



**CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS AGRÍCOLAS: UMA ABORDAGEM  
SUSTENTÁVEL PARA O AGRONEGÓCIO**  
**BIOLOGICAL CONTROL OF AGRICULTURAL PESTS: A SUSTAINABLE  
APPROACH FOR AGRIBUSINESS**

DIBELLI, Wanderlei<sup>1</sup>

## RESUMO

O agronegócio brasileiro é um dos principais pilares da economia nacional, destacando-se na geração de empregos, exportações e segurança alimentar global. Apesar de seu protagonismo, a elevada dependência de agroquímicos representa sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente. O Brasil lidera o consumo global de pesticidas, com cerca de 719,5 mil toneladas utilizadas em 2021. Diante desse cenário, práticas alternativas sustentáveis ganham destaque, especialmente o Controle Biológico (CB), o Manejo Integrado de Pragas (MIP) e o Manejo Ecológico de Pragas (MEP). O Controle Biológico utiliza inimigos naturais como predadores, parasitoides e patógenos para reduzir populações de pragas de forma seletiva e ambientalmente segura. No Brasil, esse método apresenta histórico expressivo, como o uso do baculovírus no controle da lagarta-da-soja e o sucesso do parasitoide *Cotesia flavipes* no combate à broca-da-cana. Biofábricas têm impulsionado a produção massal desses agentes, consolidando o país como referência mundial. Paralelamente, o MIP, originado na década de 1950, busca equilibrar técnicas de controle químico, biológico e cultural, mantendo as pragas em níveis economicamente aceitáveis. A evolução do MIP para o MEP incorpora ainda mais princípios ecológicos e sustentabilidade, promovendo práticas agrícolas mais resilientes. A crescente demanda por alimentos seguros e a pressão por práticas ambientalmente responsáveis justificam a adoção e expansão dessas abordagens. O mercado brasileiro de biológicos cresce a taxas superiores a 15% ao ano, refletindo uma mudança estrutural no modelo de produção agrícola, com ênfase na redução de agroquímicos e na valorização da biodiversidade.

**Palavras-chave:** Manejo Integrado de Pragas. Manejo Ecológico de Pragas. Sustentabilidade. Redução de Agrotóxico

## ABSTRACT

Brazilian agribusiness is one of the key pillars of the national economy, playing a major role in job creation, exports, and global food security. Despite its importance, the sector's heavy reliance on agrochemicals poses serious risks to human health and the environment. Brazil is the world's leading consumer of pesticides, with approximately

---

<sup>1</sup> Técnico Agrícola, Graduado pelo CTA José Bonifácio da UNESP, campus de Jaboticabal - SP, Graduado em Geografia, pela Faculdade de Educação São Luís de Jaboticabal - SP, Graduado em História, pela Faculdade de Educação São Luís de Jaboticabal - SP, Pós-Graduado em Educação Ambiental pela Faculdade de Educação São Luís de Jaboticabal - SP, Mestrado em Agronomia - Entomologia Agrícola pela UNESP, campus de Jaboticabal - SP, Técnico Autárquico do Departamento de Fitossanidade UNESP, campus de Jaboticabal - SP, w.dibelli@unesp.br.

719.5 thousand tons used in 2021. In light of this scenario, sustainable alternative practices have gained increasing attention, particularly Biological Control (BC), Integrated Pest Management (IPM), and Ecological Pest Management (EPM). BC employs natural enemies—such as predators, parasitoids, and pathogens—to reduce pest populations in a selective and environmentally safe manner. In Brazil, this method has shown significant results, including the use of baculovirus in the control of soybean caterpillars and the successful application of the parasitoid *Cotesia flavipes* against the sugarcane borer. The development of biofactories has further boosted the mass production of these agents, positioning Brazil as a global leader in the field. IPM, which emerged in the 1950s, integrates chemical, biological, and cultural control methods to maintain pest populations at economically acceptable levels. Its evolution into EPM incorporates even more ecological principles and sustainability, fostering more resilient agricultural systems. The growing demand for safe food and pressure for environmentally responsible practices support the adoption and expansion of these methods. Brazil's biologicals market is growing at over 15% annually, reflecting a structural transformation in agricultural production, with an emphasis on reducing agrochemical use and valuing biodiversity.

**Keywords:** Integrated Pest Management. Ecological Pest Management. Sustainability. Pesticide Reduction.

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro desempenha um papel essencial na economia do país, sendo responsável por grande parte das exportações, geração de empregos e abastecimento alimentar. Com uma vasta produção voltada tanto para o mercado interno quanto externo, o setor se destaca também na contribuição para a segurança alimentar global. No entanto, esse desempenho está constantemente ameaçado pela ação de pragas agrícolas, que comprometem a produtividade e a qualidade dos alimentos cultivados.

