

AULA CONTROLE BIOLÓGICO- BIOMED.

Controle biológico é um fenômeno que acontece naturalmente na natureza, consiste na regulação do número de plantas, animais e micro-organismos por inimigos naturais. É uma estratégia que o homem há muito tempo vem utilizando, explorando inimigos naturais para o controle de patógenos e pragas - ação considerada uma arte por muitos cientistas, embora vários esforços tenham sido feitos para transferir o controle biológico para o domínio da ciência.

O marco inicial do controle biológico data do século III a.C., quando os chineses observaram que formigas (*Oecophylla smaragdina*) predadoras reduziavam as populações de pragas dos citros. Os citricultores chineses colocavam ninhos de formigas predadoras nas árvores onde essas alimentavam-se com folhas de alimentação dos insetos praga do citrus. Pontes de bambu foram construídas para ajudar as formigas migrarem de árvore em árvore.

O controle biológico era empregado há 4000 anos atrás no Egito, onde os gatos domésticos eram utilizados no controle de roedores.

O primeiro registro do controle biológico com parasitoides aconteceu em 1602 quando o italiano Aldrovandi relatou o parasitismo da lagarta-das-crucíferas (*Pieris* sp.) por *Apanteles glomeratus*.

Durante o século 18 o número de trabalhos com organismos entomófagos e entomopatogênicos descritos na literatura eram cada vez maiores, em grande medida sob a forma de artigos relacionados com biologia de parasitoides. Doenças do bicho da seda foram reconhecidos no início do século 18. De Réamur (1726) descreveu o fungo *Cordyceps que infecta* larvas da família *Noctuidae*.

Uma série de artigos apareceu durante a primeira metade do século 19, que elogiou os efeitos benéficos de insetos entomófagos.

Erasmus Darwin (1800) observou que era interessante proteger e incentivar as moscas Syrphid e vespas ichneumonid porque esses destruíram um número considerável de lagartas que se alimentavam de couve. Kirby & Spence (1815) mostraram que os coccinélideos predavam e controlavam as populações de pulgões.

Ratzeberg (1828) chamou a atenção em particular para o valor de insetos parasitas com a publicação de um grande volume sobre os parasitoides de insetos florestais na Alemanha.

Agustino Bassi (1834) demonstrou pela primeira vez que um microorganismo, o fungo *Beauveria bassiana*, causou uma doença animal, ou seja, a doença muscardina de bichos da seda.

No Brasil, o primeiro inseto introduzido para uso como agente de controle biológico foi o parasitoide *Prospaltella berleseii*, importado dos EUA em 1921, para o controle da cochonilha escama-branca (*Pseudaulacaspis pentagona*). Em 1994 foi introduzido também dos EUA *Diachasmimorpha longicaudata*, para o controle das moscas-das-frutas (*Ceratitidis capitata* e *Anastrepha fraterculus*), em diversas frutíferas. Também na mesma década, em 1997, foi importado dos EUA

o parasitoide *Agania spiscitrícola*, para o controle do minador-dos-citros (*Phyllocnistis citrella*), estabelecendo-se em todas as regiões brasileiras produtoras de citros. Já em 1993 e 1998 foi importado o ácaro *Neoseiulus californicus*, para o controle do ácaro-vermelho-da-macieira (*Panonychus ulm*). Além destes, vários outros inimigos naturais foram importados para o estabelecimento de programas de controle biológico clássico; entretanto, muitos não tiveram sucesso.

A utilização de agentes biológicos era realizada como método de controle isolado até a década de 50. Com o surgimento do Manejo Integrado de Pragas (MIP) o controle biológico passou a fazer parte de uma estratégia de manejo onde podem ser utilizados outros métodos de controle, como o cultural, o mecânico, por comportamento, o físico e a resistência de plantas a insetos.

O termo **Controle Biológico** foi empregado pela primeira vez em 1919, por Harry Scott Smith, para designar o uso de inimigos naturais para o controle de insetos-praga.

Posteriormente essa expressão foi usada para designar todas as formas de controle alternativas aos produtos químicos, que envolvessem métodos biológicos, como técnicas diversas: rotação de culturas, antecipar ou retardar as épocas de plantio e colheita, queima de restos de culturas, destruição de ramos e frutos atacados, uso de atraentes e repelentes, de feromônios e de armadilhas.

Entretanto, esta denominação para os métodos citados não é unanimemente aceita pelos especialistas da área. Estes consideram o Controle Biológico como uma ciência que trata da ação de inimigos naturais na regulação das populações de seus hospedeiros e suas presas, sejam eles insetos pragas ou ervas daninhas. Dentro do controle biológico podemos constatar duas fases distintas: o controle biológico sem a interferência (ou seja, na forma como é encontrado na natureza) e aquele que é feito mediante introdução, manipulação e aplicação de organismos capazes de agir de forma contrária a pragas.

