



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa

Formigas (Hymenoptera, Formicidae) associadas a pomares de citrinos na região do Algarve

Vera Mónica Henriques Leitão Franco Zina

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientador: Doutor José Carlos Franco Santos Silva, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Jurí:

Presidente: Doutora Maria Helena Mendes da Costa Ferreira Correia de Oliveira, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: Doutora Manuela Rodrigues Branco Simões, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa; Doutor José Carlos Franco Santos Silva, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Lisboa, 2008

RESUMO

As formigas (Hymenoptera, Formicidae) podem assumir importância económica, em pomares de citrinos, quer por ocasionarem estragos na cultura, quer por constituírem factores de nocividade de outras pragas, ao estabelecerem interacções tróficas com espécies excretoras de melada, quer, ainda, por serem potenciais predadoras de outros artrópodes.

Com o objectivo de aprofundar o conhecimento sobre as formigas que surgem associadas a ecossistemas citrícolas, na região do Algarve, efectuaram-se, entre Julho e Agosto de 2007, amostragens em 49 pomares, distribuídos pelas três sub-regiões, Litoral, Barrocal e Serra.

Foram identificados 2812 indivíduos, englobando 12 géneros e 26 espécies. As espécies mais frequentes foram *Linepithema humile* (Mayr), *Plagiolepis pygmaea* Latreille e *Pheidole pallidula* (Nylander).

Dezanove espécies foram referenciadas pela primeira vez em citrinos, em Portugal e 10 espécies a nível internacional.

A Serra foi a sub-região que apresentou maior riqueza, com 19 espécies.

No que respeita à importância económica, são de destacar, nomeadamente, as formigas fitófagas do género *Tapinoma*, que podem originar estragos directos, e a formiga argentina, *L. humile*, que, pela acção negativa que tem na actividade dos organismos auxiliares, constitui factor de nocividade de outras pragas.

Palavras-chave: formigas, Formicidae, interacções tróficas, pragas, factor de nocividade, citrinos

ABSTRACT

Ants (Hymenoptera, Formicidae) may play an important economic role in citrus orchards, either by causing damage in trees or induce pest's outbreaks, due to interactions with injurious honeydew-producing insects, or even by being potential predators of other arthropods.

In order to deepen knowledge about the ant species associated to citrus orchards, in the southern region of Portugal, Algarve, samples were collected in 49 citrus orchards, along the subregions of Litoral, Barrocal and Serra, between July and August 2007.

In all, 2812 ants were identified comprising 12 different genera and 26 species. The most common species were *Linepithema humile* (Mayr), *Plagiolepis pygmaea* Latreille and *Pheidole pallidula* (Nylander).

Nineteen species are reported for the first time in citrus, in Portugal, and ten are first records, in citrus, in the world.

The higher number of species was found in the Serra subregion, with 19 species.

Regarding economic importance, special attention must be paid to the phytophagous ants of *Tapinoma* genus, that can originate direct damage, and the argentine ant, *L. humile*, which interferes with the activity of natural enemies, disrupting biological control of pests.

Key-words: ants, Formicidae, trophic interactions, pests, citrus, Portugal

EXTENDED ABSTRACT

Ants (Hymenoptera, Formicidae) may play an important economic role in citrus orchards, either by causing damage in trees or induce pest's outbreaks, due to interactions with injurious honeydew-producing insects, or even by being potential predators of other arthropods. The present study was aimed at identifying the ant species associated to tree canopy in citrus orchards, in the southern region of Portugal, Algarve, and understanding their possible interactions with homopteran insect pests, as well as determining the ant species responsible for direct damage. Samples were collected in 49 citrus orchards, along the subregions of Litoral, Barrocal and Serra, between July and August 2007, by visual observation of tree canopy, during ca. 60 seconds per tree, in 20 trees per orchard. The association with citrus insect pests was recorded. The specimens collected were preserved in 96% ethanol for identification. In all, 2812 ants were identified comprising 12 different genera and 26 species. The most common species were *Linepithema humile* (Mayr), *Plagiolepis pygmaea* Latreille and *Pheidole pallidula* (Nylander). The species with higher relative frequency, according to the number of sampled trees, was *Linepithema humile* (Mayr), while *Plagiolepis pygmaea* Latreille was the most frequent specie in the region, according to the number of sampled orchards. Nineteen species are reported for the first time in citrus, in Portugal, and ten are first records, in citrus, in the world. The higher number of species was found in the Serra subregion, with 19 species. Formicinae was the subfamily with higher diversity, with about 50% of sampled species and *Camponotus* was the richest genus, with seven species. The most common species were also the ones that established a higher level of interactions with insect pests, in the orchards. Of the 26 species of ants identified, 18 were associated to three groups of homopteran insect pests, namely aphids (*Aphis spiraecola* Pagenstecher, *Aphis gossypii* Glover and *Toxoptera aurantii* (Boyer of Fonscolombe)), whiteflies (*Aleurothrixus floccosus* Maskell and *Paraleyrodes* spp.) and scale insects (mealybugs, *Planococcus citri* (Risso) and *Pseudococcus calceolariae* (Maskell), cottony cushion scale, *Icerya purchasi* Maskell, and brown soft scale, *Coccus hesperidum* Linnaeus). Regarding economic importance, special attention must be paid to the phytophagous ants of *Tapinoma* genus, that can originate direct damage, and the argentine ant, *L. humile*, which interferes with the activity of natural enemies, disrupting biological control of pests. No significant differences were found between subregions (Serra, Barrocal and Litoral) for Shannon, Margalef and Simpson indices. According to Chao1, Chao2, ACE ("Abundance-base Coverage Estimator"), ICE ("Incidence-based Coverage Estimator"), Jackknife1, Jackknife2, Bootstrap and Michaelis-Menten models estimates, the number of ants species associated to citrus orchards in Algarve may be higher than 29. Based on the

comparison with other studies carried out in Spain using different approaches, it is suggested that the methodology used in this study, i.e., extensive sampling (49 plots), by visual observation, in a short period in the summer, is the most appropriate to estimate the composition of the communities of ants associated to citrus orchards within a region.

ÍNDICE

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
EXTENDED ABSTRACT.....	3
ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE QUADROS.....	9
I. INTRODUÇÃO.....	10
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
1. Formicidae.....	12
1.1. Posição sistemática.....	12
1.2. Morfologia.....	12
2. Formigas referenciadas em citrinos.....	14
2.1. A nível mundial.....	14
2.2. Em Portugal.....	14
3. Comportamento e ecologia das espécies.....	16
4. Importância económica.....	21
4.1. Estatuto de praga.....	21
4.2. As formigas como potenciais agentes de limitação natural.....	24
5. Estratégias de protecção de culturas relativamente a formigas.....	27
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
1. Área de estudo.....	29
2. Amostragem.....	30
2.1. Técnica de amostragem.....	30
2.2. Programa de amostragem.....	31
3. Identificação dos espécimes.....	32
4. Análise estatística e tratamento dos dados.....	33
IV. RESULTADOS.....	37
1. Espécies de formigas identificadas.....	37
2. Frequência relativa das espécies.....	42
3. Interações tróficas observadas.....	44
4. Índices de diversidade.....	48
5. Estimativa da riqueza de espécies.....	49
6. Espécies e variáveis ambientais.....	51
7. Associação entre espécies.....	53

