
INTERAÇÃO TRITRÓFICA: ASPECTOS GERAIS E SUAS IMPLICAÇÕES NO MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

SILVA, Anderson Gonçalves da¹
SOUZA, Bruno Henrique Sardinha de¹
RODRIGUES, Nara Elisa Lobato¹
BOTTEGA, Daline Benites¹
BOIÇA JUNIOR, Arlindo Leal¹

Recebido em: 2011-06-29

Aprovado em: 2012-03-27

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.618

RESUMO: O estudo sobre cadeias tróficas constitui-se em um trabalho complexo. Em pesquisas entomológicas o que se observa são os estudos de três pontos dessa teia, geralmente estudos com planta (produtor primário), inseto filófago (consumidor primário) e a influência dessa interação no predador ou parasitóide (consumidor secundário). Ou seja, estudo de populações em situações experimentais fragmentadas e simplificadas, nas quais diversas interações podem não estarem presentes. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo sobre interações tritróficas, abordando seus aspectos gerais e suas implicações no manejo integrado de pragas (MIP), com ênfase na relação planta x herbívoro x inimigo natural.

Palavras-chave: Teias alimentares. Interações multitróficas. Entomologia.

TRITROPHIC INTERACTION: GENERAL ASPECTS AND ITS IMPLICATION ON INTEGRATED PEST MANAGEMENT

SUMMARY: Tritrophic chains study is a complex work. In entomological researches, the study of three spots of this net is observed, generally with the plant (primary producer), phytophagous insect (primary consumer) and the interaction influence on the predator or parasitoid (secondary consumer). In other words, population studies in fragmented and simplified experimental situations which various interactions may be or not be present. Thus, the aim of this work was to review about tritrophic interactions with general aspects and its implications on integrated pest management (IPM) approached, emphasizing the relationship plant-herbivore-natural enemy.

Keywords: Food webs. Multitrophic interactions. Entomology.

INTRODUÇÃO

De acordo Putman (1994), embora se possam estudar separadamente cada componente de um sistema, na realidade eles se acham todos interligados, formando a grande cadeia da existência do universo. Num contexto ecológico, é fato que um organismo ou população de uma espécie não ocorre isoladamente. Os indivíduos, na verdade, fazem parte de um sistema complexo e interdependente com outros organismos, de tal maneira que a dinâmica de todos é afetada mutuamente.

Segundo Harrison (1968) citado por Silveira Neto et al. (1976) um exemplo evidente desta cadeia ecológica, foi observado na ilha de Bornéu há vários anos, quando a Organização Mundial de Saúde (OMS), lançou um programa de controle de moscas e pernilongos com DDT em toda a ilha. Após aplicações maciças desses inseticidas, em todos os lugares, conseguiu-se reduzir drasticamente a população desses insetos. Entretanto, pouco depois, os telhados das casas nativas começaram a ruir e ocorreu uma enorme infestação de ratos, a ponto de ameaçar a vida humana na ilha, pela destruição de alimentos e transmissão de pestes. Este fato vem mostrar justamente esta cadeia que existe no universo de uns organismos alimentarem-se de outros e depois servirem de alimentos para outros tantos.

¹ Unesp/Jaboticabal- Departamento de Fitossanidade

Assim, o madeiramento das casas foi destruído por um ataque maciço de lagartas, que pelo seu habito particular não foram intoxicados pelo DDT. Todavia, uma vespa predadora que mantinha essas lagartas em equilíbrio, foi exterminada pelo inseticida e assim ocorreu esse desequilíbrio.

No caso dos ratos ocorreu fato semelhante, porque as moscas domésticas que foram pulverizadas serviam de alimento para as lagartixas, e estas por sua vez de alimento para os ratos. Por tanto, os gatos se alimentando de lagartixas já com certo teor de DDT no corpo, devido à ingestão de moscas contaminadas, acabaram intoxicando-se e morrendo em larga escala. Com isso os ratos tiveram livre acesso, e sua população aumentou consideravelmente. A situação tornou-se de tal modo alarmante, que se lançou mão do recurso de importar gatos e atira-los de pára-quadras na ilha, para restabelecer o equilíbrio biológico.

O ocorrido acima mostra que os organismos encontram-se interligados, formado uma espécie de teias ecológicas onde a simples interferência em um elo dessa cadeia (no exemplo o controle da mosca com DDT), ocasionou serio desequilíbrio ao restante dos organismos não alvos.

No entanto, estudar essas cadeias tróficas, constitui-se em um trabalho complexo. Em pesquisas entomológicas o que se observa é o estudo de três pontos dessa teia, geralmente estudos com planta (produtor primário), inseto filófago (consumidor primário) e a influência dessa interação no predador ou parasitóide (consumidor secundário). Ou seja, estudo de populações em situações experimentais fragmentadas e simplificadas, nas quais diversas interações podem não estarem presentes.

Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo sobre interações tritróficas, abordando seus aspectos gerais e suas implicações no manejo integrado de pragas (MIP), com ênfase na relação planta x herbívoro x inimigo natural.

Interação inseto-planta

De acordo com Zarbin et al.(2009), os insetos exercem suas relações ecológicas com o ambiente e com os outros organismos de várias maneiras, sendo uma das mais importantes a comunicação por meio de compostos químicos. Estes compostos no indivíduo receptor da mensagem química agem como gatilhos fisiológicos de reações comportamentais específicas. Em uma nomenclatura mais generalista estas substâncias são denominadas de semioquímicos (importantíssima para as interações tritróficas). É através da detecção e emissão destes compostos que os insetos encontram parceiros para o acasalamento, alimento ou presa, escolhem local de oviposição, se defendem contra predadores e organizam suas comunidades, no caso dos insetos sociais.

