

Foto: Silvio Ávila - Editora Gazeta Santa Cruz



## Técnica do Inseto Estéril (TIE): nova tecnologia para o controle de moscas-das-frutas no Brasil; Projeto Piloto Livramento de Nossa Senhora

*Antonio S. Nascimento\**

*Weber Aguiar, Ricardo F. de Sá, Raimundo S. Carvalho\*\**

*Maria A. Castellani, Aldenise A. Moreira, Abel R. São José\*\*\**

*Júlio M. M. Walder\*\*\*\**

*Vitória E. da Silva e Silva\*\*\*\*\**

*Aldo Malavasi\*\*\*\*\**

*Beatriz J. Paranhos\*\*\*\*\**

A mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) (Tephritidae), mundialmente conhecida como mosca-do-mediterrâneo ou moscamed, tem como centro de origem, a África Equatorial e é uma das pragas mais destrutivas, causando elevados prejuízos à fruticultura mundial. É a espécie mais cosmopolita e invasora dentre os tefritídeos. No Brasil,

onde sua presença foi registrada no início do século passado, esta praga se encontra amplamente distribuída em todo o território nacional. Com a substituição gradual das barreiras alfandegárias pelas barreiras fitossanitárias, a fruticultura nacional mudou seu perfil para atender às expectativas dos mercados. Além disso, a questão da segurança alimentar pro-

moveu a mudança de comportamento dos consumidores, ávidos por produtos mais saudáveis. Desse modo, o uso de agentes biológicos para o controle de pragas da fruticultura surge como uma alternativa que agrega maior valor ao produto e oferece mais segurança aos consumidores.

\*Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas - BA; e-mail: [antnasc@cpnfmf.embrapa.br](mailto:antnasc@cpnfmf.embrapa.br)

\*\*Técnicos da Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia - ADAB.

\*\*\*Professores da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Vitória da Conquista - BA; e-mail: [castellani@uesb.br](mailto:castellani@uesb.br)

\*\*\*\*Técnico do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP; e-mail: [jmwalders@cena.usp.br](mailto:jmwalders@cena.usp.br)

\*\*\*\*\*Professora da Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA/UNESP, São Paulo - SP; e-mail: [vitoriaemanuella@gmail.com](mailto:vitoriaemanuella@gmail.com)

\*\*\*\*\*Biofábrica Moscamed Brasil; e-mail: [malavasi@moscamed.org.br](mailto:malavasi@moscamed.org.br)

\*\*\*\*\*Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina - PE; e-mail: [bparanhos@cpatsa.embrapa.br](mailto:bparanhos@cpatsa.embrapa.br)

- Financiamento FAPESB.

## TÉCNICA DO INSETO ESTÉRIL – TIE

Historicamente, cita-se o exemplo de erradicação da mosca da bicheira *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) como o de maior sucesso de uso da TIE em várias partes do mundo. Inicialmente, esta espécie foi erradicada das Ilhas de Sanibel e Captiva, localizadas no Golfo do México, Flórida, EUA, depois da ilha de Curaçao, localizada a 70 km da costa da Venezuela (BAUMHOVER et al., 1955). Posteriormente, devido ao sucesso em ilhas, a erradicação se estendeu pelo continente americano, iniciando-se pelo sudeste (1957-1959), sudoeste (1962-1966), passando para o México (1972-1991) e América Central incluindo Guatemala (1988-1994), Belize (1988-1994), El Salvador (1991-1995), Honduras (1991-1996), Nicarágua (1992-1998), Costa Rica (1995-1999) e Panamá (1997-2000) (WYSS, 2000). Em 1988/1999, a mosca da varejeira invadiu o Líbano e países norte africanos; e, através dessa técnica, a praga foi erradicada desses países, de uma área de 40.000 km<sup>2</sup>, em outubro de 1991, após a liberação de 1,4 bilhões de moscas estéreis importadas do México (LINDQUIST et al., 1992). Com o sucesso da aplicação da TIE na mosca da varejeira na ilha de Curaçao e na região Sudeste dos Estados Unidos, houve grande estímulo para o desenvolvimento de programas visando as moscas-das-frutas. O primeiro teste de campo com *C. capitata* estéreis foi realizado entre 1950-1960, no Havaí. Durante 13 meses, uma área piloto recebeu semanalmente insetos estéreis, reduzindo a população selvagem inicial em 90% em média (STEINER et al., 1962).