V. DISCUSSÃO.....	54
VI. CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
AGRADECIMENTOS.....	65
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Esquema ilustrativo de alguns aspectos morfológicos das formigas: a) perfil de <i>Linepithema humile</i> (Mayr), onde são evidenciadas as regiões do corpo e o pecíolo erecto, típico desta espécie; Ca – cabeça; Me – mesossoma; Pe – pecíolo; Ga – gáster; Pr – pronoto; Ms – mesonoto; Mt – metanoto; Pp – propódeo; b) perfil de formiga Myrmicinae, evidenciando o pecíolo e o pós-pecíolo característico desta subfamília; c) perfil de formiga do género <i>Tapinoma</i> , em que o pecíolo se encontra reduzido (adaptado de Moore & Koehler 1980).....	13
Fig. 2 – a) Esquema ilustrativo da constituição de uma antena, evidenciando a massa característica de algumas espécies (adaptado de Bolton <i>et al.</i> 2003); b) perfil da cabeça de <i>Pheidole pallidula</i> (Nylander), ilustrando a massa de três artículos (original da autora); c) cabeça de <i>Aphaenogaster senilis</i> Mayr, ilustrando a massa de cinco artículos (original da autora).....	13
Fig. 3 – Abrigos construídos por <i>Linepithema humile</i> (Mayr), sobre colónia de <i>Planococcus citri</i> (Risso), em laranjeira (Franco <i>et al.</i> 2000).....	23
Fig. 4 – Região do Algarve, evidenciando as três sub-regiões: Barrocal, Litoral e Serra (Lopes & Monteiro 2004).....	29
Fig. 5 – Recolha de exemplares de formigas na copa de uma árvore; à direita, pormenor da colheita de uma amostra, recorrendo a um pincel (originais da autora).....	31
Fig. 6 – Pomares exemplificativos das sub-regiões amostradas: a) Litoral; b) Barrocal; c) Serra; à direita, é evidenciado o pormenor dos solos característicos de cada sub-região; a ₁) solos mais arenosos, por vezes, com a presença de ninhos de formigas; b ₁) solos avermelhados, mais argilosos; c ₁) solos com relevo acentuado, cuja predominância de rochas compactas é mais frequente (originais da autora).....	32
Fig. 7 – Identificação dos exemplares, à lupa binocular (originais da autora).....	33
Fig. 8 – Espécies de formigas identificadas no presente estudo: a) <i>Plagiolepis schmitzii</i> ; b) <i>Linepithema humile</i> ; c) <i>P. pygmaea</i> ; d) pormenor da configuração da antena de <i>P. pygmaea</i> ; e) pormenor da configuração da antena de <i>P. schmitzii</i> ; f) <i>Tapinoma erraticum</i> ; g) <i>T. nigerrimum</i> ; h) <i>T. simrothi</i> ; i) <i>Tetramorium semilaeve</i> ; j) obreira de <i>Pheidole pallidula</i> ; l) soldado de <i>Ph. pallidula</i> ; m) <i>Crematogaster scutellaris</i> ; n) <i>Cr. sordidula</i> ; o) <i>Cr. auberti</i> ; p) <i>Camponotus lateralis</i> ; q) <i>C. figaro</i> ; r) <i>C. piceus</i> (originais da autora); s) <i>Camponotus foreli</i> ; t) <i>C. sylvaticus</i> ; u) <i>C. gestroi</i> ; v) <i>C. micans</i> ; x) <i>Hypoponera eduardi</i> ; z) <i>Messor structor</i> ; a') <i>Formica cunicularia</i> ; b') <i>F. fusca</i> ; c') <i>Aphaenogaster senilis</i> ; d') <i>Lasius brunneus</i> ; e') <i>L. niger</i> ; f) pormenor da cabeça de <i>L. niger</i> , evidenciando a pubescência do clipeo mais curta e densa; g') <i>L. grandis</i> ; h') pormenor da cabeça de <i>L. grandis</i> evidenciando a pubescência do clipeo, mais comprida e dispersa (adaptado de Gómez & Espadaler 2007 e Lush 2007).....	38
Fig. 9 – Número de espécies de formigas identificadas por subfamília.....	42
Fig. 10 – Número de espécies de formigas identificadas por género.....	43

Fig. 11 – Distribuição de frequências relativas (%), por pomar e árvore, das espécies de formigas identificadas.....	43
Fig. 12 – Afídeos observados em citrinos: a) e c) associação com <i>Linepithema humile</i> : b) e d) enrolamento foliar provocado por afídeos (originais da autora).....	45
Fig. 13 – Formigas em interacção com mosquinhas brancas dos citrinos: a) <i>Camponotus foreli</i> ; b) <i>C. sylvaticus</i> ; c) melada de mosquinha branca dos citrinos; d) e e) <i>Plagiolepis pygmaea</i> ; f) <i>Lasius</i> sp. (originais da autora).....	45
Fig. 14 – Interações entre formigas e cochonilhas: a) <i>Linepithema humile</i> (Mayr) associada a <i>Pseudococcus calceolariae</i> ; b) <i>L. humile</i> associada a <i>Planococcus citri</i> ; c) <i>Lasius</i> sp. e <i>Tapinoma</i> sp. (d, e) associadas a cochonilha australiana <i>Icerya purchasi</i> ; f) e g) interacção entre <i>L. humile</i> e lapa da laranjeira <i>Coccus hesperidum</i> (originais da autora).....	46
Fig. 15 – Estragos directos, em folhas e rebentos jovens, provocados por formigas do género <i>Tapinoma</i> (originais da autora).....	47
Fig. 16 – Índices de diversidade por sub-região Algarvia.....	48
Fig. 17 – Número acumulado de espécies de formigas identificadas, na região, em função do número de pomares amostrados, de acordo com a sequência de amostragem realizada. A curva a negro corresponde ao ajuste da linha de tendência (logarítmica) e os losangos, aos valores observados.....	49
Fig. 18 – Curvas de acumulação de espécies segundo oito estimadores, Chao1, Chao2, ACE (“Abundance-base Coverage Estimator”), ICE (“Incidence-based Coverage Estimator”), Jackknife1, Jackknife2, Bootstrap e Michaelis-Menten. Cada ponto é a média de 100 estimativas baseadas em 100 casualizações, a partir dos dados das amostras colhidas (Colwell 2006).....	50
Fig. 19 – Fig. 19 – Diagrama baseado no método de análise de Componentes Principais (PCA). Composição da comunidade de formigas presente. Os círculos a branco indicam as parcelas do Litoral, enquanto que a cinzento indicam o Barrocal e a preto indicam a Serra. <i>Apha</i> = <i>A. senilis</i> , <i>Cges</i> = <i>C. gestroi</i> , <i>Cfig</i> = <i>C. figaro</i> , <i>Cfor</i> = <i>C. foreli</i> , <i>Clat</i> = <i>C. lateralis</i> , <i>Cmic</i> = <i>C. micans</i> , <i>Cpic</i> = <i>C. piceus</i> , <i>Csyl</i> = <i>C. sylvaticus</i> , <i>Caub</i> = <i>C. auberti</i> , <i>Cscu</i> = <i>C. scutellaris</i> , <i>Csor</i> = <i>C. sordidula</i> , <i>Fcun</i> = <i>F. cunicularia</i> , <i>Ffus</i> = <i>F. fusca</i> , <i>Hypo</i> = <i>H. eduardi</i> , <i>Lbru</i> = <i>L. breunneus</i> , <i>Lgra</i> = <i>L. grandis</i> , <i>Lnig</i> = <i>L. niger</i> , <i>Line</i> = <i>L. humile</i> , <i>Mess</i> = <i>M. structor</i> , <i>Phei</i> = <i>Ph. pallidula</i> , <i>Ppyg</i> = <i>P. pygmaea</i> , <i>Psch</i> = <i>P. schmitzii</i> , <i>Terr</i> = <i>T. erraticum</i> , <i>Tnig</i> = <i>T. nigerrimum</i> , <i>Tsim</i> = <i>T. simrothi</i> , <i>Tetr</i> = <i>T. Semilaeve</i>	51
Fig. 20 – Distribuição de frequências das espécies de formigas que apareceram isoladas, em algumas parcelas de citrinos.....	52
Fig. 21 – Distribuição de frequências do número de espécies de formigas identificadas por parcela em pomares de citrinos, na região do Algarve.....	53
Fig. 22 – Diversidade (nº espécies) das comunidades de formigas identificadas em pomares de citrinos, nas três sub-regiões do Algarve, e número de espécies partilhadas.....	56

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Espécies de formigas identificadas, em função da parcela e do método de amostragem, no ensaio preliminar realizado em três parcelas de limoeiro, no concelho de Mafra.....	30
Quadro 2 – Espécies de formigas, respectivo número de exemplares identificados e pomares de citrinos onde foram colhidos, nas três sub-regiões do Algarve.....	37
Quadro 3 – Número de árvores em que cada espécie de formiga foi observada a estabelecer relações tróficas com homópteros, nos pomares de citrinos amostrados, ou evidenciou fitofagia na cultura.....	44
Quadro 4 – Estimativa da riqueza potencial de espécies de formigas existentes em pomares de citrinos, na região do Algarve, com base em diferentes métodos. Utilizou-se PTR (%) = $(S_{est}/S_{obs}) * 100$ (“Percent of True Richness”), para medir a precisão dos estimadores (Brose 2002, Colwell 2006).....	49

I. INTRODUÇÃO

O Algarve é a principal região produtora de citrinos em Portugal. Nos últimos anos, registou-se aumento significativo na área de produção de citrinos, em muito devido ao esforço investido na reestruturação dos pomares existentes, através de medidas de modernização, reconversão e diversificação das explorações agrícolas. A superfície actual ronda os 18 000 hectares, representando cerca de 68% da área continental. É no Algarve que se concentra a maioria das explorações com pomares de laranjeiras e tangerineiras, enquanto que o limoeiro se encontra disperso um pouco por todo o país, acompanhando frequentemente as bordaduras de outras culturas ou coexistindo com outras espécies citrícolas (MADRP 2007).

As formigas (Hymenoptera, Formicidae) estão presentes em quase todos os ecossistemas terrestres. A sua literatura é bastante extensa, mas a maior parte das publicações tratam da sua biologia, fisiologia, comportamento ou ecologia em laboratório ou em ambientes não agrícolas. Relativamente poucos trabalhos falam das formigas associadas a culturas, incluindo os citrinos. Contudo, estes insectos podem desempenhar papel importante na dinâmica da produção de citrinos e no êxito do sistema de produção (Haney 1988).