Esses semioquímicos, em especial nas plantas, apresentam-se como substâncias do metabolismo secundário que, na maioria das vezes, relacionam-se a defesa (PRICE, 1984), podendo estar envolvidas na interação entre as plantas e o segundo ou terceiro níveis tróficos, atuando como alomônios, cairomônios ou sinomônios, dependendo do contexto ecológico.

Essas substâncias apresentam-se em quantidades variáveis, de acordo com os diferentes estágios de vida das plantas, podendo variar, ainda, segundo a localização, grau, tempo e tipo da injúria (TURLINGS et al., 1990). As defesas da planta podem ainda, ser de forma direta, afetando o herbívoro, ou indireta, onde os voláteis emitidos pela planta vão atrair seus inimigos naturais (DICKE, 1994). A espécie vegetal *Nicotiana attenuata* responde a alimentação de *Manduca sexta* (Linn.) (Lep.: Sphingidae) com a produção de terpenóides voláteis que podem atrair vespas parasitas que atacam as lagartas (KAHL et al., 2000), contribuindo dessa forma para o controle biológico.

Por sua vez, os insetos também desenvolveram estratégias de defesa que permitem aos mesmos metabolizar e utilizar as substâncias tóxicas para se proteger (OPITZ; MULLER, 2009), podendo implantar essas substâncias vegetais para o seu feromônio e defesa (NISHIDA, 2002). Isso é possível graças às enzimas que constituem sua defesa contra tóxicos químicos. Uma das estratégias para superar

este problema é a desintoxicação de substâncias químicas de defesa por oxidação, redução, hidrólise ou conjugação de moléculas (SCOTT; WEN, 2001).

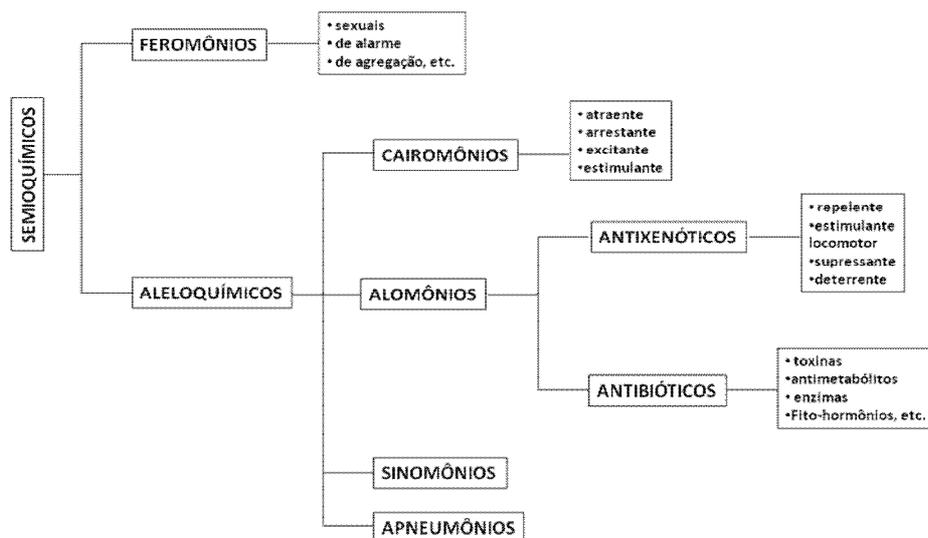
Dessa forma, ocorre uma corrida bioquímica co-evolutiva, onde uma planta desenvolve substâncias tóxicas para se defender de insetos fitófagos, e alguns desses conseguem superar essas defesas, tornando-se assim especialistas capazes de desintoxicar ou sequestrar as toxinas vegetais (GULLAN; CRANSTON, 2007). A capacidade dos insetos assimilarem essas substâncias representa uma vantagem, uma vez que este alimento será utilizado por poucos herbívoros, diminuindo a competição, além disso, estas substâncias podem ser utilizadas pelos insetos para proteção contra agentes patogênicos e ou até mesmo predadores (MELLO; SILVA-FILHO, 2002). Como exemplo, podemos citar as borboletas das subfamílias Ithomiinae e Danainae (Nymphalidae) que obtêm alcalóides pirrolizidínicos de plantas hospedeiras para defesa e biossíntese de feromônios sexuais (TRIGO, 2011). Sendo assim, temos uma co-evolução onde as plantas possuem substâncias para sua defesa e alguns insetos fitófagos conseguem superar essa barreira, utilizando-as para seu próprio benefício.

Lara (1991) sugere a classificação contida na Tabela 1, para se correlacionar as relações entre estímulos da planta e o comportamento do inseto.

Tabela 1: Estímulos da planta que atuam no comportamento do inseto (LARA, 1991).

Estímulo	Efeito no comportamento
<u>Cairomônio</u>	
Atraente	Orienta em direção à planta
Arrestante	Pára ou torna vagaroso o movimento
Excitante	Induz à picada inicial, mordida, penetração ou oviposição
Estimulante de alimentação	Promove a continuidade da alimentação
<u>Alomônio</u>	
Repelente	Orienta em direção oposta à planta
Estimulante locomotor	Inicia ou acelera seu movimento
Supressante	Inibe a picada, mordida ou penetração inicial
Deterrente	Impede a manutenção da alimentação ou oviposição

A seguir a Figura 1 trás alguns conceitos referentes a estímulos de origem química. Para a existência desses estímulos, concorrem substâncias ou compostos químicos que promovem a interação entre organismos e são denominadas semioquímicos. Os semioquímicos são subdivididos em dois grandes grupos: os aleloquímicos que são interespecíficos e os feromônios, intra-específicos. Em termos de inter-relação inseto-planta a importância recai sobre o grupo dos aleloquímicos, pois são substâncias ou compostos que traduzem um significado comportamental, biológico ou de bem-estar ecológico a organismos originariamente de espécies diferentes.