Historicamente, o controle dessas pragas tem sido realizado por meio do uso intensivo de produtos químicos. Apesar da eficácia imediata, essa prática tem provocado sérios impactos ambientais, riscos à saúde humana e à biodiversidade, além de favorecer o surgimento de pragas resistentes.

Desta forma, a problemática central deste estudo é a necessidade de redução do controle químico, tornando o agronegócio mais sustentável, atendendo a demanda por alimentos de melhor qualidade.

Nesse contexto, conhecimentos de técnicas alternativas de controle de pragas justificam a presente investigação.

Ao longo dos tempos, o controle biológico torna-se a prática mais promissora, utilizando inimigos naturais das pragas, como predadores, parasitoides e microrganismos patogênicos, para reduzir suas populações de forma natural e equilibrada.

Embora essa prática tenha origens milenares, foi apenas nas últimas décadas que passou a ser reconhecida e aplicada de forma planejada e em larga escala. Com a consolidação de programas de manejo integrado e ecológico de pragas, o controle biológico tem ganhado cada vez mais espaço nas estratégias de produção, especialmente com o avanço das pesquisas, o surgimento de biofábricas de agentes de controle e o fortalecimento do mercado de insumos biológicos.

Diante deste cenário, o objetivo geral do presente trabalho é analisar a aplicação dessas práticas alternativas tais como; o Controle Biológico (CB), do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e do Manejo Ecológico de Pragas (MEP) e seus benefícios.

Como objetivos específicos, busca-se compreender os diferentes tipos de controle biológico, explorar sua evolução no contexto brasileiro, identificar os principais agentes utilizados e refletir sobre as oportunidades de ampliação do uso dessa tecnologia nos sistemas de produção agrícola.

## 2. CONTROLE BIOLÓGICO

O agronegócio brasileiro representa o maior pilar da economia nacional, sendo responsável por grande parte das exportações, geração de empregos e abastecimento interno de alimentos, além de exercer um papel cada vez maior na segurança alimentar global (IPEA, 2021).

Segundo dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2023), entre outubro de 2022 e setembro de 2023, os cinco principais setores do agronegócio brasileiro em valor exportado foram; Complexo soja com US\$ 64,77 bilhões (39,7% das exportações do agronegócio); Carnes (bovina, suína e de frango) com US\$ 23,72 bilhões (14,5%); Cereais, farinhas e preparações com US\$ 16,25 bilhões (10,0%); Complexo sucroalcooleiro (açúcar e etanol) com US\$ 15,70 bilhões (9,6%) e Produtos florestais (como celulose e madeira) com US\$ 14,80 bilhões (9,1%). No entanto, a produtividade agrícola está continuamente ameaçada por pragas que afetam

negativamente a produção e a qualidade dos alimentos. Tradicionalmente, o controle dessas pragas é realizado por meio do uso intensivo de agroquímicos, o que tem gerado sérias consequências à saúde humana, ao meio ambiente e à biodiversidade (LOPES, ALBUQUERQUE, 2018).

Em termos de volume absoluto de consumo de agrotóxicos, o Brasil é frequentemente apontado como o maior consumidor mundial. Dados da FAO para 2021 indicam que o Brasil utilizou cerca de 719,5 mil toneladas de pesticidas, superando a China (244 mil toneladas) e os Estados Unidos (457 mil toneladas) somados (KONCHINSKI, 2024). Apesar do Brasil estar entre os maiores consumidores de defensivos agrícolas em volume total, sua vasta área agrícola faz com que a taxa de aplicação por hectare não seja a mais alta globalmente, embora significativa (GRIGORI, 2019).

Neste contexto, existe uma crescente demanda por alimentos seguros, que exige práticas agrícolas mais sustentáveis, impulsionadas pela busca de alternativas ao controle químico convencional (FREITAS, 2022).

Segundo Berti Filho e Macedo (2011), o Controle Biológico é um dos pilares fundamentais do equilíbrio natural, estando seu princípio baseado na densidade recíproca, que pode ser compreendido da seguinte forma: à medida que a população de um inseto-praga aumenta, há uma maior oferta de alimento para seus inimigos naturais. Na prática, o Controle Biológico é uma extensão do controle natural. Em todo ecossistema, há espécies mais abundantes e outras mais raras, mas, em geral, cada espécie tende a manter uma população relativamente estável ao longo do tempo.

Embora a formalização do controle biológico como ciência seja mais recente, a utilização de inimigos naturais para controlar pragas é uma prática milenar, com registros que datam de civilizações antigas que observavam a ação de predadores em seus cultivos (SMITH, 2010; PARRA *et al.*, 2002).

O primeiro entomologista a usar a expressão “Controle Biológico”, para designar o uso de inimigos naturais no controle de insetos-praga foi Harry Scott Smith, em 1919 (WILSON; HUFFAKER, 1976). Posteriormente, esta expressão foi usada para designar todas as formas de controle, alternativas aos produtos químicos, que envolvessem métodos biológicos (BERTI FILHO; MACEDO, 2011).