O controle biológico consiste no emprego de um organismo (predador, parasita ou patógeno) para combater organismos que causa danos atacando lavouras. São chamados de agentes de controle populacional e ocorrem naturalmente nos ecossistemas.

Do ponto de vista agrícola, podemos focar o controle biológico de duas formas: o controle biológico natural e o controle biológico aplicado.

Controle Biológico Natural

O conceito "balanço da natureza" se define como a tendência natural das populações de plantas e animais de não crescer até o infinito, nem decrescer até a extinção, como resultado de processos reguladores (como os inimigos naturais) em ambientes não perturbados (ecossistemas naturais). Assim, o controle biológico natural envolve as ações combinadas (fatores bióticos e abióticos) de todo o meio ambiente na manutenção das densidades características da população, ou seja, o equilíbrio natural. Muitos organismos praga potenciais podem ser mantidos em densidades muito abaixo dos níveis de danos por inimigos naturais que ocorrem naturalmente no campo. Em ecossistemas naturais, uma enorme

quantidade de espécies de inimigos naturais mantém insetos fitófagos em baixas densidades populacionais. Mesmo em agroecossistemas, muitas pragas potenciais são mantidas em níveis que não causam danos, por meio da ação dos inimigos naturais que ocorrem naturalmente. DeBach e Rosen (1991) estimaram que 90% de todas as pragas agrícolas são mantidas sob controle natural.

Controle Biológico Aplicado

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, conservação 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. 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. O primeiro grande sucesso de controle biológico, que se tornou um exemplo clássico na literatura foi a introdução na Califórnia da joaninha australiana *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae) trazida da Austrália em 1888, para o controle do pulgão-branco-dos citros, *Icerya purchasi* (Hemiptera: Margarodidae), o qual foi completado, de maneira espetacular, dois anos após a liberação da joaninha. Esse caso de controle biológico clássico é considerado um marco no controle biológico como um método de controle de pragas.

Conservação envolve medidas que preservem os inimigos naturais em um agroecossistema, ou seja, manipular o seu ambiente de forma favorável, como evitar práticas culturais inadequadas, preservar fontes de alimentação ou habitat, uso de produtos fitossanitários seletivos. A conservação pode resultar tanto em maior diversidade de espécies benéficas quanto em uma grande população de cada espécie, conduzindo a um melhor controle de pragas. A conservação de inimigos naturais é provavelmente a mais disponível e importante prática de controle biológico para os produtores de vegetais (hortaliças). Os inimigos naturais ocorrem em todos os sistemas de produção de vegetais, sendo adaptados ao ambiente local e as pragas-alvo. A preservação e manutenção dos inimigos naturais são imprescindíveis para estabelecer o equilíbrio biológico e reduzir os custos de produção.

O controle biológico aumentativo, onde os inimigos naturais são periodicamente introduzidos e liberados, após a criação massal em laboratório; é comercialmente aplicado em grandes áreas em vários sistemas de cultivo ao redor do mundo. Segundo Van Lenteren (2000), internacionalmente, mais de 125 espécies de inimigos naturais estão disponíveis comercialmente para o controle biológico aumentativo. Esta forma de controle é aplicada em campo aberto em cultivos que são atacados somente por poucas pragas, e também, é

particularmente popular em sistemas de cultivos protegidos, onde todo o espectro de pragas pode ser manejado por um conjunto de inimigos naturais.

Três formas de liberações aumentativas de inimigos naturais podem ser distinguidas: 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. Liberação inoculativa – os inimigos naturais são liberados em número limitado, ou seja, somente um pequeno número é liberado, com objetivo de supressão em longo prazo da população da praga. É aplicado em culturas perenes ou semiperenes e florestas. É típica do controle biológico clássico.

Liberação inoculativa sazonal, onde 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. Segundo van Lenteren (2000), este tipo de liberação lembra a liberação inoculativa ou controle biológico clássico, entretanto, tem como objetivo o efeito de controle sobre várias gerações. Tem sido desenvolvido na Europa durante as últimas três décadas e é aplicado, comercialmente, com grande sucesso para pragas em cultivos em casas de vegetação.