Figura 1: Estímulos químicos envolvidos na interação inseto-planta.

De acordo com Lara (1991), os aleloquímicos subdividem-se em cairomônios, alomônios, sinomônios e apneumônios. Para que se compreenda a forma de atuação de cada um desses aleloquímicos, pode-se dizer que se denomina cairomônio o químico que produzido ou adquirido por um organismo, que no contexto natural, entrando em contato com um indivíduo de outra espécie desperta neste uma reação comportamental ou fisiológica favorável ao receptor, mas não ao emissor, enquanto alomônio significa o inverso, ou seja, é desfavorável ao receptor, mas não ao emissor.

Já sinomônio vem a ser o químico produzido ou adquirido por um organismo que, quando no mesmo contexto natural, entrando em contato com um indivíduo de outra espécie, provoca uma reação comportamental ou fisiológica favorável a ambos, ou seja, emissor e receptor. Quanto ao apneumônio, pode-se dizer que é o químico emitido por matéria morta que desperta uma reação comportamental ou fisiológica favorável ao organismo receptor, mas em detrimento de um organismo ou outra espécie, que possa ser encontrada dentro ou sobre aquele material emissor. Exemplo interessante dessa relação inseto-planta, bem como, a sua influência no inimigo natural pode ser observado em trabalho de Cavalcanti et al. (2000) avaliando a Interação Tritrófica entre *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hem.: Pentatomidae), *Eucalyptus* e Lagartas de *Thyrinteina arnobia* (Stoll) (Lep.: Geometridae). Os autores concluíram que quando as plantas tiveram suas folhas injuriadas mecanicamente ou por lagartas de *T. arnobia*, permanecendo ou não as lagartas nas plantas, ocorreram significativamente mais visitas de *P. nigrispinus* às plantas que apresentavam as lagartas causando injúrias durante o presente estudo. Possivelmente, as injúrias provocaram a ativação da defesa química das plantas, com consequente liberação de sinomônios, provavelmente atraentes aos predadores e cairomônios liberados pelos corpos das larvas (TURLINGS et al., 1991).

É interessante observar que a simples injúria mecânica das folhas provoca o rompimento de células com possível liberação de voláteis, os quais não são necessariamente indicadores específicos da presença de herbívoros (VINSON, 1993). As substâncias indicadoras específicas somente são liberadas após a injúria provocada pelo herbívoro. Fato também observado em estudos de Vet; Dicke (1992) e Finidori-Logli (1996).

De acordo com Camargo et al. (2000), o predador *P. nigrispinus* também não visitou expressivamente mudas injuriadas por *T. arnobia* sem a presença das mesmas. Quando as lagartas foram retiradas das plantas, após as injúrias e antes da liberação dos percevejos predadores, não ocorreu

atratividade, possivelmente porque as plantas não continuam a liberar as substâncias que atraem esses inimigos naturais ou porque as lagartas liberam cairomônios, que promovem a atratividade, sinalizando a presença da presa.

A utilização de defesa química pelas plantas tem um custo energético e não havendo mais a presença do herbívoro, não se justifica continuarem liberando voláteis para a atração dos predadores, ou seja, gastando energia com a produção, transporte, estocagem, prevenção de auto-intoxicação e liberação dessas substâncias, que necessitam ser renovadas mais rapidamente do que os compostos não voláteis (DICKE; SABELIS, 1989).

Resultados semelhantes foram encontrados por Vinson (1993), trabalhando com o parasitóide icneumonídeo *Campoletis sonorensis* (Cameron), inimigo natural de *Heliothis virescens* Fabr. (Lep.: Noctuidae), e folhas de algodão, em túnel de vento. A resposta do parasitóide foi maior para “folhas injuriadas + herbívoro” e “folhas injuriadas pelo herbívoro”, do que para plantas não-injuriadas ou injuriadas mecanicamente. Nesse caso, porém, não se detectou diferença entre os dois primeiros tratamentos.

Interação inseto-inseto

Todos os organismos ou conjunto de organismos (populações) que compartilham de um mesmo local, no tempo e no espaço, estão sujeitos a interagirem entre si. Esta interação pode ocorrer caso eles tenham recursos (comida, bebida, etc) ou condições (clima, inimigos naturais, etc) em comum ou quando um é o recurso ou condição do outro. Se existe interação, esta pode ser determinada em função do benefício (positivo ou negativo) que cada indivíduo tira desta interação.

Sabe-se que o conhecimento das relações entre insetos sejam elas interespecíficas ou intra-específicas em sistemas naturais ou em agroecossistemas, é fundamental para que seja realizado o manejo adequado das espécies. Quando se trata de agroecossistemas, às relações mais estudadas são aquelas que envolvem a praga-alvo e seus inimigos naturais (ZANUNCIO et al., 1996; ECOLE et al., 2002; VIVAN et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004; MARTINS et al., 2011; DE BORTOLI; MURATA, 2011). Tradicionalmente, pesquisadores trabalhando de forma isolada, elucidando apenas a associação entre dois insetos-praga ou entre a presa e um único predador e/ou parasitóide (ROSENHEIM et al., 1995). Não considerando assim as relações tritróficas envolvidas, isso se deve a complexidade envolvida nestas relações. Além disso, deve-se levar em conta que, em condições de campo, há um número muito maior de variáveis que não são consideradas em tais estudos.