Na maioria dos casos, existe um complexo de espécies de formigas presente no pomar, sendo algumas benéficas, outras indiferentes, e uma ou duas são consideradas pragas importantes (Haney 1988). Em Portugal, dois géneros têm assumido importância económica, em pomares de citrinos, por ocasionarem estragos directos na cultura, ou constituírem factores de nocividade de outras pragas, por estabelecerem interacções tróficas com espécies excretoras de melada (Carvalho *et al.* 1999). As formigas fitófagas do género *Tapinoma*, frequentemente, assumem estatuto de praga, na região do Algarve. Alimentam-se directamente de tecidos vegetais, nomeadamente folhas, rebentos e botões florais, provocando estragos directos, sobretudo, em pomares jovens (Carvalho *et al.* 1999). A formiga-argentina, *Linepithema humile* (Mayr), é uma espécie invasora que assume estatuto de praga, por constituir factor de nocividade de outras pragas, ao estabelecer associações mutualistas com insectos homópteros (e.g., afídeos, cochonilhas, mosquinhas brancas). Através da recolha de melada, estimula a excreção das pragas, favorecendo o seu desenvolvimento, possibilitando-lhes maior taxa de assimilação de seiva a partir do floema. Interfere, igualmente, na protecção biológica, reduzindo a eficácia dos inimigos naturais das espécies excretoras de melada e de outras pragas. Sendo a formiga-argentina uma espécie extremamente agressiva, protege as pragas em relação a determinados predadores e / ou parasitóides, chegando, por vezes, a construir abrigos, envolvendo colónias, protegendo-as

de condições ambientais desfavoráveis, ou mesmo, a transportar homópteros, funcionando assim como agente de dispersão (Carvalho *et al.* 1999, Franco *et al.* 2000).

As formigas podem, ainda, assumir importância económica, por serem predadoras de outros artrópodes (Urbaneja *et al.* 2005, 2006).

O presente trabalho teve como principais objectivos:

1) Estudar a abundância e diversidade de formigas em pomares de citrinos, na região do Algarve, identificando as espécies presentes na copa das árvores, em amostragens estratificadas nas três sub-regiões, Litoral, Barrocal e Serra;

2) Estimar as relações tróficas das espécies mais representativas, nomeadamente, aquelas que podem provocar estragos directos e / ou funcionar como factores de nocividade de outras pragas.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Formicidae

As formigas englobam mais de 12 000 espécies e 200 géneros em todo o mundo. Na Península Ibérica, existem cerca de 270 espécies, distribuídas por mais de 40 géneros diferentes (Gómez & Espadaler 2007).

São insectos sociais que vivem em comunidades de dimensão variável, desde alguns indivíduos, a centenas de milhares, dependendo do comportamento das espécies. Apresentam biologia muito variável. As colónias são perenes e a maioria apresenta castas reprodutoras (rainhas e machos) e castas não reprodutoras (obreiras). Podem diferenciar-se em subcastas, de acordo com a dimensão, ou funções específicas (e.g., soldados). A comunidade depende da trofalaxia entre os indivíduos da colónia (Collingwood & Prince 1998).

1.1. Posição sistemática

As formigas pertencem à ordem Hymenoptera e estão reunidas numa única família, Formicidae. Em Portugal, estão representadas cinco subfamílias: Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae, Ponerinae e Amblyoponinae (Collingwood & Prince 1998, Boieiro *et al.* 2002).

1.2. Morfologia

As formigas diferem de outros insectos pelo primeiro segmento abdominal (propódeo) se ter fundido com o tórax, formando um tórax aparente (mesossoma), e por possuírem constrição (o pecíolo) entre o propódeo e o gáster, que pode apresentar um ou dois nódulos distintos. Neste último caso, o segundo nódulo denomina-se pós-pecíolo. O pecíolo pode encontrar-se erecto (e.g., formiga-argentina), reduzido e escondido pelo gáster (e.g., *Tapinoma* spp.), ou mais ou menos arredondado (Fig. 1).

Possuem antenas geniculadas, com artículo basal (escapo) alongado. Apresentam um número médio de 4-12 artículos nas fêmeas e 9-13 nos machos (Gómez & Espadaler 2007). Os últimos dois, três, quatro ou cinco artículos podem constituir uma massa, característica de algumas espécies (Fig. 2).

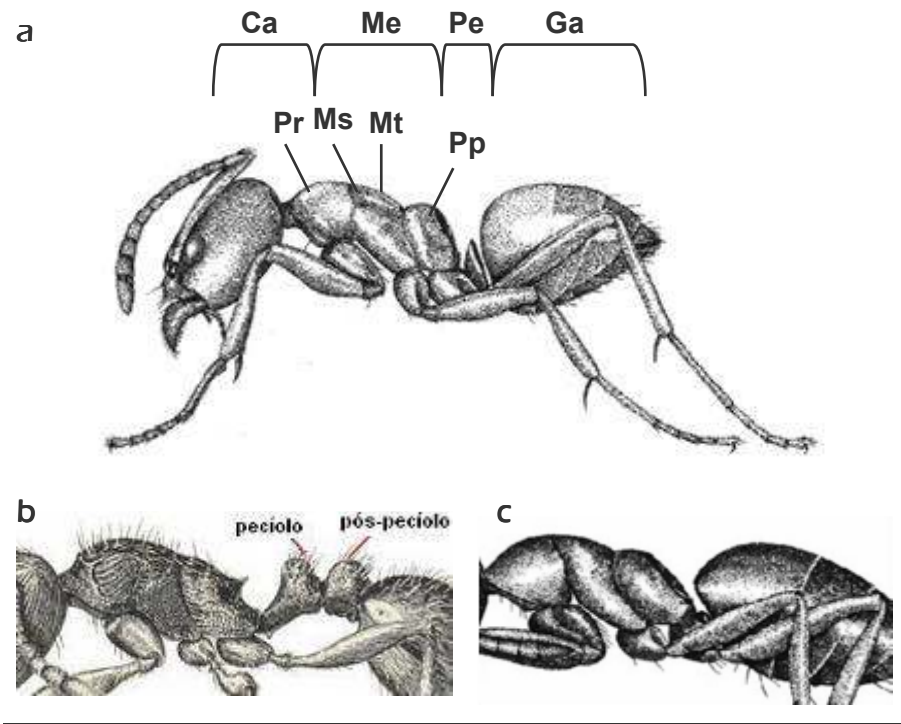


Fig. 1 – Esquema ilustrativo de alguns aspectos morfológicos das formigas: a) perfil de *Linepithema humile* (Mayr), onde são evidenciadas as regiões do corpo e o peciolo erecto, típico desta espécie; Ca – cabeça; Me – mesossoma; Pe – peciolo; Ga – gáster; Pr – pronoto; Ms – mesonoto; Mt – metanoto; Pp – propódeo; b) perfil de formiga Myrmicinae, evidenciando o peciolo e o pós-peciolo característico desta subfamília; c) perfil de formiga do género *Tapinoma*, em que o peciolo se encontra reduzido (adaptado de Moore & Koehler 1980).

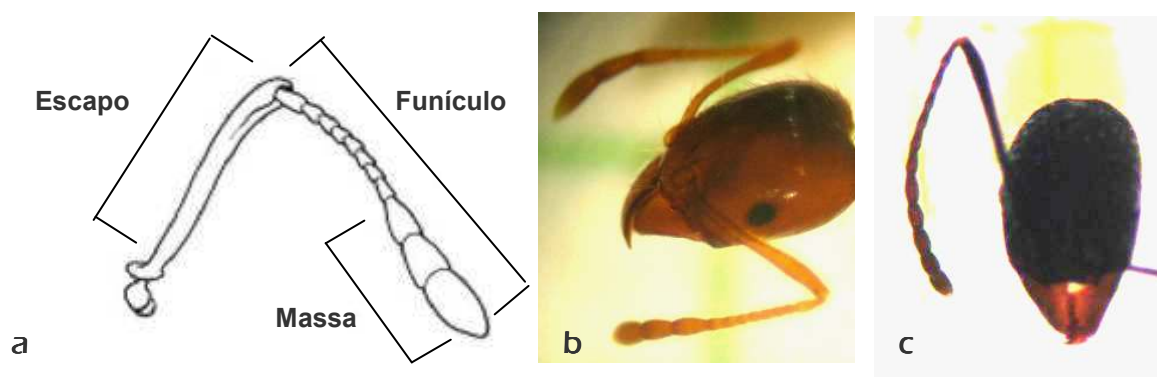


Fig. 2 – a) Esquema ilustrativo da constituição de uma antena, evidenciado a massa característica de algumas espécies (adaptado de Bolton *et al.* 2003); b) perfil da cabeça de *Pheidole pallidula* (Nylander), ilustrando a massa de três artículos (original da autora); c) cabeça de *Aphaenogaster senilis* Mayr, ilustrando a massa de cinco artículos (original da autora).