No Brasil, a história do controle biológico teve um desenvolvimento gradual, impulsionado pela necessidade de alternativas aos métodos químicos e pela pesquisa científica, tendo seu início nos primórdios do século XX, quando em 1921, foi introduzido o controle da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) por meio do parasitoide *Trichogramma minutum*, em usinas de açúcar no Estado de São Paulo (PARRA *et al.*, 2002).

A adoção do controle biológico foi relativamente limitada até a década de 1970, quando o aumento da resistência de pragas aos inseticidas químicos e os impactos ambientais associados ao uso indiscriminado desses produtos impulsionaram a busca por métodos mais sustentáveis. Desta forma, surge o conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP), tendo o controle biológico como um dos seus pilares estratégicos (PINTO, 2013).

No final dos anos 1970, o Brasil iniciou o que seria maior programa de controle biológico de pragas do mundo até então, sob o comando do entomologista Flávio Moscardi, desenvolveu-se na Embrapa Soja, localizada em Londrina-PR o controle da lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) com o uso de baculovírus (MOSCARDI, 1999).

O uso deste vírus se iniciou experimentalmente no Brasil no início dos anos 1980 e foi ganhando importância, conhecido como AgMNPV (*Anticarsia gemmatalis* Multiple Nucleopolyhedrovirus), é altamente específico e infecta apenas as larvas de *A. gemmatalis*, causando sua morte sem afetar outros organismos (MOSCARDI, 1983; MOSCARDI, 1999).

A utilização do baculovírus reduziu drasticamente o uso de inseticidas na cultura da soja no Brasil durante os anos 1980 e 1990. Os benefícios econômicos e ambientais foram significativos, consolidando o maior programa de uso de vírus de insetos a nível mundial (MOSCARDI, 1999).

Com a consolidação do conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP) nos anos 1980, o controle biológico passou a ganhar mais relevância como alternativa viável e ambientalmente segura para o controle de pragas agrícolas (ÁVILA; SANTOS, 2018).

No Brasil o controle biológico teve e tem uma trajetória de constante inovação, pesquisa e aplicação prática, que se mostra cada vez mais vital para a construção de

uma agricultura brasileira mais sustentável e resiliente. A criação de empresas especializadas em produtos biológicos e o aumento expressivo no registro de biodefensivos nas últimas décadas demonstram a maturidade e a relevância crescente do controle biológico no agronegócio brasileiro (ALISSON, 2024).

O surgimento das biofábricas de inimigos naturais no Brasil está intrinsecamente ligado à evolução do controle biológico no país, que, embora com raízes históricas no início do século XX, ganhou escala e sofisticação a partir das últimas décadas (PARRA *et al.*, 2002; PARRA; COELHO JUNIOR, 2019).

Segundo De Bortoli (2009), para que haja produção de insetos em grande escala, antes se faz necessário a produção em pesquisa e, esta determinará a metodologia de criação mais adequada para se obter o número de insetos necessário, bem como, a metodologia de liberação em campo.

O desenvolvimento de biofábricas representa uma alternativa ao uso intensivo de defensivos químicos, contribuindo para a redução da contaminação ambiental, preservação da biodiversidade e proteção da saúde humana (PARRA *et al.*, 2002).

De acordo com Parra *et al.* (2002), o maior programa de controle biológico do mundo, na atualidade, é o controle da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) com uso da vespa parasitoide *Cotesia flavipes*, implantado no Brasil. O programa cobre atualmente mais de 4 milhões de hectares de cana-de-açúcar, com produção anual de bilhões de indivíduos do parasitoide, liberados em campo para o controle da praga. Neste contexto, o controle biológico no Brasil foi se consolidando por meio de diferentes estratégias.

Segundo Cock *et al.* (2010), temos quatro tipos de controle biológico de pragas; natural, conservativo, clássico e aumentativo ou aplicado.

O Controle Natural se dá pela ação espontânea de inimigos naturais já presentes no ambiente, sem qualquer intervenção humana. Esse tipo de controle ocorre em todos os ecossistemas preservados e representa uma das mais significativas contribuições econômicas da natureza para a agricultura (COCK *et al.*, 2010).

O Controle Conservativo consiste em preservar e estimular o desenvolvimento de inimigos naturais das pragas presentes na área, por meio da redução e utilização

da produtos seletivos e pelo manejo cultural, tais como; rotação de culturas, plantio consorciado entre outros (COCK *et al.*, 2010).

O Controle Clássico baseia-se na importação, criação e liberação de inimigos naturais exóticos, provenientes do habitat original de uma praga invasora, com o objetivo de estabelecer uma população autossustentável desses agentes no novo ambiente e controlar a praga em longo prazo (COCK *et al.*, 2010; PARRA *et al.*, 2002; KENIS *et al.*, 2019).

