

TÉCNICA DO INSETO ESTÉRIL E CONTROLE BIOLÓGICO COMO FERRAMENTAS PARA O MANEJO DA MOSCA-DAS-FRUTAS *ANASTREPHA FRATERCULUS*

Importância da Mosca-das-frutas

A mosca-das-frutas *Anastrepha fraterculus* é uma das pragas-chave da fruticultura brasileira. Em maçãs pode causar danos em frutos desde 1,5 cm de diâmetro até a colheita, enquanto em frutos de caroço o dano principal é verificado cerca de 40 dias antes do ponto de maturação. Embora outras espécies de moscas-das-frutas ocorram na região Sul do Brasil, *A. fraterculus* representa cerca de 98% do total capturado em pomares comerciais de maçã, pêssego, pequenas frutas (amora-preta, framboesa) e frutas nativas. Assim todas as estratégias de controle devem visar esta espécie.

A produção brasileira de maçã, atualmente, está concentrada nos três estados do Sul com ênfase para as regiões serranas do RS e SC. Além da maçã, outros cultivos frutícolas são de extrema importância socioeconômica para a região e entre eles: pêssego, ameixa, laranja, bergamota, uva, amora, framboesa, mirtilo, frutas nativas (cereja-do-rio-grande, guabiroba e goiaba-serrana). Todas essas frutas são fortemente infestadas pela mosca-das-frutas cujos danos podem comprometer toda produção. Existem cerca de **50.000 famílias** de produtores rurais envolvidos na produção que são afetados pelos danos de *A. fraterculus* em algum nível.

Estima-se que somente na produção brasileira de maçã, as perdas causadas pela mosca-das-frutas alcançam anualmente 50 milhões de reais, somando-se os danos e custo da aplicação de inseticidas. A situação é tão crítica, que produtores de pêssego da região de Pelotas/RS já não encontram alternativas para o controle desta praga e muitos estão prestes a abandonar uma das suas culturas mais tradicionais. Essa região responde por 100% da produção de pêssego enlatado do Brasil e cerca de 8 mil empregos diretos e indiretos estão ameaçados pelo fechamento das indústrias.

A principal estratégia de controle dessa praga é a aplicação de **inseticidas fosforados com ação de profundidade**. São necessárias de seis a oito aplicações ao longo do ciclo produtivo, o que implica em custos elevados, além de contribuir para a contaminação ambiental e a presença de resíduos nas frutas. Apesar dessas desvantagens, na ausência desse manejo, as perdas podem ser significativas.

Embora ainda exista a disponibilidade de algumas moléculas eficientes para controle da mosca-das-frutas, estas gradativamente estão sendo retiradas do mercado brasileiro. Além disso, os países importadores de frutas e sucos do Brasil têm reduzido drasticamente os níveis de resíduos desses pesticidas, ameaçando

Como funciona a Técnica do Inseto Estéril (TIE)

A Técnica do Inseto Estéril (TIE) consiste na criação massal da mosca-das-frutas em laboratório, utilizando uma dieta artificial. Quando os insetos atingem a fase de pupa, são expostos à radiação ionizante – como radiação gama ou, mais recentemente, raios X – que causa danos apenas ao sistema reprodutivo, tornando-os estéreis. Esse tipo de radiação é seguro, não deixa resíduos nos insetos e não oferece riscos ao meio ambiente nem à saúde humana. Após a esterilização, os insetos são liberados no campo onde competem pelo acasalamento com as moscas-das-frutas selvagens.

Ocorre que a fêmea aceita somente uma cópula durante a fase adulta e se ela acasalar com um macho estéril, não dará descendentes. Chamamos esse controle de “autocida” e os resultados da supressão populacional ocorrem a longo prazo (3 a 5 anos).

Atualmente, são liberados machos e fêmeas estéreis, uma vez que não há como separar os sexos, no entanto, os geneticistas da Agência Internacional de Energia Atômica desenvolveram uma linhagem de sexagem genética, denominada **GSS 89 (Genetic Sexing Strain)** onde as pupas de machos são marrons e as pupas das fêmeas são pretas. O desenvolvimento desta tecnologia possibilita a separação dos sexos e assim, o processo de esterilização e liberação é feito somente para os machos. Neste caso, se tem a técnica do Macho Estéril.

A **Técnica do Inseto Estéril (TIE)** é amplamente utilizada em diversas regiões do mundo para o controle de diferentes espécies de mosca-das-frutas. Exemplos notáveis incluem programas implementados em países como México, Guatemala, Peru, África do Sul, Israel, Portugal e Argentina, onde milhões, e até bilhões, de moscas estéreis são produzidas e liberadas semanalmente em áreas comerciais e nativas. Esse processo resulta na redução gradual da população da praga, beneficiando, assim, todos os produtores de frutas.