Um programa de controle biológico deve ser bem planejado, e várias etapas devem compor este programa, de acordo com van Lenteren (2000) e Parra et.al. (2002):

1. Conhecimento taxonômico da praga-alvo, sua região de origem.
 2. Informações coletadas, através de pesquisa na literatura, sobre a biologia, comportamento da praga, e outras que auxiliem no processo de controle da mesma.
 3. Inventário dos inimigos naturais.
 4. Seleção dos inimigos naturais mais promissores. Estudos mais detalhados sobre biologia, comportamento etc.
 5. Criação massal do inimigo natural selecionado. Técnicas para criação massal.
- Controle de qualidade
6. Liberação do inimigo natural
 7. Avaliação final da efetividade biológica e econômica

Em comparação ao controle químico o controle biológico apresenta vantagens e desvantagens. Entre as vantagens pode-se citar que é uma medida atóxica, não provoca desequilíbrio, não possui contra indicações, propicia um controle mais extenso e é eficiente quando não existe maneira de se utilizar o controle químico. Em compensação requer mais tecnologia, possui um efeito mais lento, não é de tão fácil aquisição, nem sempre pode ser aplicado em qualquer época do ano e, geralmente, é mais caro.

Parra (2006, p. 22) compara os controles químico e biológico (Tabela 1), em que é possível observar a importância e a aplicabilidade destes. Quanto à especificidade, os inimigos naturais são exclusivos na escolha de hospedeiros ou presas não havendo necessidade de se preocupar com efeitos colaterais indesejáveis, como a morte de outros insetos benéficos; porém, faz-se necessário identificar uma espécie de inimigo natural para cada espécie de praga, ou seja, quando um complexo de pragas ocorre numa cultura, a introdução de vários inimigos naturais será necessária, enquanto que com a pulverização de um inseticida ou um coquetel de inseticidas, poder-se-á reduzir várias pragas ao mesmo tempo.

Tabela 1 – Comparação entre controle químico e controle biológico

	Controle Químico	Controle Biológico
Nº de ingredientes (agentes) testados	> 1 milhão	2000
Taxa de sucesso	1 : 200.000	1 : 10
Custos para desenvolvimento	400 milhões de dólares	2 milhões de dólares
Tempo de desenvolvimento	10 anos	10 anos
Taxa benefício / custo	2 : 1	20 : 1
Riscos de resistência	Grande	Pequeno
Especificidade	Muito pequena	Muito grande
Desequilíbrios	Muitos	Nenhum / poucos

Fonte: Van Lenteren et al. (1997) citado por Parra (2006, p. 22).

Para alcançar resultados, todo programa de controle biológico deve começar com o reconhecimento dos inimigos naturais da "praga-chave da cultura" (principal organismo que causa danos econômicos à lavouras). Uma vez identificada a espécie e o comportamento da "praga" em questão, o principal desafio dos centros de pesquisa diz respeito a reprodução desse inimigo natural em grandes quantidades e com custos reduzidos.

O controle biológico de pragas vem assumindo papel cada vez mais importante na agricultura, devido à necessidade de redução na utilização de produtos químicos, visando à melhoria da qualidade dos alimentos e redução dos custos de produção, além da preservação do ambiente.

Com isso, ocupa uma posição importante dentro dos programas de MIP, pois, além de atuar de forma harmoniosa com o ambiente é um método eficiente quando associado a outras medidas de controle.

No caso do controle químico, que continua sendo o mais empregado, quando utilizado em conjunto com o controle biológico, leva-se em consideração o conhecimento da seletividade dos produtos aos inimigos naturais, além de conhecer a bioecologia das pragas e dos inimigos naturais, para que se faça a aplicação dos produtos em épocas mais favoráveis ao controle das pragas.

Existem programas de controle biológico de pragas agrícolas no Brasil bem sucedidos como é o caso da broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) por intermédio da criação massal em laboratório e liberação no campo da vespinha *Cotesia flavipes*, sendo responsável

por cerca de 70% a 80% do parasitismo das lagartas de *D. saccharalis* e, das cigarrinhas *Mahanarva fimbriolata* e *Mahanarva posticata* pela aplicação do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*.

Na cultura da soja, destaca-se o controle biológico de percevejos, especialmente para a espécie *Nezara viridula* (percevejo-verde-da-soja) pelo parasitóide *Trissolcus basalus*.

Organismos utilizados no controle biológico

Os organismos vivos que atuam como agentes de controle biológico constituem o grupo dos inimigos naturais, o qual é formado pelos parasitóides, predadores e patógenos.

Os dois primeiros são denominados agentes entomófagos e, o último, entomopatogênico.

Quanto aos entomófagos, embora exista um grande número de organismos que se alimentam de insetos, como pássaros, lagartos, sapos, tamanduá, a ênfase aqui é para insetos que se alimentam de insetos, onde se apoiam, atualmente, os programas de controle biológico de insetos-praga.