O Controle Aumentativo ou Aplicado compreende o desenvolvimento de técnicas de produção ou criação massal de Inimigos Naturais, tendo como base a liberação inundativa ou inoculativa de macros e microrganismos nas áreas de cultivo. Estima-se que esta técnica já atinja uma de 30 milhões de hectares em todo o mundo (PARRA *et al.*, 2002; VAN LENTEREN *et al.*, 2018).

Para redução de pragas de maneira natural e sustentável o Controle Biológico utiliza-se de organismos vivos, onde cada agente atua de maneira específica, destacando-se predadores, parasitoides e patógenos (entomopatógenos). Estes agentes quando bem adaptados ao ambiente-alvo, representam uma alternativa viável à aplicação de defensivos químicos (KENIS *et al.*, 2019).

Os predadores desempenham um papel fundamental por se alimentarem diretamente de pragas agrícolas, ajudando a manter suas populações em níveis economicamente viáveis. Estes artrópodes, matam e consomem várias presas durante seu ciclo de vida, muitos, também consomem ovos reduzindo o potencial reprodutivo das pragas.

Para serem considerados agentes eficazes no controle biológico, os predadores devem possuir certas características como; alta voracidade (capacidade de consumir grande número de presas); capacidade de busca (habilidade de localizar as presas em diferentes ambientes e densidades populacionais); capacidade reprodutiva (ter uma taxa de reprodução que permita um rápido aumento populacional em resposta ao aumento das pragas); adaptação ao ambiente (ser capaz de sobreviver e se reproduzir nas condições ambientais da cultura). Dentre estes predadores, destacam-se alguns exemplos clássicos como; joaninhas (Coccinellidae) que se alimentam de pulgões, crisopídeos (Chrysopidae) que atacam ovos e larvas de diversos insetos, e ácaros predadores (Phytoseiidae) utilizados no controle de

ácaros fitófagos em frutíferas e hortaliças. Estes agentes de controle podem ser generalistas, alimentando-se de diversas pragas, enquanto outros são mais específicos, focando em um tipo particular de presa (PARRA *et al.*, 2002; BERTI FILHO; MACEDO, 2011; FONTES; VALADARES-INGLIS, 2020).

Parasitoides são amplamente utilizados no controle biológico aplicado no Brasil, destacando-se como uma das ferramentas mais eficazes dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e Manejo Ecológico de Pragas (MEP). Esses organismos, geralmente insetos das ordens Hymenoptera e Diptera e utilizam-se de um hospedeiro para chegar à fase adulta. Existem cerca de 200 mil diferentes espécies de parasitoides ao redor do mundo, os quais possuem como mecanismo de ação a colocação de ovos (oviposição), em lagartas, pupas ou ovos de pragas, ocasionando o desenvolvimento do parasitoide e morte da praga (PARRA *et al.*, 2021; BUENO; SPALDING; BUENO, 2021).

Através de estímulos químicos, parasitoides utilizam sinais de longo e curto alcance para localizar seus hospedeiros (VET; DICKE, 1992).

Os parasitoides dividem-se em endoparasitoides (desenvolvem-se no interior do hospedeiro) e ectoparasitoides (desenvolvem-se na parte externa do hospedeiro), podendo ser solitários (um único indivíduo se desenvolve no hospedeiro) ou gregários (múltiplos indivíduos por hospedeiro). Dentre estes agentes, existem os generalistas, capaz de parasitar um amplo número de espécies e os especialistas, que atacam um grupo restrito de espécies praga (BERTI FILHO; MACEDO, 2011; PARRA *et al.*, 2021).

O Brasil possui casos relevantes no uso de parasitoides tais como; *Trichogramma* spp., principalmente *Trichogramma pretiosum*, no controle de ovos de lepidópteros em culturas como milho, soja, algodão e cana-de-açúcar, contudo o exemplo de maior sucesso é de *Cotesia flavipes*, introduzido no país para o controle da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), com grande sucesso no setor sucroalcooleiro (PARRA *et al.*, 2002).

Apesar dos resultados alcançados, pesquisadores continuam focados na identificação de novos agentes parasitoides, otimização de técnicas de criação massal e desenvolvimento de estratégias de liberação mais eficientes, para expandir ainda

mais a aplicação dessa ferramenta valiosa em diferentes culturas e sistemas de produção no Brasil.

Patógenos ou entomopatógenos são fungos, bactérias e vírus capazes de infectar, causar doenças e levar à morte de insetos-praga, contribuindo significativamente para a proteção das lavouras. Desde o grande sucesso do *Baculovirus anticarsia* (AgNPV), nos anos 1980 e 1990, no controle da lagarta da soja, *Anticarsia gemmatalis*, o Brasil começou a idealizar o uso de patógenos como uma alternativa viável para substituir os tratamentos convencionais.

Valicente *et al.* (1989), identificaram e purificaram o baculovírus SfMNPV para o controle da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*.