2. Formigas referenciadas em citrinos

2.1. A nível mundial

Inúmeras espécies de formigas têm sido descritas na cultura dos citrinos, a nível mundial. Haney (1988) efectuou uma revisão, reunindo informação de cerca de 50 países, pertencentes a sete áreas geográficas principais, nomeadamente 1) Médio Oriente / Mediterrâneo e Norte de África, 2) África Central e do Sul, 3) Oriente, 4) Oceânia e Austrália, e 5) América do Norte (Florida, Texas, Califórnia e México), tendo inventariado 295 espécies, distribuídas por 62 géneros e seis subfamílias.

Na África do Sul, Samways *et al.* (1982) identificaram 123 espécies de formigas, enquanto que em Israel foram identificadas 13 espécies, a maioria associadas a pragas de citrinos (Alvis & Garcia-Marí 2006).

Segundo Haney (1988) e Reuther *et al.* (1989), na Califórnia, estão descritas 23 espécies de formigas em citrinos, enquanto que para a Florida, são referidas 30 espécies (Haney 1988, Reuther *et al.* 1989, Knapp & Wojck 1992).

Recentemente, realizaram-se, em Espanha, estudos sobre as comunidades de formigas, em pomares de citrinos, nas regiões de Valência e Tarragona, tendo sido identificadas 20 e 14 espécies, respectivamente, correspondendo a 26 espécies no total (Palacios *et al.* 1999, Vanaclocha *et al.* 2005, Alvis & Garcia-Marí 2006, Urbaneja *et al.* 2006; Anexo 1).

Apresenta-se uma actualização da informação sistematizada por Haney (1998), elevando para 346 o número de espécies de formigas referenciadas em citrinos, a nível mundial, englobando 68 géneros e sete subfamílias (Anexo 2).

2.2. Em Portugal

São cerca de 130 as espécies de formigas identificadas em Portugal continental (Collingwood & Prince 1998, Boieiro *et al.* 2002, Salgueiro 2002, 2003, Gómez & Espadaler 2007; Anexo 3).

Nos registos da Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve (DRAPALG), referentes a consultas fitossanitárias, entre 1993 e 2002, estão referenciadas as seguintes espécies de formigas, na cultura dos citrinos: *Tapinoma simrothi* Krausse, *Tapinoma erraticum* (Latreille); *Tapinoma nigerrimum* (Nylander), *Crematogaster scutellaris* (Olivier) e *Plagiolepis pygmaea* (Latreille) (Anexo 4). Das espécies de formigas referenciadas em citrinos a nível mundial (Anexo 2), 28 existem em Portugal e, destas, sete estão assinaladas

em citrinos (Carvalho & Aguiar 1997, Carvalho *et al.* 1999, Franco *et al.* 2006a, 2006b): *C. scutellaris*, *T. erraticum*, *T. simrothi*, *T. nigerrimum*, *L. humile*, *P. pygmaea* e *Lasius niger* (Linnaeus).

É feita uma breve descrição de alguns géneros e espécies referenciados em citrinos, em Portugal:

- *Crematogaster scutellaris* é bicolor, de cabeça avermelhada, contrastando com a parte posterior do corpo, escurecida; vive na base de árvores velhas, onde a madeira se encontra parcialmente podre; na Europa, todas as espécies do género *Crematogaster* dependem de meladas de afídeos (Collingwood & Prince 1998);
- Collingwood & Prince (1998) referem quatro espécies de *Tapinoma* para Portugal, *T. erraticum*, *T. simrothi*, *T. nigerrimum* e *Tapinoma ambiguum* Emery; contudo, segundo Agosti & Johnson (2005), esta última é sinonímia de *T. erraticum*, que se trata de uma espécie serrana; *T. nigerrimum* é a mais comum no Sul de Portugal, e distingue-se das outras, por ser polimórfica e a maior das espécies ibéricas (3,2 - 5,2 mm); *T. simrothi* abunda em toda a costa do Norte de África e Médio Oriente e, à semelhança da formiga-argentina, é uma espécie invasora, provavelmente, restrita a áreas costeiras da Península Ibérica (Collingwood & Prince 1998);
- A formiga-argentina é uma espécie exótica, introduzida em Portugal, por volta de 1890 (Dias 1955), que invadiu toda a região costeira do país, tanto em habitats urbanos, como nos mais variados ecossistemas agrários, sendo das espécies mais comuns nas plantações de citrinos; é acastanhada, com abdómen escurecido, medindo cerca de 2,2 a 2,6 mm (Reuther *et al.* 1989, Collingwood & Prince 1998, Carvalho *et al.* 1999);
- O género *Plagiolepis* inclui duas espécies comuns, bem distribuídas em Portugal, estando *P. pygmaea* referenciada em citrinos; são espécies pequenas (< 3 mm), pacíficas, predadoras de ácaros e pequenos artrópodes; *P. pygmaea* distingue-se de *P. schmitzii*, pela configuração da antena; apresenta o segundo e terceiro antenómeros quadrangulares, subiguais, menores que o quarto (Collingwood & Prince 1998);
- Todas as formigas do género *Lasius*, representado em Portugal com oito espécies, dependem largamente de melada excretada por afídeos, complementando a sua alimentação através da predação de pequenos artrópodes, incluindo afídeos (Collingwood & Prince 1998); apenas *L. niger* está referenciada em citrinos, na ilha da Madeira (Carvalho & Aguiar 1997, Franco *et al.* 2006a, 2006b).

3. Comportamento e ecologia das espécies

Haney (1988) refere que, segundo Buren & Whitcomb (1977), existem três grupos de formigas, no que respeita à sua ecologia: 1) espécies que nidificam e procuram alimento nas árvores; 2) espécies que nidificam no solo, ou perto deste, procurando alimento à superfície; e 3) espécies criptobióticas, na maioria, formigas de pequeno tamanho, que nidificam e procuram alimento no subsolo. Haney (1988) propôs uma modificação desta classificação, no que concerne ao comportamento e ecologia das formigas associadas aos citrinos. Considerou a existência de cinco classes: 1) espécies colectoras de sementes, que nidificam, normalmente, em espaços abertos, expostos, frequentemente quentes, nos limites das plantações; colhem grande número de sementes de diferentes espécies vegetais, incluindo adventícias (e.g., *Messor barbarus* (Linnaeus), no Médio Oriente e Norte de África, colhe cerca de 50 a 100 l por ano); podem suplementar a sua dieta predando ou recolhendo cadáveres de outros artrópodes; 2) espécies cortadoras de folhas, que ocorrem em regiões tropicais e subtropicais e mantêm culturas de fungos, nas folhas que recortam de pomares de citrinos (e.g., espécies dos géneros *Atta* e *Acromyrmex*); 3) espécies colectoras de melada, cuja alimentação deriva, em grande parte, de excreções de homópteros, associados aos citrinos, i.e., meladas, podendo suplementar a sua dieta com proteína, nomeadamente, através da predação, capturando presas vivas, em geral, artrópodes, ou recolhendo cadáveres de artrópodes e / ou outros invertebrados; podem nidificar tanto em árvores, como no solo; 4) espécies predadoras, que capturam agressivamente presas vivas; podem ser exclusivamente predadoras, como é o caso, por exemplo, dos géneros *Pseudomyrmex*, *Odontomachus*, *Hypoponera* e *Tetraponera*; outras, também, colhem melada; e 5) espécies omnívoras, que capturam presas vivas, colhem activamente melada e podem, ainda, suplementar a sua dieta com material vegetal; por exemplo, a dieta de *Formica rufa* Linnaeus compreende 62% de melada, 5% de resina, fungos, cadáveres e sementes e 33% de presas vivas (Way & Khoo 1992); as formigas pertencentes a esta classe são, normalmente, dominantes no habitat citrícola e as mais difíceis de controlar.

Haney (1988) refere ser comum, em muitos países produtores de citrinos, encontrarem-se as cinco classes de formigas, em simultâneo, no mesmo pomar. Em Portugal, é pouco provável que isso aconteça, uma vez que não há referências, segundo a classificação de Haney (1988), de formigas cortadoras de folhas, e as formigas colectoras de sementes apresentam pouca expressão no país (Collingwood & Prince 1998).

As formigas colectoras de melada podem ser raras, na ausência dos seus mutualistas, e muito abundantes, na sua presença (Samways 1983).

Em geral, as formigas colectoras de sementes dos géneros *Pogonomyrmex* e *Veromessor*, na região Neotropical, e *Messor*, no Médio Oriente, Norte de África e

Mediterrâneo, juntamente com as formigas primariamente predadoras das subfamílias Ponerinae, Dorylinae e Pseudomyrmicinae podem ser, segundo Haney (1988), consideradas benéficas, no contexto da fauna do pomar. Capturam vasta gama de artrópodes, incluindo potenciais vectores de doenças, e competem com outras espécies de formigas, potencialmente nocivas. Uma vez a colónia bem estabelecida, pode ser capaz de evitar ou reduzir as espécies intrusas, prejudiciais ao pomar. Este assunto será abordado no ponto 3.2.2..