O modelo teórico envolvendo a liberação de insetos estéreis foi desenvolvido por Knipling (1955) e baseia-se em um número conhecido de indivíduos da população nativa de uma dada praga, onde a taxa de crescimento é igual a cinco, e é regulada pelo ambiente. De posse desses conhecimentos, libera-se um número nove vezes maior (9:1) de indivíduos estéreis em relação à população nativa. Com liberações sistemáticas de insetos estéreis no mesmo ecossistema, após poucas ge-

rações (6) a população nativa se extingue, acontecendo a erradicação da praga. Este mesmo autor esclarece que nem todo inseto é passível de controle pela TIE e que os seguintes requisitos devem ser observados:

- que o emprego dessa tecnologia seja economicamente viável;
- que o inseto se reproduza sexualmente através de cópulas;
- que haja tecnologia eficiente e econômica para a criação de milhões de insetos;
- os insetos estéreis devem apresentar rápida e ampla dispersão no ecossistema, buscando prontamente a fêmea selvagem, competindo com os machos férteis;
- a irradiação ou outro método esterilizante deve produzir esterilidade sem afetar o comportamento ou longevidade dos machos;
- as fêmeas devem preferencialmente acasalar uma só vez;
- o inseto a ser controlado deve ter, em uma fase do seu ciclo natural, uma baixa população ou que seja possível obtê-la artificial e economicamente para que o método possa ser economicamente viável.

Dentre os programas de erradicação e/ou supressão populacional de moscas-das-frutas destaca-se o Programa *Moscamed* (*C. capitata*) realizado no México e na Guatemala, e mais recentemente o Programa *Moscafrut* no México, além dos programas de erradicação da mosca-do-mediterrâneo (*C. capitata*) do Chile e da região de Mendoza, Argentina (WALDER, 2002).

Na Argentina, o “Programa Nacional de Controle e Erradicação de Moscas-das-Frutas” tem como objetivo geral a obtenção de áreas livres de moscas-das-frutas (SPINETTA, 2004), visando o reconhecimento pelas autoridades internacionais e consequentemente a abertura de mercados para exportação de frutas.

Neste trabalho, relatam-se os resultados do “Projeto Piloto para Uso de Moscamed Estéril em Livramento de Nossa Senhora”, no Sudoeste da Bahia. O projeto teve como objetivo testar a eficiência da linhagem “Viena 8” de *C. capitata*, nas condições do semi-árido do Nordeste do

Brasil, bem como a logística de transporte e de liberação massal em campo, como uma ação pró-ativa às atividades da Biofábrica Moscamed Brasil. Foram utilizados machos estéreis de moscamed, procedentes da biofábrica de Mendoza, na Argentina, cujo processo de importação foi aprovado pelo MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, conforme Processo No. 21012.007666/2004-49 e Parecer Técnico 41-DQV/CGPP/2005), atendendo à legislação brasileira. Além disso, o MAPA concedeu o Registro Especial Temporário – RET, para o produto *C. capitata* linhagem “tsl Viena 8”, moscamed estéril, conforme Processo No. 21000.003727/2006-12.

