

**Controle Biológico de Pragas: Princípios e Estratégias de Aplicação em Ecossistemas Agrícolas**



**República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*

Presidente

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Roberto Rodrigues*

Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa**

**Conselho de Administração**

*José Amauri Dimázio*

Presidente

*Clayton Campanhola*

Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*

*Dietrich Gerhard Quast*

*Sérgio Fausto*

*Urbano Campos Ribeiral*

Membros

**Diretoria Executiva da Embrapa**

*Clayton Campanhola*

Diretor Presidente

*Gustavo Kauark Chianca*

*Herbert Cavalcante de Lima*

*Mariza Marilena T. Luz Barbosa*

Diretores Executivos

**Embrapa Agrobiologia**

*José Ivo Baldani*

Chefe Geral

*Eduardo Francia Carneiro Campello*

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Rosângela Stralotto*

Chefe Adjunto Administrativo

WETZLER, R. E.; RISCH, S. J. Experimental studies of beetle diffusion in simple and complex crop habitats. **Journal of Animal Ecology**, Oxon, v. 53, p. 1-19, 1984.

WHITE, A. J.; WRATTEN, S. D.; BERRY, N. A.; WEIGMANN, U. Habitat manipulation to enhance biological control of *Brassica* pests by hover flies (Diptera, Syrphidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 88, n. 5, p. 1171-1176, 1995.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1517-8498  
Novembro/2003

## Documentos 164

**Controle Biológico de Pragas: Princípios e Estratégias de Aplicação em Ecossistemas Agrícolas**

Elen de Lima Aguiar Menezes

*Seropédica – RJ*

2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

**Embrapa Agrobiologia**

BR465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 2682-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: [www.cnpab.embrapa.br](http://www.cnpab.embrapa.br)

e-mail: [sac@cnpab.embrapa.br](mailto:sac@cnpab.embrapa.br)

Comitê Local de Publicações: Eduardo F. C. Campello (Presidente)  
José Guilherme Marinho Guerra  
Maria Cristina Prata Neves  
Verônica Massena Reis  
Robert Michael Boddey  
Maria Elizabeth Fernandes Correia  
Dorimar dos Santos Felix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisor e/ou ad hoc: Acácio Geraldo

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2003): 50 exemplares

AGUIAR MENEZES, E. de L. **Controle biológico de pragas:** princípios e estratégias de aplicação em ecossistemas agrícolas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 44 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 164).

ISSN 1517-8498

1. Controle biológico. 2. Praga. 3. Ecossistema. I. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). II. Título. III. Série.

CDD 632.96

© Embrapa 2003

TELENGA, N. A. Biological method of pest control in crops and forest plants in the USSR. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUARANTINE AND PLANT PROTECTION, 9., 1958, Moscow. **Report...** Moscow: Soviet Delegation, 1958. p. 1-15.

TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**, London, v. 379, p. 718-720, 1996.

TOPHAM, M.; BEARDSLAY, J. W. An influence of nectar source plants on the New Guinea sugar cane weevil parasite, *Lixophya sphenophori* (Villeneuve). **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society**, Honolulu, v. 24, p. 145-155, 1975.

VAN DEN BOSCH, R.; MESSENGER, P. S. **Biological control**. New York: Intext, 1973. 180 p.

VAN DEN BOSCH, R.; MESSENGER, P. S.; GUTIERREZ, A. P. **An introduction to biological control**. New York: Plenum, 1982. 247 p.

VAN EMDEN, H. F. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. **Scientific Horticulture**, Kent, v. 17, p. 121-136, 1965.

VANDERMEER, J. H. Intercropping. In: CARROL, C. R.; VANDERMEER, J. H.; ROSSET, P. M., (Ed.). **Agroecology**. New York: McGraw-Hill, 1990. p. 481-516.

VANDERMEER, J. H. The ecological basis of alternative agriculture. **Annual Review of Ecology and Systematic**, Palo Alto, v. 26, p. 201-224, 1995.

WARLEY, G. C.; GRADWELL, G. R.; HASSELL, M. P. **Insect population ecology**. Oxford: Blackwell, 1973. 203 p.

ROOT, R. B. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecology Monograph**, v. 43, p. 95-124, 1973.

RUSSELL, E. P. Enemies hypothesis a review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 18, p. 590-599, 1989.

SÁ, L. A.; TAMBASCO, F. J.; LUCCHINI, F.; DE NARDO, E. A. B. Controle biológico clássico de pragas exóticas na fruticultura: contribuição do Laboratório de Quarentena "Costa Lima. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F., (Ed.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 154-160.

SAMWAYS, M. J. Classical biological control and biodiversity conservation: what risks are we prepared to accept? **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 6, p. 1309-1316, 1997.

SHEEHAN, W. Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification: a selective review. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 30, p. 696-705, 1986.

SMITH, D.; PAPACEK, D. F. Studies of predatory mite *Amblyseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae) in citrus orchards in south-east Queensland: control of *Tegolophus australis* and *Phyllocoptruta oleivora* (Acarina: Eriophyidae), effects of pesticides, alternative host plants and augmentative release. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 12, p. 195-217, 1991.

SYME, P. D. The effect of flowers on the longevity and fecundity of two native parasites of the European pine shoot moth in Ontario. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 4, p. 337-346, 1975.

TAMBASCO, F. J.; MORAES, G. L.; SÁ, L. A. N.; LUCCHINI, F.; DE NARDO, E. A. B.; BERTI FILHO, E.; CIOCIOLA, A. I.; FONTES, E. M. G.; PARRA, J. R. P. **Intercâmbio internacional e quarentena de agentes de controle biológico e outros organismos: 1991-1996**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. 85 p.

Autor

Elen de Lima Aguiar Menezes  
Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia.  
BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505  
23851-970 – Seropédica/RJ  
e-mail: menezes@cnpab.embrapa.br

LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 45, p. 175-201, 2000.

LEIUS, K. Influence of wild flowers on parasitism of tent caterpillar and codling moth. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 99, p. 444-446, 1967.

LEWIS, W. J.; LENTEREN, J. C. van; PHATAK, S. C.; TUMLINSON, J. H. A total system approach to sustainable pest management. **Proceedings of the National Academy of Science**, New York, v. 94, p. 12243-12248, 1997.

LIANG, W.; HUANG, M. Influence of citrus orchard ground cover plants on arthropod communities in China: a review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 50, p. 29-37, 1994.

MING-DAU, H.; SIU-WUI, M.; SHV-XIN, L. Biological control of citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) in Guangdong Province. **Proceedings of International Society of Citriculture**, v. 10, p. 643-646, 1981.

MURPHY, B. C.; ROSENHEIM, J. A.; DOWELL, R. V.; GRANETT, J. Habitat diversification tactic for improving biological control: parasitism of western grape leafhopper. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Oxford, v. 87, n. 3, p. 225-235, 1998.

PARAJULEE, M. N.; SLOSSER, J. E. Evaluation of potential relay strip crops for predator enhancement in Texas cotton. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, p. 275-286, 1999.

PATT, J. M.; HAMILTON, G. C.; LASHOMB, J. H. Impact of strip insectary intercropping with flowers on conservation biological control of the Colorado potato beetle. **Advances in Horticultural Science**, v. 11, p. 175-181, 1997.

RISH, S. J.; ANDOW, D.; ALTIERI, M. A. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions, and new research directions. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 12, p. 625-629, 1983.

HAGEN, K. S. Ecosystem analysis: plant cultivars (HPR), entomophagous species and food supplements. In: BOETHAL, D. J.; EIKENBARY, R. D., (Ed.). **Interaction of plant resistance and parasitoids and predators of insects**. Chichester: Ellis Harwood, 1986. p. 151-195.

HICKMAN, J. M.; WRATTEN, S. D. Use of *Phacelia tanacetifolia* (Hydrophyllaceae) as a pollen source to enhance hoverfly (Diptera: Syrphidae) population in cereal fields. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 89, n. 4, p. 832-840, 1996.

HORNE, J. E.; MCDERMOTT, M. **The Next Green Revolution: essential steps to a healthy, sustainable agriculture**. New York: Food Products Press, 2001. 312 p.

HOWARTH, F. G. Environmental impacts of classical biological control. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, p. 485-509, 1991.

HUFFAKER, C. B.; MESSENGER, P. S. **Theory and practice of biological control**. New York: Academic, 1976. 788 p.

KAKEHASHI, N. Y.; SUZUCHI, Y.; IWASA, Y. Niche overlap of parasitoids in host-parasitoid systems: its consequence to single versus multiple introduction controversy in biological control. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 21, p. 115-131, 1984.

KAREIVA, P. The influence of vegetational texture on herbivory: resource concentration and herbivore movement. In: DENNO, R. F.; McCLURE, M. S., (Ed.). **Variable plants and herbivores in natural and managed systems**. New York: Academic, 1983, p. 259-289.

KHAN, Z. R.; AMPONG-NYARKO, K.; CHILISWA, P.; HASSANALI, A.; KIMANI, S.; LWANDE, W.; OVERHOLT, W. A.; PICHETT, J. A.; SMART, L. E.; WADHMANS, L. J.; WOODCOCK, C. M. Intercropping increases parasitism of pests. **Nature**, London, v. 388, p. 631-632, 1997.

## Apresentação

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para a implantação de sistemas de produção agrícola com enfoque ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais).

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia orienta sua programação de P&D para o avanço de conhecimento e desenvolvimento de soluções tecnológicas para uma agricultura sustentável.

A agricultura sustentável, produtiva e ambientalmente equilibrada apoia-se em práticas conservacionistas de preparo do solo, rotações de culturas e consórcios, no uso de adubação verde e de controle biológico de pragas, bem como no emprego eficiente dos recursos naturais. Infere-se daí que os processos biológicos que ocorrem no sistema solo/planta, efetivados por microrganismos e pequenos invertebrados, constituem a base sobre a qual a agricultura agroecológica se sustenta.