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. No geral, os inimigos naturais, em particular, os parasitóides e predadores mais efetivos, devem apresentar as seguintes características: adaptabilidade às mudanças das condições físicas do meio ambiente, um certo grau de especificidade a um determinado hospedeiro/presa, alta capacidade de crescimento populacional com relação a seu hospedeiro/presa, alta capacidade de busca, particularmente em baixas densidades do hospedeiro/presa, sincronização sazonal com o hospedeiro/presa e capacidade de sobreviver nos períodos de ausência do hospedeiro/presa, e capaz de modificar sua ação em função de sua própria densidade e do hospedeiro/presa, ou seja, mostrar densidade recíproca.

Parasitóides – dentro da entomologia considera-se o termo parasitóide, ao inseto que parasita um hospedeiro, completa o seu ciclo em um único hospedeiro e usualmente mata esse hospedeiro. Suas larvas exibem o hábito parasítico, e os adultos são de vida livre, se alimentando de néctar, substâncias açucaradas etc.

Os parasitóides estão, em sua maioria, dentro da Ordem Hymenoptera, e poucos na Ordem Diptera (Família Tachinidae). Atacam e se desenvolvem em todos os estágios dos insetos, ou seja, ovo, larva (ninf), pupa e adulto. Alguns exemplos de parasitóides, Trichogramma pretiosum, Cotesia flavipes, Telenomus podisi, Trissolcus basalus, Lysiphlebus testaceipes, Aphidius colemani.

Predadores – são indivíduos de vida livre, usualmente maior do que as presas requerem um grande número de presas para completar o seu ciclo de vida, e podem apresentar o comportamento predatório, tanto no estágio ninfal (larval) como adulto.

Quanto ao hábito alimentar podem ser mastigadores ou sugadores. Estão presentes

em várias ordens de insetos, sendo as mais importantes: Coleoptera (Famílias Coccinellidae, Carabidae), Diptera (Famílias Syrphidae, Asilidae), Hemiptera (Famílias Anthocoridae, Pentatomidae, Reduviidae), Neuroptera (Família Chrysopidae), Hymenoptera (Família Vespidae), Dermaptera (Famílias Forficulidae, Labiduridae). Alguns exemplos de insetos predadores, *Orius insidiosus*, *Chrysoperla externa*, *Labidura riparia*, *Cycloneda sanguinea*, *Porasilus barbiellini*, *Brachygastera lecheguana*, *Podisus nigrispinus*.

Patógenos - organismo, microscópico ou não, capaz de produzir doenças infecciosas aos seus hospedeiros sempre que estejam em circunstâncias favoráveis, inclusive do meio ambiente. Podem ser bactérias, vírus, protozoários, fungos ou helmintos. O agente patogênico pode se multiplicar no organismo do seu hospedeiro, podendo causar infecções e outras complicações.

Controle microbiano de pragas: definição, conceitos e microrganismos entomopatogênicos

Se considerarmos que cada espécie de inseto seja suscetível a pelo menos um microrganismo patogênico, como ocorre com todos os outros organismos vivos dos diferentes reinos, ou seja, que pelo menos um microrganismo seja capaz de causar algum tipo de doença a esse inseto, temos uma pequena noção da importância do estudo dessas doenças no contexto do controle de pragas.

A patologia de insetos é a ciência que estuda as doenças dos insetos, visando utilizá-las para o controle de pragas ou com o objetivo de evitá-las quando ocorrem em insetos úteis (abelhas, bicho-da-seda, agentes de controle biológico, etc).

Por doença, podemos definir um processo dinâmico, no qual hospedeiro (inseto) e patógeno (micro-organismo), em íntima relação com o meio, influenciam-se mutuamente, resultando modificações morfológicas e fisiológicas em ambos. Este é um conceito estrito, já que, numa maior abrangência podemos também considerar como doenças, as alterações em processos físicos, bioquímicos e fisiológicos dos insetos, tais como abrasões, fraturas, deficiências nutricionais, entre outros.

O controle microbiano é um ramo do controle biológico que trata da utilização racional dos entomopatógenos, visando a manutenção das populações de pragas a níveis de dano não-econômicos, segundo os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Podemos definir, para o controle microbiano, da mesma forma que para o controle iológico com a utilização de entomófagos, tipos de controle, como o natural e o aplicado, e estratégias de uso, como introdução inundativa e inoculativa, aumento ou incremento e conservação/proteção.

As principais vantagens do uso de microrganismos entomopatogênicos para o controle de pragas são a especificidade e a seletividade desses agentes de controle, bem como a facilidade de multiplicação, dispersão e produção em meios artificiais e a ausência de poluição ambiental e toxicidade ao homem e outros organismos não-alvo, entre outras.