Relações tróficas

A organização social e abundância das formigas conferem-lhes importante papel nos ecossistemas, nomeadamente nas cadeias tróficas (Collingwood & Prince 1998). As formigas estabelecem relações mutualistas com insectos homópteros excretores de melada, que, em troca de alimento, lhes oferecem vasta gama de serviços, nomeadamente, protecção contra inimigos naturais (Way 1963, Buckley 1987, Gullan 1997, Itioka & Inoue 1999). Este tipo de mutualismo é chamado trofobiose (Way 1963, Gulan 1997, Delabie 2001) e as formigas envolvidas nestas relações trofobióticas são, sobretudo, as pertencentes às subfamílias Dolichoderinae, Formicinae e Myrmicinae (Samways *et al.* 1982).

A literatura documenta interacções entre formigas e diferentes grupos de homópteros (Way 1963, Buckley 1987, Delabie 2001), incluindo afídeos (Samways 1993), mosquinhas brancas (Queiroz & Oliveira 2001) e cochonilhas das famílias Pseudococcidae (Buckley 1991, Samways 1993, Franco *et al.* 2000), Coccidae (Bach 1991, Buckley 1991, Gullan 1997) e Margarodidae (Bodenheimer 1951). As mais comuns são, sem dúvida, as associações com afídeos e cochonilhas Pseudococcidae e Coccidae, possivelmente, pela ausência ou reduzida mobilidade (cochonilhas), ou pela abundância e qualidade da melada produzida (afídeos). Talvez, por estas razões, seja comum observar, nestes insectos, diversas adaptações / alterações morfológicas ou comportamentais, destinadas a facilitar a interacção com as formigas (Way 1963, Delabie 2001). Particularmente, os afídeos parecem apresentar modificações comportamentais, estruturais e do seu ciclo de vida. As primeiras têm que ver com a excreção de melada. Na ausência das formigas, a maioria dos afídeos remove a gotícula de melada que produz, com a tibia, cauda, ou contraindo o abdómen ou o recto. A formiga examina, explora o abdómen do afídeo com o toque das suas antenas, estimula-o a expelir uma gotícula de melada, mas simultaneamente, inibe o afídeo de a projectar. A adaptação estrutural mais significativa é a presença de um conjunto de sedas na região anal de espécies de afídeos mutualistas de formigas, facultando a recolha da gotícula de melada pela formiga. As formigas preferem afídeos com caudas e sifões curtos, permitindo-lhes um melhor acesso ao abdómen. Quanto às adaptações estruturais que os

afídeos possuem contra os seus inimigos naturais, encontram-se pouco desenvolvidas em espécies, frequentemente, associadas a formigas. A produção de indivíduos alados pode ser atrasada, provavelmente pela formiga, ou será uma adaptação dos afídeos a estas associadas. Em relação aos ciclos de vida, os Pseudococcidae e Coccidae estão, presumivelmente, bem adaptados à associação com formigas, enquanto que com algumas espécies de afídeos holocíclicas e polífagas a associação contínua com formigas é evitada (e.g., *Aphis fabae* Scopoli) (Way 1963, Gullan 1997).

As formigas apresentam diferentes níveis de agressividade, em função de factores como a espécie do parasitóide ou a abundância de melada (Gross 1993). O nível de agressividade de *L. humile* aumenta, quando a melada é escassa e, conseqüentemente, a densidade populacional dos homópteros é mais baixa (Way 1963). As mais agressivas podem afectar a taxa de mortalidade dos inimigos naturais das pragas, funcionando, por isso, como factores de nocividade. Em geral, quanto maior a agressividade, mais eficiente é a protecção que oferecem a insectos homópteros (Buckley & Gullan 1991).

Determinada praga pode associar-se a uma gama diversa de espécies de formigas. Contudo, preferem estabelecer relações mutualistas com aquelas que melhor as protegem. No Japão, Iitaka & Inoue (1999) estudaram a preferência da cochonilha algodão dos citrinos, *Pseudococcus cryptus* Hempel, perante duas espécies de formigas, *Pristomyrmex punctatus* (Smith) (= *Pristomyrmex pungens* Mayr) (Agosti & Johnson 2005) e *Lasius niger*. Verificaram que o aumento populacional da referida cochonilha teve lugar com maior intensidade na presença de *L. niger*, espécie mais eficiente. A competição interespecífica entre formigas é um factor determinante na sua distribuição espacial.

Já a eleição das formigas, por determinados homópteros, depende de um conjunto mais abrangente de factores como: o grau de perturbação das formigas ou dos seus trofobiontes (Way 1963); o número de formigas associadas; o grau de especialização da formiga propensa à interacção (Gullan 1997); a densidade de homópteros, bem como a sua habilidade para produzir melada de qualidade e em quantidade; e o défice de proteínas na dieta da formiga (Way 1963). A melada excretada pelos homópteros fornece às formigas uma fonte de energia preciosa. Contudo, nem toda a melada é igualmente atractiva. A formiga-argentina parece preferir a melada de *Coccus hesperidum* Linnaeus, à de outros coccídeos (Gullan 1997), enquanto que *L. niger* prefere a melada rica em trissacáridos de *Brachycaudus cardui* (Linnaeus), à de *A. fabae*, embora ambos produzam a mesma quantidade de melada (Völkl *et al.* 1999).

Existem associações, notoriamente, mais importantes do que outras. A associação *Anoplolepis custodiens* (F. Smith) / afídeos não conduz tão facilmente, como *A. custodiens* / cochonilhas Pseudococcidae ou Coccidae, à ocorrência de pululações na cochonilha pinta-vermelha (Samways *et al.* 1982). O grau de especificidade da relação formiga / homóptero

depende dos hábitos dos intervenientes, dos habitats e da duração da associação (Gullan 1997).

Em relação aos Coccidae, existem relações de mutualismo facultativo ou obrigatório com formigas (Gullan 1997), em que estas se alimentam de melada excretada, podendo também alimentar-se, regularmente ou em determinadas circunstâncias, dos próprios insectos. Em troca, as formigas oferecem protecção em relação a inimigos naturais e à contaminação pela melada.

As mais importantes pragas de formigas, como *L. humile*, *Pheidole megacephala* (Fabricius), e *Solenopsis* spp., frequentemente, surgem associadas a coccídeos e outros homópteros (Samways *et al.* 1982).

Gullan (1997) reuniu alguns estudos de interacções entre formigas e coccídeos, nomeadamente, nos citrinos. Em pomares de laranjeira, na África do Sul, a formiga *Anoplolepis custodiens* (Smith) aparece associada a *C. hesperidum*, pelo que a exclusão desta formiga resultou na possível eliminação da praga, devido ao aumento da predação e parasitismo. Também, associada a *C. hesperidum*, a exclusão de *L. humile*, em citrinos, na Califórnia, tanto em ensaios de laboratório, como no campo, e ainda em laranjeiras ornamentais, resultou no aumento do parasitismo, assim como asfixia por contaminação com melada, no caso das laranjeiras ornamentais. Igualmente, na Califórnia, em citrinos, mas numa associação diferente, em ensaios de campo e laboratório, a exclusão da formiga-argentina fez aumentar a predação e o parasitismo em *Saissetia oleae* (Olivier). A exclusão de *Azteca* spp., a fim de evitar a interacção com *Coccus viridis* (Green), em pomares de laranjeira, em Trinidad e Tobago, resultou no aumento do parasitismo, contaminação pela melada e aparecimento de fungos saprófitas, culminando na eliminação potencial da praga. Num ensaio, efectuado em laranjeira, no Sri Lanka, a exclusão de *Technomyrmex albipes* (F. Smith) fez aumentar a mortalidade de *C. viridis*, não pelos inimigos naturais, mas devido à contaminação pela melada e fumagina. A ausência de *Azteca* spp. na sua associação com *Toumeyella* spp., em pomares de laranjeira, em Trinidad e Tobago, resultou no colapso de abrigos, no aumento de predação e na sua eliminação.

Até à década de 40, não se conhecia qualquer relação entre formigas e cochonilhas Diaspididae. Mas várias observações contribuíram para a evidência de que interacções, directas ou indirectas, sucedem entre formigas e diaspidídeos (Ben-Dov 1990). Interacções indirectas ocorrem em plantas, onde formigas, inicialmente atraídas por meladas de afídeos ou coccídeos, interferem na actividade regular dos inimigos naturais de diaspidídeos, com consequência no aumento dos níveis populacionais da praga (Ben-Dov 1990). Martinez-Ferrer *et al.* (2003) estudaram a influência relativa de três espécies de formigas (*Solenopsis xyloni* McCook, *Linepithema humile* (Mayr) e *Formica aerata* (Francoeur)), no parasitismo da cochonilha pinta-vermelha, *Aonidiella aurantii* (Maskell), em laboratório, para dois

parasitóides (*Comperiella bifasciata* Howard e *Aphytis melinus* DeBach), tendo observado redução da percentagem de parasitismo, na presença de formigas, assim como uma redução da mutilação da praga por *A. melinus*.