O documento 164/2003 faz uma introdução ao tema Controle Biológico de pragas, apresentando seus principais conceitos ecológicos e ressaltando a importância da sua adoção para se alcançar o equilíbrio ambiental em sistemas de produção agrícola.

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	07
2. O que é controle biológico .....	08
3. Agentes de controle biológico de insetos-pragas .....	11
4. Estratégias de controle biológico aplicado .....	20
4.1. Controle Biológico Clássico .....	21
4.2. Controle Biológico Aumentativo ou por Incrementação .....	25
4.3. Controle Biológico por Conservação .....	27
5. Referências Bibliográficas .....	37

DOUTT, R. L.; NAKATA, J. The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape-pest management. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 2, p. 381-386, 1973.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. **Encaminhamento de processos protocolo de avaliação de risco de introdução de agentes de controle biológico – Laboratório de Quarentena “Costa Lima”**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1995. 10 p.

ERTLE, L. R. What quarantine does and what the collector needs to know. In: DRIESCHE, R. G. van; BELLOW Jr., T. S., (Ed.). **Steps in classical arthropod biological control**. Lanham: Entomological Society of America, 1993. p. 53-65.

FLAHERTY, D. Ecosystem trophic complexity and the Willamette mite, *Eotetranychus willamettei* (Acarina: Tetranychidae) densities. **Ecology**, New York, v. 50, p. 911-916, 1969.

FLINT, M. L.; VAN DEN BOSCH, R. **Introduction to integrated pest management**. New York: Plenum, 1981. 240 p.

GRAVENA, S. Controle biológico no manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 281-299, 1992.

GRAWLEY, M. J. The numerical response of insect predator to change in prey density. **Journal of Animal Ecology**, Oxon, v. 44, p. 877-892, 1975.

GREZ, A. A.; PRADO, E. Effect of plant patch shape and surrounding vegetation on the dynamics of predatory coccinellids and their prey *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 29, n. 6, p. 1244-1250, 2000.

ALTIERI, M. C.; WHITCOMB, W. H. Weed manipulation for insect management in corn. **Environmental Management**, New York, v. 4, p. 483-489, 1980.

ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. 1163 p.

ANDOW, D. A. Vegetational diversity and arthropod population response. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, p. 561-586, 1991.

BAGGEN, L. R.; GURR, G. M.; MEATS, A. Flowers in tri-trophic systems: mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Oxford, v. 91, p. 155-161, 1999.

BENNETT, F. D. Do introduced parasitoids displace native one? **Florida Entomologist**, Lutz, v. 76, n. 1, p. 54-63, 1993.

BOBB, M. L. Parasites of the oriental fruit moth in Virginia. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 32, p. 605, 1939.

BOWIE, M. H.; GURR, G. M.; HOSSAIN, Z.; BAGGEN, L. R.; FRAMPTON, C. M. Effects of distance from field edge on aphidophagous insects in a wheat crop and observations on trap design and placement. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, p. 69-73, 1999.

BUENO, V. H. P.; BERTI FILHO, E. Controle biológico de insetos com predadores. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, p. 41-52, 1991.

CHIARADIA, L. A.; MILANEZ, J. M.; SOUZA, L. C. de. Caracterização, danos e alternativas para o controle do ácaro-da-leprose dos citros. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 13, n. 2, p. 15-19, 2000.

DeLOACH, C. J. The effect of habitat diversity on predation. Proceedings Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control. **Habitat Management**, v. 2, p. 223-242, 1970.

# Controle Biológico de Pragas: Princípios e Estratégias de Aplicação em Ecossistemas Agrícolas

---

*Elen de Lima Aguiar Menezes*

## 1. Introdução

---

A modernização da agricultura, através do pacote tecnológico adotado a partir da II Guerra Mundial, levou à adoção de práticas como a simplificação dos agroecossistemas através da adoção de sistemas de produção baseados na monocultura, sobreposição de ciclos culturais, mecanização intensiva, irrigações pesadas, adubações muitas vezes excessivas, especialmente através do uso de fertilizantes altamente solúveis e uso indiscriminado e massivo de agrotóxicos, portanto com alto aporte e dependência de insumos externos de alto custo (Horne & Mcdermott, 2001). Embora essas práticas agrícolas tenham impulsionado a produção mundial de alimentos para patamares nunca antes alcançados, ainda nos anos 60, efeitos negativos da adoção dessas práticas, tais como erosão, contaminação dos solos e mananciais, perda da diversidade da fauna e flora, ressurgimento de pragas e resistência de pragas aos agrotóxicos, começaram a ser percebidos.

Observa-se atualmente que um número cada vez maior de segmentos da sociedade tem percebido a fragilidade do modelo vigente de desenvolvimento da agricultura, evidenciando uma necessidade cada vez maior de um desenvolvimento sustentável que considere a integração de fatores econômicos, sociais e ecológicos (Altieri 1987, 1989, 1991a, 2002).

O grande desafio atual da agricultura é, portanto, manter a produtividade dos cultivos e ao mesmo tempo melhorar a qualidade biológica (valor nutritivo) e a sanidade dos alimentos (ausência de

resíduos tóxicos), além de conservar os recursos naturais de produção (solo, água, ar e organismos) para as gerações futuras.

Dentro dessa perspectiva, o controle biológico de pragas torna-se uma ferramenta fundamental no manejo de pragas agrícolas por ser de custo relativamente mais baixo e de menor risco à saúde humana e ao meio ambiente. Todavia, nem sempre o controle biológico usado isoladamente é suficiente para reduzir a densidade populacional das pragas abaixo do nível de dano econômico, sendo às vezes, necessário associá-lo a outras medidas de controle que não interfiram com o controle biológico e que mantenham uma boa condição sanitária da cultura.

## 2. O que é controle biológico?

---

Num ecossistema, o tamanho de uma população é determinado por uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos a essa população. Dos fatores intrínsecos; isto é, inerentes à espécie, destacam-se o potencial biótico, taxa de reprodução, longevidade, habilidade de migrar, capacidade de adaptação a novos habitats, mecanismos de defesa, habilidade de tolerar condições adversas, etc. Os fatores extrínsecos são conhecidos como fatores ecológicos, que podem ser de natureza física (temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, etc.) e os de natureza biológica (competidores, parasitas, predadores, etc.). Isto caracteriza o que se chama de **Controle Natural** das populações, que nada mais é do que a regulação do número de indivíduos de uma população pela ação coletiva dos fatores ecológicos de natureza física e biológica (Fig. 1).

Dessa forma, esses fatores servem para assegurar contra a capacidade inerente de aumento em número de uma população, impedindo-a que se torne numericamente tão alta, ou relaxando suas influências supressivas, quando a população se torna numericamente tão baixa e, assim, mantendo a população num nível médio de abundância característico, que é chamado de **nível ou posição de equilíbrio**, e diz-se que a população está em equilíbrio natural (Fig. 2).

agroecossistemas (Tilman et al., 1996). Porém, um aspecto que está claro é que a composição das espécies é mais importante que o número de espécies. O desafio é identificar a correta composição que proporcionará, através dos sinergismos biológicos, os serviços ecológicos chaves, tais como controle biológico, ciclagem de nutrientes e conservação do solo e da água.

## 5. Referências Bibliográficas

---

ALTIERI, M. A. Patterns of insect diversity in monocultures and polycultures of brussel sprout. **Protection Ecology**, Amsterdam, v. 6, p. 227-232, 1984.

ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the scientific basis of alternative agriculture. Boulder: Westview Press, 1987. 240 p.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. 2. ed. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 240 p.

ALTIERI, M. A. Ecology of tropical herbivores in polycultural agroecosystems. In: PRICE, P. W.; LEVINSON, T. M.; FERNANDEZ, G. W.; BENSON, W. W., (Ed.). **Plant-animal interactions**: evolutionary ecology in tropical and temperate regions. New York: John Wiley, 1991a. p. 607-617.

ALTIERI, M. A. Traditional farming in Latin America. **Ecology**, New York, v. 21, p. 93-96, 1991b.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ALTIERI, M. C.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226 p.

ALTIERI, M. C.; WHITCOMB, W. H. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. **HortScience**, Alexandria, v. 14, p. 12-18, 1979.

Tabela 4. Percentagem de parasitismo de larvas de *R. obscurus* por *L. sphenophori* com ou sem aplicação de herbicidas na borda dos canaviais (adaptado de Topham & Beardsley, 1975).