Dessa forma, percebe-se que o controle microbiano de insetos, como braço do controle biológico, é base de sustentação do equilíbrio natural das espécies de insetos potencialmente consideradas como pragas.

Os principais microrganismos relacionados ao controle microbiano de insetos são nematóides, vírus, bactérias e fungos entomopatogênicos, com vários casos estudados e exemplos de utilização comercial.

Os nematóides entomopatogênicos são vermes semelhantes àqueles que infectam plantas, e se relacionam com os insetos de três formas: forésia (transporte), parasitismo obrigatório ou parasitismo facultativo.

Família Mermithidae, que são parasitos obrigatórios e Família Neotylenchidae, nematóides dotados de estiletes bucais. Alguns grupos têm uma associação muito íntima (simbiose ou mutualismo) com bactérias no processo de estabelecimento da doença. Dessa forma, esses nematóides carregam em seu interior um pequeno inóculo de bactérias específicas, que são liberadas no interior do corpo do inseto após a penetração do nematóide, via aberturas naturais (boca, ânus). Essas bactérias então se multiplicam em todos os tecidos do inseto, matando-o por septicemia.

Os principais grupos de interesse para o controle microbiano são: Família Steinernematidae e Família Heterorhabditidae, os quais possuem uma estreita associação com bactérias (*Xenorhabdus*);

Os vírus que causam doenças em insetos são bastante específicos, sendo, entre os principais grupos de entomopatógenos, dos mais seguros em relação a possíveis efeitos sobre o homem ou outros animais não-alvo. Os principais grupos são os vírus de poliedrose nuclear (VPN), citoplasmática (VPC) e de grandulose (VG), conhecidos como Baculovirus.

O modo de ação do baculovírus inicia-se quando as folhas de soja contaminadas com o por eles são ingeridas pela lagarta. O vírus se multiplica no corpo da lagarta que perde a capacidade de movimentação e de se alimentar. Após o quarto dia da contaminação, já se observa uma descoloração no corpo das lagartas doentes, sendo que, próxima à morte, estas já apresentam o corpo bem amarelado, não se alimentam mais e sobem para as partes mais altas da planta, onde morrem dependuradas. A morte ocorre entre o sétimo e nono dia após a contaminação e, depois de alguns dias, seus corpos apodrecem, soltando mais vírus sobre a soja, que serve para matar outras lagartas que vão aparecendo na lavoura; O Baculovírus possui alta eficiência para controlar a lagarta quando pulverizado sobre a lavoura, na dose recomendada.

As bactérias que infectam insetos podem ser esporulantes ou não-esporulantes, obrigatórias ou facultativas, e penetram no inseto por via oral. Os principais grupos são: *Bacillus thuringiensis* (diversas variedades), como var. *kurstaki*, que ataca lagartas (Lepidoptera), var. *israelensis*, infectando larvas de Diptera (pernilongos e borrachudos) e var. *tenebrionis*, infectando Coleoptera; *Bacillus sphaericus*, também em larvas de Diptera, e *Bacillus larvae* e *B. alvei*, que causam doenças em abelhas; pode-se citar também *Serratia marcescens* e *S. entomophila*, que causam septicemias em diversos insetos, pertencentes ao

grupo das bactérias não-esporulantes.

A utilização de *Bacillus thuringiensis* Berliner em programas de controle biológico é uma alternativa eficaz e não contaminante. Diversos biopesticidas à base dessa bactéria encontram-se disponíveis no mercado, o produto comercial DipelR tem oferecido bons resultados no controle. O mecanismo de ação do *B.thuringiensis*, ocorre pela esporulação, acompanhado pela formação de proteínas extracelulares e intracelulares. Ela produz um cristal proteico intracelular, que apresenta elevada toxicidade, específica para larvas de certos insetos lepidópteros, mas inteiramente atóxico para animais vertebrados e plantas. Após a ingestão do cristal pelo inseto, este é dissolvido no pH alcalino do intestino, inibindo o transporte de íons, provocando a morte do inseto.As amostras do Bt se mostram eficientes no combate à lagarta-do-cartucho, que mata principalmente as lagartas jovens, com até 4 dias de vida.

Os principais grupos/espécies de fungos de interesse são: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *M. flavoviride*, *Nomuraea rileyi*, *Verticillium lecanii*, *Hirsutella thompsonii*, *Aschersonia aleyrodis*, *Paecilomyces spp.*, *Cordyceps spp.*, e os fungos da ordem Entomophthorales (Zoophthora, Entomophthora, Entomophaga, Neozygites).

Fungos entomopatogênicos desempenham papéis importantes na regulação natural de insetos e muitas espécies de ácaros. Sabe-se bem que podem desenvolver epizootias severas que levam a queda rápida das populações do hospedeiro.