Estudos sobre a viabilidade econômica dos projetos de controle biológico e da TIE do México indicam que o benefício do programa é na ordem de 21 para 1, ou seja, para cada dólar investido há um retorno de 21 dólares. O sucesso do programa foi tão significativo que, recentemente, foi anunciado um novo investimento de 750 milhões de pesos mexicanos (aproximadamente R\$ 135 milhões) para a construção de uma nova unidade, que já está em plena produção.

fortemente a remessa de frutos especialmente para a União Europeia, além do risco de interceptação de larvas vivas da mosca-das-frutas na exportação de frutos aos inúmeros mercados de destino. Anualmente, o setor da maçã exporta cerca de 10% da produção para o mercado europeu, um dos mais exigentes e restritivos em relação aos resíduos de pesticidas.

Os produtores de pequenas frutas como amora, mirtilo e framboesa, por sua vez, sofrem prejuízos significativos em função de que a maturação dos frutos é gradativa e a colheita é realizada a cada 2 ou 3 dias impedindo as aplicações de inseticidas, que, em geral, possuem carências superiores a 7 dias, além de não existirem produtos registrados para essas espécies.

Alternativas Futuras para o Manejo da Mosca-das-Frutas

Com as restrições ao uso de inseticidas como um dos principais métodos de controle cria-se o desafio do desenvolvimento de alternativas como o uso de **Inimigos Naturais** (parasitoides) e a **Técnica do Inseto Estéril** (TIE) além dos estudos relativos à feromônios, principalmente o “deterrente de oviposição”, todas essas tecnologias consideradas “limpas”. Paralelamente, é necessário continuar com as pesquisas com inseticidas buscando identificar novas moléculas que atuem em “profundidade” e novos atrativos alimentares e comportamentais, tanto para o monitoramento como para uso em iscas tóxicas para controle de adultos.

Como agem os Inimigos Naturais

Os **Inimigos Naturais** da mosca-das-frutas, conhecidos como parasitoides, são pequenas vespas que desempenham um papel importante no controle natural dessa praga. As fêmeas adultas utilizam suas antenas para localizar as larvas da mosca dentro dos frutos e, com a ajuda de um ovipositor – uma espécie de agulha localizada no abdômen – depositam seus ovos dentro da larva da mosca. Enquanto a larva da mosca continua seu desenvolvimento, a do parasitoide se desenvolve em seu interior, alimentando-se dela. Quando o ciclo se completa, a pupa do parasitoide fica protegida dentro do pupário da mosca-das-frutas. No final, em vez de uma nova mosca, emerge uma pequena vespa, fechando o ciclo de controle biológico de forma eficiente e natural.

Na criação em laboratório, os parasitoides são multiplicados a partir das larvas de mosca-das-frutas, havendo, portanto, a necessidade de se criar os dois organismos. A liberação do parasitoide, ocorre quando emergem os adultos.

O que é o Laboratório de Controle Biológico Moscasul

Moscasul é o nome dado ao Laboratório e que deriva do nome comum das mosca-das-frutas sul-americana. Construído nos moldes de um laboratório móvel em containers climatizados na Embrapa Uva e Vinho – Estação Experimental de Vacaria. O objetivo do programa Moscasul é aprimorar as pesquisas e os protocolos técnicos voltados à produção em larga escala da mosca-das-frutas em condições artificiais. Isso envolve o desenvolvimento e a otimização de práticas de multiplicação, criação, formulação de dietas e tratamentos específicos para garantir a qualidade dos insetos produzidos. Esses esforços visam à esterilização e posterior liberação dos adultos em áreas nativas, como estratégia de controle populacional da praga. Além disso, o programa também foca na multiplicação de dois parasitoides que atacam as larvas de *Anastrepha fraterculus*. Esses inimigos naturais são liberados em áreas com alta incidência da praga, especialmente em hospedeiros nativos como guabirobeiras e goiabeiras, durante o período de maturação dos frutos.

Estrutura Atual e Produção de Material Biológico

A estrutura do Moscasul é mantida pela Embrapa Uva e Vinho, em parceria com o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e a Associação Brasileira dos Produtores de Maçã (ABPM). Atualmente, para a etapa de esterilização, as pupas de moscas são criadas em Vacaria e enviadas em caixas de isopor via correio para o Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, em Piracicaba, SP. Estas são esterilizadas e retornam para Vacaria, onde se processa a liberação dos adultos. Apesar do entrave desta logística, nas duas últimas safras foram esterilizados mais de 160 litros de pupas (aproximadamente 5.5 milhões de moscas). Os adultos estéreis foram liberados em três áreas experimentais, cujas autorizações foram obtidas nos órgãos competentes (MAPA, IBAMA e ANVISA).

Considerando a atual estrutura do Moscasul em Vacaria e a importância do desenvolvimento das duas tecnologias (Técnica do Inseto Estéril e Controle Biológico), torna-se necessário criar uma estrutura completa de esterilização no local da criação, permitindo ampliar as áreas de liberação e melhorar a qualidade dos insetos liberados. O processo de esterilização é realizado por meio de um aparelho de raios X, cuja instalação e operação exigem menor burocracia em comparação aos irradiadores de Cobalto-60, que utilizam energia proveniente do decaimento nuclear. A aquisição e instalação de um irradiador em Vacaria poderá ampliar a capacidade de criação tanto da mosca-das-frutas quanto dos parasitoides.