Desta forma, dentre os vírus de invertebrados descritos, os baculovírus se destacam como os mais patogênicos para insetos (HARRISON *et al.*, 2018).

Bactérias entomopatogênicas também são muito utilizadas e comercializadas para diversas pragas. Estes agentes ao serem ingeridos pelas pragas, liberam toxinas que causam a paralisia e a morte do inseto. A bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) é o exemplo mais conhecido e utilizado em formulações biopesticidas. As diferentes estirpes de Bt produzem toxinas delta-endotoxinas, que são específicas para grupos distintos de insetos, como lagartas (Lepidoptera), besouros (Coleoptera) e mosquitos (Diptera) entre outros (HÖFTE; WHITELEY, 1989; SALLES; BALDANI, 1998).

Segundo Ferré e Van Rie (2002), o sucesso do *Bacillus thuringiensis* se deve a sua alta especificidade e segurança para organismos não-alvos, inclusive a tecnologia foi incorporada em plantas geneticamente modificadas (Transgênicos).

Apesar da alta especificidade do *Bacillus thuringiensis*, efeitos subletais em organismos não-alvos foram observados no predador *Podisus nigrispinus* (DIBELLI *et al.*, 2013; SANTANA e al., 2017).

Os fungos entomopatogênicos também são microrganismos que infectam insetos, causando doenças e, conseqüentemente, a morte da praga. Sua ação ocorre por meio da adesão dos esporos à cutícula do inseto, germinação, penetração e colonização dos tecidos. Entre os gêneros mais estudados e utilizados estão *Beauveria*, *Metarhizium* e *Cordyceps*. Dentre estes patógenos, *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* são amplamente utilizados devido à sua eficácia contra

diversas espécies de pragas, inclusive em ambientes abertos, uma vez que não dependem de ingestão pelo inseto para atuar (ALVES, 1998).

Entre os principais fungos produzidos comercialmente no Brasil destacam-se *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* e *Isaria fumosorosea*, que estão se consolidando como uma estratégia sustentável para o controle de pragas agrícolas (ALVES, 1998; INGLIS *et al.*, 2001; LUZ *et al.*, 2005).

O avanço de empresas produtoras de bioinsumos, projetando um valor de R\$ 17 bilhões para este mercado até 2030 evidencia o papel estratégico, sustentável, eficiente e resiliente, especialmente diante das restrições ao uso de defensivos químicos e das exigências dos mercados consumidores (MAPA, 2023).

Nesse contexto, empresas como Ballagro, Bionat e Koppert entre outras, desempenham papel fundamental no desenvolvimento, produção e comercialização de produtos biológicos para o manejo agrícola.

Apesar das vantagens, a comercialização de agentes de controle biológico é dificultada por seu alto custo de produção, necessidade de alta qualidade de formulação, escala limitada e instabilidades na estocagem em comparação com agrotóxicos convencionais (COLLINGE, *et al.*, 2022). O uso de patógenos também enfrenta desafios, como a necessidade de condições ambientais favoráveis tais como umidade e temperatura (RATH, 2002).

De acordo com a empresa de consultoria Dunhan Trimmer, o mercado mundial de bioagentes teve expectativa de movimentar em 2020 mais de US\$ 5 bilhões, sendo mais de US\$ 800 milhões na América Latina. E enquanto o mercado de biológicos do mundo está crescendo 9% ao ano, no Brasil o aumento é de mais de 15%, consolidando o país na liderança mundial no uso do controle biológico, inclusive exportando tecnologias da área para outros países (LOBATO, 2019).

### **3. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP) E MANEJO ECOLÓGICO DE PRAGAS (MEP)**

O Manejo integrado de Pragas (MIP) começou ser pesquisado na Califórnia - EUA nos anos 1940, contudo, tomou impulso somente nos anos 1950, quando V. M.

Stern e Robert van Den Bosch lideraram um grupo de pesquisadores dispostos a implantar um novo sistema para reduzir os riscos dos agrotóxicos (GRAVENA, 2004).

A FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) definiu MIP como um sistema de manejo de pragas que no contexto de ambiente associado e na dinâmica das populações de pragas utiliza todas as técnicas e métodos adequados, tão compatíveis quanto possível, para manter as pragas em níveis populacionais abaixo dos que causam danos econômicos (FAO apud GRAVENA, 2004).

Segundo Busoli *et al.* (2012), o Manejo Integrado de Pragas (MIP) consiste no planejamento e uso de táticas e estratégias voltadas para o controle de artrópodes praga, visando à sua manutenção em níveis que não causam danos econômicos à produtividade das culturas, bem como à qualidade de seus produtos.

O sucesso do MIP se deve ao fato de manejar as culturas agrícolas com interação equilibrada com o meio ambiente, principalmente quando associado a outras táticas de controle, como o controle químico com agrotóxicos seletivos aos inimigos naturais (BUSOLI *et al.*, 2013).