São onze as espécies de afídeos referenciadas em citrinos, em Portugal: *Aphis craccivora* Koch, *Aphis fabae* Scopoli, *Aphis gossypii* Glover, *Aphis spiraecola* Patch, *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Myzus ornatus* Laing, *Myzus persicae* (Sulzer), *Neomyzus circumflexum* (Buckton), *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe) e *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy) (Franco *et al.* 2006a, 2006b). Destas, apenas, quatro apresentam importância económica: *A. spiraecola*, *A. gossypii*, *T. aurantii* e *T. citricidus*. Esta última está referenciada no Norte de Portugal continental e Madeira (Ilharco 2005). *Aphis spiraecola*, *A. gossypii* e *T. aurantii* são procuradas por formigas (Ilharco 1994).

Os pseudocócídeos são presença quase constante em pomares de citrinos, em Portugal continental, estando referenciadas, por ordem decrescente de importância, as espécies *Planococcus citri* (Risso), praga-chave, *Pseudococcus calceolariae* (Maskell), *Pseudococcus viburni* (Signoret), pragas ocasionais, e *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti), praga potencial (Franco 2006a, 2006b).

Icerya purchasi Maskell é a única cochonilha Margarodidae referenciada em citrinos, em Portugal, sendo praga ocasional (Franco *et al.* 2006a 2006b).

Em relação aos coccídeos, estão referenciadas como pragas ocasionais, em citrinos, em Portugal continental, as espécies *Ceroplastes sinensis* Del Guercio, *Saissetia oleae* (Olivier) e *Coccus hesperidum* Linnaeus, e, como pragas potenciais, *Ceroplastes rusci* (Linnaeus), *Parthenolecanium persicae* (Fabricius), *Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell) e *Saissetia coffeae* (Walker) (Franco *et al.* 2006a, 2006b).

Quanto aos aleirodídeos, *Aleurothrixus floccosus* Maskell é praga-chave em pomares de citrinos, em Portugal, enquanto que *Parabemisia myricae* (Kuwana), *Paraleyrodes minei* Laccarino, *Paraleyrodes citricolus* Costa Lima, *Paraleyrodes bondari* (Peracchi), *Aleurodicus dispersus* Russel e *Dialeurodes citrifolii* (Morgan) são pragas potenciais (Franco *et al.* 2006a, 2006b). As últimas quatro espécies estão referenciadas em citrinos, apenas, na Madeira.

Nem todas as formigas estão associadas a insectos homópteros. Samways *et al.* (1982) verificaram que, na África do Sul, apenas, 20% das 123 espécies de formigas referenciadas em citrinos surgiam associadas a homópteros excretadores de melada.

4. Importância económica

4.1. Estatuto de praga

As espécies de formigas das classes dois, três, quatro (as potenciais colectoras de melada) e cinco, descritas por Haney (1988), frequentemente, assumem estatuto de praga, em pomares de citrinos, porque podem: 1) causar estragos directos nas árvores; 2) estabelecer interacções com outras pragas, funcionando como factores de nocividade, ao interferirem directamente na protecção biológica, reduzindo a eficácia dos inimigos naturais (e.g., várias espécies das subfamílias Dolichoderinae e Formicinae); 3) interferir em diversas actividades agrícolas, perturbando os trabalhadores com mordeduras ou picadas (e.g., géneros *Oecophylla*, *Crematogaster*, *Solenopsis*, *Wasmania* e *Azteca*); ou 4) prejudicar o sistema radicular das plantas, através dos ninhos que fazem no solo, sobretudo em períodos de carência hídrica (e.g., *L. humile*) (Carvalho & Aguiar 1997, Carvalho *et al.* 1999).

Franco *et al.* (2006b) reportaram seis espécies de formigas que assumem estatuto de praga, em pomares de citrinos, na região do Mediterrâneo. *Camponotus nylanderi* Emery, *Crematogaster scutellaris* (Olivier), *Lasius niger*, *Linepithema humile* e *Tapinoma nigerrimum* (Nylander) são consideradas pragas ocasionais, em Itália, por interferirem na protecção biológica, com excepção da última. *Lasius niger*, para além de Itália, é praga ocasional, na Madeira (Carvalho & Aguiar 1997), Espanha e Argélia. *L. humile*, à semelhança de Itália, é praga ocasional, em Portugal, e praga potencial, em Espanha. *Tapinoma simrothi* é praga potencial, em Israel e Espanha, e praga ocasional, em Portugal, essencialmente em árvores jovens, assumindo grande importância no Algarve, principalmente, no Barrocal (Carvalho *et al.* 1999).

Anoplolepis albipes, *Pheidole megacephala* e *Technomyrmex albipes* (Smith) são consideradas pragas dos citrinos, na África do Sul (Samways *et al.* 1982). Em relação às duas primeiras, quando os pomares de citrinos estão infestados exclusivamente com uma destas espécies, induzem pululações na cochonilha pinta-vermelha, mas se estiverem presentes ambas as espécies, a cochonilha é controlada pelos inimigos naturais. Acredita-se que a competição entre espécies faça diminuir as densidades das respectivas populações (Reuther *et al.* 1989).

As formigas do género *Iridomyrmex*, nomeadamente as do grupo *Iridomyrmex rufoniger* (Lowne) e *Iridomyrmex purpureus* (Smith), causam sérios problemas na Austrália, ao interferir na limitação natural de populações de cochonilhas e outros homópteros excretores de melada (James *et al.* 1998a, 1998b).

Estragos directos

Na região Neotropical, as formigas cortadoras de folhas, dos géneros *Atta* e *Acromyrmex*, causam estragos severos na rebentação, afectando a produção (Haney 1988). O mesmo acontece com as formigas omnívoras do género cosmopolita *Solenopsis*. *Solenopsis invicta* Buren provoca estragos em frutos, flores e folhas, sobretudo, em árvores jovens (Haney 1988, Smittle *et al.* 1988, Banks *et al.* 1991).

As espécies do género *Tapinoma* procuram, nos citrinos, melada e néctar, provocando, também, estragos directos nas plantas, ao roer órgãos tenros, nomeadamente, gomos florais, ápices vegetativos e rebentos jovens (Carvalho *et al.* 1999).

Em Portugal, a formiga-argentina não provoca estragos directos nos citrinos (Carvalho *et al.* 1999).

Factores de nocividade

As formigas podem constituir factores de nocividade de outras pragas (Way 1963, Ilioka & Inoue 1999). A formiga-argentina, forma com frequência, carreiros no tronco, reveladores da provável existência de afídeos, cochonilhas ou outros insectos que excretam melada (Carvalho *et al.* 1999). Os homópteros procurados pelas formigas conseguem ingerir maiores quantidades de seiva a partir do floema, no que resulta maior taxa de assimilação (Way 1963).

As formigas constroem abrigos em redor das pragas que acolhem, protegendo-as de inimigos naturais e condições ambientais adversas (Gullan 1997). Os abrigos consistem em fragmentos de insectos, partículas de terra e fibras vegetais. Quando os frutos tocam uns nos outros, estes abrigos apresentam maiores dimensões (Bodenheimer 1951). *Lasius niger* envolve colónias de *Pseudococcus comstocki* Kuwana (Campos *et al.* 2006). Em Portugal, tem-se observado a construção destes abrigos por *L. humile* a envolver colónias de *Planococcus citri* (Risso), em citrinos, mas, segundo Franco *et al.* (2000), este fenómeno é aparentemente pouco frequente e parece ocorrer, apenas, em determinadas condições (Fig. 3). Uma vez eliminadas as formigas, os abrigos são destruídos, conduzindo à morte das cochonilhas-algodão. Com o desaparecimento das cochonilhas, no final do Outono, as formigas, também, desaparecem das árvores (Bodenheimer 1951).

Existe, ainda, a possibilidade das formigas funcionarem como agentes de dispersão de homópteros, bem documentada nalguns géneros (e.g., *Lasius*, *Acropyga*, *Oecophylla*), necessitando, noutros, de melhor esclarecimento do seu significado nas associações. Algumas espécies podem transportar coccídeos para outros locais da mesma planta, ou outra não infestada, facilitando a dispersão de populações (Way 1963). *Camponotus compressus* Fabricius foi observada a transportar ninfas de *Icerya* para a base do tronco (Bodenheimer 1951).

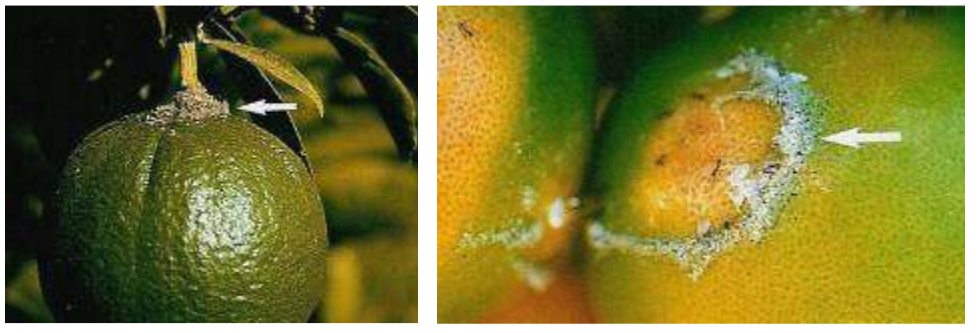


Fig. 3 – Abrigos construídos por *Linepithema humile* (Mayr), sobre colónia de *Planococcus citri* (Risso), em laranja (Franco *et al.* 2000).