## METODOLOGIA

### Transporte, empacotamento, liberação, recaptura dos insetos estéreis e controle de qualidade

**Transporte** - pupas de moscamed estéril, procedentes da Biofábrica de Mendoza, foram transportadas em caixas de isopor percorrendo o seguinte roteiro aéreo: Mendoza, Argentina / Santiago do Chile / São Paulo-SP (Aeroporto de Guarulhos -Aeroporto de Congonhas) / Salvador-BA / Vitória da Conquista-BA. Do aeroporto desta cidade, o material era transportado para o Laboratório de Moscas-das-Frutas da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, onde se retirava uma amostra (5 %) para os testes de controle de qualidade. Após esta operação o material seguia (via terrestre) para o Laboratório de Moscas-das-Frutas da ADAB, em Livramento de Nossa Senhora-BA.

**Empacotamento** – cinquenta mL de pupas eram colocadas em sacos de papel com capacidade para cinco L, e armazenado por 48 horas em ambiente controlado para emergência dos adultos.

**Liberação em campo** – utilizou-se camionetas com carroceira adaptada, de onde operadores rasgavam os sacos contendo os insetos adultos. As liberações foram efetuadas entre 27/06/2005 a 30/12/2005 em rotas previamente es-

tabelecida, abrangendo uma área de aproximadamente 2.200 ha de manga, no município de Livramento de Nossa Senhora-BA.

**Recaptura dos insetos estéreis** – empregaram-se armadilhas Jackson com feromônio trimedlure instaladas 48 horas após a liberação de cada lote de machos estéreis. Semanalmente, as armadilhas eram recolhidas ao laboratório para avaliação da recaptura dos insetos, em ambiente escuro, e sob luz ultravioleta.

**Controle de qualidade** - aplicou-se a metodologia padrão empregada para os testes de qualidade para *Ceratitis capitata* estéreis em gaiolas-de-campo e em grandes quantidade em campo, conforme o Manual de Procedimentos para Controle de Qualidade de Moscas-das-Frutas Estéreis (FAO/IAEA/USDA, 2003). Foram avaliados os seguintes parâmetros: peso (mg) e viabilidade da pupa (%), percentagem de adultos voadores, dispersão dos adultos e compatibilidade sexual da linhagem “tsl Viena 8” com a *C. capitata* selvagem. As Figuras 1 e 2 ilustram os procedimentos relativos à metodologia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Qualidade dos machos estéreis de *C. capitata*, linhagem “Viena 8” usados nos estudos de dispersão.

**Peso da pupa** - o peso médio das amostras de 100 pupários de *C. capitata* tsl- “Viena 8”, variou de  $761,4 \pm 16,34$  mg a  $787,3 \pm 31,17$  mg (SILVA, 2007). Assim, os valores estimados de peso do pupário (7,6 mg e 7,8 mg), foram superiores aos valores mínimos (7,0 mg) e médios (7,5 mg) aceitáveis conforme o Manual de Procedimentos para Controle de Qualidade de Inseto Estérel, Versão 5.0 (FAO/IAEA/USDA, 2003).

**Percentagem de emergência** - as porcentagens médias de emergência de machos estéreis variaram de 75,8% a 78,8% (SILVA, 2007), sendo estes superiores aos índices mínimo (60%) e médio (70%), estabelecidos para os pupários pós-irradiados (FAO/IAEA/USDA, 2003), indicando boa qualidade do material biológico.



Figura 1 - Recebimento dos pupários estéreis de machos de moscamed, procedentes de Mendoza, Argentina, no aeroporto de Vitória da Conquista (A); aspecto geral do acondicionamento dos pupários no Laboratório de Entomologia da UESB (B); e retirada de amostras para estudos em laboratório e campo (C).



Figura 2 - Pupários de acondicionados em sacos de papel e dispostos na sala de emergência de adultos no Laboratório de Moscas-das-Frutas da ADAB de Livramento de Nossa Senhora (A); liberação terrestre dos adultos em campo (B); exame da recaptura de machos estéreis em luz ultravioleta (C).