Amostragem	Distância da margem do campo	% larvas parasitadas coletadas	
		Campo com herbicida	Campo sem herbicida
Antes da aplicação	Borda	95,0	100,0
	15 m	100,0	85,6
	30 m	100,0	87,5
	46 m	94,4	100,0
	61 m	26,4	100,0
	Total	80,7	95,0
35 dias após a aplicação	Borda	23,6	60,0
	15 m	5,3	71,4
	30 m	0,0	62,5
	46 m	16,7	50,0
	61 m	5,6	73,0
	Total	10,0	64,9

Abordagens mais ecológicas pressupõem o desenho dos sistemas agrícolas mais diversificados que os sistemas convencionais. Através da diversificação dos cultivos, incorpora-se aos sistemas agrícolas processos ecológicos, tais como auto-regulação das populações e ciclagem de nutrientes, que lhes conferem maior estabilidade, resistência a perturbações e capacidade de recuperar-se de eventos de estresse (Altieri et al., 2003). Os sistemas de produção diversificados, tais como os consórcios e agroflorestas ou a cobertura verde nos pomares, têm sido recentemente, o alvo de muitas pesquisas no mundo. Esse interesse está amplamente baseado nas recentes evidências de que esses sistemas são mais sustentáveis e com maior conservação dos recursos naturais (Vandermeer, 1995). Todavia, no Brasil, apesar dos relatos informais, do tipo comunicação pessoal, pouco tem sido quantificado e registrado a respeito dos efeitos da diversidade vegetal nas populações de insetos pragas e inimigos naturais. Várias hipóteses estão emergindo para explicar os mecanismos das relações entre o número de espécies de plantas e a estabilização dos processos dos

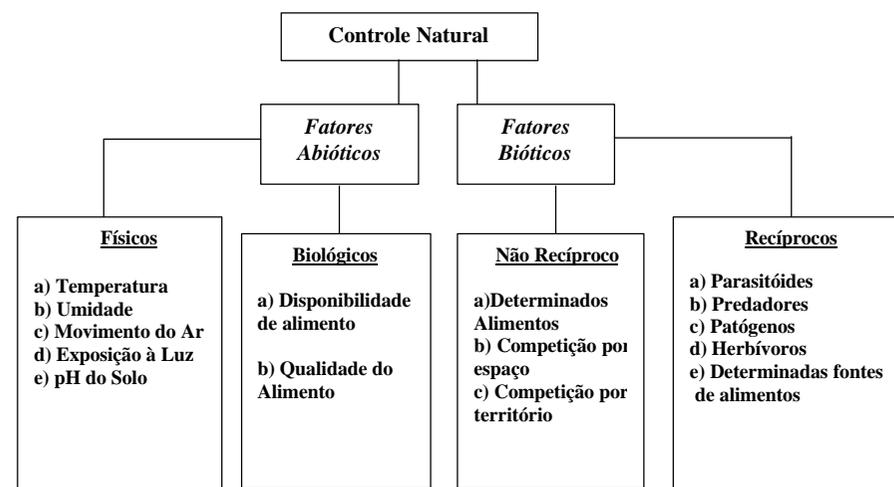


Fig. 1. Componentes do Controle Natural (adaptado de Van den Bosch & Messenger, 1973).

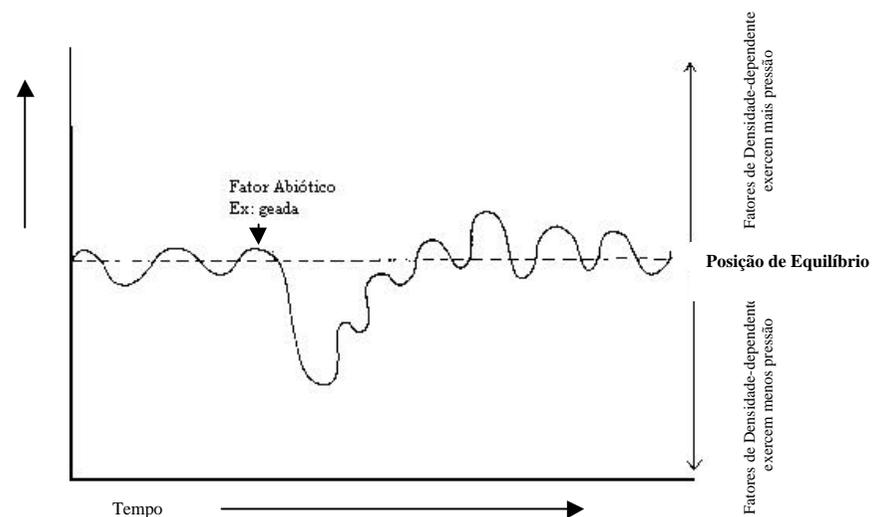


Fig. 2. Influência dos fatores ecológicos que regulam a posição de equilíbrio de uma população (adaptado de Flint & Van den Bosch, 1981).

Entre os fatores bióticos, as interações que ocorrem entre os seres vivos de natureza desarmônica (herbivoria, predação, parasitismo, competição, etc.) são de fundamental importância no equilíbrio natural das populações que pertencem a um determinado agroecossistema uma vez que, nessas relações, um organismo alimenta-se e vive às custas de outro organismo, com efeitos na regulação do crescimento populacional de ambos e, assim, contribuindo para a manutenção do equilíbrio da natureza. O mecanismo da densidade recíproca atua nessas relações de tal forma que sempre uma população é regulada por outra população. A esse fenômeno natural chamamos de **Controle Biológico**.

No processo de manipulação dos agroecossistemas, o homem adota estratégias que freqüentemente se conflitam com as da natureza ao impor seus interesses e objetivos de aumento da produção de alimentos e de fibra. Como resultado, as populações de determinadas espécies de herbívoros, como os insetos e ácaros fitófagos, se tornam numericamente tão alta que danificam as culturas a ponto de reduzir sua produtividade e, conseqüentemente, seu rendimento econômico. Nessa situação, esses insetos atingem o status de “praga”.

Assim, o controle biológico almeja reduzir o nível populacional de uma espécie classificada como praga, mantendo-a abaixo do nível em que é capaz de causar prejuízo econômico. Portanto, pode-se definir o controle biológico de pragas como a regulação natural dos números dos indivíduos de uma população de uma espécie-praga através da ação de uma outra população cujos indivíduos apresentam hábitos de predação, parasitismo, antagonismo ou patogenia, os quais são genericamente conhecidos como **agentes de controle biológico** (definidos no próximo item) e que agem de forma a impedir que a população da praga sobre a qual eles atuam se torne numericamente tão alta a ponto de causar prejuízo econômico, e mantendo ambas populações em equilíbrio (Fig. 3).

efeito direto na densidade dos coccinélideos predadores do pulgão *Brevicorine brassicae* (L.) (Aphididae) por modificar seus padrões de comportamento de imigração e emigração. Os autores observaram que os coccinélideos (*Eriopis connexa* (Germ.), *Hippodamia convergens* Guér. e *Hippodamia variegata* (Goeze) foram mais abundantes nos canteiros de brócolis circundados por *Allium porrum* L. do que naqueles circundados por *Medicago sativa* L., e suas populações foram mais numerosas nos canteiros quadrados do que naqueles de formato em “I”. Ademais, os autores acreditam que a ocorrência de uma maior população de pulgão nos canteiros de brócolis circundados por *A. porrum* foi devida a um maior crescimento das plantas favorecido por maiores teores de nitrogênio e fósforo (9 mg/Kg de N e 7 mg de P) em relação àqueles circundados por *M. sativa* (3 mg/Kg de N e 3 mg de P). Isto, por sua vez, favoreceu uma maior imigração e uma menor emigração dos coccinélideos e, portanto, uma agregação mais antecipada desses predadores nos canteiros com *A. porrum*.

No Havaí, Topham & Beardsley (1975) observaram que a presença de plantas nectíferas nas margens dos canaviais resultou no aumento dos níveis populacionais e na eficiência de *Lixophaga sphenophori* (Díptera: Tachinidae), um parasitóide da broca *Rhombosielus obscurus* (Coleoptera). Verificaram que a dispersão efetiva do parasitóide dentro dos canaviais estava limitada à cerca de 45 a 60 m de distância das plantas presentes na faixa de vegetação das margens dos canaviais, provavelmente por causa do fornecimento de néctar para o parasitóide. A eliminação dessas plantas por herbicidas levou a uma diminuição na eficiência de controle da broca devido a redução acentuada das taxas de parasitismo ao longo do tempo (Tabela 4).

Rish et al. (1983) constaram que as taxas de predação de ovos da broca europeia do milho (*Ostrinia nubilalis*) pela joaninha *Coleomegilla maculata* foram significativamente mais altas em monocultura de milho do que em policultura de milho/feijão/abóbora, com altas densidades das plantas associadas. Segundo os autores, na policultura, as joaninhas gastaram mais tempo forrageando sobre as plantas que não contêm a presa (feijão e abóbora), diminuindo, assim, a sua eficiência de forrageamento. Mesmo que as densidades da presa em plantas de milho fossem as mesmas nos dois tipos de cultivos, as joaninhas deveriam forragear de forma menos eficiente na policultura devido ao tempo gasto na busca da presa, mas sem recompensa ao forragear em plantas de feijão e abóbora. Essa baixa taxa de recompensa provavelmente foi o que resultou numa emigração mais rápida das joaninhas da policultura (Wetzler & Risch, 1984).

Altieri (1984) constatou, no entanto, que couve-de-bruxelas cultivada em policultura com feijão fava (*Vicia faba* L., Fabaceae) e mostarda silvestre abrigava mais espécies de inimigos naturais (seis espécies de predadores e oito espécies de parasitóides) que monocultura (três espécies de predadores e três espécies de parasitóides). Aparentemente, a presença de flores, nectários extraflorais e presas e hospedeiros alternativos associados com a planta companheira permitiu esse incremento de espécies de inimigos naturais na policultura, onde a densidade de pulgões foi mais baixa provavelmente pelo aumento da taxa de mortalidade imposta pelo complexo de inimigos naturais presente na policultura.