A interferência na limitação natural de homópteros e outros insectos, que podem assumir estatuto de praga, é, provavelmente, um dos aspectos mais bem conhecidos, no que concerne ao comportamento das formigas, em todo o mundo (Haney 1988). São várias as espécies de formigas em causa, na sua maioria, pertencentes às subfamílias Dolichoderinae e Formicinae (Haney 1988).

A protecção conferida pelas formigas e a sua eficiência está dependente de um conjunto de factores e varia de sistema para sistema (Franco *et al.* 2000).

No que respeita às formigas: 1) a mesma espécie de formiga pode reagir de forma mais ou menos agressiva, em relação aos parasitoides (Buckley & Gullan 1991, Gross 1993); a maior parte dos inimigos naturais de afídeos associados a *Lasius niger* é pouco afectada por estas formigas, enquanto que o mesmo não se verifica com espécies mais agressivas, como a formiga-argentina, em relação a pseudococídeos; 2) as formigas diferem na maior ou menor facilidade com que perturbam a oviposição; 3) diferem na forma de estar perante determinada praga; se estão, ou não, na presença de insectos excretadores de melada, uma vez que podem interferir indirectamente no parasitismo de pragas não produtoras de melada, como é o caso de *Aonidiella aurantii* (Martinez-Ferrer *et al.* 2003).

Os parasitoides diferem na sua capacidade de tolerar as formigas (Gross 1993). A actividade destas, ou a sua aproximação, pode levar uma espécie sensível a afastar-se ou a voar, o que se reflecte na eficácia da taxa de parasitismo. Os parasitoides, também, diferem no tempo necessário para examinar o hospedeiro e efectuar a postura (Way 1963, Gross 1993, Martinez-Ferrer *et al.* 2003), sendo a probabilidade de serem perturbados tanto maior, quanto maior o período de tempo que necessitam. Na presença de *L. humile*, *Metaphycus stanleyi* Compere e *Coccophagus scutellaris* (Dalman), que são parasitoides rápidos a efectuar a postura e tolerantes às formigas, registaram reduções de 65% e 27% nas taxas de parasitismo, respectivamente, na presença desta formiga, em comparação com 98%, no

caso de *Metaphycus luteolus* (Timberlake), que é mais sensível às formigas e demora mais tempo a efectuar a postura (Way 1963). Martinez-Ferrer *et al.* (2003), também, verificaram que o afelinídeo *Aphytis melinus* é mais afectado na presença das formigas, do que *Comperiella bifasciata*, pois requer um período de tempo maior para examinar o hospedeiro e efectuar a postura.

A influência da formiga-argentina na actividade dos inimigos naturais tem sido estudada, por diversos autores, em todo o mundo (Martinez-Ferrer *et al.* 2003). É sabido que esta formiga inibe a actividade de parasitóides. No caso de *A. melinus*, exerce acção predadora sobre os adultos, devido ao comportamento deste parasitóide, que prefere andar, em vez de voar, conduzindo a uma quebra na taxa de parasitismo e impedindo a limitação natural de pragas (Carvalho & Aguiar 1997), mesmo na ausência de insectos excretadores de melada (Martinez-Ferrer *et al.* 2003).

4.2. As formigas como potenciais agentes de limitação natural

Segundo Monzó *et al.* (2007), a maior parte dos estudos realizados com formigas em citrinos denunciam os seus efeitos prejudiciais no controlo de várias pragas e referem como a sua presença afecta a fauna útil do pomar. Contudo, existem estudos que demonstram a sua função como predadores de pragas, como a mosca do Mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). Urbaneja *et al.* (2006) relacionaram a dinâmica populacional das formigas presentes, em parcelas de citrinos, na região de Valência, com o desaparecimento de pupas de *C. capitata*, tendo verificado que as maiores taxas de desaparecimento coincidiam com os períodos do ano em que as formigas apresentavam maior actividade. Das 14 espécies de formigas identificadas, as mais comuns foram *Messor barbarus* (Linnaeus), *Pheidole pallidula* (Nylander) e *Formica rufibarbis* Fabricius (Urbaneja *et al.* 2006). No Havai, verificou-se que *Pheidole megacephala* (Fabr.) ataca as larvas de *C. capitata*, impedindo o seu desenvolvimento (Reuther *et al.* 1989).

As espécies de formigas predadoras consideradas importantes em protecção integrada são, em regra, omnívoras. Podem ser especialistas ou generalistas, embora as primeiras não contribuam de forma significativa para a redução das populações das pragas. Espécies maiores tendem a capturar presas maiores, não reparando ou não se importando com presas menores, predadas por espécies de menor dimensão. Os atributos nem sempre se correlacionam com o comportamento, pelo que *Anoplolepis gracilipes* (Smith) (= *Anoplolepis longipes* (Jerdon)) (Agosti & Johnson 2005) consegue excluir alguns vertebrados de maior dimensão do seu território, ao contrário de espécies muito mais agressivas do género *Oecophylla*. Em contrapartida, *A. gracilipes* não ataca pequenos organismos, incluindo

pragas, enquanto que as formigas do género *Oecophylla* são capazes de os matar (Way & Khoo 1992).

As formigas dominantes compreendem as espécies que mais frequentemente têm acção como agentes biológicos de limitação natural (Way & Khoo 1992). Destacam-se os géneros *Oecophylla*, *Dolichoderus*, *Anoplolepis*, *Wasmania* e *Azteca* nos trópicos, *Solenopsis* nos trópicos e subtropicais, e *Formica* em climas temperados. A maior parte destas formigas têm duplo papel, que difere consoante o ecossistema (Way & Khoo 1992, Mele & Cuc 2000):

- Mele & Cuc (2000) estudaram a utilização de *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) como agente de protecção biológica de citrinos, no Vietname; a estratégia visou a obtenção e estabelecimento de colónias desta formiga, o aprovisionamento de alimento e refúgio, bem como a colocação de pontes entre árvores e a protecção de colónias já estabelecidas de outras espécies competidoras; as espécies do género *Oecophylla* atacam muitos animais, inclusive humanos (Way & Khoo 1992), mas, ao que parece, a sua agressividade não afecta os trabalhadores agrícolas, no Delta de Mekong (Vietname); pelo contrário, a abundância desta formiga reduz em 50% a utilização de pesticidas, para os mesmos níveis de rendimento, e, segundo Barzman *et al.* (1996), contribui para melhorar a qualidade dos frutos, ao nível do sumo e do aspecto (brilho exterior); foi sugerido que as excreções de *O. smaragdina* funcionam como fertilizante, fornecendo nutrientes à cultura;

- *Dolichoderus thoracicus* (Smith) é uma espécie particularmente bem sucedida na Indonésia e Malásia, em cacauero, contra mirídeos, embora não seja, por vezes, suficientemente abundante, a fim de proteger a cultura, por se encontrar dispersa, competir com outras espécies de formigas e os locais de nidificação serem escassos (Way & Khoo 1992);

- *Anoplolepis custodiens*, considerada praga na África do Sul, pode, em populações densas, proteger coqueiros, na Tanzânia, assim como *A. gracilipes* que, embora tenha destruído e tomado o lugar da *Oecophylla longinoda* (Latreille), nalguns habitats, na África oriental, e seja reconhecida, igualmente, por restringir o estabelecimento de *D. thoracicus*, em cacaueros, pode controlar certas pragas desta cultura, na Papua Nova Guiné e Seicheles (Way & Khoo 1992);

- *Wasmania auropunctata* (Roger), agente de limitação natural de populações de mirídeos, em cacauero, nos Camarões, e em coqueiros, nas ilhas Salomão, tendo, ainda, tomado o lugar de duas espécies dominantes, *Iridomyrmex cordatus* (Smith) e *Pheidole megacephala*, prejudiciais à cultura, apresenta estatuto de praga, na América tropical (Way & Khoo 1992);

- Em Trinidad e Tobago, a presença de formigas do género *Azteca* parece diminuir os estragos provocados em pomares de citrinos, pelas cortadoras de folhas *Atta cephalotes* Linnaeus (Way & Khoo 1992);
- *Solenopsis invicta* Buren, praga na América do Sul, é considerada benéfica em culturas como a cana do açúcar e o algodão, contribuindo, por vezes, para o agravamento das pragas do algodão, quando suprimida (Way & Khoo 1992); contudo estudos efectuados por Eubanks *et al.* (2002) verificaram que esta espécie afecta determinados insectos benéficos como coccinelídeos, nomeadamente *Coccinella septempunctata* Linnaeus e *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, e o crisopídeo *Chrysoperla carnea* (Stephens); outra espécie do mesmo género, *Solenopsis geminata* (Fabricius), pode apresentar importância agrícola, funcionando como colectora de sementes de infestantes, evitando a sua dispersão; pode ainda reduzir em 98% o curculionídeo *Sitophilus* sp., praga do milho (Way & Khoo 1992).