**Habilidade de vôo** - as porcentagens médias de adultos voadores variaram de 68,6% a 79,2% (SILVA et al, 2007), valores superiores à média aceitável que é de 60% (FAO/IAEA/USDA, 2003). A estimativa da habilidade de vôo é um indicativo do desempenho destes machos estéreis

em condições de campo, que visa avaliar a competitividade com os machos selvagens.

**Longevidade dos adultos de moscamed estéril em condições de estresse** - decorrido um período de 48 horas após a instalação dos testes, nos quais



machos adultos foram acondicionados em recipientes fechados sem água e alimento, obteve-se sobrevivência de 55% (SILVA, 2007), enquadrando-se como aceitáveis, valores próximos a 50% de sobrevivência (FAO/IAEA/USDA, 2003). Considerando-se o conjunto dos bioensaios de controle de qualidade realizados, pode-se afirmar que o material biológico utilizado nos estudos apresentou os requisitos mínimos de qualidade exigidos para um bom desempenho dos machos adultos no campo.

**Dispersão de machos estéreis de *C. capitata* em campo em agroecossistema de manga** - das seis avaliações realizadas, referentes a 12.929 machos voadores liberados, 4.241 foram recapturados, equivalendo a 32,8% de todas as moscas encontradas em 74 armadilhas (92,5%), distribuídas em diferentes direções e distâncias. Apesar de ter ocorrido captura de machos em todas as distâncias, observa-se que a captura foi mais representativa na primeira avaliação, com 88,6% do total capturado, e nas armadilhas localizadas a 25m e 50m do ponto de liberação. A distância média de dispersão dos machos estéreis em pomar de manga foi de 81,1 m, sendo o máximo de 104,33 m. Já em relação à área média abrangida, obteve-se 10.551,27 m<sup>2</sup>, com valor máximo de 14.521,93 m<sup>2</sup> (SILVA, 2007). As distâncias de recaptura observadas, variando entre 150 e 250 m, atendem às liberações em larga escala uma vez que se preconizam rotas de liberações com distância máxima de até 200 m.

**Distribuição espacial dos machos estéreis em agroecossistemas de manga e café** - os dados de recaptura obtidos foram utilizados para estimar o tipo de distribuição espacial dos machos estéreis e selvagens, utilizando-se o Índice de Dispersão de Morisita. Observou-se que tanto para a população selvagem como para a estéril, a distribuição seguiu o modelo da Binomial Negativa, ou seja, do tipo agregada. (SILVA, 2007). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Ferraudo, 1987.

Em Livramento de Nossa Senhora, BA, foram realizadas 14 liberações de machos estéreis de várias procedências (Mendoza, CENA e BMB), em rotas fixas e previamente estabelecidas. Dada às semelhanças das condições ecológicas de Caraíbas (pomares de manga) e Livramento de Nossa Senhora, pode-se supor que os insetos liberados ficaram concentrados nas proximidades das rotas de liberação e que uma melhor distribuição espacial dos insetos poderá ser alcançada estabelecendo-se rotas diferentes em cada liberação subsequente.

**COMPATIBILIDADE SEXUAL DA LINHAGEM “TSL VIENA 8” COM CERATITIS CAPITATA SILVESTRE.**

O pré-requisito para uso da Técnica do Inseto Estéril em *C. capitata* é que os machos estéreis, produzidos em laboratório, apresentem um índice mínimo de 0,20 de compatibilidade sexual com as fêmeas selvagens, presentes no campo. Os índices médios de compatibilidade sexual entre machos estéreis e fêmeas selvagens verificados foram de 0,23 e 0,24, para machos “Viena 8”, estéreis e “Viena 8”, férteis (não irradiados), respectivamente. Os resultados indicam que existe compatibilidade sexual entre machos da linhagem mutante Viena 8 e fêmeas selvagens de *C. capitata* da região do semi-árido e que a dose de radiação gama de 95Gy, utilizada para esterilizar os machos, não alterou a

sua atividade sexual. Portanto, essa tecnologia poderá ser usada, em larga escala na supressão populacional de *C. capitata* na região semi-árida do Nordeste do Brasil (PARANHOS et al., 2006).