A disposição das plantas a serem associadas é um outro aspecto a ser levado em conta no manejo da diversidade vegetal com o propósito de aumentar a densidade populacional dos inimigos naturais nos agroecossistemas. Normalmente, um maior número desses agentes ocorre nas proximidades das plantas associadas e na interface com a cultura principal. Entretanto, isso pode variar de acordo com a capacidade de dispersão dos inimigos naturais que se pretende aumentar. Grez & Prado (2000), por exemplo, verificaram que a vegetação circundante aos canteiros de brócolis (*Brassica oleracea* cv. *italica* Plenck) e o formato dos mesmos tiveram um

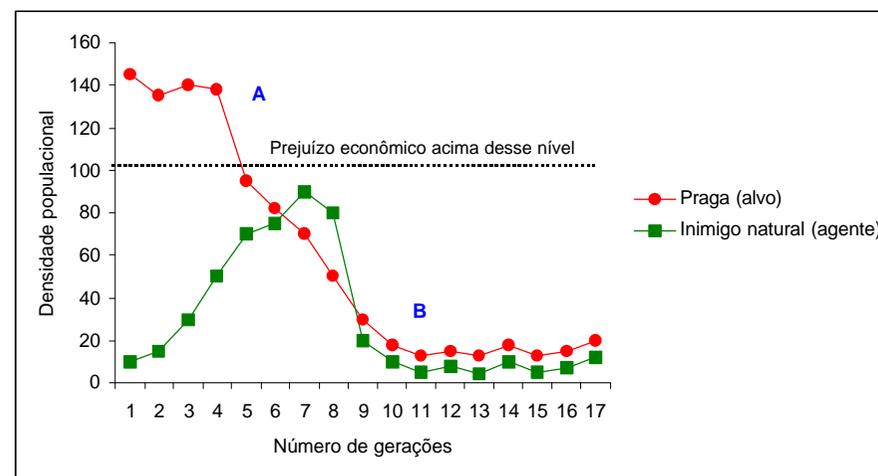


Fig. 3. Representação esquemática da ação bem sucedida de um agente de controle biológico. O aumento da população do inimigo natural (■) leva a um decréscimo na população da praga (●), de um nível onde causa prejuízos econômicos (A) para um nível não prejudicial (B). Agora, com um menor número de indivíduos-praga para sustentar-se, a densidade populacional do inimigo natural decresce. Ambas populações persistem em baixa densidade e em equilíbrio (Adaptado de Warley et al., 1973).

### 3. Agentes de controle biológico de insetos-pragas

Nos agroecossistemas, as cadeias alimentares são normalmente caracterizadas por três níveis tróficos: as **plantas cultivadas**, que ocupam o primeiro nível trófico (isto é, a base da cadeia) e servem de alimento para os **herbívoros**, os quais ocupam o segundo nível trófico e, por sua vez, servem de alimento para os **organismos carnívoros**, os ocupantes do terceiro nível trófico e que atuam como agentes reguladores das populações dos herbívoros, sendo genericamente conhecidos como **inimigos naturais** (Fig. 4). Portanto, toda praga possui inimigos naturais, que dela se alimentam.

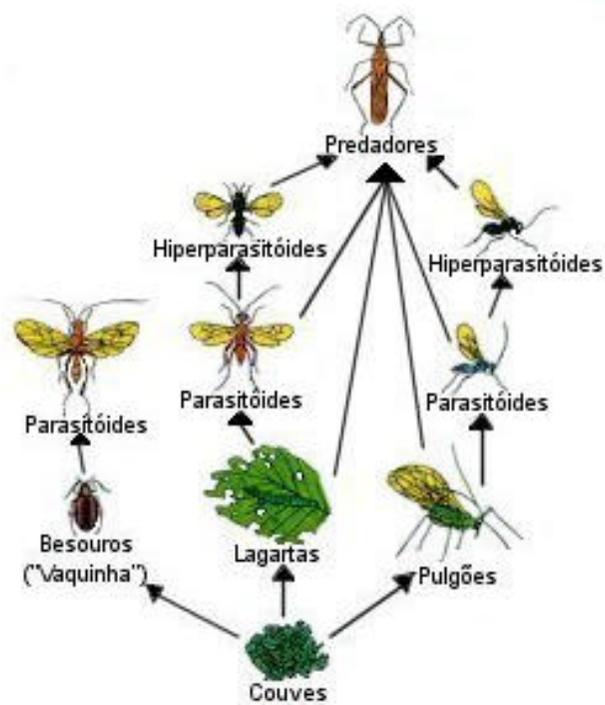


Fig. 4. Cadeia alimentar: couve – herbívoros (vaquinhas, lagartas e pulgões) – inimigos naturais (parasitóides e predadores) (Adaptado de Root, 1973).

Os inimigos naturais de insetos-pragas podem ser agrupados em três categorias principais, a saber: **predadores**, **parasitóides** e **patógenos**. Os dois primeiros são denominados **agentes entomófagos**, podendo ser vertebrados (por exemplo, sapo, pássaro, morcego, peixe, etc.) ou invertebrados (insetos, ácaros, aranhas, etc.), sendo que apenas os insetos estão na categoria parasitóides. A última categoria compreende aos **entomopatógenos** (fungos, vírus, bactérias, nematóides e outros microorganismos) capazes de causar doença em insetos.

**Predadores** – Esses organismos vivem às custas de suas **presas**. Tipicamente, um predador é aquele que tanto na fase imatura como na fase adulta, alimenta-se de sua presa, sendo necessário

enquanto que em um pomar tratado com herbicidas teve menos predadores e menos estabilidade na população do ácaro vermelho.

No Brasil, Gravena (1992) observou que a cobertura do solo de pomares de citros com *A. conyzoides* aumenta a população de ácaros fitoseídeos, reduzindo a população do ácaro da ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*) abaixo do nível de dano econômico (Fig. 9).

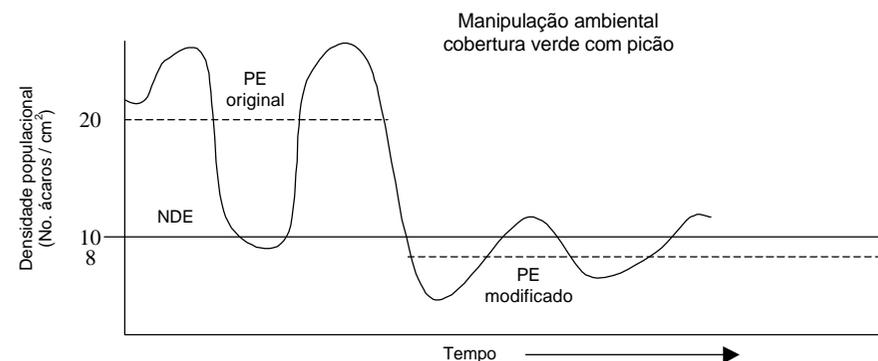


Fig. 9. Modificação da posição de equilíbrio (PE) da população do ácaro da ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*) por meio da manutenção de cobertura verde com picão-preto (*Ageratum conyzoides*) entre ruas de citros (adaptado de Gravena, 1992).

É importante salientar que a habilidade de um inseto herbívoro em colonizar um determinado sistema de cultivo, simples ou diversificado, dependerá fortemente de seu hábito alimentar (monófago ou polífago), da natureza e sofisticação de seus mecanismos de procura por planta hospedeira e de sua mobilidade (Kareiva, 1983). O mesmo é verdadeiro para os inimigos naturais (Sheehan, 1986; Russell, 1989) e, dessa forma, influenciando no sucesso e na eficiência dos inimigos naturais nos policultivos em relação à monocultura. Por exemplo, a alimentação da hemolinfa do hospedeiro é essencial para alguns parasitóides, e fontes de proteína e carboidratos alternativas tais como néctar e pólen podem não servir como uma alternativa alimentar.

sorgo-de-alepo crescer em vinhedos na Califórnia, houve um incremento de espécies de ácaros que se tornaram presas alternativas, as quais mantiveram populações do ácaro predador *Galendromus* (= *Metaseiulus*) *occidentalis* (Nesbitt) (Acarina: Phytoseiidae), o qual, por sua vez, suprimiu o ácaro do Pacífico, *Tetranychus pacificus* McGregor (Acarina: Tetranychidae) a números abaixo do nível de dano econômico (Flaherty, 1969).

Na China, *Ageratum conyzoides* (Asteraceae), o picão-preto, é largamente utilizado como cultura de cobertura em pomares de citros, seja por semeadura ou por “conservação”, visando a manutenção de populações de ácaros predadores (Altieri et al., 2003). Por exemplo, Ming-Dau et al. (1981) demonstrou que, com a manutenção ou o cultivo do picão-preto em pomar cítrico, a temperatura do ar diminuiu cerca de 5°C e a umidade relativa do ar aumentou em 5% na copa das árvores. Com a presença do picão-preto, a temperatura do ar aumentou em 8,4°C e a umidade relativa do ar aumentou em 13,5% quando medidos a 10 cm de altura do solo, e a temperatura do solo foi reduzida em 3°C a 10 cm de profundidade. Com relação aos teores de N, P e K, os autores demonstraram que houve um ligeiro aumento nas parcelas com picão-preto. Segundo os autores, todos esses parâmetros contribuíram para a manutenção e aumento da população do ácaro predador *Euseius newsani* Evasni (Phytoseiidae) na copa da árvore, além da disponibilidade de pólen das flores do picão-preto, atuando na regulação da população do ácaro fitófago, *Panonychus citri* (Tetranychidae).

Liang & Huang (1994) reportaram que na China, plantas cítricas podem abrigar 14 espécies do ácaro predador do ácaro vermelho do citros (*Amblyseius*), e 12 espécies no picão-preto (*A. conyzoides*), sendo que 11 delas são comuns aos dois habitats, sugerindo que há movimento dos ácaros predadores entre as plantas de cobertura e a copa das árvores de citros. Ademais, relataram que um pomar com cobertura de *A. conyzoides* teve maior densidade de ácaros predadores e a população do ácaro vermelho foi mantida em estabilidade e abaixo do nível de dano econômico por dois anos,

consumir uma certa quantidade de presas para que a fase imatura complete seu desenvolvimento e atinja a fase adulta, o qual continua se alimentando para manter suas atividades vitais. Adultos da joaninha *Hippodamia convergens*, por exemplo, consomem de 42 a 56 pulgões/dia, sendo que o total consumido por uma joaninha, durante toda a sua vida, pode chegar a 1000 pulgões (Bueno & Berti Filho, 1991).