Neste sentido, o MIP está essencialmente ligado ao processo de tomada de decisão envolvendo o uso coordenado de múltiplas táticas de controle de pragas de uma maneira sustentável e economicamente compatível (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2012). Estas táticas se tornaram os pilares do MIP e envolve; resistência de plantas (plantas transgênicas ou cultivares selecionadas); manipulação ambiental (feromônios atraentes e repelentes); controle cultural (policultivos e práticas agronômicas); controle biológico (predadores, parasitoides e patógenos) e por fim, controle químico (priorizando produtos seletivos e toxinas naturais), por tanto, esta associação de métodos visa restabelecimento do nível de equilíbrio ecológico (LEPPLA; WILLIAMS, 1992).

Neste contexto, o controle biológico, devido sua capacidade de promover um equilíbrio nos ecossistemas agrícolas se destaca como um dos principais pilares do MIP, oferecendo uma alternativa eficaz e ecologicamente mais segura em comparação ao uso exclusivo de defensivos químicos (KOGAN, 1998; PARRA *et al.*, 2002).

O MIP representou um marco ao substituir o controle químico indiscriminado por uma abordagem mais técnica e preventiva, contudo, embora eficiente, frequentemente continua inserido em sistemas agrícolas convencionais, baseados em monoculturas e no uso intensivo de insumos externos, especialmente pesticidas, para tanto, fez-se necessário o surgimento do MEP (Manejo Ecológico de Pragas), que de certa forma, “reformula” o MIP ao considerar as interações ecológicas nos agroecossistemas e ao priorizar o redesenho do sistema agrícola para promover o controle natural das pragas, reduzindo drasticamente ou eliminando a dependência de insumos externos. O foco passa a ser o equilíbrio ecológico e não apenas a supressão de populações-praga (ALTIERI, 2002).

Neste sentido, o MEP busca soluções duradouras, considerando os fatores bióticos e abióticos do agroecossistema como ferramentas de manejo (PERFECTO; VANDERMEER, 2010).

Desta forma, a prática de manejo do habitat, criando condições favoráveis para o estabelecimento e a proliferação de inimigos naturais, como o plantio de plantas que ofereçam abrigo e alimento são fundamentais para o MEP (ALTIERI, 2002).

No contexto do MEP, mais uma vez o Controle Biológico é um componente fundamental da resiliência ecológica dos agroecossistemas, sendo um dos principais pilares desta prática, para tanto, o uso bem-sucedido desta técnica depende da compreensão ecológica do ambiente agrícola e da promoção de estratégias que aumentem a eficácia dos inimigos naturais ao longo do tempo (PARRA *et al.*, 2002; ALTIERI, 2002; VAN LENTEREN, 2012).

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O controle biológico de pragas constitui uma estratégia de manejo sustentável que se alinha aos princípios da agroecologia e da intensificação ecológica, apresentando-se como alternativa viável ao modelo agrícola baseado no uso intensivo de defensivos químicos. Diante do cenário em que o Brasil figura como um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos, torna-se imperativo promover a adoção de práticas que minimizem os impactos ambientais, preservem a biodiversidade e assegurem a produção de alimentos saudáveis.

O presente estudo evidência, de forma sistematizada, os fundamentos, agentes e aplicações do controle biológico, com ênfase nos predadores, parasitoides e patógenos entomológicos. Destacam-se, nesse contexto, exemplos práticos de eficácia já comprovada no país, como o uso do *Baculovirus* no controle da lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) e o emprego de *Cotesia flavipes* no combate à broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), que ilustram a viabilidade técnica e econômica dessas práticas em larga escala.

Além disso, a discussão acerca da evolução conceitual do Manejo Integrado de Pragas (MIP) para o Manejo Ecológico de Pragas (MEP) revela uma perspectiva mais abrangente, que incorpora aspectos ecológicos, socioeconômicos e tecnológicos na formulação de estratégias de controle mais sustentáveis.

O avanço das biofábricas, o fortalecimento da cadeia de bioinsumos e o crescente investimento em pesquisa e inovação colocam o Brasil em posição de destaque no cenário internacional. Contudo, ainda persistem desafios significativos, tais como a variabilidade das condições ambientais que influenciam a eficácia dos agentes biológicos, os custos associados à produção em larga escala e a carência de capacitação técnica entre os produtores e profissionais do setor.

Conclui-se, portanto, que o controle biológico de pragas deve ser compreendido não apenas como uma técnica complementar ao uso de defensivos, mas como componente central de um novo paradigma agrícola, baseado na sustentabilidade, na resiliência dos agroecossistemas e na valorização do conhecimento científico. Para sua consolidação, faz-se necessária a articulação entre políticas públicas, estímulo à pesquisa aplicada, transferência de tecnologia e educação agroambiental voltada à formação de agentes multiplicadores e produtores conscientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALISSON, Elton. Registro de produtos para controle biológico de pragas ultrapassa o de agroquímicos no Brasil. Agência FAPESP, 19 abr. 2024. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/registro-de-produtos-para-controle-biologico-de-pragas-ultrapassa-o-de-agroquimicos-no-brasil/51431/>. Acesso em: 27 maio 2025.