**LIBERAÇÃO MASSAL DE MOSCAMED ESTÉRIL EM CAMPO**

Liberação massal, dispersão e sobrevivência dos machos estéreis de *Ceratitis capitata* em pomares de manga em Livramento de Nossa Senhora – BA

No período de 27 de junho a 30 de dezembro de 2005 foram efetuadas cinco liberações de machos estéreis em pomares comerciais em Livramento de Nossa Senhora, totalizando cerca de 7,7 milhões de adultos. Os quatro primeiros lotes de moscamed estéreis foram produzidos em Mendonza, Argentina e o quinto no Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA, em Piracicaba-SP (Tabela 1).

O elevado número de machos recapturados nos dois primeiros lotes (Tabela 1) deve-se ao fato da não retirada das armadilhas com feromônio para machos do campo, após a liberação. Nas liberações dos lotes 3 e 4 as armadilhas foram recolhidas durante os dois dias subsequentes à liberação, procedimento que evita a recaptura indevida dos insetos liberados. Essa prática deve ser adotada como rotina.

A Tabela 2 mostra que houve recaptu-

**Tabela 1**  
**Número de insetos adultos (moscamed estéril, linhagem “Viena 8”) liberados e recapturados em Livramento de Nossa Senhora-BA, 2005.**

Lote	Liberação (data)	No. de Rotas	MAD Jk.	MAD Mc	No. liberado (x 1000l)	Recaptura (No.)
1	27/06/05	5	0,001	0,008	950	21.951
2	30/08/05	5	0,013	0,093	4.500	44.887
3	19/09/05	1	0,138	0,177	650	4.558
4	03/10/05	1	0,321	0,289	900	1.492
5	30/12/05	1	0,134	0,000	657	4.846

Lotes 1 a 4 – Pupas produzidas em Mendonza, Argentina.  
Lote 5 – Pupas produzidas no CENA (Piracicaba-SP) MADs (Jk e Mc) – referem-se a moscamed silvestre. Fonte: FAPESB. Relatório Final. 2006

**Tabela 2**  
**Liberação e recaptura do Lote 1 de Moscamed estéril em Livramento de Nossa Senhora – BA.**

Data de Liberação	No. de insetos liberados	SEMANAS APÓS A LIBERAÇÃO (recaptura)								Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	
27/06/2005	950.000	17143	2958	1709	74	49	12	4	2	21951

Fonte: FAPESB. Relatório Final, 2007.

ra de machos estéreis até a oitava semana após a primeira liberação, indicando que houve sobrevivência do inseto estéril no campo por um longo período.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

**Material biológico** – os parâmetros avaliados em laboratório, gaiolas-de-campo e campo (peso e viabilidade da pupa, percentagem de emergência e de adultos voadores, dispersão dos adultos e compatibilidade sexual), revelaram que o material biológico testado atende aos padrões estabelecidos pela Agência Internacional de Energia Atômica, para a linhagem “tsl Viena 8” de *C. capitata*.

**Logística de transporte** – o acondicionamento e transporte dos insetos estéreis efetuados desde a Biofábrica de Mendonza, na Argentina e/ou do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, em Piracicaba-SP até a liberação em campo propiciou boa conservação do material biológico.

**Liberação em campo** – Os resultados das liberações do inseto estéril em campo são considerados de razoáveis a bom. Como se trata de um procedimento inédito no país, quando a produção massal e irradiação realizada na Biofábrica Moscamed Brasil se tornar uma rotina, será possível uma melhoria e ajustes dessa operação.

**Treinamento de mão-de-obra** – esse item foi o ponto forte do projeto: além do treinamento de pessoal de instituições públicas e privadas foi possível o desenvolvimento e conclusão de duas dissertações de Mestrado dentro do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, em Vitória da Conquista - BA.