Embora a atuação dos predadores tenha grande importância dentro de um ecossistema natural, a sua utilização no controle biológico aplicado nos agroecossistemas, deve ser bem avaliada quanto a sua efetividade, uma vez que requerem um grande número de presas para completar o seu ciclo biológico e, soma-se a isso, o fato de, em geral, serem de baixa especificidade. Uma grande vantagem dos predadores generalistas (polívoros ou oligóvoros) é que eles podem colonizar um agroecossistema, antes da chegada das pragas-chaves, uma vez que eles se alimentam de uma grande variedade de presas alternativas. Parasitóides e predadores específicos, por outro lado, têm que esperar pelo estabelecimento da praga-chave antes de poderem se estabelecer. Além disso, predadores generalistas podem ser efetivos quando a população da praga é muito baixa para que os parasitóides e predadores específicos se mantenham (Bueno & Berti Filho, 1991).

Em todas as relações predador-presa, o número de presas consumidas pelos predadores é um produto de dois fatores: o número de predadores presentes (resposta numérica) e o número de presas mortas pelos predadores (resposta funcional). O grau ao qual os predadores respondem numérica ou funcionalmente à abundância de presas influencia muito suas funções de reguladores das populações das pragas na comunidade (Bueno & Berti Filho, 1991). A resposta numérica é uma mudança na densidade do predador provocada pela mudança na abundância da presa (Grawley, 1975).

Existe uma enorme variedade de predadores, sendo que sua variabilidade taxonômica (aranhas, ácaros, insetos, sapos, morcegos, etc.) reflete a existência de muitas cadeias alimentares,

embora os insetos e os ácaros predadores apresentam maior potencial com agentes de controle biológico.

Insetos como as joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) e besouros das famílias Carabidae e Staphylinidae, larvas de bicho lixeiro (Neuroptera: Chrysopidae), larvas de Syrphidae (Diptera), percevejos das famílias Anthocoridae, Pentatomidae, Reduviidae, Nabidae e Notonectidae (Heteroptera), vespas e formigas são alguns dos tipos mais comuns de predadores encontrados nos ecossistemas agrícolas (Fig. 5).

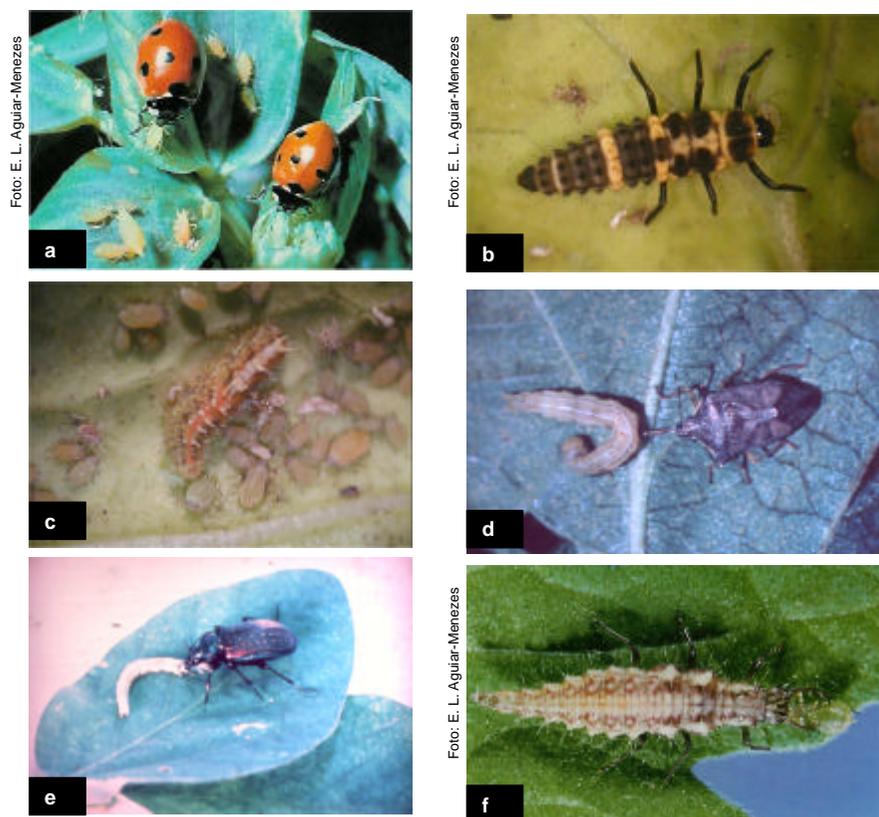


Fig. 5. Alguns tipos importantes de insetos predadores: adulto (a) e larva (b) de joaninha (Coccinellidae); (c) larva de Syrphidae; (d) adulto de percevejo Pentatomidae; (e) adulto de Carabidae; e (f) larva de Chrysopidae.

parasitóide de ovos, *Anagros epos* Girault (Hymenoptera: Mymaridae) no controle de uma importante praga da videira, a cigarrinha da uva, *Erythroneura elegantula* Osborn (Homoptera: Cicadellidae), cuja população foi bastante diminuída nos vinhedos próximos de áreas invadidas pela amora-preta-silvestre (*Rubus* sp.) (Rosaceae). Essa planta sustenta um outro hospedeiro, a cigarrinha-da-amora *Dikrella cruentata* (Homoptera: Cicadellidae), que vive e se reproduz em suas folhas no inverno, quando ocorre queda das folhas das videiras e a *E. elegantula* sofre hibernação (Flint & Van den Bosch, 1981; Doult & Nakata, 1973). Após sobreviver ao inverno às custas do hospedeiro alternativo (a cigarrinha-da-amora), os adultos de *A. epos* movem-se para dentro dos vinhedos na primavera, propiciando um controle da cigarrinha da uva até um mês antes do que nos vinhedos que não estavam perto de refúgios com amoreiras. Desde 1961, os produtores de uva do Vale Central da Califórnia aprenderam que os arbustos da amora-preta silvestre têm seu aspecto benéfico. Os pesquisadores agora recomendam que sempre sejam plantadas amoreiras do lado que sopra o vento no vinhedo, levando em conta que as amoreiras podem ser manejadas com um típico pomar comercial de amoras (Flint & Van den Bosch, 1981; Altieri et al., 2003).

O manejo da cobertura verde do solo em culturas perenes, formada pela vegetação espontânea ou cultivos de plantas para tal fim, tem a propriedade de servir de fonte de alimento e/ou abrigo e refúgio para sobrevivência, reprodução e desenvolvimento de fauna benéfica. Várias leguminosas, tais como a ervilhaca (*Vicia* spp.), trevo (*Trifolium* spp.) e alfafa (*Medicago* spp.), e gramíneas, como *Bromus* spp., centeio (*Secale cereale* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.) têm sido recomendadas para serem semeadas como culturas de cobertura do solo em pomares (Altieri et al., 2003).

No Vale Central da Califórnia, EUA, a manutenção de uma cobertura do solo manejada com sorgo-de-alepo ou capim-sudão, *Sorghum halepense* (L.) (Poaceae) resultou em uma modificação do hábitat que tem aumentado em muito a atividade de predadores de ácaros fitófagos da uva, como o ácaro de Willamette, *Eotetranychus willamettei* Ewing (Acarina: Tetranychidae). Quando se deixou o

Casos de aumento espetacular de parasitismo em pomares e cultivos anuais com uma cobertura de flores silvestre têm sido relatados. Bobb (1939) observou que em pomares de pêssago de Nova Jersey, EUA, o controle da mariposa oriental, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) aumentou com a manutenção da vegetação espontânea, especialmente na presença de *Ambrosia* sp. e *Polygonum* sp. (Polygonaceae), da erva-formigueira-branca (*Chenopodium album* L., Chenopodiaceae) e da erva-lanceta (*Solidago* sp., Compositae). Essas plantas forneceram hospedeiros alternativos para o parasitóide *Macrocentrus ancylivorus* Rohwer (Hymenoptera: Braconidae).

Telenga (1958) relatou que a eficiência de *Aphytis proclia* (Walker) (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitóide do piolho-de-são-josé, *Quadraspidotus perniciosus* Comstock (Homoptera: Diaspididae), aumentou com um resultado do plantio de *Phacelia tanacetifolia* Benth (Hydrophyllaceae) como cultivo de cobertura nos pomares. Três plantios sucessivos de facélia resultaram no aumento do parasitismo de uma taxa inicial de 5% em pomar cultivado em solo nu para 75% quando essa planta produtora de néctar foi cultivada. Essa espécie de planta também foi relatada como capaz de proporcionar o aumento da abundância do parasitóide *Aphelinus mali* (Hard.) (Hymenoptera: Aphelinidae) para o controle de pulgões de maçã, bem como o aumento da atividade do parasitóide de ovo *Trichogramma* spp. em pomares de maçã. Esses autores também relataram que *Cotesia glomeratus* L. (Hymenoptera: Braconidae), um parasitóide de lagartas de duas espécies do gênero *Pieris*, obtinham néctar de flores de mostarda silvestre (*Brassica* sp.) em cultivos de crucíferas e que viviam por mais tempo e colocavam mais ovos quando essa planta estava presente. Quando plantas de mostarda de florescimento rápido foram plantadas nos campos com cultivo de couve, o parasitismo sobre as lagartas aumentou de 10 para 60% (Telenga, 1958).