Principais avanços obtidos até o momento

a) Metodologia de criação da mosca-das-frutas em dieta artificial: embora a busca por um meio artificial de baixo custo seja contínua, atualmente, a base da dieta de larvas é a mistura de farinha de cenoura, farinha de milho, levedura, açúcar e conservantes. A pesquisa visa agregar outros componentes em substituição a farinha de cenoura liofilizada que é um dos componentes mais caros sem impactar na qualidade dos insetos.

b) Desenvolvimento da criação de parasitoides: dois parasitoides são usados nos estudos (*Diachasmimorpha longicaudata* e *Doryctobracon areolatus*). O primeiro é introduzido, parasita a larva de mosca quando esta sai da dieta e necessita de liberações constantes, porém seu manejo é relativamente fácil para a criação. Já o segundo é um parasitoide que apesar de nativo, exige mais cuidado, pois parasita larvas de uma idade específica. Nesse caso, é necessário retirar as larvas da dieta, submetê-las ao parasitismo e, em seguida, retorná-las à dieta para completar o desenvolvimento. Na safra 2023/2024 o resultado das liberações de parasitoides indicaram um aumento da taxa de parasitismo de 1,6% para 16,8%.

c) Metodologia de liberação: após a esterilização, as pupas são marcadas com pó fosforescente para possibilitar sua identificação em campo. Em seguida, são acondicionadas em baldes de 20 litros, com aproximadamente 250 ml de pupas por balde. Nestes recipientes, oferece-se água em algodão umedecido e alimento proteico (composto por açúcar, levedura e gérmen de trigo). No terceiro dia de idade, os adultos são liberados nas áreas experimentais, onde o monitoramento é realizado por meio de armadilhas McPhail. O material capturado é avaliado com o auxílio de uma lâmpada UV, que permitem distinguir as moscas estéreis (marcadas) das selvagens.

d) Obtenção da linhagem de sexagem genética (GSS-89) onde as pupas de machos são marrons e as pupas das fêmeas são pretas, permitindo a separação dos sexos e assim esterilizando e liberando somente de machos. A sobra das pupas da criação poderá ser utilizada como fonte de proteína em ração ou como alimento de peixes, pássaros, etc.

e) Dose de irradiação: o estabelecimento da dose esterilizante é essencial para a eficácia dos programas de controle de moscas-das-frutas pela TIE. Embora a dose média para esterilizar insetos dessa ordem seja de 65 Gy, a dose ideal varia conforme a espécie e o ambiente. Para garantir 99% de esterilidade nos adultos, a dose deve ser ajustada considerando a viabilidade dos ovos e a qualidade dos adultos. Doses excessivas podem prejudicar a competitividade das moscas. As doses recomendadas para linhagens normais de *A. fraterculus* variam entre 36,3 Gy e 70 Gy, enquanto para a linhagem GSS, a dose indicada é de 51,5 Gy até 48 horas antes da emergência dos adultos.



Figura 3: Visualização das moscas estéreis marcadas recapturadas em armadilhas McPhail nas áreas experimentais
Fonte: Adalecio Kovaleski



Figura 4: Parasitoides de larvas mosca-das-frutas
Fonte: Adalecio Kovaleski



Figura 5a: Criação da mosca-das-frutas em dieta artificial
Fonte: Adalecio Kovaleski



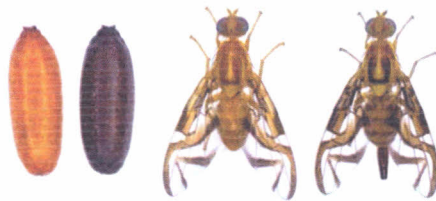
Figura 5b: Criação da mosca-das-frutas em dieta artificial
Fonte: Adalecio Kovaleski



Figura 1: Estrutura do Laboratório de Controle Biológico Moscasul
Fonte: Fábio Ribeiro dos Santos



Figura 2a: Pupas marrons e
negras da linhagem GSS
Fonte: Della Giustina



Phenotype of the Anastrepha fraterculus GSS. Brown pupae and light normal body colour adult male, black pupae and black body adult female (photos by Salvador Meza).

Figura 2b: Pupas e respectivos
adultos da linhagem GSS
Fonte: Salvador Meza



Figura 6: Adultos estéreis aguardando liberação nas áreas experimentais.

Adalecio Kovaleski¹, Dori Edson Nava², Thiago Mastrangelo³,
Paloma Guazzeli Della Giustina⁴
¹Embrapa Uva e Vinho, ²Embrapa Clima Temperado, ³Centro de
Energia Nuclear na Agricultura, ⁴Solufly