**Instalações da Biofábrica Moscamed Brasil (BMB)** – projetada para produzir 200 milhões de machos estéreis de *C. capitata* por semana, a BMB encontra-se atualmente em funcionamento com uma produção de dois a três milhões de machos estéreis por semana. Os resultados desse projeto piloto dão garantia

do sucesso do empreendimento acima mencionado.

**Agradecimentos:** À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, pelo apoio financeiro (Processo No.334/04), à Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia – ADAB, à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Campus de Vitória da Conquista, à Associação dos Produtores de Livramento e Região para o Monitoramento de Moscas-das-Frutas – APROMOL, *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical* ao CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura e à Biofábrica Moscamed Brasil - BMB pelo apoio logístico e facilidades concedidas durante o desenvolvimento do projeto. Os autores agradecem também ao *Instituto de Sanidad e Calidad Agropecuaria de Mendonza*, na Argentina, na pessoa do Eng. Oscar De Longo, pela colaboração e empenho na tramitação burocrática e facilidades durante todo o processo de aquisição e envio do material ao Brasil.

## REFERÊNCIAS

- BAUMHOVER, A. H. et al. Screw-worm control through release of sterilized flies. *J. Econ. Entomol.*, v. 48, p. 462-466, 1955.
- FAO/IAEA/USDA. *Manual for Product Quality Control and Shipping Procedures for Sterile Mass-Reared Tephritid Fruit Flies, Version 5.0*. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 2003. p. 85.
- FERRAUDDO, A. S. Flutuação populacional e fatores climáticos afetando a distribuição de machos de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) em pomares de citros. 1987, 57p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- KNIPLING, E. F. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile male. *J. Econ. Entomol.*, v.48, p. 459-462, 1955.
- LINDQUIST, D. A.; ABUSOWA, M.; CLASSEN, W. Eradication of the new world screwworm from the Libyan Arab Jamahiriya. In: FAO/IAEA. *Management of insect pests: nuclear and related molecular and genetic techniques*; proceedings. Viena, Austria, 1992. p.319-330
- PARANHOS, B. J. et al. A. Sterile medfly males of the tsl Vienna 8 genetic sexing strain improved mating performance with ginger root oil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FRUIT FLIES OF ECONOMIC IMPORTANCE, 7<sup>th</sup>, Salvador, Brazil, sep. 2006. *Proceedings...* Salvador-BA, 2006.

SILVA, E. B. da. Aspectos da dispersão da mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Weid., 1824), marcada com 32p em citros., 1990. 74p. Dissertação (Mestrado) CENA/USP. Piracicaba, SP.

SILVA, V. E. da S. Dispersão de machos estéreis de *ceratitis capitata* (wied.) (diptera: tephritidae) em agroecossistemas de manga e café na região Sudoeste da Bahia. 2006, 84 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA.

SPINETTA, M. National Fruit Fly Control and Eradication Program in Argentina – PROCEM. In: 5th MEETING OF THE WORKING GROUP ON FRUIT FLIES OF THE WESTERN HEMISPHERE, 5th, 2004. *Abstracts...* Ft. Lauderdale, Florida, USA, 2004. p. 114.

STEINER, L. F.; MITCHELL, W. C.; BAUMHOVER, A. H. Progress of fruit-fly control by irradiation sterilization in Hawaii and Marinas Islands. *Int. J. Appl. Rad. Isotopes*, v.13, p. 427-434, 1962.

WALDER, J. M. M. Produção de moscas-das-frutas e seus inimigos naturais: associação de moscas estéreis e controle biológico. In: PARRA, J. R. P. et al. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitóide e predadores*. Manole, 2002. p. 181-190.



Mangas de qualidade para o exigente mercado internacional

Foto: Silvio Avila - Editora Gazeta Santa Cruz