Diversos estudos relatam que a presença de hospedeiros alternativos ou presas alternativas em plantas da vegetação espontânea aumenta o parasitismo e/ou a predação de pragas específicas em agroecossistemas. Um caso clássico é o valor do

**Parasitóides** - Esses organismos vivem às custas de seus **hospedeiros**. São caracterizados como aqueles indivíduos que somente na sua fase imatura alimenta-se de seu hospedeiro, sendo necessário apenas um indivíduo-hospedeiro para completar seu desenvolvimento até a fase de adulto (“parasito protélico”). O adulto é de vida livre, podendo se alimentar de néctar, pólen, secreções de cochonilhas e pulgões (“honeydew”), substâncias açucaradas que exsudam de feridas dos vegetais ou de frutos perfurados por outros insetos, pássaros, etc. A relação parasitóide-hospedeiro apresenta-se mais adequada para uso em programas de controle biológico uma vez que, em geral, os parasitóides são mais específicos e apresentam grande capacidade de procura e encontro de seus hospedeiros.

O comportamento e o ciclo de vida de um parasitóide podem determinar o seu sucesso como agente de biocontrole. Os termos empregados para descrever o seu modo de vida são os seguintes:

**Parasitismo primário** – é quando uma espécie se desenvolve em hospedeiros não parasíticos (fitófagos, saprófagos, coprófilos, políferos, fungíferos, predadores, etc.).

**Hiperparasitismo** – é o parasitismo de uma espécie por uma outra espécie de parasitóide (ver Fig. 4). Pode haver vários níveis de hiperparasitismo, isto é, podem ser secundários (que se desenvolvem em um parasitóide primário), terciários (quando se desenvolvem em um parasitóide secundário) ou quaternários (quando se desenvolvem em um parasitóide terciário), e assim por diante. O hiperparasitismo pode ainda ser obrigatório ou facultativo.

**Multiparasitismo** – é o parasitismo do mesmo hospedeiro por mais de uma espécie de parasitóide. Em muitos casos, só uma espécie sobrevive.

**Cleptoparasitismo** – é um caso de multiparasitismo no qual um parasitóide ataca preferencialmente hospedeiros que já estejam parasitados. O cleptoparasitóide não parasita a outra espécie de parasitóide que ocorreu anteriormente a ele e normalmente é quem sobrevive.

**Superparasitismo** - é o parasitismo no qual vários indivíduos de uma espécie de parasitóide podem se desenvolver num único hospedeiro. Neste caso, normalmente, o número de indivíduos do parasitóide no hospedeiro é maior do que o número de indivíduos que atingem a maturidade. Em alguns casos, contudo, o hospedeiro morre prematuramente, antes que os parasitóides emirjam, e conseqüentemente todos sucumbem. Algumas vezes, todos os parasitóides sobrevivem até a maturidade, mas com tamanho menor do que o dos adultos normais.

**Adelfoparasitismo** - também chamado autoparasitismo, é o fenômeno no qual uma espécie de parasitóide parasita a si mesma, geralmente um sexo se desenvolve parasiticamente no corpo do sexo oposto da mesma espécie, como ocorre com *Coccophagus scutellaris* (Hymenoptera: Aphelinidae), onde o macho parasita obrigatoriamente a fêmea.

**Endoparasitóide** - é uma espécie que se desenvolve no interior do corpo do hospedeiro.

**Ectoparasitóide** - é uma espécie que se desenvolve externamente ao corpo do hospedeiro, geralmente se alimentando através da inserção de suas peças bucais no tegumento do corpo do hospedeiro.

**Parasitóide solitário** - apenas um único indivíduo da espécie de parasitóide se desenvolve por hospedeiro. Muitos Ichneumonidae (Hymenoptera) e Tachinidae (Diptera) são solitários.

**Parasitóide gregário** - mais de um indivíduo da espécie de parasitóide (geralmente a progênie é originada de uma mesma fêmea) se desenvolve por hospedeiro. Muitos Braconidae e Chalcidoidea (Hymenoptera) são gregários. Alguns Encyrtidae (Hymenoptera), que parasitam lagartas, podem produzir mais do que um indivíduo de um simples ovo fertilizado (poliembrião).

Os parasitóides podem atacar qualquer estágio de desenvolvimento do hospedeiro, dependendo da espécie de parasitóide, assim, existem parasitóides de ovos, como *Trichogramma* spp.

Tabela 3. Recursos fornecidos por plantas associadas à cultura principal aos inimigos naturais de pragas dessas culturas.

Cultura principal	Planta associada	Espécie da praga	Recurso	Referência
Algodão	<i>Brassica rapa</i> (Cruciferae) <i>Triticum aestivum</i> (Gramineae)	<i>Aphis gossypii</i> (pulgão)	Presas para predadores generalistas durante a entressafra	Parajulee & Slosser (1999)
Algodão	<i>Sorghum bicolor</i> (Graminae)	<i>Alabama argillacea</i> (curuquerê) <i>Heliothis</i> sp. (lagarta da maçã)	Presas para predadores generalistas	Gravena (1992).
Batata	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Hydrophyllaceae) <i>Tropaeolum majus</i> (Compositae)	<i>Phthorimaea operculella</i> (traça da batata)	Néctar para o parasitóide <i>Copidosoma koehleri</i>	Baggen et al. (1999)
Berinjela	<i>Anethum graveolens</i> (Umbelliferae) <i>Coriandrum sativum</i> (Umbelliferae)	<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (besouro do Colorado)	Pólen e néctar para os predadores <i>Coleomegilla maculata</i> e <i>Chrysoperla carnea</i>	Patt et al. (1997)
Citros	<i>Vicia sativa</i> (Faboideae) <i>Fagopyrum esculentum</i> (Polygonaceae) <i>Avena striosa</i> (Graminae)	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (ácaro da leprose)	Pólen e abrigo para ácaros predadores Phytoseiidae	Chiaradia et al. (2000)
Citros	<i>Chloris gayana</i>	<i>Tegolophus australis</i>	Pólen para o ácaro predador <i>Amblyseius victoriensis</i>	Smith & Papacek (1991)
Couve	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Hydrophyllaceae)	<i>Brevicoryne brassicae</i> (pulgão da couve) <i>Myzus persicae</i>	Pólen para moscas predadoras Syrphidae.	White et al. (1995)
Milho	<i>Melinis minutiflora</i> (Graminae)	<i>Busseola fusca</i> <i>Chilo partellus</i>	Produção de voláteis que atraem o parasitóide <i>Cotesia semamae</i>	Khan et al. (1997)
Trigo	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Hydrophyllaceae)	<i>Sitobion avenae</i> (pulgão da espiga)	Pólen para moscas predadoras Syrphidae	Hichman & Wratten (1996)
Trigo	<i>Brassica napus</i> (Cruciferae)	<i>Rhopalosiphum padi</i>	Pólen para moscas predadoras Syrphidae	Bowie et al. (1999)
Videira	<i>Rubus</i> sp. (Rosaceae)	<i>Erythroneura elegantula</i> (cigarrinha)	Hábitat e hospedeiro alternativo ( <i>Dikrella cruentata</i> ) para o parasitóide <i>Anagrus epos</i>	Murphy et al. (1998) Doutt & Nakata (1973)

Tophan & Beardsley, 1975; Lewis et al., 1997). Além disso, os sistemas diversificados permitem a presença de uma maior diversidade de insetos herbívoros, que podem funcionar como fontes alternativas de alimento para os inimigos naturais generalistas e, fazê-los permanecer no campo nas épocas em que a população da praga principal está baixa (Root, 1973; Vandermeer, 1990; Andow, 1991).

Existem diversos exemplos na literatura a respeito do efeito positivo da planta associada na redução da densidade populacional de insetos-pragas, através da provisão de vários recursos aos inimigos naturais que favorece a sobrevivência, reprodução e multiplicação desses organismos. Certas plantas da família Umbeliferae, Leguminosae e Compositae têm desempenhado esse papel ecológico importante por hospedarem e suportar um complexo de artrópodes benéficos que ajudam na supressão de populações de pragas (Altieri & Whitcomb, 1979; 1980) (Tabela 3).

Flores de plantas que compõem a vegetação espontânea são importantes fontes de alimento para vários parasitóides. Carboidratos presentes no néctar dessas plantas são essenciais para longevidade e fecundidade de fêmeas e maturação de seus ovos em determinadas espécies de parasitóides com conseqüente influencia nas taxas de parasitismo (Van Emden, 1965; Lewis, 1967, Lewis et al., 1997). O pólen parece ser indispensável para a produção de ovos de muitas moscas da família Syrphidae e também é uma fonte significativa de alimento para joaninhas (Coccinellidae). Bichos lixeiros (Chrysopidae) são atraídos por várias flores de compostas que oferecem néctar, satisfazendo as suas necessidades de carboidratos (Hagen, 1986).

(Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitóides de larvas, como *Cotesia* spp. (Hymenoptera: Braconidae), parasitóide de pupa, como *Spalangia* spp. (Hymenoptera: Pteromalidae), e parasitóide de adulto, com *Trichopoda* spp. (Diptera: Tachinidae). Existe o parasitismo ovo-larva, no qual o ovo do parasitóide é depositado no ovo do hospedeiro, cuja larva mata a larva hospedeira; existe ainda o parasitismo larva-pupa, no qual o ovo do parasitóide é depositado na larva do hospedeiro, mas a emergência do parasitóide ocorre a partir da pupa do hospedeiro.

A maioria dos parasitóides pertence às ordens **Hymenoptera** (especialmente, as famílias Ichneumonidae, Braconidae, Chalcididae, Encyrtidae, Trichogrammatidae, Scelionidae e Bethyidae) e **Diptera** (Tachinidae e Phoridae) (Fig. 6). A ordem Hymenoptera é a que apresenta o maior número de insetos entomófagos, sendo que cerca de 70% dos casos de sucesso de controle biológico foram alcançados com microhimenópteros parasitóides.



Foto: IAA / Planalsucar

Lotz, Divi. Plant Ind.

