (GUPTA; DIKSHIT, 2010). Na Europa e nos Estados Unidos, as políticas do governo afetaram a adoção e pesquisa do MIP através de vários canais, diretos e indiretos. Esforços diretos para promover a adoção do MIP incluem compartilhamento de custos para adotantes selecionados de práticas de MIP, também são dispostos subsídios para a extensão e pesquisa do MIP sob os programas regionais.

Tanto as empresas para desenvolver biopesticidas, quanto os agricultores para aderir a essa prática, só o farão se houver lucro. Em 2009, a União Europeia aprovou medidas legislativas com base nos princípios do MIP. Foram criados programas financiados pela Política Agrícola Comum, para fornecer incentivos financeiros aos agricultores que implementassem o MIP em suas lavouras (CHANDLER, et al. 2011).

Um pequeno número de varejistas de alimentos começou a usar rótulos ecológicos em produtos alimentícios. Entre elas estão as etiquetas de certificação MIP. Nos Estados Unidos, o MIP está se tornando um pré-requisito para os produtores obter acesso a contratos de produção de hortaliças e frutas. Na Europa, tornou-se obrigatória a adoção de princípios do MIP para todos os agricultores (SWINTON, DIA, 2000; LEFEBVRE, et al., 2015).

Conforme mencionado no presente estudo, existem vários entraves na utilização do MIP pelos agricultores, dentre os principais identificou-se a facilidade de uso e eficiência na utilização de agroquímicos; a falta de divulgação do MIP pelos técnicos e agrônomos; o preço baixo dos pesticidas; a indústria desempenha também o papel de assistência técnica e ocasionalmente oferece agroquímicos favorecendo suas vendas; não existem políticas públicas no Brasil, voltadas para a utilização de agentes biológicos, e o baixo financiamento de pesquisas sobre métodos alternativos de controle de pragas e doenças (BETTIOL et al. 2002; CAMPANHOLA et al. 2003; PANIZZI, 2006; GAZZONI, 2012).

Estimar os custos econômicos dos riscos ambientais é essencial para ponderar diferenças entre riscos e para integrar dados ambientais e econômicos. Levar em conta os riscos ambientais é uma análise importante para melhorar a tomada de decisão na utilização do MIP (HIGLEY, WINTERSTEEN, 1992).

6. CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que o MIP associado a liberação de agentes de controle biológico podem reduzir o número de aplicações de inseticidas químicos nas diferentes áreas, sem o

comprometimento da produtividade. Porém, o que ainda limita a adoção deste tipo de manejo é a falta de informação quanto às práticas adotadas pelo MIP, tanto dos técnicos quanto dos produtores rurais, limitando ao uso de defensivos químicos.

Verificou-se que a produtividade nas áreas testadas, tanto sob manejo convencional quanto do MIP, foi similar, comprovando a eficácia na produtividade na adoção do MIP, quebrando o paradigma de que apenas agroquímicos geram alta produtividade.

Este resultado demonstra que a falta de políticas públicas associadas ao incentivo da comercialização, utilização de controle biológico e adoção de práticas do MIP desmotivam a adoção de práticas sustentáveis.

O modelo de análise de custo ambiental proposto neste estudo, serve para auxiliar o produtor na escolha dos produtos que irá utilizar em sua propriedade, priorizando a diminuição dos impactos ambientais. Espera-se que este estudo sirva como base para futuras pesquisas visando promover a adoção das práticas do MIP associadas ao controle biológico.

O estudo apresenta algumas limitações, dentre elas, é que existem poucos modelos de análise de custo ambiental, apenas um estudo foi relevante para alcançar o método apresentado no presente estudo, sendo o modelo da década de 1990, não havendo contribuição de outras pesquisas neste método até o presente momento. Outra limitação refere-se as informações contidas nas bulas dos agroquímicos pesquisados, a maioria das bulas não descreve a ecotoxicidade contra os organismos não-visados, omitindo informações relevantes para realizar a análise de custo ambiental.