Muitos tipos de patógenos de insetos devem ser consumidos para infectar o hospedeiro, mas os fungos entomopatogênicos infectam geralmente por penetração direta através da cutícula dos artrópodes e, portanto, são agentes especialmente adequados para controlar uma larga gama de pragas.

O ciclo de infecção fúngica apresenta várias fases, a *adesão* que ocorre após a deposição do fungo sobre o inseto, *germinação* que depende de condições favoráveis de umidade, temperatura, pH, oxigênio e nutrição. O fungo germina sobre o inseto produzindo um tubo germinativo, na extremidade deste ocorre uma dilatação das hifas, formando uma estrutura denominada apressório. Nesta fase ocorre a migração do conteúdo citoplasmático para o tubo germinativo, transformando este local em um centro de elevada atividade metabólica para auxiliar na penetração do fungo no hospedeiro.

Existem fungos que não produzem o apressório e sim uma massa mucilaginosa ao redor do tubo germinativo, a qual teria função de adesão e produção de enzimas extracelulares. Para alguns fungos pode ocorrer a reunião de várias hifas, dando origem a uma estrutura apressorial com função de penetração.

Na fase de *penetração* estão envolvidos dois processos, o físico, devido à pressão da hifa terminal que rompe o tegumento do inseto, e o químico, resultante da elaboração de enzimas (proteases, lípases e quitinases), as quais facilitam a penetração mecânica do fungo. A partir da penetração inicia-se o processo de *colonização* do hospedeiro pelo fungo, a hifa que penetra sofre um engrossamento e se ramifica inicialmente no tegumento e posteriormente na hemocele; a colonização dos diversos órgãos envolvem os corpos gordurosos, sistema

digestivo, tubos de Malpighi, hipoderme e sistema nervoso respectivamente. Durante este estágio os fungos secretam toxinas que provocam reações adversas no hospedeiro.

Os principais programas de controle de pragas utilizando microrganismos entomopatogênicos no Brasil são:

a) cigarrinhas da cana-de-açúcar e das pastagens, com o fungo *M. anisopliae*: este programa baseia-se no uso do fungo de forma inundativa, aplicado em área total, na quantidade de aproximadamente 1 kg do produto comercial por hectare. Deve-se ressaltar que os produtos comerciais à base de fungos entomopatogênicos no Brasil são, na sua maioria, formulados na forma de pó molhável, com cerca de 5% de fungo e 95% de inertes (arroz moído). O uso de *M. anisopliae* tem tido um largo impulso nos últimos anos, principalmente no

Estado de São Paulo, com a volta dos cultivos da cana crua (sem queimada para colheita), o que vem trazendo problemas com a cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar, praga anteriormente controlada em consequência do uso do fogo. Assim, cerca de 10 novas empresas surgiram para atendimento da grande demanda recém-implantada.

b) cupins de montículo e da cana-de-açúcar, com os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae*: programa que vem sendo preconizado e desenvolvido após a retirada dos produtos fitossanitários organoclorados no Brasil, o que ocorreu em meados dos anos 80. Baseia-se na utilização de iscas atrativas de papelão corrugado, impregnadas com suspensões aquosas dos fungos isoladamente, ou em associação com produtos fitossanitários seletivos, como imidacloprid e fipronil, entre outros (introdução inoculativa). Essas iscas atraem operários dos cupins, que infectam-se e levam propágulos dos fungos aos outros indivíduos da colônia, já que o ninho é difuso e subterrâneo, além de se apoiar no comportamento de limpeza ("grooming") e na trofalaxia dos cupins como eficientes meios de disseminação;c) broca (moleque) da bananeira, com o fungo *B. bassiana*: programa já desenvolvido há um bom tempo, com base na utilização de iscas de pseudocaule da bananeira, muito atrativas aos adultos de *Cosmopolites sordidus*. Nessas iscas, que podem ser do tipo telha ou queijo, de acordo com o formato, é pincelada uma pasta de fungo e arroz moído com água (pode ser a formulação comercial), com a qual o inseto adulto se infecta, disseminando o fungo para outros indivíduos, devido ao seu comportamento de agregação. Também é uma estratégia de introdução inoculativa;

d) broca-do-cafeeiro, com o fungo *B. bassiana*: é um programa relativamente novo, embora já se saiba sobre a ocorrência natural desse fungo há muito tempo na cultura do cafeeiro. Atualmente, procura-se desenvolver uma metodologia mais racional de aplicação do fungo na cultura, evitando-se trabalhar com formulações líquidas, dando-se preferência à formulação pó seco, capaz de penetrar mais eficientemente no interior da cultura, além de estudos que visam o controle da broca em reinfestações provenientes do terreiro de café e de frutos caídos ao solo, quando não há o chamado "repasse" na cultura;

e) percevejo-de-renda da seringueira, com o fungo *Sporothrix insectorum*: bastante utilizado em grandes áreas de produção comercial da seringueira nos Estados de São Paulo,

Mato Grosso e Rondônia, este fungo, muito específico para a praga em questão é comercializado em formulações líquidas (suspensões concentradas), ainda com produção restrita a alguns institutos de pesquisa e laboratórios próprios das empresas produtoras; f) lagartas (Lepidoptera), com a bactéria *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, sendo este o programa baseado em formulação comercial de maior sucesso, não só no Brasil, mas no mundo todo, em função do desenvolvimento de produtos de qualidade e apelo comercial. A bactéria é utilizada principalmente, no Brasil, em áreas de exploração florestal, em especial no cultivo do eucalipto, visando o controle de lagartas desfolhadoras. Também é registrado para uso em hortícolas e diversas culturas frutíferas;

g) lagarta da soja, com *Baculovirus anticarsia* (VPN), sendo este o maior programa de controle biológico estabelecido no mundo, em área, com o uso de um entomopatógeno (hoje, cerca de 1,5 milhão de hectares de soja, no Brasil). É um programa desenvolvido pela Embrapa Soja (Londrina, PR), que já transferiu a tecnologia de produção do vírus para algumas pequenas empresas nacionais, as quais, sob a supervisão técnica e de controle de qualidade da Embrapa, comercializam as formulações existentes (na sua maioria, pós molháveis). É este um ótimo exemplo da evolução de um programa de controle microbiano, desde sua divulgação e implantação, com o apoio da extensão rural, até o desenvolvimento de formulações comerciais de qualidade, a partir de uma tecnologia simples que era conduzida pelo próprio agricultor.

Apesar de ser uma área do conhecimento relativamente antiga, o controle microbiano tomou grande impulso principalmente após a proibição do uso dos inseticidas organoclorados, e também em decorrência do estabelecimento do Manejo Integrado de Pragas como prática racional no controle de insetos prejudiciais em sistemas agrícolas e florestais sustentáveis.

Os microrganismos entomopatogênicos precisam estar disponíveis em grandes quantidades para sua aplicação como bioinseticidas (estratégias de introdução), devido à necessidade de elevado potencial de inóculo para que se inicie o processo de doença numa determinada população de insetos. O que se nota, atualmente, é que não ocorre, na maioria dos casos, essa disponibilidade em quantidades e formulações suficientes e adequadas para o controle de importantes pragas agrícolas e florestais, bem como vetores de doenças de importância médico-veterinária.

A produção de microrganismos entomopatogênicos é uma fase muito importante no processo de desenvolvimento de um bioinseticida. Uma análise crítica permite a constatação de que as indústrias de produtos fitossanitários investem uma grande parcela de seus recursos no desenvolvimento de inseticidas químicos, contrastando com um ínfimo direcionamento em pesquisa e desenvolvimento de produtos microbianos, muitas vezes relacionado somente à necessidade do “marketing” empresarial, visando estabelecer uma relação com preocupações “ecológicas” perante à sociedade. Isso se deve a vários fatores, entre eles a preocupação da indústria com problemas derivados do registro de patentes; o amplo mercado ainda existente

no país para produtos químicos, resultante do pequeno nível de conscientização de produtores, consumidores etc. sobre a necessidade da utilização de métodos mais racionais para o controle de pragas; os custos para o desenvolvimento de um produto microbiano, os quais, ao contrário do que se possa pensar, são equiparáveis aos necessários para a obtenção de uma nova molécula química, se considerarmos o envolvimento de três sistemas biológicos: patógeno, hospedeiro e ambiente. Desse baixo investimento que hoje predomina, resultam produtos microbianos de qualidade insatisfatória no que diz respeito aos aspectos de pureza, viabilidade e eficácia do agente de controle (patógeno). Os produtos à base de fungos e vírus, principalmente, são ainda produzidos por processos considerados artesanais, mesmo em escala comercial.

PROJETO MESTRADO

A espécie *D. fovealis* foi detectada em 2008 nos inventários da entomofauna associada ao cultivo do morangueiro pela equipe do Grupo Técnico da Produção Integrada do Morangueiro (PIMo) - Paraná, no Município de São José dos Pinhais, região Metropolitana de Curitiba. O inseto era desconhecido pelos técnicos e produtores estando presente em baixas densidades populacionais. A espécie foi identificada pelo especialista em Pyralidae, Alma Solis, do Laboratório de Entomologia Sistemática (USDA), em março de 2010. Relatos dos produtores indicam que a lagarta-do-morangueiro tem sido observada desde 2007, de forma crescente e abundante em lavouras comerciais de morango (ZAWADNEAK *et. al.*, 2011).