Fig. 6. Alguns representantes de parasitóides: (a) *Trichogramma* sp.; (b) casulos de *Apanteles* sp. sobre lagarta do fumo; (c) *Cotesia flavipes* sobre seu hospedeiro, a broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*), (e) *Spalangia* sp. parasitando pupa de mosca doméstica; e (f) pulgões mumificados (parasitados por microhimenópteros).

**Entomopatógenos** – Constituem-se de microrganismos causadores de doenças em insetos e pertencem principalmente aos seguintes grupos: fungos, bactérias, vírus e nematóides (Fig. 7). A utilização de inseticidas microbianos teve considerável crescimento nos últimos 20 anos, em função da alta especificidade e facilidade de

Tabela 2. Programas de controle biológico aumentativo através de parasitóides existentes no Brasil.

Unidade executora	Praga alvo	Parasitóide(s)	Origem do parasitóide	Fase parasitada
Universidades Copersucar	<i>Diatraea saccharalis</i>	<i>Apanteles flavipes</i>	introduzido	lagarta
		<i>Metagonistylum minense</i>	nativo	lagarta
		<i>Paratheresia claripalpis</i>	nativo	lagarta
		<i>Trichogramma galoii</i>	nativo	ovo
Embrapa Trigo	Pulgões do trigo	<i>Aphelinus</i> , <i>Aphidius</i> , <i>Praon</i> , <i>Ephedrus</i> , <i>Lysiphlebus</i>	introduzido	ninfa e adulto
Embrapa Soja	<i>Nezara viridula</i>	<i>Trissolcus basalus</i>	nativo	ovo
Universidades	Lepidópteros	<i>Trichogramma</i> sp.	nativo	ovo
		<i>Spalangia endius</i>	nativo	pupa
Universidades	<i>Musca domestica</i>	<i>Muscidifurax raptor</i>	nativo	
Embrapa Floresta	<i>Sirex noctilio</i>	<i>Ibalia leucospoides</i>	introduzido	ovo-larva
		<i>Deladenus siricidicola</i>	introduzido	larva

### 4.3) Controle Biológico por Conservação

Envolve a manutenção dos inimigos naturais nos agroecossistemas por favorecer ou fornecer condições de sobrevivência e reprodução e, conseqüentemente, aumentando sua efetividade. Nesse sentido, essa estratégia envolve, portanto, o manejo do habitat, também denominado de “manipulação ambiental”, a qual compreende qualquer prática agrônômica que vise o aumento e preservação de inimigos naturais nos agroecossistemas. É a tática de se aplicar o princípio da diversidade do habitat (DeLoach, 1970).

Uma vasta literatura mostra que sistemas agrícolas diversificados podem reduzir a incidência de pragas e aumentar a atividade de inimigos naturais (Altieri, 1991b; Andow, 1991; Landis et al., 2000). A hipótese dos inimigos naturais, definida por Root (1973), prediz que a abundância dos inimigos naturais tende a ser maior nos sistemas diversificados, uma vez que se aumenta a disponibilidade de microhabitats mais adequados, de locais de refúgio ou hibernação e de fontes de pólen e néctar, os quais são recursos que influenciam grandemente na longevidade e fecundidade das fêmeas de parasitóides e certos predadores (Root, 1973, Syme, 1975;

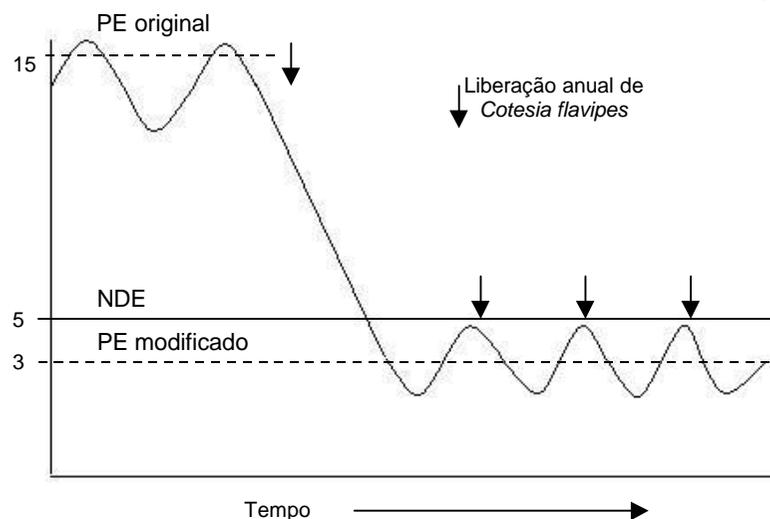


Fig. 8. Manutenção do ponto de equilíbrio (PE) abaixo do nível de dano econômico (NDE) da broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* via liberação permanente de *Cotesia flavipes* durante todo o ciclo de produção da cana-de-açúcar (adaptado de Gravena, 1992).

Um outro exemplo bem sucedido do uso dessa estratégia no Brasil é a aplicação do vírus da poliedrose nuclear *Baculovirus anticarsia* contra a lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*) (Fig. 7b). Nesse caso, vírus deve ser aplicado na lavoura da soja quando, na amostragem, forem encontradas de 20 a 30 lagartas pequenas (até 1,5 cm) por pano de batida (2 m de fileira de plantas) e menos do que 10 lagartas grandes (maiores que 1,5 cm), principalmente porque os vírus agem por ingestão. Dessa forma, os vírus são ingeridos junto com o alimento, e assim, menor será a quantidade de alimento ingerido, quanto mais próximas da pupação estiverem as lagartas.

Na Tabela 2 são listados alguns outros programas de controle biológico existente no Brasil envolvendo a criação massal no laboratório e, posterior liberação no campo.

multiplicação, armazenamento e comercialização, quando comparado com os predadores e parasitóides (Alves, 1998).

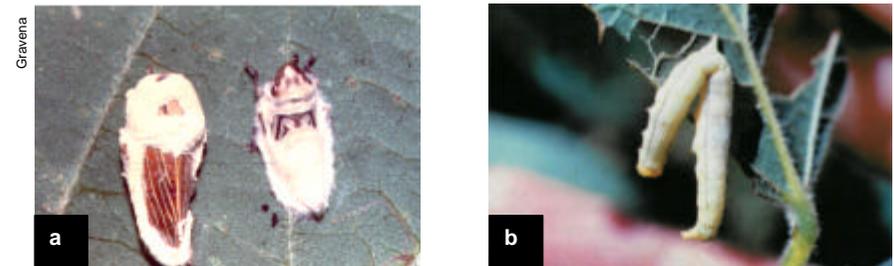


Fig. 7. Entomopatógenos: (a) *Beauveria bassiana* infectando cigarrinhas; e (b) lagarta da soja infectada pelo vírus da poliedrose nuclear (*Baculovirus anticarsia*).

Cerca de 80% das doenças que ocorrem nos insetos são causadas por fungos, e os gêneros mais comuns são: *Aschersonia*, *Aspergillus*, *Beauveria*, *Entomophthora*, *Erynia*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Nomurea* e *Penicillium*. No Brasil, *Metarhizium anisopliae* é utilizado no controle da cigarrinha da cana-de-açúcar (*Mahanarva fimbriolata* e *M. posticata*) e das pastagens (*Deois* spp. e *Zulia* spp.), *Beauveria bassiana* tem sido recomendado para controle da broca do café (*Hypothenemus hampei*), moleque da bananeira (*Cosmopolites sordidus*) e broca do pedúnculo floral do coqueiro (*Homalinotus coriaceus*). *Hirsutella thompsonii* é bastante específico para ácaros, tendo sido recomendado para controle do ácaro da ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*), apresentando-se seletivo para o ácaro predador, *Iphiseiodes quadripilis*.

Os vírus apresentam alta especificidade e alta virulência ao inseto hospedeiro, e as famílias de vírus que mais comumente causam doença em insetos são: Baculoviridae (a única exclusiva de invertebrados), Reoviridae, Poxviridae, Ascoviridae, Iridoviridae, Parvoviridae, Picornaviridae, Caliciviridae, Polydnviridae, Nodaviridae, Rhabdoviridae e Nudaurelia. No Brasil, a Embrapa Soja viabilizou, a partir de 1977, o uso em larga escala do vírus da poliedrose nuclear da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*), denominado de *Baculovirus anticarsia*.

Em relação às bactérias, as espécies mais promissoras que causam doença em insetos são as pertencentes à família Bacillaceae, especialmente os gêneros *Bacillus* e *Chlostridium*, as quais são caracterizadas como produtoras de esporos de resistência. No Brasil, *Bacillus thuringiensis* é amplamente comercializada para controle de lagartas em várias culturas.

Um exemplo bem sucedido de uso de nematóides é o caso de *Deladenus siricidicola* (Neotylenchidae), parasito da vespa da madeira (*Sirex noctilio*), que causam esterilização sexual das fêmeas e castração parasitária nos machos. Outra categoria de nematóides que tem ultimamente recebido atenção dos especialistas são os pertencentes aos gêneros *Steinernema* (Steinernematidae) e *Heterorhabditis* (Heterorhabditidae), que introduzem, no hemocele dos insetos parasitados, bactérias do gênero *Xenorhabdus*, com as quais mantêm relação de mutualismo, e causam septicemia e morte dos hospedeiros em 24 a 48 horas.

#### 4. Estratégias de controle biológico aplicado

O homem através dos tempos, descobriu como manipular ou manejar os processos ecológicos de regulação das populações nos agroecossistemas para manter as populações das espécies pragas abaixo do nível populacional em que causam danos econômicos, daí surgindo o **Controle Biológico Aplicado** como um método de controle de pragas nos sistemas produção agrícola. No século III, os chineses se valeram da predação de formigas (*Oecophylla smaragdina*) para o controle de pragas de citros. Todavia, somente no século XX é que o controle biológico passou a ser objeto de pesquisas constantes para sua implantação de forma mais presente e intensiva nos ecossistemas agrícolas.