Para futuras investigações, sugere-se analisar a viabilidade econômica da criação massal de parasitóides pelo próprio agricultor, tendo em vista que a maior limitação na adoção do controle biológico é o alto preço pago para adquirir os ovos parasitados. Dessa maneira, o produtor poderia diminuir os custos no manejo integrado de pragas.

7. REFERÊNCIAS

- BELARMINO, C. L. **Avaliação econômica de inseticidas biológicos**. 1992. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/105602/1/pab30abresp92.pdf>> Acesso em: 15 mai. 2019.
- BENTO, J. M. S. et al. **Controle Biológico no Brasil, parasitóides e predadores**. Controle biológico da Cochonilha da mandioca no Nordeste do Brasil. 2002. São Paulo, Manole.
- BERMÚDEZ, E. C. et al. **Phyllocnistis citrella (lepidoptera: gracillariidae) and its parasitoids in citrus in Ecuador**. BioOne complete Journal. 2004. Disponível em: <[https://bioone.org.ez50.periodicos.capes.gov.br/journals/Florida-Entomologist/volume-87/issue-1/0015-4040\(2004\)087\[0010:PCLGAI\]2.0.CO;2/span-classgenus-speciesPHYLLOCNISTIS-CITRELLA-span-LEPIDOPTERA--GRACILLARIIDAE-AND-](https://bioone.org.ez50.periodicos.capes.gov.br/journals/Florida-Entomologist/volume-87/issue-1/0015-4040(2004)087[0010:PCLGAI]2.0.CO;2/span-classgenus-speciesPHYLLOCNISTIS-CITRELLA-span-LEPIDOPTERA--GRACILLARIIDAE-AND-)>

ITS/10.1653/0015-4040(2004)087[0010:PCLGAI]2.0.CO;2.full> Acesso em: 13 de abr. 2019.

BETTIOL, W.; CAMPANHOLA, C. **Panorama sobre o uso de agroquímicos no Brasil**. Embrapa Meio Ambiente. 2002. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1076531/1/Campanholapanorama.pdf>> Acesso em: 08 de fev. 2019.

_____. MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: Uso e Perspectivas**. Embrapa Meio Ambiente. 2009. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2353/Biocontrole%20de%20doen%C3%A7as%20de%20plantas.pdf?sequence=1>> Acesso em: 02 de dez. 2018. et al

_____. MORANDI, M. A. B. **Controle Biológico de Doenças de Plantas no Brasil**. Embrapa. 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144180/1/2009CL-07.pdf>> Acesso em: 12 de nov. 2018.

BNDES – **Panorama do complexo de soja**. 1998. Disponível em <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2403/3/BS%2008%20Panorama%20do%20complexo%20soja_P_BD.pdf> Acesso em 20 de fev. 2019.

BOTELHO, P. S. M. et al. **Controle Biológico no Brasil, parasitóides e predadores. Cotesia flavipes para controle de Diatraea saccharalis**. 2002. São Paulo. Manole.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J.A. **A química dos agroquímicos**. Química nova na escola. 2012. Disponível em <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf> Acesso em: 10 de abr. 2019.

BUENO, A. F. et al. **Inimigos Naturais das Pragas da Soja**. Embrapa. Capítulo 8. 2012. <http://www.cnpso.embrapa.br/artropodes/Capitulo8.pdf>> Acesso em 13 de nov. 2018.

BUENO, V. H. P. et al. **Controle biológico e manejo de pragas na agricultura sustentável**. 2015 Disponível em <[http://www.den.ufla.br/attachments/article/75/ApostilaCB%20\(final\).pdf](http://www.den.ufla.br/attachments/article/75/ApostilaCB%20(final).pdf)> Acesso em: 12 de jan. 2019.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Situação e principais entraves ao uso de métodos alternativos aos agroquímicos no controle de pragas e doenças na agricultura**. Embrapa Meio Ambiente. Capítulo 8. 2003. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1076556/1/Campanholasituacao.pdf>> Acesso em: 02 de mar. 2019.

CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. **Adoção do Manejo Integrado de Pragas Baseado na Percepção e Educação Ambiental**. Carvalho & Barcellos, v(5), nº5, p. 749 - 766, 2012. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental REGET/UFSM (e-ISSN: 2236-1170). Disponível em <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4204>> Acesso em: 17 de out. 2018.

CASTLE, S.; NARANJO, S. **Sampling plans, selective insecticides and sustainability: the case for IPM as ‘informed pest management’**. Pest Management Science. 2009. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.1857>> Acesso em 26 de dez. 2018.

CASTRO, S. H.; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. **Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicaseiros no oeste da Bahia**. Revista Ciência e agrotecnologia. 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/%0D/cagro/v30n6/a17v30n6.pdf> Acesso em 13 de fev. 2019.

CHAGAS, M. C. M., et al. **Controle Biológico no Brasil, parasitóides e predadores. Aeniaspis citrícola: Criação e estabelecimento no Brasil**. 2002. São Paulo. Manole.

CHINWADA, P.; et al. **Release and establishment of cotesiaflavipes for biological control of maize stemborers in Zimbabwe**. 2008. Disponível em <<https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/content/pdf/10.1007%2FBF02981328.pdf>> Acesso em: 15 de abr. 2019.

CHANDLER, D., et al. **The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management**. Royal Society Publishing. 2011. Disponível em <<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2010.0390>> Acesso em: 13 de out. 2019.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. V.6-Safra 2018/2019 – n.8 – Oitavo levantamento**. 2019. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em: 15 de jun. 2019.

CONTE, O. et al. **Resultados do Manejo Integrado de Pragas da Soja na safra 2016/17 no Paraná**. Embrapa. 2017. Disponível em<http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca_Virtual/Publicacoes_Tecnicas/MIP_MID/Doc394_MIP.pdf> Acesso em: 16 de fev. 2019.

CORRÊA -FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Embrapa Soja, 1999. Disponível em <<https://www.agrolink.com.br/downloads/percevejos%20fot%C3%B3grafos%20na%20soja.pdf>> Acesso em: 10 de mar 2019.

_____.et al.**Controle Biológico no Brasil, parasitóides e predadores. Trissolcus basalís para o controle de percevejos da soja**. 2002. São Paulo. Manole.

_____. **Soja orgânica, alternativas para o manejo dos insetos-pragas**. Embrapa. 2003. Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/463696/soja-organica-alternativas-para-o-manejo-dos-insetos-pragas>> Acesso em: 03 de mar. 2019.

_____.et al.**MIP-Soja: resultados de uma tecnologia eficiente e sustentável no manejo de percevejos no atual sistema produtivo da soja**. Embrapa Soja, documento 341. 2013. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87596/1/Doc-341.pdf>> Acesso em: 11 de mar 2019.

CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; NERY, M. E. **Efeito de doses de refúgio sobre a seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides de pragas da soja**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.34, n.9, p.1529-1538, 1999. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v34n9/7603.pdf>> Acesso em 30 de jan. 2019.

CRUZ, I. **Avanços e desafios no controle biológico com predadores e parasitóides na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. VIII Seminário Nacional de Milho Safrinha. 2015. Disponível em

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1030705/1/Avancosdesafios.pdf>> Acesso em: 03 de mar. 2019.

DALL'AGNOL, A. et al. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Embrapa Soja. 2007. Disponível em <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/complexoagroindustrialsoja_000febefyzm02wx5eo006u55tqevjbl9.pdf> Acesso em: 29 de fev. 2019.

FERRER, F. **Biological control of agricultural insect pests in Venezuela; advances, achievements, and future perspectives**. Biocontrol news and information. 2001. Disponível em <<http://cabweb.org/PDF/BNI/Control/BNIRA60.pdf>> Acesso em 14 de abr. 2019.

FRITZ, L. L. et al. **Agroecossistemas orizícolas irrigados: insetos praga, inimigos naturais e manejo integrado**. 2008. Disponível em <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2883377>> Acesso em 10 de out. 2018.

GARDINER, M. M.; et al. **Landscape diversity enhances biological control na introduced crop pest in the North-Central EUA**. Ecological Society of America. 2009. Disponível em <<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/07-1265.1>> Acesso em 19 de abr. 2019.