ALTIERI, Miguel A. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2002.

ALVES, S. B. Controle Microbiano de Insetos. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998.

ÁVILA, C. J.; SANTOS, V. Manejo Integrado de Pragas (MIP) na Cultura da Soja - Um estudo de caso com benefícios econômicos e ambientais. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2018. Acesso em: 23 julho 2025. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1098927/1/DOC14320182.pdf>. Acesso em: 23 julho 2025.

BERTI FILHO, E.; MACEDO, L. P. M. Fundamentos de Controle biológico De insetos-praga. Natal: IFRN, 2011.

BUENO, A. F.; SPALDING, B. S. C.; BUENO, R. C. O. F. Parasitoides. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-integrado-de-pragas/inimigos-naturais-das-pragas-de-soja/parasitoides>>. Acesso em: 30 junho 2025.

BUSOLI, A. C.; CROSARIOL NETTO, J.; LOPES, D. O. P.; SILVA, E. A.; PESSOA, R.; SOUZA, L. A.; GRIGOLLI, J. F. J. Atualidades em Manejo Integrado de Pragas. In: BUSOLI, A. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; SOUZA, L. A.; KUBOTA, M. M.; COSTA, E. N.; SANTOS, L. A. O.; CROSARIOL NETTO, J.; VIANA, M. A. (Eds.). Tópicos em Entomologia Agrícola V. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda., 2012. p.173-192.

BUSOLI, A. C.; FRAGA, D. F.; CROSARIOL NETTO, J.; ALENCAR, J. R. C. C.; SOUZA, L. A.; VALENTE, F. I. Atualidades em Manejo Integrado de Pragas. In: BUSOLI, A. C.; ALENCAR, J. R. C. C.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A.; SOUZA, B. H. S.; GRIGOLLI, J. F. J. (Eds.). Tópicos em Entomologia Agrícola VI. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda., 2013. p.185-206.

COCK, M. J. W. *et al.* Do new access and benefit sharing procedures under the Convention on Biological Diversity threaten the future of biological control? *BioControl*, Dordrecht, v. 55, p. 199–218, 2010.

COLLINGE, J. *et al.* Biological control of plant diseases – What has been achieved and what is the direction? *Plant Pathology*, v. 71, n. 5, p. 1-12, 2022.

DE BORTOLI, S.A. Criação de insetos: da base a biofábrica. Jaboticabal: edição própria, 2009. 223p.

DIBELLI, W., BORTOLI, S. A., VOLPE, H. X. L., VACARI, A. M., MAGALHÃES, G. O., DUARTE, R. T., & POLANCZYK, R. A. (2013). Effect of *Bacillus thuringiensis* on the biological parameters and phytophagy of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). *Entomologia Generalis*, 34, 313–321.

FERRÉ, J.; VAN RIE, J. Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 47, p. 501-533, 2002.

FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. (ed). Controle biológico de pragas da agricultura. Brasília: Embrapa, 2020.

FREITAS, Diego Antonio França de. Boas práticas agrícolas para a produção de alimentos seguros: café, feijão, tomate, morango e hortaliças folhosas. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), 2022. Disponível em: <https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/handle/1/161>. Acesso em: 24 julho 2025.

GRAVENA, S. Manejo integrado de pragas é vital na produção de citros. Pragas - Meio Ambiente. 2004. Disponível em: <va02-pragas01.pdf> ([usp.br](http://usp.br)). Acesso em: 14 julho 2025.

GRIGORI, P. Afinal, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo? FIOCRUZ, 2019. Disponível em: <https://cee.fiocruz.br/?q=node/1002>. Acesso em: 23 julho 2025.

HARRISON, R. L.; HERNIOU, E. A.; JEHLE, J. A.; THEILMANN, D. A.; BURAND, J. P.; BECNEL, J. J.; KRELL, P. J. M.; OERS, M. van; MOWERY, J. D.; BAUCHAN, G. R. ICTV virus taxonomy profile: Baculoviridae. Journal of General Virology, v. 99, p. 1185-1186, 2018.

HOFFMANN-CAMPO *et al.* Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa, 2012. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00052680.pdf>. Acesso em: 23 julho 2025.

HÖFTE, H.; WHITELEY, H. R. Insecticidal Crystal Proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbiological Reviews, Washington, v. 53, p.242-255, 1989.

INGLIS, G.D., GOETTEL, M.S., BUTT, T.M., STRASSER, S. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: TM Butt, C Jackson, N. Magan, editors. Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential. Wallingford: CABI Publishing; 2001. p. 23-69.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *A importância do agronegócio para a economia brasileira*. Brasília: IPEA, 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2025.