Basicamente, existem três estratégias pelas quais os inimigos naturais podem ser manejados pelo homem para que causem redução no nível populacional de uma praga, objetivando mantê-la abaixo do nível de dano econômico. De qualquer forma, o controle biológico aplicado conta com a interferência do homem e funciona no sentido de incrementar as interações desarmônicas que ocorrem

Tabela 1 - Continuação

Classe	Pragas	Hospedeiros	Inimigos naturais
Lepidoptera	<i>Cydia pomonella</i> <sup>1</sup>	Maçã e outras rosácea	<i>Steinernema kraussei</i> (nematóide), <i>Trichogramma</i> spp. (parasitóide) e vírus da granulose.
	<i>Cydia</i> spp.	Frutas diversa	<i>Nosema carpocapsae</i> (protozoário), vírus da granulose e vírus da poliedrose nuclear.
	<i>Prays citri</i>	Citros	<i>Chelonus elaeaphilus</i> , <i>Bracon laetus</i> , <i>Ageniaspis fuscicollis</i> <i>parysincola</i> (parasitóides).
Hemiptera	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	Citros, algodão, videira, amoreira, hibisco, etc.	<i>Anagyrus kamali</i> , <i>Gyransoidea indica</i> (parasitóides), <i>Cryptolemus montrozuerei</i> e <i>Scymnus coccivora</i> (joaninhas predadoras).

<sup>1</sup> Pragas quarentenárias A2.

#### 4.2) Controle Biológico Aumentativo ou por Incrementação

Nessa estratégia, o inimigo natural é multiplicado massalmente no laboratório, portanto envolve a criação ou produção massal do inimigo natural com dieta artificial ou sobre hospedeiros (praga-alvo ou alternativos). Posteriormente, eles são liberados no campo no momento apropriado. Esse momento é decidido baseando-se na biologia da praga alvo, de modo a sincronizar as liberações quando a praga encontra-se em seu estágio mais susceptível, seja no desenvolvimento ou no tamanho da população.

No Brasil, a medida recomendada mais efetiva e viável para o controle da broca-da-cana de açúcar (*D. saccharalis*) é o controle biológico através da criação massal em laboratório e liberação no campo do parasitóide *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), quando a infestação da broca atinge 5% e é responsável por cerca de 70 a 80% do parasitismo das lagartas de *D. saccharalis* (Fig. 8).

Tabela 1. Inimigos naturais de pragas quarentenárias da fruticultura para o Brasil com potencial para o controle biológico clássico das mesmas.

Classe	Pragas	Hospedeiros	Inimigos naturais
Ácaros	Acarina <i>Tetranychus pacificus</i>	Frutas diversas	<i>Metaseiulus occidentalis</i> , <i>Galendromus accidentalis</i> e <i>Phytoseiulus persimilis</i> (ácaros predadores).
Insetos	Coleoptera <i>Anthonomus pomorum</i>	Maçã.	<i>Scambus annulatus</i> , <i>Triaspis pallidipes</i> (parasitóides).
	Diptera <i>Bactrocera carambolae</i> <sup>1</sup>	Frutas diversas	<i>Biosteres vandenboschi</i> e <i>B. arisanus</i> (parasitóides).
		Frutas e curcubitáceas	<i>B. vandenboschi</i> , <i>B. arisanus</i> , <i>Psytalia incisi</i> , <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (parasitóides), <i>Dipterophagus daci</i> (Strepsiptera), <i>Steinernema carposapsae</i> (nematóide), <i>Strongwellsea castrans</i> (fungo Zygomycetes, Entomophthorales).
	<i>Rhagoletis pomonella</i>	Frutas diversas	<i>Diachasma alloemum</i> , <i>Opius lectus</i> , <i>O. downesi</i> , <i>Biosteres mellus</i> , <i>Pteromalus</i> sp., <i>Psilus</i> sp., <i>Phygadeuon wiesmanni</i> , <i>Dirhinus giffardii</i> , <i>Trybliographa daci</i> (parasitóides) e <i>Entomophthora muscae</i> (fungo Zygomycetes, Entomophthorales).
	<i>Anastrepha suspensa</i>	Frutas diversas	<i>Diachasmimorpha longicaudata</i> , <i>Trybliographa daci</i> (parasitóides), <i>Steinernema feltiae</i> , <i>Heterorhabditis heliothidis</i> e <i>H. bacterophora</i> (nematóides), <i>Macrocheles</i> sp. (ácaro predador).
<i>Anastrepha ludens</i>	Frutas diversas	<i>Diachasmimorpha longicaudata</i> , <i>Doryctobracon crawfordii</i> e <i>Opius</i> sp. (parasitóides).	

entre os seres vivos na natureza, e no caso específico dos agroecossistemas, entre as pragas e seus inimigos naturais. Essa interferência pode, então, ser dada das seguintes formas (Huffaker & Messenger, 1976):

#### 4.1) Controle Biológico Clássico

Envolve a importação de agentes de controle biológico da região de origem da praga, seja de um país para outro, ou de uma região para outra, de modo a estabelecê-los permanentemente como novos elementos da fauna local.

O primeiro caso de sucesso de controle biológico clássico foi a importação da joaninha *Rodolia cardinalis* pelos EUA da Austrália, em 1888, para o controle da cochonilha dos citros *Icerya purchasi* na Califórnia. Tal foi o sucesso que em menos de dois anos após a liberação de apenas 140 adultos dessa joaninha, o controle dessa praga já havia sido alcançado (Flint & van den Bosch, 1981; Van den Bosch et al., 1982).

No Brasil, o primeiro projeto de controle biológico clássico foi a introdução do microhimenóptero *Prospaltella berlesi* para o controle da cochonilha branca da amoreira *Pseudoaulacaspis pentagona*, em 1921.

Todavia, essa estratégia ou modalidade de controle biológico envolve riscos, uma vez que se está introduzindo uma espécie exótica que poderá competir com a fauna nativa, podendo resultar em deslocamento de determinadas espécies nativas para outros habitats ou mesmo sua extinção (Kakehashi et al., 1984; Howarth, 1991; Bennett, 1993; Samways, 1997).

Dessa forma, para que essa estratégia tenha sucesso alguns procedimentos básicos para a introdução de espécies exóticas precisam ser obedecidos para minimizar os riscos, tais como:

**1) Determinação da origem da praga: nativa ou exótica.** Alguns indicadores podem ser usados, tais como: a) aspectos taxonômicos (quando exótica, em geral, é a única espécie do gênero que ocorre na área, por exemplo, *Ceratitidis capitata* para o Brasil); b) afinidades

com a(s) planta(s) hospedeira(s), c) publicações técnicas; d) material em coleções entomológicas (museu); e) opinião de especialistas, e f) comportamento (e.g., surtos populacionais). Se a praga é exótica, determinar o habitat de origem, recorrendo a publicações técnicas, contactar especialistas estrangeiros para confirmação dos dados e saber das exigências legais para expedições científicas (permissão, retirada do material coletado, exigência quanto à obrigatoriedade de acompanhamento de autoridades locais, documentações, etc.). Se nativa, são procurados e estudados inimigos naturais de espécies relacionadas para serem introduzidos como novos agentes reguladores da população da praga alvo. Esses agentes podem também eventualmente ser procurados entre espécies não próximas ecológicas ou taxonomicamente.

**2) Expedição.** Envolve a coleta de exemplares do(s) inimigo(s) natural(is), remessa (embalagem hermética – fases ideais: ovo e pupa), contato com as autoridades dos serviços quarentenários para informar a remessa (número do voo, horário e data de saída e chegada; companhia aérea, número de volumes, etc.).

**3) Quarentena.** A transferência de inimigos naturais de uma região para outra envolve riscos ecológicos, e, portanto, deve ser feita por pessoas especializadas. É nesse aspecto que os laboratórios de quarentena desempenham um papel preponderante (Ertle, 1993).

No Brasil, o Laboratório de Quarentena “Costa Lima” é o único credenciado pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MA) para introduzir inimigos naturais para o controle de pragas e plantas invasoras. Este laboratório quarentenário iniciou suas atividades em 1991 e está localizado no Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (Embrapa Meio Ambiente), em Jaguariúna, SP. Atualmente, desempenha funções relativas à introdução de agentes de controle biológico, fazendo trabalho de quarentena e mantendo informações sobre as espécies de organismos úteis introduzidas no Brasil. As avaliações dos agentes de controle biológico introduzidos estão estabelecidas no Protocolo de Avaliação de Risco de Introdução de Agentes de

Controle Biológico do Laboratório de Quarentena “Costa Lima” (EMBRAPA, 1995). Essas avaliações relacionam-se à pureza do material recebido, comprovação da especificidade hospedeira e verificação de seu possível impacto sobre organismos não-alvos. São também funções do laboratório, acompanhar as liberações e estabelecimento no campo de inimigos naturais introduzidos, por um período de dois anos. No período de 1991 a 1999, o Laboratório de Quarentena “Costa Lima” realizou um total de 80 introduções de inimigos naturais de insetos e outros organismos, além de ter exportado 18 espécies de organismos para controle biológico de pragas em outros países (Tambasco et al., 1997).

O Laboratório de Quarentena “Costa Lima” vem levantando informações sobre inimigos naturais de pragas quarentenárias constantes da Portaria no. 181, de 05 de outubro de 1998, da Secretaria de Defesa Agropecuária do MA, bem como seu potencial para uso no controle biológico dessas pragas. Alguns exemplos estão listados na Tabela 1 e extraídos de Sá et al. (2000).

**4) Insetário.** Laboratório onde se realizam as criações dos inimigos naturais introduzidos para estudos e avaliações a serem conduzidos na quarentena, bem como para as liberações no campo.