GAZZONI, D. L. **Perspectivas do Manejo de Pragas**. Embrapa. 2012. Disponível em <<http://www.cnpso.embrapa.br/artropodes/Capitulo12.pdf>> Acesso em: 17 de fev. 2019.

GHINI, R.; BETTIOL, W. **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, 2000. Disponível em <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8862>> Acesso em: 23 de fev. 2019.

GIROTTI, J. C. **Introdução ilegal de agroquímicos em solo Pátrio. Conflito aparente de normas – artigo 334 do código penal brasileiro e artigo 56 da lei nº 9.605/98**. Revista Saúde Pública & Cidadania. 2010. Disponível em <<https://periodicos.pf.gov.br/index.php/RSPC/article/view/87>> Acesso em 25 de fev. 2019.

GODOY, R. C.B.; OLIVEIRA, M. I. **Agroquímicos no Brasil: Processo de Registro, Riscos à Saúde e Programas de Monitoramento**. Embrapa. 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/653905>> Acesso em: 15 de out. 2018.

GRIGOLLI, J. F.J. **Pragas da soja e seu controle**. Produção & Tecnologia. Anuário Fundação MS. 2016. Disponível em <<http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/239/239/newarchive-239.pdf>> Acesso em: 20 de jul. 2019.

_____. **Pragas da soja e seu controle**. Produção & Tecnologia. Anuário Fundação MS. 2017. Disponível em <http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/272/272/5ae094adae692b52cb18ab138a3cb3cb661f0692c97fc_capitulo-05-pragas-da-soja-somente-leitura-.pdf> Acesso em: 20 de jul. 2019.

_____. **Pragas da soja e seu controle**. Produção & Tecnologia. Anuário Fundação MS. 2018. Disponível em <http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/302/302/5bf01ceb5604523cfade5dc9c1b5d3f79c522dd4360d2_05-pragas-da-soja-e-controle-somente-leitura-.pdf> Acesso em: 17 de mar. 2019.

GUEDES, J. V. C. et al. **Capacidade de coleta de dois métodos de amostragem de insetos-praga da soja em diferentes espaçamentos entre linhas**. Revista Ciência Rural. 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/cr/v36n4/a40v36n4.pdf>> Acesso em: 13 de mar. 2019.

GUPTA, S.; DIKSHIT, A. K. **Biopesticides: An eco-friendly approach for pest control**. Journal of Biopesticides. 2010. Disponível em <<https://pdfs.semanticscholar.org/9dc8/75f76af9fd1ae59fac41311cc96ee3e7f875.pdf>> Acesso em: 12 de set. 2019.

HAJI, F. N. P., et al. **Controle Biológico no Brasil, parasitóides e predadores. Trichogramma pretiosum para o controle de pragas no tomateiro industrial**. 2002. São Paulo. Manole.

HAMMOND, W. N. O.; et al. **Sustained biological controlo the cassanova mealybugPhenacoccus manihoti. Hom.: Pseudococcidae by Epidionocarsis lopezi. Hym.: Encyrtidae in Nigeria**. 1990. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02375086>> Acesso em: 19 de abr. 2019.

HIGLEY, L. G.; WINTERSTEEN, W. **A novel approach to environmental risk assessment of pesticides as a basis for incorporating environmental costs into economic injury levels**. American Entomologist. 1992. Disponível em <https://pdfs.semanticscholar.org/9fc7/24e15fbd4b947d735346c34c28cd49c3d652.pdf?_ga=2.124516547.815965919.1566265888-536106138.1566265888> Acesso em: 22 de Jul. 2019.

JUNIOR, A. G. et al. **Perspectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais**. Revista Floresta. 2000. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2362/1974>> Acesso em: 17 de mar. 2019.

JÚNIOR R. P. S.; FRANCO, A. A. **A temperatura e umidade na degradação de fipronil em dois solos de Mato Grosso do Sul**. Revista Ciência Rural, vol.43 no.7. 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782013000700010&script=sci_arttext&tlng=es> Acesso em: 16 de jun. 2019.