A identificação de *D. fovealis* no Brasil representa um sério problema para os produtores. Isto se deve ao potencial de dano da espécie, à presença das lagartas durante todo o ciclo da cultura e à ausência de inseticidas autorizados para o controle da praga. Por ser uma espécie exótica, não há um sistema de controle validado para as condições brasileiras.

Até o momento, os Estados do Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo já confirmaram a presença da praga. No Paraná, quando se iniciaram os levantamentos em lavouras comerciais, a presença do inseto foi observada apenas em morangueiro cultivado em estufa tipo túnel alto com cobertura de plástico polietileno.

O combate a esta lagarta apenas com base em inseticidas via pulverização torna-se difícil, devido aos seus hábitos de permanecer na parte basal da planta, muitas vezes no seu interior, ficando assim protegida contra o contato pela molécula inseticida (ZAWADNEAK *et. al.*, 2011).

A carência de estudos comparativos, que avaliem a eficiência de controle da *D. fovealis* na cultura do morangueiro e sua consequência ao consumidor e meio ambiente, em diferentes sistemas de manejo, demonstra a necessidade de desenvolvimento de estratégias nestas áreas. Uma das alternativas é o controle biológico, entretanto, ele é incipiente e pouco utilizado no Brasil (FADINI *et al.*, 2004).

Para o controle biológico é conhecida a utilização de ácaros predadores como *Hypoaspis miles* e *Hypoaspis aculeifer*, himenópteros pararistóides do gênero *Trichogramma* e

nematóides como de certas espécies entomopatogênicas de *Orius* para aplicação ao solo. Os melhores resultados parecem ser alcançados com pulverizações e inoculações do solo, via rega de produtos comerciais à base de *H.miles* ou *H.aculeifer*, bem como dos nematóides entomopatogênicos *Steinernema carpocapsae* (FRANCO *et. al.*, 2010). Tratando-se de fungos entomopatogênicos, inexistem trabalhos que visam o controle biológico de *D. fovealis*.

Fungos endofíticos compõem um grupo polifilético altamente diversificado, definidos funcionalmente pela sua ocorrência assintomática nos tecidos de plantas, sendo encontrados em plantas como, antóceros, briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas desde o ártico até os trópicos, em campos agrícolas até florestas tropicais.

Diversos gêneros de fungos entomopatogênicos foram isolados como endófitos em várias plantas (tabela 1), como *Acremonium*, *Beauveria*, *Cladosporium*, *Clonostachys*, *Paecilomyces*, *Lecanicillium*, *Verticillium* e *Isaria* isolados de plantas de café (*Coffea arabica*), batata (*Solanum tuberosum*), milho (*Zea mays*), algodão (*Gossypium hirsutum*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), banana (*Musa paradisiaca*), palmeira (*Phoenix dactylifera*), cacau (*Theobroma cacao*) e arroz (*Oryza sativa*).

O trabalho visa contribuir com estudos de avaliação do potencial dos fungos endofíticos que serão isolados da planta de morangueiro para o controle biológico da lagarta da espécie *Duponchelia fovealis*, que é considerada uma nova praga do cultivo do morango no Paraná.

Referências Bibliográficas:

História do controle < <http://www.faculty.ucr.edu/~legneref/biotact/bc-2.htm> >

www.cenargen.embrapa.br/conbio/conbio.html

www.planetaorganico.com.br/controlle.htm

Livro: “Controle Biológico” – Editores Itamar Soares de Melo e João Lúcio de Azevedo.

Livro: Cap.1: Controle Biológico – Terminologia – José Roberto Parra, Paulo Sérgio Botelho e outros.

PARRA, José Roberto Postali. A prática do controle biológico de pragas no Brasil. In: PINTO, Alexandre de Sene; NAVA, Dori Edson; ROSSI, Marta Maria; MALERBO-SOUZA, Darcler Teresinha. **Controle Biológico de pragas: na prática**. Piracicaba: CP 2, 2006.

http://www.floresta.ufpr.br/~lpf/ind_controlle.html

<http://pt.scribd.com/doc/17571140/Controle-Biologico>

[http://www.den.ufla.br/attachments/article/75/ApostilaCB%20\(final\).pdf](http://www.den.ufla.br/attachments/article/75/ApostilaCB%20(final).pdf)

http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S0103-9892005000100013&script=sci_arttext

http://editora.unoesc.edu.br/index.php/acet/article/view/710/pdf_210