Se os estudos envolvendo planta-praga e seus inimigos naturais ainda são escassos, os efeitos de estudos na introdução de mais de uma espécie de inimigo natural para controlar uma ou mais pragas é ainda maior. E está é uma tática que podemos utilizar principalmente em cultivos protegidos, tornando estas interações (relações entre as plantas, as pragas e seus inimigos naturais) mais complicadas.

Em trabalho realizado por Vezon et al. (2001) podemos evidenciar a complexidade da interação entre espécies de insetos, onde é apresentada parte de uma teia artificial em plantas de pepino em casas de vegetação. A teia alimentar é formada pela planta, duas pragas, o trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) e o ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e os inimigos naturais do trips são o ácaro predador *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) e o predador generalista *Orius laevigatus* (Fieber) (Hem.: Anthocoridae). Os ácaros predadores *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) Athias-Henriot e *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) (McGregor) são usados para controlar o ácaro-rajado. Os resultados dos estudos comportamentais mostraram que algumas destas espécies são atraídas para a mesma planta e não evitam plantas ocupados por outras espécies. Porém pode haver interações complexas como: predação intraguilida

de *O. laevigatus* sobre *P. persimilis*, pois competições e interferências são mais prováveis de ocorrer entre predadores que são atraídos para as plantas que possuem as mesmas espécies de herbívoros. No entanto, a ocorrência e a intensidade das interações entre os insetos que são atraídos para as plantas com mesma presa podem ser reduzidas porque os predadores evitam plantas ocupadas com outros predadores. Da mesma forma as pragas que podem evitar plantas com predadores ou ocupada por outro herbívoro.

Estes resultados levantam um ponto importante sobre interação entre os insetos e o seu papel na dinâmica da cadeia alimentar, pois efeitos indesejáveis no controle de pragas podem resultar da interferência de um inimigo natural no comportamento de outro, da predação intraguilda ou da modificação do comportamento de uma das pragas devido à presença de outro inseto.

Interação tritrófica: planta x herbívoro x inimigo

Diversos estudos têm examinado as possibilidades de integração entre diferentes táticas de controle de pragas, como por exemplo, as interações tróficas entre plantas, pragas e seus inimigos naturais (KAROWE; SCHOONHOVEN, 1992). Dentre os estudos que abordam as relações tritróficas, a utilização da resistência de plantas a insetos merece destaque, pois essa prática de controle é reconhecidamente comprovada como eficiente no controle de diversas pragas (LIN et al., 1983, 1984; EIGENBRODE et al., 1990; ULMER et al., 2002) e paralelamente, a alternativa de se utilizar insetos entomófagos, especificamente os parasitóides, torna-se mais real a cada dia, frente ao crescente número de laboratórios de produção que tem surgido e a utilização desses insetos, em várias regiões brasileiras (PARRA; ZUCCHI, 2004).

Vários estudos com plantas resistentes e sua influência sobre inimigos naturais (resistência extrínseca) vem sendo realizados, assim como o estudo do comportamento do inimigo natural na localização da presa devido aos voláteis emitidos quer seja pelas plantas, excrementos ou pelo herbívoro (PFANNESTIEL et al., 1995; BOIÇA JÚNIOR et al., 2002; LIMA et al., 2010). Loges (1996), estudando os danos causados pela traça das crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lep.: Plutellidae), em cultivares de repolho *Brassica oleracea* var. *capitata* e o efeito sobre populações da praga e do parasitóide *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hym.: Eulophidae), em condições de campo, concluiu que não houve diferenças no parasitismo entre as cultivares Naniwa, Midore, Soshin, Kyozan, Matsukase e Louco de Verão, o qual aumentou com o desenvolvimento da cultura, bem como na razão sexual e número de parasitóides emergidos por pupa e que as cultivares não influenciam na porcentagem de pupas parasitadas em que não houve emergência de *O. sokolowskii*, predominando no seu interior a forma larval do parasitóide.

Barros; Vendramim (1999) avaliando a influência de cultivares de repolho, utilizadas na alimentação de *P. xylostella*, no desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Hym.: Trichogrammatidae) observaram diferença na duração do período de ovo-adulto do parasitóide, considerando a cultivar Ruby Ball "desfavorável" para este parâmetro biológico.

Dentre os estímulos que atuam para que o ocorra às interações tritróficas, como já visto anteriormente, os sinomônios exercem importante papel para tal. Em estudo de Collier et al., (2000), avaliando a localização de presas à curta distância por *N. californicus*: o papel dos aleloquímicos dos ácaros fitófagos *Panonychus ulmi* (Koch) e *T. urticae* e da planta hospedeira, *Malus domestica* (Borkham). Os autores concluíram que as duas espécies de ácaros fitófagos (*P. ulmi* e *T. urticae*) e o ácaro predador (*N. californicus*) constituem nas folhas de macieira (*M. domestica*) uma comunidade dentro do habitat mais amplo que é a planta hospedeira. Uma vez nesta comunidade, possibilitando inferir que o predador utiliza como estímulos sinalizadores de presença de presas os cairomônios produzidos pelas colônias dos ácaros fitófagos (emanados de seus ovos, fezes, exúvias e teias), os cairomônios liberados

pelo próprio ácaro e os sinomônios das folhas atacadas, em conjunto ou, no caso de *T. urticae*, também isoladamente.

Por outro lado, segundo os autores, a aparente menor atratividade de *P. ulmi* pode ser devida à evolução de estratégias de escape de inimigos naturais nesta espécie, através da diminuição na liberação de odores do próprio corpo e da planta atacada. E que, na ausência de sinais olfativos indicadores da presença da presa no microhabitat das folhas de macieira, o ácaro predador apresenta respostas anemotáticas que determinam sua partida em busca de um local mais favorável para encontrar alimento.

Interações tritróficas e o manejo integrado de pragas (MIP)

O uso harmonioso de táticas e estratégias para o controle de insetos pragas é bastante estudado e se constitui na essência do manejo integrado de pragas (MIP). No entanto, essa utilização deve ser criteriosa, pois nem sempre um sinergismo é obtido, e um método mal utilizado pode interferir prejudicando o outro.

No entanto, de acordo com Thuler et al. (2008), apesar do conhecimento de várias técnicas de controle de pragas, pouco se sabe sobre a interação entre a resistência da planta, inseticida, inseto-praga, e inseto entomófago; e o impacto de um método de controle sobre outro, dificultando consideravelmente a possibilidade de implantação do manejo integrado de pragas (MIP) em diversas culturas.

Neste sentido, diversos trabalhos relatam a associação de métodos de controle no combate de pragas e sua influência no desempenho de insetos entomofagos. No entanto, nem sempre esses métodos apresentam sinergismo, acarretando diminuição em estratégias de controle até então de sucesso comprovado, quando utilizado isoladamente.

Estudos de Thuler et al. (2008) avaliando a interação tritrófica no complexo brássicas, *P. xylostella* e os parasitóides de ovos, *T. pretiosum* e *Trichogramma exiguum* (Pinto & Platner) (Hym.: Trichogrammatidae), aliada ao efeito de inseticidas químicos e produtos vegetais. Observaram que as interações extrato de nim vs. Chato de quintal e extrato de nim vs. Híbrido roxo foram aquelas onde o parasitismo foi o mais influenciado com redução no número de ovos parasitados e na porcentagem de emergência do parasitóide.

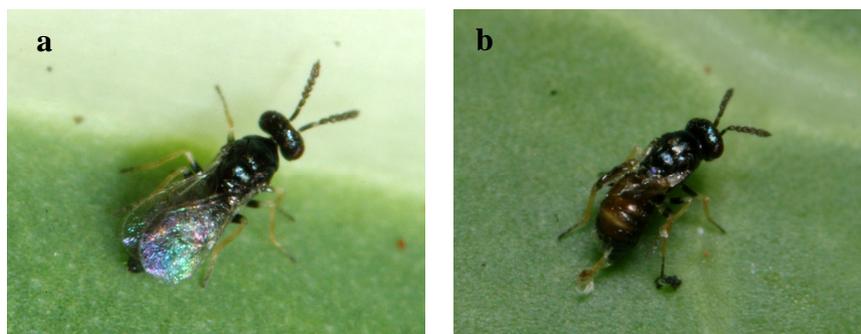
Além disso, as avaliações para o efeito da interação cultivares x inseticidas x praga, sobre o terceiro nível trófico (*Trichogramma*), observou-se que os híbridos HS20, Midori e Híbrido roxo foram os que mais afetaram o número de ovos parasitados, sendo o menor valor encontrado para o Híbrido Roxo, apesar desse não diferir significativamente dos demais híbridos. Esse resultado demonstra, segundo o autor, que, em função da cultivar utilizada, pode haver incompatibilidade na interação resistência e parasitismo.

O mesmo trabalho também mostrou que a interação entre as cultivares e os produtos químicos e vegetais utilizados, também influenciou negativamente o parasitismo por *T. exiguum*, sendo observado que, assim como para *P. xylostella* (2º nível trófico), o tratamento que mais afetou o parasitóide (3º nível) foi o extrato pirolinhoso/Roxo Precoce, obtendo-se o menor número de ovos parasitados.

Para os demais tratamentos, as interações deltametrina/Chato de Quintal, deltametrina/Híbrido Roxo, extrato pirolinhoso/Híbrido Roxo, extrato pirolinhoso/Chato de Quintal, extrato de nim/Chato de Quintal e extrato de nim/Híbrido Roxo, foram aqueles onde o parasitismo foi o mais influenciado. Como conclusão o autor comenta que a associação de resistência de plantas, controle de pragas com produtos químicos ou vegetais e controle biológico, num programa de manejo integrado em brássicas, necessita ser avaliada com profundidade, para se minimizar o efeito sobre parasitóide de ovos do gênero *Trichogramma*.

Em estudos semelhantes, Torres (2004) avaliando cultivares de repolho e extratos aquosos de espécies vegetais na alimentação de *P. xylostella* e seus efeitos no desenvolvimento do parasitóide *O. sokolowskii*, observaram que de modo geral as cultivares de repolho Ruby Ball, Matsukase Sakata e sessenta dias não afetam o desenvolvimento do parasitóide *O. sokolowskii*; o extrato de *M. azedarach* reduziu o índice de parasitismo e o número de parasitóides por pupa de *P. xylostella*; e, os extratos de *M. azedarach* e de *A. indica* reduziram o tamanho e causam deformidades, em torno de 10%, em adultos de *O. sokolowskii* a partir da segunda geração (Figura 2).

Figura 2: Adultos de *Oomyzus sokolowskii*: **a** - normal, emergido de pupa de *P. xylostella* proveniente de lagarta alimentada com folha de repolho sem extrato; **b** - deformado principalmente nas asas com restos da fase anterior grudados nas pernas e abdômen curvado para baixo, emergido de pupa proveniente de lagarta alimentada com folha de repolho com extrato aquoso de *Azadirachta indica*.



Fonte: Torres (2004).

No entanto, os autores deixam claro que no trabalho os adultos de *O. sokolowskii* foram forçados a parasitar lagartas alimentadas com folhas de repolho tratadas com os extratos vegetais, não tendo, portanto, a opção de escolha por lagartas sadias. E que, em condições de campo, esta possibilidade de escolha poderia atenuar os efeitos negativos destes extratos sobre os parasitóides.

Efeitos adversos no número e deformidade do parasitóide também foram encontrados em estudos de Rembold et al. (1984), que comentam que apesar de azadiractina ser rapidamente excretada, o pouco que permanece no corpo do inseto (*P. xylostella*) afeta principalmente o sistema hormonal, que constitui um fator crítico para o desenvolvimento do inseto. Por outro lado, Akol et al. (2002), testando em laboratório formulações de Neemroc EC[®] (15 ml/l - 0,03% de azadiractina) e Neemros[®] (25 g/l - 0,5% de azadiractina), sobre *Diadegma mollipla* (Holmgren) (Hym.: Ichneumonidae) (parasitóide larval de *P. xylostella*), com outras formas de aplicação, não observaram efeitos sobre a procura, comportamento de busca, antenação, oviposição e longevidade.

Inimigo natural bastante estudado no que tange as relações tritróficas, o percevejo predador *P. nigrispinus* foi alvo de estudos realizado por Cavalcanti et al. (2000) avaliando a interação tritrófica entre o pentatomídeo, *Eucalyptus* e Lagartas de *T. arnobia*. Os resultados sugerem que nos programas de controle de lagartas desfolhadoras de eucalipto, em andamento em empresas de reflorestamento no Brasil utilizando liberações de *P. nigrispinus*, os resultados deverão ser mais promissores nos plantios com *Eucalyptus pellita*, devido à provável maior retenção dos referidos predadores na área. No entanto, o autor reforça que faltam estudos mais aprofundados sobre o efeito destes caimônios para que se possa manipular o comportamento destes predadores em plantios de eucalipto.

Com o exposto pode-se observar que essas interações podem, eventualmente, afetar negativamente ou até impedir o sucesso de táticas de controle de pragas. O que fica bem evidente para o controle biológico aplicado. Assim, em programas que envolvem a criação e liberação de inimigos

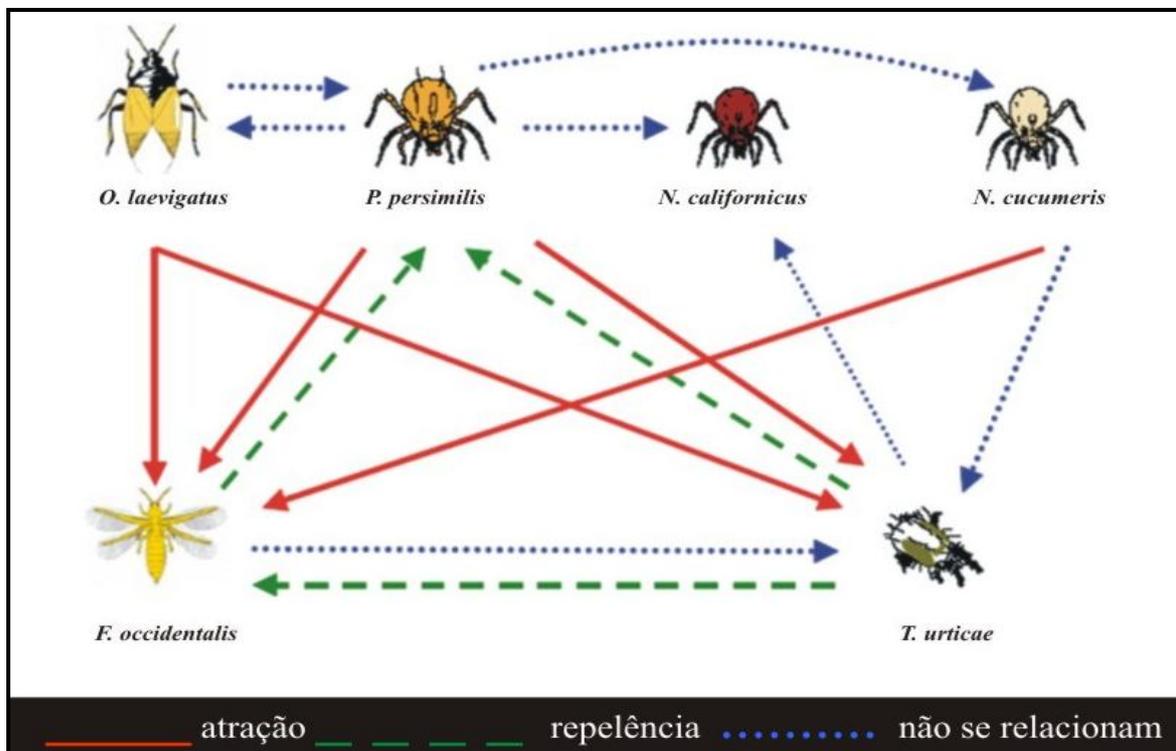
naturais, devem-se considerar essas interações para garantir o sucesso do programa e uma implementação segura do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Interações multitróficas

De acordo com Putman (1994), em um contexto ecológico, é fato que um organismo ou população de uma espécie não ocorre isoladamente. Os indivíduos, na verdade, fazem parte de um sistema complexo e interdependente com outros organismos, de tal maneira que a dinâmica de todos é afetada mutuamente.

Como exemplo cita-se um cultivo de pepino em casa de vegetação na Europa em que pode haver a concorrência de duas pragas: ácaro-rajado *T. urticae* e tripes *F. occidentalis*, como comentado anteriormente. Toda vez que os produtores detectam a presença do ácaro rajado, o controle biológico é realizado através do ácaro predador *P. persimilis* e/ou *N. californicus*, Figura 3.

Figura 3: Respostas de predadores (linha superior de artrópodos) para plantas de pepino infestadas com herbívoros (linha inferior) ou a combinação de herbívoros e predadores.



Fonte: Vezon et al. (2001).

Essa estratégia é eficaz para reduzir a população do ácaro rajado. Quando a infestação é de tripes, então os produtores realizam a liberação do percevejo predador *O. insidiosus* e/ou ácaro predador *N. cucumeris*, que também são eficazes agentes de controle biológico. Todavia, quando as duas ocorriam simultaneamente, a liberação conjunta daqueles inimigos naturais não resultava na eficácia de controle observada quando a liberação se dava isoladamente. De acordo com Venzon et al. (2001), diversas interações existem entre os predadores e fitófagos. Essas interações não eram existentes em cadeias simples: planta x fitófago x predador. Entretanto, em sistemas complexos, essas interações aparecem e passaram a influenciar no desempenho de todos os indivíduos.

Algumas das interações observadas no sistema de casa de vegetação foram as seguintes: predação de ovos do predador pelo ácaro fitófago; proteção de tripes na teia elaborada pelo ácaro fitófago;

competição entre os predadores. Diante disto, percebe-se que a linearização dos sistemas em cadeia trófica (produtor primário: consumidor primário: consumidor secundário) não é consistente em sistemas complexos, que são mais comuns do que os sistemas simples. Um mesmo organismo pode ocupar posições tróficas distintas (fitófago e predador). Assim, num contexto mais amplo, teia alimentar é o conceito mais adequado para designar os níveis de interações existentes num sistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou que um organismo ou a população de uma espécie não ocorre isoladamente. Os indivíduos na verdade fazem parte de um sistema complexo e interdependente com outros organismos (teia ecológica), de tal maneira que a dinâmica de todos é afetada mutuamente.

Percebe-se dessa forma que o estudo das relações existentes em uma comunidade deveria estar entre as primeiras etapas de programas de controle de pragas. A compreensão das interações tritóficas (planta, herbívoros e inimigos naturais) permite o favorecimento de parasitóides e predadores em estratégias de manejo integrado de pragas e deve ser utilizado como ferramenta para o aprimoramento dos programas de MIP.

REFERÊNCIAS

- AKOL, A. M. et al. Relative safety of sprays of two neem insecticides to *Diadegma mollipla* (Holmgren), a parasitoid of the diamondback moth: effects on adult longevity and foraging behaviour. **Crop Prot.**, v.21, p.853-859, 2002.
- BARROS, R.; J. D. VENDRAMIM. Efeito de cultivares de repolho, utilizadas para criação de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), no desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **An. Soc. Entomol. Bras.**, v.28, p.469-476, 1999.
- BOIÇA JÚNIOR, A. L. et al. Influência de genótipos de algodoeiro sobre o desenvolvimento e capacidade predatória de ninfas de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851). **Arq. Inst. Biol.**, v. 69, p. 75-80, 2002.
- CAVALCANTI, M. G. et al. Interação Tritrófica entre *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), *Eucalyptus* e Lagartas de *Thyriniteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae). **An. Soc. Entomol. Bras.**, v.29, p.697-703, 2000.
- COLLIER; K. F. S. et al. Localização de presas à curta distância por *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae): o papel dos aleloquímicos dos ácaros fitófagos *Panonychus ulmi* (Koch) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e da planta hospedeira, *Malus domestica* (Borkham). **An. Soc. Entomol. Bras.**, v.29, p.715-713, 2000
- DE BORTOLI, S. A.; A. T. MURATA. Aspectos morfológicos de *Ceraeochrysa paraguayaria* (Navás, 1920) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com diferentes presas. **Comunicata Scientiae**, v. 2, p. 122-125, 2011.
- DICKE, M. Local and systemic production of volatile herbivore-induced terpenoids – their role in plant-carnivore mutualism. **J. Plant Physiol.**, v. 143, p. 465-472, 1994.

- DICKE, M.; M. SABELIS. Does it pay plants to advertize for bodyguards? Towards a cost-benefit analysis of induced synomone production, p.341- 358. In: LAMBERS, H.; CAMBRIDGE, M.; KONING, H.; PORS, T. (eds.). **Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants**. Hague, SPB Academic Publishing. 1989, 421p.
- ECOLE, C. C. et al. Predação de ovos, larvas e pupas do bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) POR *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Ciênc. Agrotec.**, v.26, p.318-324, 2002.
- EIGENBRODE, S. D. et al. Two types of resistance to the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in cabbage. **Environ. Entomol.**, v.19, p.1086-1090, 1990.
- FINIDORI-LAGLI, V. et al. Role of plant volatiles in the search for a host by parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera; Eulophidae). **J. Chem. Ecol.**, v.22, p.541-558, 1996.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo da entomologia**. 3. Ed. São Paulo: Roca, 2007. 440p.
- KAHL, S. D. H. et al. Herbivore-induced ethylene suppresses a direct defense but not a putative indirect defense against an adapted herbivore. **Planta**, v. 210, p. 336–342, 2000.
- KAROWE, D. N.; L. M. SCHOONHOVEN. Interaction among three trophic levels: the influence of host plant on performance of *Pieris brassicae* and its parasitoid, *Cotesia glomerata*. **Entomol. Exp. Appl.**, v. 62, p. 241-251, 1992.
- LARA, F. M. **Princípios de Resistência de plantas a insetos**. São Paulo, Ícone, 1991, 336p.
- LIMA, S. C. et al. Atratividade de três espécies de ácaros predadores (Acari: Phytoseiidae) por *Tetranychus mexicanus* (Acari: Tetranychidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 23, 2010, Natal. **Anais...** Natal: SEB, 2010. CD-ROM.
- LIN, J. et al. Variation in *Brassica oleracea* resistance to diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **J. Econ. Entomol.**, v.76, p.1423-1427, 1983.
- LOGES, V. **Efeito de cultivares de repolho *Brassica oleracea* var. *capitata* (L.) sobre populações da traça das crucíferas, *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) e do parasitóide *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov, 1912) em condições de campo**. 1996. 96p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- MARTINS, A. L. et al. Eficiência *Trichogramma galloi* no combate à *Diatraea saccharalis* na cana-de-açúcar em passos – MG – Brasil. **Rev. Verde**, v.6, p. 190 – 195, 2011.
- MELLO, M. O.; SILVA-FILHO, M. C. Plant-insect interactions: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanism. **Braz. J. Plant Physiol.**, Campinas, v. 14, p. 71-81, 2002.
- NISHIDA, R. Sequestration of defensive substances from plants by Lepidoptera. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 47, p. 57-92, 2002.
- OLIVEIRA, H. N. de et al. Desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* alimentado com *Spodoptera frugiperda* e *Tenebrio molitor*. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.39, p 947-951, 2004.
- OPITZ, S. E. W.; C. MULLER. Plant chemistry and insect sequestration. **Chemoecology**, v. 19, p. 117-154, 2009.

PARRA, J. R. P.; R. A. ZUCCHI. *Trichogramma* no Brasil: viabilidade de uso após vinte anos de pesquisa. **Neotrop. Entomol.**, v.33, p.271-282, 2004.

PFANNESTIEL, R. S. et al. Orientation of a hemipteran predator to vibrations produced by feeding caterpillars. **J. Insect Behav.**, v. 8, p. 1-9, 1995.

PRICE, P. W. **Insect ecology**. New York, Wiley-Interscience. 1984. 607p.

PUTMAN, R. J. **Community ecology**. London: Chapman & Hall, 1994. 178p.

REMBOLD, H. et al. The azadirachtins, a group of insect growth regulators from the neem tree, p.153-162. In: SCHMUTTERER, H.; ASCHER, K. R. S. (eds) **Natural Pesticides from the Neem Tree and other Tropical Plants**. Proceedings of the Second International Neem Conference, Rauischholzhausen, GTZ, Eschborn, 1984, 587p.

ROSENHEIM, J. A. et al. Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. **Biol. Control**, v.5, p.303-335, 1995.

SCOTT, J. G.; Z. WEN. Cytochromes P450 of insects: the tip of the iceberg. **Pest. Manag. Sci.**, v. 57, p. 958-967, 2001.

SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo, Ceres, 1976, 419p.

THULER, R. T. et al. Interação tritrófica e influência de produtos químicos e vegetais no complexo: brássicas x traça-das-crucíferas x parasitóides de ovos. **Cienc. Agrotecnol.**, v.32, p.1154-1160, 2008.

TORRES, A.L. **Efeito associado de variedades de repolho *Brassica oleracea* var. capitata e extratos aquosos de espécies vegetais na biologia de *Plutella xylostella* (L., 1758) e no parasitóide *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov, 1912)**. 2004. 88f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TRIGO, J. R. Effects of pyrrolizidine alkaloids through different trophic levels. **Phytochem. Rev.**, v. 10, p.83-98, 2011.

TURLINGS, T. C. J. et al. Exploration of herbivoreinduced plant odors by host-seeking parasitic wasps. **Science**, v.250, p.1251-1253, 1990.

TURLINGS, T. C. J. et al. Larval-damaged plants: source of volatiles synomones that guide the parasitoid *Cotesia marginiventris* to the microhabitat of its hosts. **Entomol. Exp. Appl.**, v.58, p.75-82, 1991.

ULMER, B. C. et al. Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), feeding and oviposition preferences on glossy and waxy *Brassica rapa* (L.) lines. **Crop Protection**, v.21, p.327-331, 2002.

VENZON, M. et al. Interactions mediated by predators in arthropod food webs. **Neotrop. Entomol.**, v.30, p.1-9, 2001.

VET, L. E. M.; M. DICKE. Ecology of infochemical used by natural enemies in a tritrophic context. **Annu. Rev. Entomol.**, v.37, p.141-72, 1992.

VINSON, S. B. Parasitoid attraction by plants. p. 29-39. In: XIV Congresso Brasileiro de Entomologia. Piracicaba, SEB, 1993. 92p.

VIVIAN, L. M. et al. Tasa de crecimiento poblacional del chinche depredador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) y de la presa *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en invernadero. **Rev. Biol. Trop.**, v.50, p.145-153, 2002.

ZANUNCIO, T. V. et al. Desenvolvimento de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) com *Zophobas confusa* Gebien (Coleoptera: Tenebrionidae) comparado a duas outras presas alternativas. **Rev. Bras. Zool.**, v.13, p.159-164, 1996.

ZARBIN, P. H. G. et al. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, v.32, n.3, 2009.