KUMAR, S. **Biopesticides: A Need for Food nad Environmental Safety**. Biofertilizers & Biopesticides. 2012. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Suresh_Kumar240/publication/267330674_Biopesticides_A_Need_for_Food_and_Environmental_Safety/links/544b9204cf2bcc9b1d6a117.pdf> Acesso em: 13 de set. 2019.

_____; SINGH, A. **Biopesticides for integrated crop management: Environmental and regulatory aspects**. Biofertilizers & Biopesticides. 2014. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Suresh_Kumar240/publication/267330773_Biopesticides_for_integrated_crop_management_Environmental_and_regulatory_aspects/links/544b91700cf2bcc9b1d6a0d1/Biopesticides-for-integrated-crop-management-Environmental-and-regulatory-aspects.pdf> Acesso em: 12 de set. 2019.

LEFEBVRE, M.; LANGRELL, S. R. H.; PALOMA, S. G. **Incentives and policies for integrated pest management in Europe**. Agronomy for Sustainable Development. 2015. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-014-0237-2>> Acesso em: 11 de Ago. 2019.

LUCCHESI, G. **Câmara dos Deputados. Agroquímicos - construção da legislação.** 2005. Disponível em <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/publicacoes-da-consultoria-legislativa/areas-da-conle/tema19/2005_13187.pdf> Acesso em: 06 de mar. 2019.

MANEERAT, T. et al. **Economic Impact of Cotesia flavipes (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) for Controlling Sugarcane Moth Borers in Thailand.** Sugar Tech Journal 2017. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s12355-017-0530-x>> Acesso em: 14 de abr. 2019.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamentação da Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989.** Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/legislacao/arquivos-de-legislacao/decreto-4074-2002-decreto-dos-agrotoxicos>> Acesso em: 13 de mar 2019.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Secretaria de Defesa Agropecuária Departamento de Fiscalização de Insumos Agrícolas Coordenação-Geral de Agroquímicos e Afins Ato Nº 29, de 7 de julho de 2011.** Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/arquivos/ato-no-29-de-7-de-julho-de-2011-agentes-biologicos-de-controle.pdf>> Acesso em: 07 de mar. 2019.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio 2017/2018 – 2027/2028.** 2018. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/banner_site-03-03-1.png/view> Acesso em: 16 de fev. 2019.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registros concedidos de 2005 a 2019.** 2019. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>> Acesso em: 21 de mai. 2019.

MARCHETTI, M.; LUCHINI, L. C. **Sorção/dessorção e mineralização do inseticida acefato em solo.** Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v. 14, p. 61-72. 2004. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/3124/2497>> Acesso em: 17 de jun. 2019.

MATTHEW, J. W. C.; et al. **Do new Acces and Benefit Sharing procedures under the Convention on Biological Diversity threaten the future of biological control?** Biocontrol. 2010. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-009-9234-9>> Acesso em: 20 de abr. 2019

MEDEIROS, M. A.; VILELA, N. J.; FRANÇA, F. H. **Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido.** Horticultura Brasileira 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/hb/v24n2/11.pdf>> Acesso em: 12 de jan. 2019.

MEISSLE, M. et al. **Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects.** Journal of applied entomology. 2015. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1439-0418.2009.01491.x>> Acesso em: 15 de abr. 2019

MORAES, G. J.; FILHO E. B. **Controle biológico de pragas no Brasil**. Revista USP. 2005. Disponível em <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=controle+biol%C3%B3gico+de+pragas+no+brasil+gilberto+jose+de+moraes&btnG=>> Acesso em 04 de mar. 2019.

MOSCARDI, F. **O controle de pragas agrícolas e a sustentabilidade ecológica**. *Ciência & Ambiente, Santa Maria*, v. 27, p. 68-84, jul./dez. 2003. Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/469300/1/cienciaambiente.pdf> Acesso em: 20 de fev. 2019.

NOGUEIRA, L. R. **Toxicidade aguda e crônica do pesticida chlorantraniliprole sobre o organismo-teste Ceriodaphnia dubia**. 2016. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144509/nogueira_lr_me_soro.pdf?sequence=4&isAllowed=y> Acesso em: 22 de jul. 2019.

NETTO, J. C.; DEGRANDE, P. E.; MELO, E. P. **Seletividade de inseticidas e acaricidas aos inimigos naturais na cultura do algodão**. Circular técnica n. 14 IMAmt. 2014. Disponível em http://www.imamt.com.br/system/anexos/arquivos/269/original/circular_tecnica_edicao14_bx.pdf?1422971836> Acesso em: 15 de jul. 2019.

NORTON, G. W.; MULLEN, J. **Economic evaluation of integrated pest management programs**. A Literature Review. 1994. Disponível em <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/24664/VCE448_120_1994.pdf?sequence=1> Acesso em: 18 de mar. 2019.

PANIZZI, A. R. **IV Congresso Brasileiro de Soja**. 2006. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/469115/anais>> Acesso em: 05 de dez. 2018.

_____. **History and Contemporary Perspectives of the Integrated Pest Management of Soybean in Brazil**. 2013 Disponível em < <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-013-0111-y>> Acesso em: 09 de fev. 2019.

PASQUAL, J.; PADILLA, E.; JADOTTE, E. **Equivalence of different profitability criteria with the net present value**. International Journal of Production Economics. 2013. Disponível em <<https://www-sciencedirect.ez50.periodicos.capes.gov.br/search/advanced?docId=10.1016/j.ijpe.2012.11.007>> Acesso em: 02 de jun. 2019.

PARRA, J.R.P. et al. **Controle Biológico no Brasil, parasitóides e predadores. Terminologia**. 2002. São Paulo. Manole.

PARSA, S.; et al. **Obstacles to integrated pest management adoption in developing countries**. 2014. Disponível em <<https://www.pnas.org/content/111/10/3889.full>> Acesso em: 05 de out. 2019.

PIMENTEL, D.; BURGESS, M. **Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States**. Integrated pest management. 2014. Disponível em <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7796-5_2> Acesso em: 10 de Ago. 2019.

PINTO, A. S. et al. **Controle biológico de pragas na prática**. Piracicaba. 2006. 11 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico de pragas e doenças**. Técnicas alternativas para a produção agropecuária e defesa do meio ambiente. 2 edição. 21, 43p. Expressão Popular. São Paulo. 2016.

PRAÇA, L. B. **Anticarsia gemmatalis Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) biologia, amostragem e métodos de controle**. 2006. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15424777.pdf>> Acesso em: 06 de mar. 2019.

PRETTY, J., BHARUCHA, Z. P. **Integrated Pest Management for Sustainable Intensification of Agriculture in Asia and Africa**. 2015. Disponível em <<https://www.mdpi.com/2075-4450/6/1/152/htm>> Acesso em: 09 de out. 2019.

QUINTELA, E.D. et al. **Desafios do manejo integrado de pragas da soja no Brasil Central**. 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/213592/1/comt149.pdf>> Acesso em: 11 de dez. 2018.

REZENDE, L. P.; et al. **Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais**. 2006. Disponível em <http://ciflorestas.com.br/arquivos/doc_analise_gerais_30667.pdf> Acesso em: 29 de abr. 2019.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). **PROJETO DE LEI Nº 264/2017, de 18 de fevereiro de 2019**. Diário Oficial. 2019. Disponível em <<http://proweb.procergs.com.br/Diario/DA20190221-01-100000/EX20190221-01-100000-PL-264-2017.pdf>> Acesso em: 10 de set. 2019.

S A, L. A. N. de; PESSOA, M. C. P. Y. **O Laboratório de Quarentena "Costa Lima" e os processos de importação de inimigos naturais exóticos no país**. XXV Congresso Brasileiro de Entomologia. 2014. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115307/1/2014RA-043.pdf>> Acesso em: 12 de out. 2019.

SALVADORI, J. R., et al. **Controle Biológico no Brasil, parasitóides e predadores. Controle biológico dos pulgões do trigo**. 2002. São Paulo. Manole.

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J. F. J.; OLIVEIRA, H. N. **Controle Biológico de Insetos-Praga na Soja**. Tecnologia e Produção. Capítulo 08. Anuário Fundação MS. 2014. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/985985/1/cap.8.pdf>> Acesso em: 12 de nov. 2018.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. S. **Agropecuária, Meio-Ambiente, e Desenvolvimento Sustentável. Aspectos teóricos e práticos associados à decisão de uso de agroquímicos: uma abordagem integrada entre a agricultura, meio ambiente e saúde pública**. SOBER, XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. 2008. Disponível em <<https://ageconsearch.umn.edu/record/109672/files/733.pdf>> Acesso em: 20 de fev. 2019.

STÜRMER, G. R. et al. **Eficiência do pano-de-batida na amostragem de insetos-praga de soja em diferentes espaçamentos entre linhas e cultivares**. Semina Ciências Agrárias. 2014. Disponível em <<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744141007.pdf>> Acesso em: 05 de fev. 2019.

SWINTON, S. M. ; **Economics in the design, assessment, adoption, and policy analysis of I.P.M.** 2000. Disponível em <<https://ageconsearch.umn.edu/record/11789/>> Acesso em: 10 de Ago. 2019.

SUJII, E. R. et al. **Controle biológico de insetos-praga na soja orgânica do Distrito Federal.** 2002. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8807>> Acesso em 15 de out. 2018.

THANCHAROEN, A.; et al. **Effective biological control of na invasive mealybug pest enhances root yield in cassanova.** 2018. Journal of Pest Science. Disponível em <<https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10340-018-1012-y>> Acesso em: 14 de mai. 2019.

VAN LENTEREN, J.C. **Controle de qualidade de agentes de controle biológico produzidos massalmente: conhecimento, desenvolvimento e diretrizes.** Laboratory of Entomology, Wageningen University, P.O. Box 8031, 6700 EH Wageningen, The Netherlands. 2000. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Joop_Van_Lenteren/publication/239847684_Control_de_Qualidade_de_Agentes_de_Control_Biologico_Produzidos_Massalmente/links/5aa3f16da6fdccd544ba8fc6/Controle-de-Qualidade-de-Agentes-de-Control-Biologico-Produzidos-Massalmente.pdf> Acesso em: 01 de mar. 2019.

_____. **IOBC Internet Book of Biological Control.** Version 6.2012. Disponível em <http://www.iobc-global.org/download/IOBC_InternetBookBiCoVersion6Spring2012.pdf> Acesso em: 16 mar de 2019.

VEIGA, M. M. **Agroquímicos: Eficiência econômica e injustiça socioambiental.** Revista Ciência & Saúde Coletiva. 2007. Disponível em <https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S141381232007000100017&script=sci_arttext> Acesso em: 10 de fev. 2019.

VIANA FILHO, J. R. et al. **Custo/benefício da cultura de soja: análise comparativa do uso de agroquímicos orgânicos e convencionais em Rondonópolis/MT.** 2010. Disponível em <<https://www.ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2013/09/soja-custo-beneficio-MT.pdf>> Acesso em: 05 de fev. 2019.

XIAO, Y.; FADAMIRO, H. Y. **Exclusion experiments reveal relative contributions of natural enemies to mortality of citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Alabama satsuma orchards.** Biological control Journal. 2010. Disponível em <<https://www-sciencedirect.ez50.periodicos.capes.gov.br/search/advanced?docId=10.1016/j.biocontrol.2010.05.005>> Acesso em 12 de abr. 2019.

YANG, L. et al. **Change in ladybeetle abundance and biological control of wheat aphids over time in agricultural landscape.** Agriculture, Ecosystems and Environment 2018. Disponível em <<https://www-sciencedirect.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0167880917305480>> Acesso em: 13 de abr. 2019.

WILLIAMSON, S.; et al. **Understanding natural enemies; a review of training and information in the practical use of biological control.** BiocontrolNews and Information. 1998. Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.507.2669&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em 20 de abr. 2019.