KENIS, M. *et al.* Guide to the classical biological control of insect pests in planted and natural forests. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, 2019. (FAO Forestry Paper, 182).

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 43, p. 243-270, 1998.

KONCHINSKI, Vinicius. Brasil usa mais agrotóxicos que Estados Unidos e China juntos. BRASIL DE FATO. 5 fev. 2024. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2024/02/05/brasil-usa-mais-agrotoxicos-que-estados-unidos-e-china-juntos/>. Acesso em: 27 maio 2025.

LEPPLA, N. C.; WILLIAMS, D. W. Mass rearing beneficial insects and the renaissance of biological control. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, Edição Especial, p. 231-238, 1992.

LOBATO, Breno. Brasil é líder mundial em tecnologias de controle biológico. EMBRAPA 2019. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46366490/brasil-e-lider-mundial-em-tecnologias-de-controle-biologico#:~:text=Foto%3A%20Alexandre%20Veloso-,Com%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20desse%20tipo%20de%20manejo%20em%20mais%20de%2023,da%20%C3%A1rea%20para%20outros%20pa%C3%ADses](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46366490/brasil-e-lider-mundial-em-tecnologias-de-controle-biologico#:~:text=Foto%3A%20Alexandre%20Veloso-,Com%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20desse%20tipo%20de%20manejo%20em%20mais%20de%2023,da%20%C3%A1rea%20para%20outros%20pa%C3%ADses.). Acesso em: 03 julho 2025.

LOPES, C.V.A., ALBUQUERQUE, G.S.C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde Em Debate*, 42(117), 518–534. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>. Acesso em: 23 julho 2025.

LUZ, C. *et al.* Entomopathogenic fungi: From basic research to application. *Neotropical Entomology*, v. 34, n.2, p. 195-207, 2005.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. Nota à imprensa: exportações do agronegócio fecham 2023 com US\$ 166,55 bilhões em vendas. Brasília: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-fecham-2023-com-us-166-55-bilhoes-em-vendas>. Acesso em: 27 maio 2025.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. Programa Nacional de Bioinsumos: Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Lançamento e ações estratégicas do Programa Nacional de Bioinsumos. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), 2023. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/85620702/bioinsumos-tendencia-de-crescimento-no-brasil?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/85620702/bioinsumos-tendencia-de-crescimento-no-brasil?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 24 julho 2025.

MOSCARDI, F. Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 44, p. 257–289, 1999.

MOSCARDI, F. Utilização de Baculovirus anticarsia para o controle da Lagarta da Soja, *Anticarsia gemmatalis*. Comunicado Técnico EMBRAPA, 1983. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/445512>. Acesso em: 23 julho 2025.

PARRA, J. R. P., PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira. 1ed. Piracicaba: FEALQ, 2021. v. 1, 592 p.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. & BENTO, J. M. S. (Eds.). Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002.

PARRA, J. R. P.; COELHO JUNIOR, A. Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. *Journal of Insect Science*, v. 19, n. 2, p. 5, 2019. Disponível em: <https://academic.oup.com/jinsectscience/article/19/2/5/5368158>. Acesso em: 28 maio 2025.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. *Nature's Matrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty*. 2. ed. London: Earthscan, 2010.

PINTO, J. D. O manejo integrado de pragas em áreas de produção de grãos no Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 12, n. 3, p. 288-298, 2013.

RATH, A. C. Ecology of entomopathogenic fungi in field soils. In: *International Colloquium On Invertebrate Pathology And Microbial Control*, 8., 2002, Foz do Iguaçu, PR. Anais... Foz do Iguaçu: Society for Invertebrate Pathology, 2002. p.65-71.

SALLES, J. F.; BALDANI, J. I. *Bacillus thuringiensis* como agente de controle biológico. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, nov. 1998. 31p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 54)

SANTANA, A. G.; ÁVILA, C. J.; OLIVEIRA, H. N.; SCHLICK-SOUZA, E. C. Efeito direto e indireto do milho Bt sobre o predador *Podisus nigrispinus*. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 16, n. 2, p. 319-327, 2017.

SMITH, John. *The history of biological control*. New York: Academic Press, 2010.

VALICENTE, F. H., PEIXOTO, M.J.V.D., PAIVA, E., KITAJIMA, E.W. Identificação e purificação de um vírus de poliedrose nuclear da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 18: 71-82, 1989. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/476990/1/Identificacaopurificacao1.pdf>. Acesso em: 23 julho 2025.

VAN LENTEREN, Joop C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, Dordrecht, v. 57, p. 1–20, 2012.

VAN LENTEREN, Joop C., *et al.* Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63.1: 39-59, 2018.

VET, L. E.; DICKE, M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology*, v.37, p.141-172, 1992.

WILSON, F.; HUFFAKER, C.B. The physiology scope and importance of biological control. In: HUFFAKER, C.B.; MESSENGER, P.S. (Eds.). *Theory and practice of biological control*. New York: Academic Press, 1976. 788p.