Ao contrário de *Oecophylla* spp. e *D. thoracicus*, que controlam pragas endémicas em baixas densidades, as formigas do grupo *Formica rufa* actuam sobre infestações elevadas. São benéficas em zonas florestais, nomeadamente em *Fagus* spp., onde exercem o seu papel predador de algumas pragas desfolhadoras (Way & Khoo 1992).

As formigas, por si só, ou como parte de um complexo de predadores, podem causar elevada mortalidade em ovos. Por exemplo, no Sri Lanka, virtualmente, 100% dos ovos de *Opisina arenosella* Walker foram removidos em 24 horas por *Monomorium floricola* (Jerdon), em coqueiros. *Solenopsis invicta*, como parte de um complexo predador, provocou 70% de mortalidade nos ovos de *Heliothis virescens* (Fabricius), em 24 horas, em algodão, onde os rácios predador / presa variaram entre 1:2 e 1:200 (Way & Khoo 1992). As formigas do género *Pheidole* são dos maiores predadores envolvidos em complexos, podendo provocar mais de 95% de mortalidade, nos ovos de *Alabama argillacea* (Hübner), e cerca de 80%, nos ovos de *Diabrotica* spp., existentes no solo, em algodoeiro, no Brasil, e em várias culturas anuais, na Costa Rica, respectivamente. Contribuem, entre outras, para a limitação natural de populações de *Diaprepes abbreviatus* (Linnaeus), em citrinos, em Guadalupe (Way & Khoo 1992). Em Portugal, a formiga-argentina é predadora de ovos de *Phoracantha semipunctata* (Fabricius), em eucaliptal (Way *et al.* 1992).

É necessário, pois, aprofundar melhor este papel, em citrinos, uma vez que noutros ecossistemas os resultados têm sido promissores, incluindo desde abordagens ecológicas, à manipulação de espécies consideradas benéficas, através de práticas culturais e modificação de habitats. Uma vez que a erradicação de algumas espécies dominantes é impossível, os seus atributos devem ser orientados para habitats onde sejam benéficas,

enquanto que deverão ser controladas em locais onde assumem estatuto diferente (Way & Khoo 1992).

5. Estratégias de protecção de culturas relativamente a formigas

Segundo Haney (1988), a maior parte dos estudos sobre esta temática, em citrinos, têm sido realizados na África do Sul (*Pheidole megacephala* e *Anoplolepis custodiens*), Califórnia (*L. humile*), Florida (*Solenopsis invicta*) e região Neotropical (*Acromyrmex* spp., *Atta* spp., *Azteca* spp.).

É importante compreender o comportamento e a biologia das espécies alvo, bem como das espécies benéficas e indiferentes mais comuns. A interacção entre espécies dominantes e factores comportamentais e biológicos, como a localização dos ninhos e os padrões de procura de alimento, determinam o método de controlo mais adequado. Este pode consistir em iscos com atractivos, bandas adesivas à volta do tronco das árvores, ou em tratamentos insecticidas foliares, aplicados ao tronco ou ao solo (Haney 1988).

As bandas adesivas têm sido usadas com êxito, na África do Sul e Austrália, mas, em geral, este método é bastante moroso e requer manutenção constante, tendo ocorrido casos de fitotoxicidade em árvores jovens, expostas directamente à luz solar. Os tratamentos insecticidas ao tronco são bastante eficazes em espécies que fazem os seus ninhos na base dos troncos, como é o caso da formiga-argentina. As aplicações de insecticidas ao solo podem ser eficazes em espécies com ninhos pouco profundos. No entanto, este método não é rentável a longo prazo, sendo prejudicial para o ambiente, assim como os tratamentos foliares (Haney 1988).

Na Sicília, Tumminelli *et al.* (1996) estudaram estratégias para limitar as populações de *L. humile*, *Camponotus nylanderii* e *Tapinoma erraticum*, em pomares de citrinos, tendo concluído que, para um plano eficaz de protecção integrada, as formigas devem ser excluídas dos pomares. Foram comparados métodos químicos, nomeadamente, aplicações ao tronco das árvores e materiais adesivos, em simultâneo com outras práticas: largadas de parasitóides (*Aphytis melinus* e *Leptomastix dactylopii* (Howard)), remoção de ramos ladrões e controlo de infestantes. Concluíram que clorpirifos era a substância activa mais eficaz e menos dispendiosa, embora os materiais adesivos apresentassem, provavelmente, menor impacto ambiental.

Os meios de protecção disponíveis e aceites em protecção integrada, na Austrália, são a aplicação de bandas adesivas ou barreiras químicas, nos troncos das árvores. Apesar da aplicação ser morosa, algumas barreiras asseguram a protecção do pomar durante cerca de três anos, contra *Iridomyrmex* spp. (Smith *et al.* 1997). James *et al.* (1998a) avaliaram a

eficácia de três tratamentos ao tronco das árvores: 1) insecticida piretróide λ -cialotrina a 0,6%; 2) emulsão do insecticida organofosforado clorpirifos a 0,9%; e 3) banda plástica com clorpirifos a 14%. Observaram bons resultados com as bandas de clorpirifos, uma vez que as formigas foram efectivamente excluídas, durante quatro anos. Ainda que os tratamentos de aplicação directa com λ -cialotrina e clorpirifos tivessem sido eficazes durante algumas semanas, não justificaram o investimento e manutenção exigidos.

Os iscos de baixa toxicidade (e.g., hidrametilnona a 1%, piriproxifeno a 0,5%, ácido bórico a 5% e imidaclopride a 0,005% e 0,05%) constituem uma alternativa a insecticidas de largo espectro de acção, como o clorpirifos. Mais eficazes, são partilhados por toda a colónia, incluindo a rainha. Têm um alvo específico, cuja aplicação em locais determinados (estações), reduz o risco para outros organismos e minimiza o impacto ambiental (Tollerup *et al.* 2004).

Os factores que determinam a maior ou menor eficácia dos meios de protecção da cultura em relação a formigas são a oportunidade de intervenção e os cuidados a ter na aplicação do método seleccionado (Haney 1988). Em protecção integrada, Tumminelli *et al.* (1997) preconizam, como melhor oportunidade de intervenção, o período entre Abril e Setembro.

III. MATERIAL E MÉTODOS

1. Área de estudo

As duas frentes marítimas e um sistema montanhoso, protegendo-o dos ventos continentais, atribuem ao Algarve a classificação de Região Natural, a qual se pode dividir em duas zonas, tendo em conta os parâmetros climáticos, uma a oriente, o Sotavento, e uma a ocidente, o Barlavento (MAOT 2000). Por outro lado, a diversidade morfológica da região Algarvia levou os geomorfólogos a subdividi-la em três sub-regiões (Lopes & Monteiro 2004, Fig. 4): o Baixo Algarve (Beira-Mar ou Litoral), o Algarve Calcário (Barrocal) e o Alto Algarve (Serra).

O Litoral Algarvio é bastante diversificado, quer em termos litológicos, quer morfológicos, apresentando solos bastante férteis. As explorações do litoral têm-se orientado no sentido de uma intensificação e especialização (MAOT 2000). A zona central do Algarve, ou Barrocal, é formada essencialmente por rochas mesozóicas, carbonatadas (Lopes & Monteiro 2004), enquanto que a Serra algarvia é constituída por xistos e grauvaques carbónicos, sendo uma região de relevo movimentado, com agricultura escassa, dada a pobreza do solo e ausência de águas subterrâneas (Almeida 1985).

O desenvolvimento e alargamento dos pomares de citrinos no Algarve, assim como a conquista para a agricultura de largas áreas de Barrocal, implicaram elevados investimentos, nomeadamente a nível da disponibilidade de água (MAOT 2000).

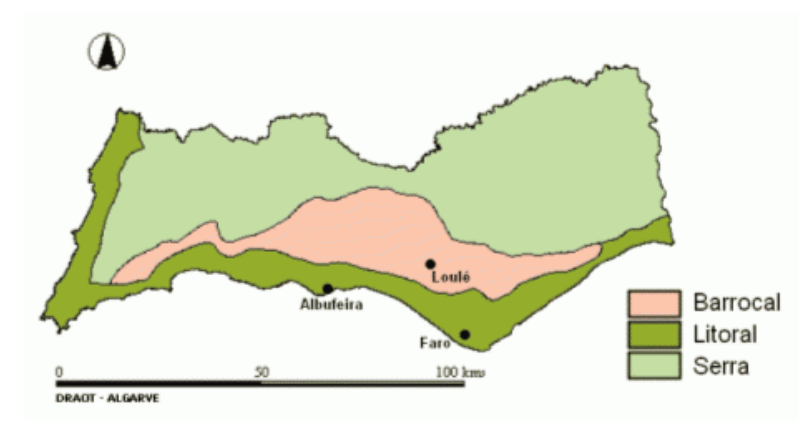


Fig. 4 – Região do Algarve, evidenciando as três sub-regiões: Barrocal, