

Riqueza de espécies e diversidade ecológica de himenópteros parasitóides (Hymenoptera, Parasitica) em culturas frutícolas da ilha Terceira, Açores



Riqueza de espécies e diversidade ecológica de himenópteros parasitóides (Hymenoptera, Parasitica) em culturas frutícolas da ilha Terceira, Açores

Ana Margarida C. Santos^{(1)*}; Paulo A. V. Borges^{(1)*}; Joaquín Hortal^{(1,3)*} e David J. Horta Lopes⁽²⁾

1 – Uni. dos Açores, Dep. de Ciências Agrárias – CITA-A, Terra-Chã, 9700-851 Angra do Heroísmo, Terceira, Açores, Portugal.

2 – Uni. dos Açores, Dep. de Ciências Agrárias – Centro de Biotecnologia dos Açores (CBA-UA), Terra-Chã, 9700-851 Angra do Heroísmo, Terceira, Açores, Portugal.

3 – Dep. de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales, C/ José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid, Espanha.

*e-mail: a_guida_santos@portugalmail.com (AMCS), pborges@mail.angra.uac.pt (PAVB)

8.1. Introdução

A ordem Hymenoptera, que compreende as abelhas, vespas e formigas, constitui um dos grupos mais diversos do reino animal (Nieves-Aldrey & Fontal-Cazalla, 1999). Actualmente conhecem-se entre 120.000 a 200.000 espécies de himenópteros, mas algumas estimativas apontam para valores bastante superiores: 250.000 a 500.000 espécies (Gaston, 1991). Nos Açores, actualmente estão referenciadas 131 espécies de Hymenoptera (11 das quais endémicas), um número que possivelmente corresponde a menos de 30% da fauna realmente existente no arquipélago (ver Fig. 8 em Borges *et al.*, 2005).

A importância dos himenópteros não se limita apenas à sua riqueza em número de espécies em termos globais. Esta elevada diversidade está também reflectida na variedade de papéis ecológicos desempenhados por este grupo em diferentes ecossistemas, podendo ser parasitóides, fitófagos, polinizadores, indutores de galhas, predadores, etc. Na realidade, nenhuma outra ordem de insectos apresenta tamanha diversidade biológica, com possível excepção dos dípteros (e.g., Feener & Brown, 1997).

Entre os himenópteros deveremos realçar os parasitóides, insectos cuja larva se desenvolve alimentando-se de outros artrópodes (em diferentes estádios de desenvolvimentos: ovo, larva, pupa ou adulto). Tal como um parasita, estes insectos necessitam apenas de um hospedeiro para completarem o seu desenvolvimento, mas assemelham-se também a predadores, na medida em que normalmente

acabam por matar o seu hospedeiro (Godfray, 1994). Dependendo das espécies, a fêmea pode colocar o(s) ovo(s) na superfície (ectoparasitóides) ou no interior do corpo (endoparasitóides) do seu hospedeiro. Há casos extremos em que um parasitóide pode utilizar como hospedeiro uma outra espécie de parasitóide, que, por sua vez, já estava a desenvolver-se num outro artrópode (Godfray, 1994). Devido à sua biologia peculiar, os himenópteros parasitóides (HP) (Hymenoptera, Parasitica) desempenham um papel fundamental em quase todos os ecossistemas terrestres (e.g. ecossistemas agrícolas), uma vez que ajudam na manutenção do equilíbrio das populações das diferentes espécies de artrópodes (LaSalle & Gauld, 1993), inclusivamente das que constituem praga.

Nos Açores têm vindo a ser desenvolvidos alguns trabalhos relacionados com os HP, nomeadamente ao nível de algumas relações parasitóide-hospedeiro(s) com interesse económico (e.g. Oliveira, 1992; Soares *et al.*, 1997), da biologia de algumas espécies com potencial de utilização em luta biológica (e.g. Oliveira & Tavares, 1992; Pinto & Tavares, 1992) e da taxonomia e faunística de alguns grupos concretos (e.g. Carthy, 1955; Erlandsson, 1978; Hernández-Suárez *et al.*, 2003; Santos *et al.*, *subm.*). Infelizmente este continua a ser um dos grupos de artrópodes menos conhecido nos Açores (Borges *et al.*, 2005), sendo necessário desenvolver mais trabalhos na área da faunística e ecologia deste taxon.

Um conceito importante quando falamos em HP está relacionado com os vários tipos de estratégias ecológicas destes insectos, podendo-se definir vários grupos funcio-

Fig. 1
Armadilha
Malaise não
atractiva
montada num
pomar de citrinos.



nais, ou seja, guildes. De acordo com Root (1967), guilda é “um grupo de espécies que explora a mesma classe de recursos de forma semelhante” (ver revisões em Hawkins & MacMahon, 1989; Jaksic & Medel, 1990; Simberloff & Dayan, 1991; Meyer & Root, 1996; Uetz *et al.*, 1999; e Blondel, 2003). Este conceito agrupa as espécies, independentemente da sua posição taxonómica, cujos requisitos ecológicos se sobreponham significativamente. De facto, se cada guilda explora diferentes tipos de recursos, a composição das guildas de uma comunidade deve reflectir a disponibilidade destes, e, como tal, a diversidade ecológica de um habitat (Simberloff & Dayan, 1991). Se as guildas são grupos de espécies funcionalmente semelhantes, então os ecossistemas contêm espécies funcionalmente redundantes, todas capazes de desempenhar funções semelhantes no ecossistema. Se assim for, a estrutura das guildas pode ser mais previsível e estável que a abundância das espécies ou a composição específica (Hawkins & MacMahon, 1989). O objectivo de organizar as comunidades em guildas está então relacionado com o facto desta unidade providenciar as bases biológicas para a simplificação conceptual e prática dos ecossistemas (e.g. Hawkins & MacMahon, 1989).



Fig. 2
Aplicação da
Técnica dos
Batimentos,
que consiste na
utilização de um
painel branco de
pano (fotografia
maior), cuja
parte inferior é
composta por um
funil onde
é acoplado um
saco de plástico.
Neste saco é
recolhida a
folhagem e os
artrópodes que
caiam da copa
(fotografia mais
pequena), após
esta ser batida
com a ajuda de
uma vara.

Tendo em consideração o quase desconhecimento actual sobre as comunidades de HP dos Açores, e, em particular, as comunidades de HP associadas aos habitats de fruteiras, com este trabalho pretende-se:

- Comparar a eficácia de dois métodos de amostragem - armadilhas Malaise e técnica dos batimento, de forma a sugerir um protocolo eficaz para amostrar os HP nos Açores;
- Realizar uma análise comparativa da diversidade relativa de espécies de HP existentes em diferentes fruteiras (bananeiras, citrinos, macieiras e pessegueiros) da ilha Terceira (Açores);
- Verificar a taxa de especialização dos HP nas quatro culturas frutícolas e se existem diferentes comunidades de HP associadas a cada tipo de cultura;
- Testar se a abundância das guildas de HP responde linearmente às variações da abundância e riqueza dos seus potenciais hospedeiros (e.g. insectos fitófagos das ordens Hemiptera e Lepidoptera);
- Verificar se o número e a diversidade relativa de guildas de HP variam entre os diferentes tipos de pomares.

Código	Zona	Localidade	Cultura	Alt.	x	y	Téc. Amost.
B1B	Biscoitos	Ribeira do Chamusco	Bananeira	29	478169	4294151	TB
B2B	Biscoitos	Canada da Obra	Bananeira	100	478176	4293317	AM + TB
B3B	Biscoitos	Rua Longa	Bananeira	70	478147	4293558	TB
B4L	Biscoitos	Arrochela	Citrinos	96	476168	4293409	TB
B5L	Biscoitos	Canada do Rego	Citrinos	132	477658	4292980	AM + TB
B7M	Biscoitos	Caminhos dos Caneleiros	Macieira	203	477430	4292563	TB
B8M	Biscoitos	Canada do Pavão	Macieira	244	476387	4292358	AM + TB
B9M	Biscoitos	Cancela	Macieira	256	476811	4292158	TB
B10P	Biscoitos	Arrochela	Pessegueiro	96	476078	4293382	AM + TB
B11P	Biscoitos	Canada do Pavão	Pessegueiro	244	476378	4292295	TB
S1B	São Sebastião	Porto Novo	Bananeira	53	492859	4280499	TB
S3B	São Sebastião	Porto Judeu	Bananeira	42	490966	4278171	AM + TB
S4L	São Sebastião	Jogo da Bola	Citrinos	142	492326	4280550	AM + TB
S6L	São Sebastião	Canada da Ponta	Citrinos	72	492260	4278659	TB
S7M	São Sebastião	Jogo da Bola	Macieira	146	492263	4280504	TB
S8M	São Sebastião	Porto Novo	Macieira	53	492996	4280556	AM + TB
S9M	São Sebastião	Salga	Macieira	61	491626	4278072	TB
S10P	São Sebastião	Salga	Pessegueiro	49	491603	4277987	AM + TB
S11P	São Sebastião	Jogo da Bola	Pessegueiro	144	492307	4280531	TB
S12P	São Sebastião	Porto Judeu	Pessegueiro	<100	-	-	TB
T1B	A. do Heroísmo	Rua de S. Pedro	Bananeira	30	480001	4278986	TB
T2B	A. do Heroísmo	Bicas de Cabo Verde	Bananeira	112	478920	4280257	AM + TB
T3B	A. do Heroísmo	Largo de S. Bento	Bananeira	31	481596	4279364	TB
T4L	A. do Heroísmo	Caminhos de S. Carlos	Citrinos	71	478174	4279460	TB
T5L	A. do Heroísmo	Vinha Brava	Citrinos	70	481211	4280867	TB
T6L	A. do Heroísmo	São Bartolomeu	Citrinos	160	475916	4281457	AM + TB

8.2. Material e Métodos

8.2.1. Amostragem

Este trabalho foi realizado em 26 pomares de quatro culturas frutícolas (bananeiras, citrinos, macieiras e pessegueiros), localizados em três áreas geográficas da ilha Terceira (Angra do Heroísmo, Biscoitos e São Sebastião) (Quadro I).

Os HP foram capturados em duas épocas distintas (1 – Outono de 2003; 2 – Primavera de 2004) através de dois métodos de amostragem:

- i) armadilhas Malaise não atractivas (Townes, 1972; New, 1998) (Fig. 1), um método bastante eficaz na recolha de insectos voadores com fototropismo positivo (New,

1998). Todas as amostras foram recolhidas uma semana após a montagem das armadilhas, tendo sido depois armazenadas em recipientes com álcool a 70º glicerinado.

- ii) técnica dos batimentos (Basset, 1999a), tendo-se efectuado batimentos sobre a copa (ou pencas, no caso das bananeiras) de 10 árvores escolhidas aleatoriamente (Fig. 2). No laboratório os HP foram separados da folhagem, conservados e etiquetados em tubos com álcool a 70º glicerinado. Sempre que não foi possível fazer este tipo de triagem com os artrópodes ainda vivos (constrangimentos de tempo), congelaram-se as amostras para que este processo pudesse ser efectuado posteriormente.

Quadro II
Valores de probabilidade de uma determinada família de himenópteros parasitóides pertencer a uma certa guilde (adaptado de Santos, 2003).

	Ceraphronidae	Megaspilidae	Diapriidae	Proctotrupidae	Platygasteridae	Scelionidae	Figitidae	Aphelenidae	Eurytomidae	Encyrtidae	Eulophidae	Eupelmidae	Mymaridae	Pteromalidae	Signiphoridae	Trichogrammatidae	Braconidae	Ichneumonidae
Não parasitóides										10	30							
Ectoparasitóides de Arachnida																		5
Ectoparasitóides de Hemiptera (ex-Homoptera)		25						30										
Ectoparasitóides de Lepidoptera									70			5						5
Ectoparasitóides de Hymenoptera												5						
Ectoparasitóides de Diptera		10										5						
Ectoparasitóides de Coleoptera												60						
Ectoparasitóides de outros grupos		15										5						5
Endoparasitóides de ovos/ootecas					20	100		10		10	20	100	10			100		5
Endoparasitóides de Hemiptera (ex-Homoptera)		25		10				30		80					40			
Endoparasitóides de Neuroptera	10	10					5											
Endoparasitóides de Lepidoptera	10								10	10	20			25			40	40
Endoparasitóides de Hymenoptera			10				10							10				10
Endoparasitóides de Diptera	80	15	80	20	70		75				20			40			50	10
Endoparasitóides de Coleoptera			10	80							20			10			10	20
Hiperparasitóides de Hemiptera (ex-Homoptera)							10	30						5	60			
Hiperparasitóides de Lepidoptera										20								

8.2.2. Triagem e identificação dos artrópodes

Todos os HP foram sujeitos a um processo de triagem que se divide em quatro fases: i) seguindo a metodologia proposta por Oliver & Beattie (1996), um parataxonomista experiente (A.M.C. Santos) triou os HP em morfoespécies ou “unidades reconhecidas como taxonomicamente independentes” (RTUs = “recognizable taxonomic units”), com recurso a uma colecção de referência criada para o efeito; ii) com a ajuda de um taxonomista experiente (P.A.V. Borges), corrigiram-se as identificações realizadas para cada amostra, adicionando, quando necessário, morfoespécies à colecção de referência; iii) as morfoespécies foram montadas, etiquetadas e enviadas para diferentes taxonomistas, de forma a serem identificadas (ver agradecimentos); iv) os exemplares correctamente identificados foram utilizados para corrigir as bases de dados e a colecção de referência (ex.: sinonímias) exis-

tentes. A aplicação desta metodologia não compromete o rigor científico dos trabalhos de investigação (Oliver & Beattie, 1996), tendo sido inclusivamente utilizada noutros estudos realizados nos Açores (*e.g.* Borges & Brown, 1999, 2003; Ribeiro *et al.*, 2005). De facto, apesar de algumas críticas recentes (ver Derraik *et al.*, 2002) este método tem demonstrado ser bastante útil, principalmente quando não há taxonomistas dos diferentes grupos disponíveis *in situ*.

8.2.3. Definição das guildes

As guildes foram definidas de acordo com os hábitos alimentares das larvas dos HP, tendo sido considerados quatro critérios (ver Santos, 2003): 1) para o estabelecimento das guildes vai ser considerada a família a que cada espécie ou morfoespécies de HP pertence; 2) as guildes de para-

sitóides estão relacionadas com o nível taxonómico dos seus hospedeiros, mais especificamente com a sua ordem (Hawkins & Mills, 1996); 3) as guildes devem ser definidas de acordo com o estágio de desenvolvimento do hospedeiro (ovos/sacos de ovos ou larva/adulto) (Mills, 1994); 4) as guildes estão relacionadas com o tipo de parasitismo expressado (ectoparasitismo, endoparasitismo ou hiperparasitismo) (Mills, 1994).

Uma vez que as espécies de uma família de HP podem pertencer a mais do que uma guilda, a abundância de cada família foi dividida de acordo com a probabilidade de uma certa família pertencer a uma determinada guilda (Quadro II). Para estabelecer esta probabilidade, e definir as diferentes guildas, utilizaram-se as informações existentes na literatura geral sobre HP (Gauld & Bolton, 1988; Goulet & Huber, 1993; Gibson *et al.*; 1997; Nieves-Aldrey, com. pess.).

8.2.4. Análise de dados

A maior parte das análises realizadas dizem apenas respeito aos dados obtidos através das armadilhas Malaise. Os HP capturados através da técnica dos batimentos foram só utilizados para comparar os dois tipos de amostragem utilizados e para calcular os valores de correlação entre a abundância de HP e dos seus potenciais hospedeiros.

A eficácia da amostragem realizada na obtenção de um inventário completo de morfoespécies foi determinada a partir de curvas de acumulação (ver Colwell & Coddington, 1994; Borges & Brown, 2003; Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Para tal utilizou-se o software estatístico EstimateS 7.0 (Colwell, 2004), usando-se o número de indivíduos como unidade de esforço e realizando-se 100 aleatorizações da ordem dos dados, de forma a evitar os efeitos temporários do momento da realização das amostragens. Para estimar a riqueza de espécies utilizou-se o estimador de espécies não paramétrico Jackknife 1 (ver Colwell & Coddington, 1994).

Aplicou-se o índice de Lloyd (L), conforme proposto por

Basset (1999b) (ver igualmente Ribeiro *et al.*, 2005), com o intuito de obter uma estimativa do nível de especialização de cada espécie de parasitóide em relação à cultura onde foi capturado. Este índice foi somente calculado para espécies representadas por um mínimo de quatro indivíduos, porque estas poderiam ser teoricamente capturadas em quatro potenciais plantas (fruteiras). Uma espécie foi considerada especialista sempre que $L \geq 3.0$. Neste contexto, uma espécie especialista é aquela que demonstra preferência (ocorre em maior frequência) por uma determinada cultura, sendo L superior para as espécies mais especialistas (Basset, 1999b; Ribeiro *et al.*, 2005).

Realizou-se uma ordenação do tipo DECORANA (Detrended Correspondence Analysis) (Hill, 1979), uma técnica que expressa as semelhanças entre objectos diferentes num número reduzido de dimensões. Estas análises foram realizadas através do software Community Analysis Package 3.0 (Henderson & Seaby, 2004), tendo a influência das espécies raras sido diminuída

Com o intuito de verificar se a abundância das diversas guildas variava de pomar para pomar da mesma forma que os seus grupos de potenciais hospedeiros, calculou-se o valor de correlação de Spearman (ver Dytham, 1999) entre a abundância das diversas guildas de HP e a riqueza e abundância de potenciais hospedeiros capturados através da técnica dos batimentos. Todos os valores de correlação com uma probabilidade inferior a 0,05 foram considerados como significativos. Estes cálculos foram realizados através do software Statistica 6.0 (StatSoft, 1998).

8.3. Resultados

Composição de espécies

Durante a realização deste estudo capturaram-se 8613 himenópteros parasitóides (HP). Deste total, identificaram-se 7028 exemplares até ao nível de morfoespécie, tendo-se registado um total de 443 morfoespécies.

Fig. 3
Curvas de acumulação do número de espécies observadas (linha a preto) e estimadas em função do número de indivíduos estudados (estimador Jackknife 1; linha a cinzento), para as quatro culturas analisadas.

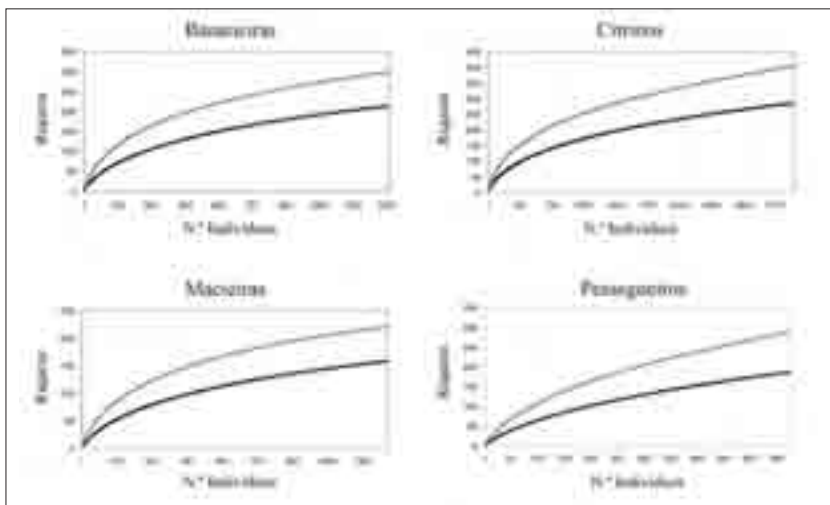
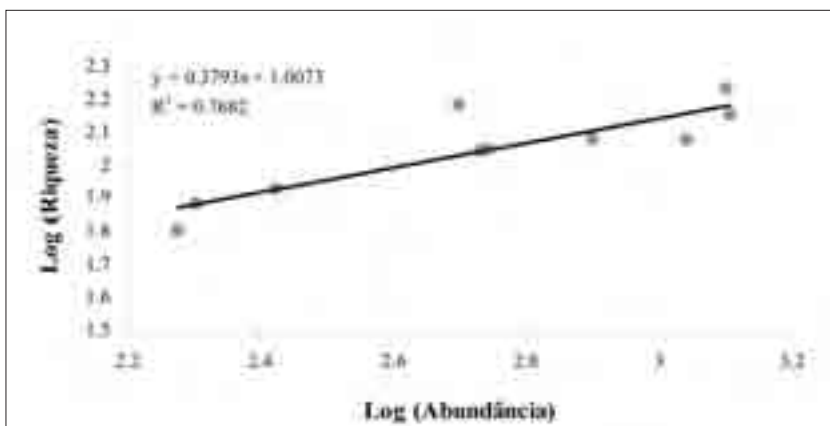


Fig. 4
Relação entre a abundância de indivíduos e a riqueza de himenópteros parasitóides capturados com armadilhas Malaise. Apresenta-se o valor da equação que explica esta relação, bem como o valor de R^2 .



	ABUNDÂNCIA		RIQUEZA	
	AM	TB	AM	TB
Bananeiras	1371	27	214 (32)	11 (1)
Citrinos	3368	194	286 (43)	50 (11)
Macieiras	1317	39	158 (25)	16 (3)
Pessegueiros	692	20	187 (28)	18 (5)
Total	6748	280	421 (47)	84 (17)

Algumas das espécies identificadas constituem novidades faunísticas para os Açores e/ou Portugal (ver Santos *et al.*, *subm.*).

A família Braconidae foi a mais diversa, tanto em número de espécies como em número de indivíduos capturados (78 spp.; 2071 indivíduos). A família Ichneumonidae é também muito rica em espécies (63 spp.; 695 indivíduos), mas as famílias Mymaridae e Aphelenidae estão representadas por um maior número de indivíduos (23 spp.; 1309 indivíduos; e 20 spp.; 928 indivíduos, respectivamente).

Relativamente às diferentes culturas estudadas destacam-se os pomares de citrinos, que demonstraram ser os mais ricos tanto em número de indivíduos capturados como em riqueza de espécies (ver Quadro III). A abundância de indivíduos capturados foi semelhante nos pomares de bananeiras e macieiras. Contudo, foram encontradas mais espécies nos pomares de bananeiras, enquanto que os pomares de macieiras demonstraram ser os menos ricos em termos de número de espécies (Quadro III).

Quadro III
Distribuição da abundância de indivíduos e riqueza das morfoespécies e riqueza das morfoespécies e riqueza das morfoespécies e riqueza das morfoespécies (entre parêntesis) de himenópteros parasitóides capturados através de armadilhas Malaise (AM) e da técnica dos batimentos (TB), pelos quatro tipos de culturas estudados (Bananeiras, Citrinos, Macieiras e Pessegueiros).

Eficácia dos métodos de amostragem

As curvas de acumulação obtidas para as quatro culturas estudadas apresentaram todas o mesmo padrão: as curvas não atingem uma assím-

Fig. 5

Relação entre a abundância de himenópteros parasitóides capturados com armadilhas Malaise e com a técnica dos batimentos. Apresenta-se o valor da equação que explica esta relação, bem como o valor de R^2 .

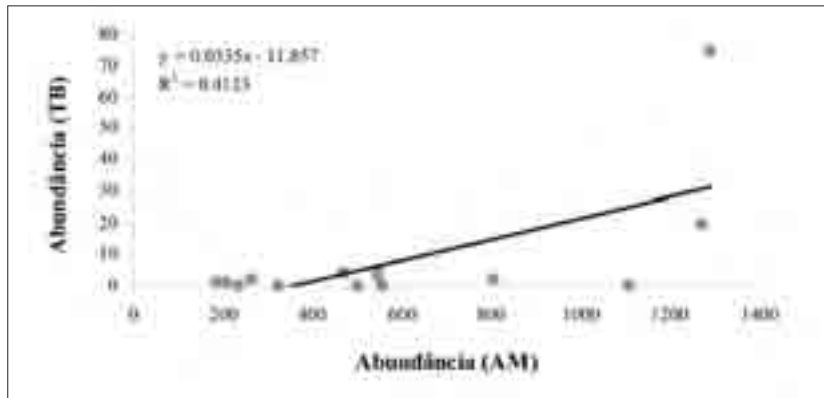


Fig. 6

Riqueza estimada (estimador Jackknife 1) de himenópteros parasitóides para cada cultura em estudo.

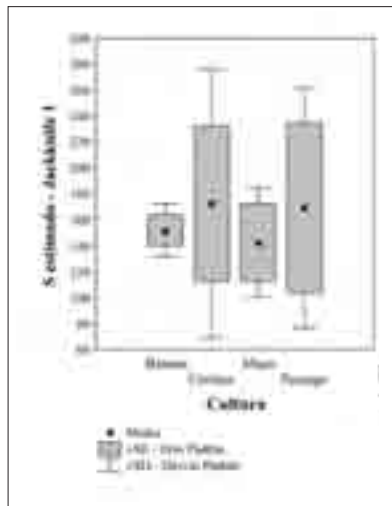
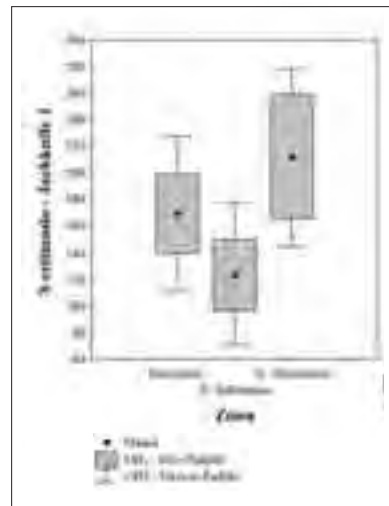


Fig. 7

Riqueza estimada (estimador Jackknife 1) de himenópteros parasitóides para as três zonas de estudo.



tota, ou seja, o declive é acentuado, e o número de espécies estimadas com o estimador Jackknife 1 é sempre bastante superior ao número de espécies encontradas (Fig. 3).

A abundância de HP capturados com armadilhas Malaise correlacionou-se com a riqueza de espécies

($R^2 = 0,7682$; Fig. 4). Comparando os dois métodos de amostragem, verifica-se que a variabilidade encontrada na abundância de HP capturados com a técnica dos batimentos é semelhante à encontrada com os HP capturados com as armadilhas Malaise (Fig. 5). Tanto o número total de espécies

como de indivíduos capturados com armadilhas Malaise foi significativamente superior ao obtido através da aplicação da técnica dos batimentos (ver Quadro III).

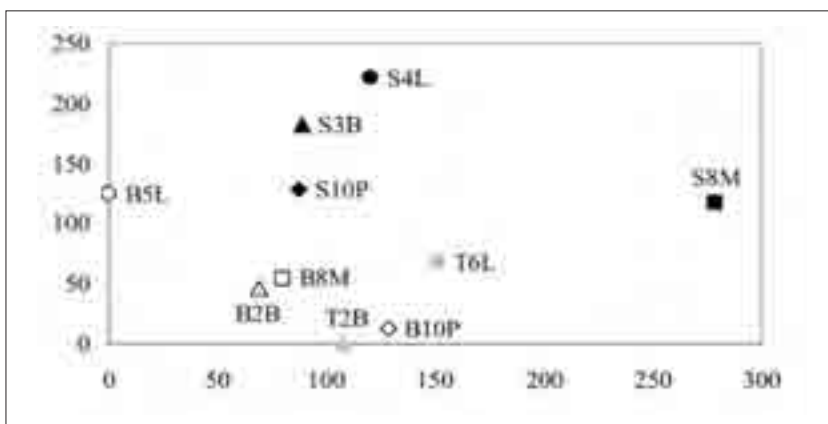
Comunidades de himenópteros parasitóides (HP)

Os valores de riqueza obtidos através do estimador Jackknife 1 indicam que os pomares de citrinos e de pessegueiros são os locais com mais espécies de HP, enquanto que os pomares de macieiras são os menos diversos (Fig. 6). Contudo, a variabilidade na riqueza (erro padrão) foi superior nos pomares mais ricos, sendo menor nos pomares de bananeiras (Fig. 6). Relativamente às três zonas geográficas nas quais se integram os locais de amostragem, a zona de Angra do Heroísmo surgiu como a mais rica, seguindo-se a zona dos Biscoitos e, finalmente, a zona de São Sebastião (Fig. 7). A maior variabilidade foi registada na zona de Angra do Heroísmo (Fig. 7).

De acordo com o método de ordenação (DCA) há uma separação dos locais de amostragem por zona geográfica, e não por cultura. De facto, no segundo eixo de ordenação é possível distinguir uma separação da zona de São Sebastião relativamente às outras duas zonas (Fig. 8).

Os resultados obtidos com base no índice de Lloyd indicam que o número de espécies especialistas de uma determinada cultura é reduzido (19

Fig. 8.
Gráfico de dispersão dos 10 pontos de amostragem baseado no método DECORANA (sem peso para as espécies raras). Junto a cada ponto indica-se o código do pomar correspondente (ver Quadro I). Significado das cores: preto - zona de S. Sebastião; cinzento - zona de Angra do Heroísmo; branco - zona de Biscoitos. Significado dos símbolos: triângulos - pomares de bananeiras; círculos - pomares de citrinos; quadrados - pomares de macieiras; losangos - pomares de pessegueiros.



spp; cerca de 4% do total de espécies). A maioria dos especialistas encontra-se associada aos pomares de citrinos, sendo a família Braconidae a que apresenta mais espécies especialistas (Quadro IV).

Guildes de himenópteros parasitoides e os seus potenciais hospedeiros

Os “Endoparasitoides de Diptera” (Díptera - moscas e mosquitos) constituem a guilda mais abundante em quase todas as amostras obtidas (ver Fig. 9). A guilda “Parasitoides de Ovos” revelou ser também bastante abundante em todas as amostras, principalmente no local T6L (1ª época de amostragem). Os “Endoparasitoides de Lepidoptera” (Lepidoptera - borboletas e traças) surgem com maiores valores de abundância nos pomares de citrinos. Destaca-se ainda a grande representatividade das guildes “Ectoparasitoides de Hemiptera”,

“Endoparasitoides de Hemiptera” e “Hiperparasitoides de Hemiptera” na amostra 1-S8M (ver Fig. 9).

Os valores de correlação de Spearman foram apenas significativos para as guildes de parasitoides de Hemiptera (Hemiptera - cochonilhas, afídeos, moscas brancas) e a abundância (AH) e riqueza de Hemiptera (RH) (“Ectoparasitoides de Hemiptera” vs. AH - $r_s = 0,61$; $p = 0,02$; “Endoparasitoides de Hemiptera” vs. AH - $r_s = 0,71$; $p = 0,004$; “Hiperparasitoides de Hemiptera” vs. AH - $r_s = 0,74$; $p = 0,003$; “Endoparasitoides de Hemiptera” vs. RH - $r_s = 0,62$; $p = 0,017$; “Hiperparasitoides de Hemiptera” vs. RH - $r_s = 0,61$; $p = 0,02$). Relativamente às guildes associadas a Lepidoptera, apenas se verificou uma correlação significativa entre a abundância de Lepidoptera e a abundância da guilda “Ectoparasitoides de Lepidoptera” ($r_s = 0,55$; $p = 0,04$).

Neste caso, a abundância da guilda “Ectoparasitoides de Lepidoptera” diz respeito aos indivíduos capturados com as armadilhas Malaise.

8.4. Discussão

Eficácia dos métodos de amostragem

Um dos passos fundamentais para a realização de estudos de biodiversidade é a selecção do melhor método de amostragem do grupo alvo (Duelli & Obrist, 1998; González *et al.*, 2000). Neste estudo, a armadilha Malaise revelou ser um método de amostragem de HP mais eficaz que a técnica dos batimentos (ver Quadro III). De facto, este tipo de armadilha é muito eficaz na recolha de insectos voadores com fototropismo positivo (New, 1998), como é o caso dos HP, tendo a sua eficácia na captura de Hymenoptera sido demonstrada anteriormente (*e.g.* Nieves-Aldrey & Rey del Castillo, 1991; Pujade-Villar, 1996; Segade *et al.*, 1997; González *et al.*, 2000). A técnica de batimentos, por outro lado, é mais utilizada para capturar artrópodes da copa com pouca capacidade de voo (New, 1998). Contudo, como a variabilidade encontrada na abundância de HP capturados com a técnica dos batimentos é semelhante à encontrada com as armadilhas Malaise (Fig. 5), estes dois

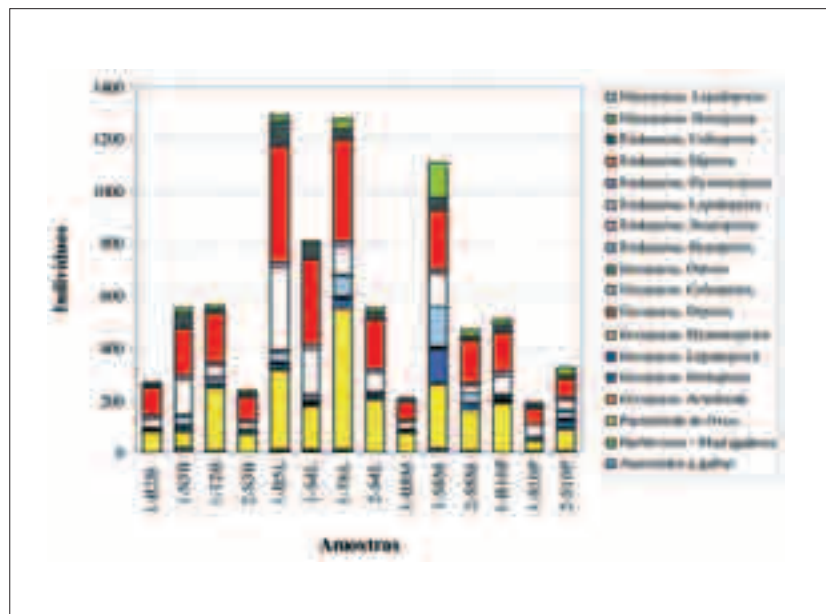
Quadro IV
Espécies consideradas especialistas com base no índice de Lloyd (valor de corte: 3.0). Os valores de abundância a negrito indicam a cultura para a qual determinada espécie foi considerada especialista. São também apresentados os valores de variância (Var) e média por pomar da abundância de todas as espécies especialistas.

Morfoespécie	Família	Abundância				Total	Var	Média	Lloyd
		Bananas	Citrinos	Maças	Pêssegos				
IF 250	Braconidae	0	24	0	0	24	144	6	4.83
IF 617	Platygastridae	21	0	0	0	21	110	5.25	4.81
IF 355	Diapriidae	0	14	0	0	14	49	3.50	4.71
IF 362	Platygastridae	6	192	2	1	201	8935	50.25	4.52
IF 264	Ceraphronidae	2	90	1	1	94	1966	23.50	4.52
IF 361	Platygastridae	0	3	66	1	70	1047	17.50	4.36
IF 409;410	Encyrtidae	0	18	0	1	19	78	4.75	4.26
IF 209	Braconidae	0	0	17	1	18	70	4.50	4.22
IF 490	Mymaridae	1	17	0	0	18	70	4.50	4.22
IF 320	Aphelenidae	28	7	370	3	408	32042	102	4.07
IF 303	Ichneumonidae	1	18	0	1	20	75	5	3.81
IF 553	Encyrtidae	10	1	0	0	11	24	2.75	3.75
IF 478	Pteromalidae	0	1	16	1	18	59	4.50	3.69
IF 358	Platygastridae	3	23	1	0	27	119	6.75	3.46
IF 248	Braconidae	1	109	20	1	131	2664	32.75	3.45
IF 178; 182	Braconidae	12	2	0	0	14	33	3.50	3.41
IF 512	Ichneumonidae	13	3	0	0	16	38	4	3.13
IF 343	Figitidae	10	43	0	2	55	399	13.75	3.04
IF 169;212; 213	Braconidae	2	95	15	9	121	1892	30.25	3.03

métodos de amostragem poderão servir como indicadores um do outro, podendo ser comparáveis ou mesmo usados de forma complementar. Este facto poderá ser útil para estudos futuros, pois com um tipo de técnica de amostragem mais barato (técnica de batimentos), e que à partida é menos eficaz, é possível observar os mesmos padrões que se obteriam com as armadilhas Malaise (para um exemplo semelhante, mas com *pitfall* e aspirador entomológico, ver Borges & Brown, 2003). Porém, a técnica dos batimentos não permite que se façam inventários tão completos como os que se obtêm com as armadilhas Malaise. Outra observação útil para estudos com recursos limitados, é o facto da abundância de HP capturados com armadilhas Malaise se correlacionar com a riqueza de espécies (ver Fig. 4). O número de indivíduos poderá então ser um bom indicador do número de espécies/morfoespécies existentes num local, ultrapassando-se a dificuldade da identificação destas e fornecendo-se uma indicação rápida da biodiversidade local.

Tal como ocorreu noutros estudos (ver Matlock & de la Cruz, 2002; Santos *et al.*, 2005, neste livro), a curva de acumulação dos HP encontrados não atingiu uma assíntota (ver Fig. 3). Assim, e apesar do elevado número de morfoespécies identificadas, o inventário realizado neste trabalho não se encontra completo, ou seja, não foram

Fig. 9
Distribuição dos valores de abundância de cada guilda em cada uma das amostras colhidas a partir de armadilhas Malaise. No eixo dos xx estão discriminados as amostras, indicando-se a época de amostragem (1 ou 2) e o local de amostragem (ver Quadro I).



Surge, então, uma segunda hipótese explicativa: quando os HP chegaram às ilhas não encontraram os mesmos hospedeiros que tinham no continente; provavelmente só terão sobrevivido aqueles que seriam mais generalistas, ou sejam, os que conseguiam parasitar mais do que uma espécie, sendo a maioria provavelmente ectoparasitóides (que não são tão restritos em termos do hospedeiro que atacam). Uma terceira hipótese tem a ver com as características das comunidades de artrópodes hospedeiras dos pomares e com as características da fauna insular de HP: sendo i) as comunidades de artrópodes hospedeiras basicamente compostas por espécies exóticas recentemente chegadas aos Açores, onde não terão chegado ainda muitos dos seus HP continentais especialistas; e ii) as espécies de HP presentes no arquipélago potencialmente generalistas devido ao “síndrome insular”, então seria de facto de esperar uma comunidade de HP basicamente generalista que usa este novo recurso de fauna exótica. Aliás, o mesmo padrão foi observado para os Açores para a fauna de insectos polinizadores (Olesen *et al.*, 2002) e para a fauna de insectos fitófagos das copas de plantas endémicas ou nativas do arquipélago (Ribeiro *et al.*, 2005).

No entanto, a grande abundância de algumas espécies de afídeos (Hemiptera, Aphidoidea) parece reflectir-se na presença de várias espécies de HP associados a este grupo de insectos, tendo-se observado valores de correlação significativos entre a abundância de guildes de HP associados aos Hemiptera e a abundância e riqueza destes. Este resultado tem uma grande relevância em termos agrícolas, pois aparentemente temos uma comunidade de parasitóides de Aphidoidea que pode ser potenciada em termos de luta biológica.

Assumindo que as guildes são grupos de espécies funcionalmente semelhantes, então será de esperar que os diferentes habitats contenham espécies funcionalmente semelhantes, ou seja, espécies capazes de executar a mesma função ecológica (ver Hawkins & MacMahon, 1989; Simberloff & Dayan, 1991). De facto, a maioria das guildes foi encontrada em todos os tipos de cultura analisados,

e as guildes mais comuns estão representadas de forma semelhante nos vários pomares estudados (ver Fig. 9). Este resultado assume um relevo especial já que indica que as comunidades de HP estão aparentemente em equilíbrio com a comunidade de hospedeiros dos pomares. Será igualmente interessante testar se tal constância na composição das guildes se mantém nas comunidades naturais dos Açores ou se os padrões observados são característicos apenas dos pomares investigados.

8.5. Conclusões e perspectivas futuras

Um dos resultados mais surpreendentes deste trabalho foi a constatação de que apesar de se ter utilizado um dos melhores métodos de captura de HP e de ter sido identificado um elevado número de morfoespécies (443 morfoespécies), não foi possível obter um inventário completo dos HP existentes nos pomares estudados. A riqueza de HP parece ser muito maior do que se suspeitava (apenas cerca de 131 espécies de Hymenoptera são conhecidos do arquipélago; Borges *et al.*, 2005) e, conseqüentemente, será necessário fazer mais estudos que incluam um maior esforço de amostragem espacial e temporal. Mesmo tendo em consideração que muitas espécies dos HP são hiperparasitóides, gerando relações antagonistas com HP benéficos, e de que outras espécies de HP parasitam os auxiliares generalistas benéficos (*e.g.* aranhas), esta elevada diversidade de HP tem de se reflectir positivamente no controle de muitas populações de insectos nocivos para a produção frutícola da ilha Terceira. Possivelmente, muitos dos pomares da ilha Terceira com níveis de tratamentos fitossanitários menos agressivos albergam comunidades de HP que estabelecem relações tróficas complexas e benéficas para o equilíbrio das populações de fitófagos (*e.g.* Hemiptera) (ver Santos *et al.*, 2005, neste livro).

Outro resultado de grande relevância está relacionado com os padrões de diversidade dos HP, que demonstram

que em situações em que os recursos sejam limitados, é possível utilizar a técnica dos batimentos como método de amostragem, e a abundância como indicador da diversidade relativa dos pomares. Contudo, a armadilha Malaise captura não só mais espécies como abundância de cada espécie, e as conclusões feitas a partir de dados de HP capturados a partir dos batimentos devem ser analisadas com cautela.

Embora a cultura dos citrinos se destaque das outras em termos de indivíduos e espécies de HP capturadas, o número de espécies especialistas desta, ou de outra cultura, é muito reduzido, confirmando-se um dos padrões gerais da simplificação dos ecossistemas das ilhas: a dominância das espécies generalistas (Borges & Brown, 1999; Ribeiro *et al.*, 2005). Embora as comunidades dos diferentes potenciais hospedeiros dos HP estejam organizadas de acordo com a cultura que ocupam, tal não acontece com os HP, não havendo comunidades de HP específicas de uma determinada cultura. Consequentemente, a estrutura ecológica das comunidades de HP dos diferentes locais estudados é bastante semelhante, estando as guildes mais comuns representadas nos vários tipos de pomares estudados.

Os HP continuam a ser um dos grupos de artrópodes menos conhecido nos Açores (Borges *et al.*, 2005), sendo necessário desenvolver mais trabalhos na área da faunística e ecologia. Os reflexos positivos para os ecossistemas agrícolas da elevada biodiversidade de HP devem ser investigados em maior detalhe em estudos futuros, sugerindo-se a realização de estudos manipulativos e que incidam sobre na dinâmica parasitóide-hospedeiro em diferentes situações de manejo.

8.6. Agradecimentos

Os autores agradecem a J. Noyes (The Natural History Museum, Londres, Reino Unido – Chalcidoidea), A. Polaszek (The Natural History Museum, Londres, Reino Unido – Chalcidoidea) e a K. van Achterberg (Nationaal Natuurhistorisch

Museum, Leiden, Holanda – Braconidae), pelas identificações que fizeram de diferentes morfoespécies.

Este trabalho foi realizado no âmbito do projecto INTERFRUTA (MAC/3.1/A1), co-financiado pelo programa INTERREG III B. JH foi financiado por uma bolsa de pós-doutoramento da FCT (BPD/20809/2004).

8.7. Bibliografia

- Basset, Y. (1999a) - Diversity and abundance of insect herbivores collected on *Castanopsis acuminatissima* (Fagaceae) in New Guinea: Relationships with leaf production and surrounding vegetation. *European Journal of Entomology*, 96: 381-391.
- Basset, Y. (1999b) - Diversity and abundance of insect herbivores foraging on seedlings in a rainforest in Guyana. *Ecological Entomology*, 24: 245-259.
- Borges, P. A. V. & Brown, V. K. (1999) - Effect of island geological age on the arthropod species richness of Azorean pastures. *Biological Journal of the Linnean Society*, 66: 373-410.
- Borges, P. A. V. & Brown, V. K. (2003) - Estimating species richness of arthropods in Azorean pastures: the adequacy of suction sampling and pitfall trapping. *Graellsia*, 59: 5-22.
- Borges, P. A. V., Cunha, R., Gabriel, R., Martins, A. F., Silva, L., Vieira, V., Dinis, F., Lourenço, P. & Pinto, N. (2005) - Description of the terrestrial Azorean biodiversity. In *A list of the terrestrial fauna (Mollusca and Arthropoda) and flora (Bryophyta, Pteridophyta and Spermatophyta) from the Azores* (eds Borges, P.A.V., Cunha, R., Gabriel, R., Martins, A.M.F., Silva, L. & Vieira, V.), pp. 21-68. Direcção Regional de Ambiente e do Mar dos Açores and Universidade dos Açores, Horta, Angra do Heroísmo and Ponta Delgada.
- Blondel, J. (2003) - Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos*, 100: 223-231.

- Carthy, J. D. (1955) - Aspects of the Fauna and Flora of the Azores. IX. Hymenoptera. *Annals and Magazine of Natural History*, 12: 824-839.
- Colwell, R. K. (2004) - EstimateS, statistical estimation of species richness and shared species from samples. In: User's guide and computer program available at <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>>, University of Connecticut, USA.
- Colwell, R. K. & Coddington, J. A. (1994) - Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 345: 101-118.
- Derraik, J. G. B., Closs, G. P., Dickinson, K. J. M., Sirvid, P., Barratt, B. I. P. & Patrick, B. H. (2002) - Arthropod morphospecies versus taxonomic species: a case study with Araneae, Coleoptera, and Lepidoptera. *Conservation Biology*, 16: 1015-1023.
- Duelli, P. & Obrist, M. K. (1998) - In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. *Biodiversity Conservation*, 7: 297-309.
- Dytham, C. (1999). *Choosing and using statistics – a biologist's guide*. Blackwell Science, Oxford.
- Erlandsson, S. (1978) - Notes on aculeate Hymenoptera from the Macaronesian Islands. *Vieraea*, 7: 201-206.
- Freener Jr., D. H. & Brown, B. V. (1997) - Diptera as parasitoids. *Annual Review of Entomology*, 42: 73-97.
- Gaston, K. J. (1991) - The magnitude of global insect species richness. *Conservation Biology*, 5: 283-296.
- Gauld, I. & Bolton, B. (1988) - *The Hymenoptera*. Oxford University Press.
- Gibson, G. A. P., Huber, J. T. & Wooley, J. B. (1997) - *Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)*. NRC Research Press.
- Godfray, H. C. J. (1994) - *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- González, J. A., Tomé, M. A. M., Gayubo, S. F. & Torres, F. (2000) - Himenópteros aculeados capturados mediante trampas Malaise en un sector arenoso de la Submeseta Norte (España) (Hymenoptera, Aculeata). *Nouvelle revue d'Entomologie*, 17: 337-353.
- Goulet, H. & Huber, J. T. (1993) *Hymenoptera of the World: an identification guide to families*. Agriculture Canada.
- Henderson, P. A. and Seaby, R. M. H. (2004) - *Community Analysis Package, Version 3.0*. Pisces Conservation Ltd. www.pisces-conservation.com.
- Hawkins, B. A. & Mills, N. J. (1996) - Variability in parasitoid community structure. *Journal of Animal Ecology*, 65: 501-516.
- Hawkins, C. P. & MacMahon, J. A. (1989) - Guilds: The Multiple Concept meaning. *Annual Review of Entomology*, 34: 423-451.
- Hernández-Suárez, E., Carnero, A., Aguiar, A., Prinsloo, G., LaSalle, J. & Polaszek, A. (2003) - Parasitoids of whiteflies (Hymenoptera: Aphelenidae, Eulophidae, Platygastridae; Hemiptera: Aleyrodidae) from the Macaronesian archipelagos of the Canary Islands, Madeira and Azores. *Systematics and Biodiversity*, 1: 55-108.
- Hill, M. O. (1979) - DECORANA - a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. In: *Ecology and Systematics*. Cornell University, Ithaca, NY.
- Jaksic, F. M. & Medel, R. G. (1990) - Objective recognition of guilds: testing for statistically significant species clusters. *Oecologia*, 82: 87-92.
- Jiménez-Valverde, A. & Hortal, J. (2003) - Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8: 151-161.
- LaSalle, J. & Gauld, I. D. (1993) - *Hymenoptera and Biodiversity*. CAB International, Oxon.
- Matlock, R. B. & de la Cruz, R. (2002) - An inventory of parasitic Hymenoptera in banana plantations under two pesticide regimes. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 93: 147-164.

- Meyer, G. A. & Root, R. B. (1996) - Influence of feeding guild on insect response to host plant fertilization. *Ecological Entomology*, 21: 270-278.
- Mills, N. J. (1994) Parasitoid Guilds: Defining the Structure of the Parasitoid Communities of Endopterygote Insect Hosts. *Environmental Entomology*, 23: 1066-1083.
- New, T.R. (1998) - Invertebrate surveys for conservation. Oxford University Press, New York.
- Nieves-Aldrey, J. L. & Fontal-Callaza, F. M. (1999) - Filogenia y Evolución del orden Hymenoptera. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA)*, 26: 459-474.
- Nieves-Aldrey, J. L. & Rey del Castillo, C. (1991) - Ensayo preliminar sobre la captura de insectos por medio de una trampa "Malaise" en la Sierra de Guadarrama (España) con especial referencia a los himenópteros (Insecta, Hymenoptera). *Ecología*, 5: 383-403.
- Olesen, J. M., Eskildsen, I. & Venkatasamy, S. (2002) - Invasion of pollination networks on oceanic islands: importance of invader complexes and endemic super generalists. *Diversity and Distributions*, 8: 181-192.
- Oliver, T. & Beattie, A. J. (1996) - Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology*, 10: 99-109.
- Oliveira, L. (1992) - Os hiperparasitas do género *Lisibia* e *Tricomalopsis* no controlo biológico de *Apanteles militaris* (Walsh) (Hymenoptera, Braconidae). *Açoreana*, 7: 443-446.
- Oliveira, L. & Tavares, J. (1992) - Dinâmica populacional de *Apanteles militaris* Walsh (Hym., Braconidae) em duas localidades da ilha de S. Miguel, Açores. *Açoreana*, 7: 433-442.
- Pinto, F. & Tavares, J. (1992) - Longevidade, fertilidade e capacidade parasitária da estirpe açoreana de *Trichogramma cordubensis* (Vargas & Cabello) (Hymenoptera, Trichogrammatidae). *Açoreana*, 7: 447-459.
- Pujade-Villar, J. (1996) - Resultados preliminares obtenidos a partir de uma trampa Malaise situada em uma zona mediterrânea pirenaica. *Pirineos*, 147-148: 61-80.
- Ribeiro, S. P., Borges, P. A. V., Gaspar, C., Melo, C., Serrano, A. R. M., Amaral, J., Aguiar, C., André, G. & Quartau, J. A. (2005) - Canopy insect herbivore diversity and distribution in the native forests of the Azores: key host plant species in a highly generalist insect community. *Ecography*, 28: 315-330.
- Root, R. B. (1967) - The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37: 317-350.
- Santos, A.M.C. (2003) - Biodiversidade e Conservação de Hymenoptera (Insecta), com ênfase nas Vespas das Galhas (Cynipidae), em algumas Áreas Naturais Portuguesas. Tese de Licenciatura, Departamento de Biologia Animal, Universidade de Lisboa, Lisboa, 51 + 21 p.
- Santos, A. M. C., Borges, P. A. V., Hortal, J., Rodrigues, A. C., Medeiros, C., Azevedo, E. B., Melo, C. & Lopes, D. J. H. (2005) - Diversidade da fauna de insectos fitófagos e de inimigos naturais em culturas frutícolas da ilha Terceira (Açores): a importância do manejo e da heterogeneidade ambiental. In *Interfruta* (eds. Lopes, D.J.H.), in press. Angra do Heroísmo. In press.
- Santos, A. M. C., Borges, P. A. V. & Lopes, D. J. H. (subm.) - Parasitoid (Hymenoptera, Parasitica) diversity in fruit orchards of Terceira Island (Azores), with new records for the Azores and Portugal. *Boletim do Museu Municipal do Funchal (História Natural)*.
- Segade, C., Ros-Farré, P., Algarra, A., Ventura, D. & Pujade-Villar, J. (1997) - Estudio comparativo de las capturas realizadas con trampa Malaise en Andorra con especial atención a los himenópteros (Hymenoptera). *ZAPATERI - Revista Aragonesa de Entomología*, 7: 71-82.
- Simberloff, D. & Dayan, T. (1991) - The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecological Systematics*, 22: 115-143.
- Soares, A. O., Elias, R. B. & Schanderl, H. (1997) - *Encarsia citrina* (Crawford) (Hymenoptera, Aphelinidae), a parasitoid of *Unaspis citri* (Comstock) and *Lepidosaphes*

- beckii (Newman) (Homoptera, Diaspididae) in citrus orchards of São Miguel island (Azores). Boletim de Sanidad Vegetal, 23: 449-456.
- StatSoft (1998) - STATISTICA for Windows. Computer program manual. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma.
 - Townes H.K., (1972) - A lightweight Malaise trap. Entomological News, 83: 239-267
 - Uetz, G. W., Halaj, J. & Cady, A. B. (1999) - Guild structure of Spiders in major crops. Journal of Arachnology, 27: 270-280.

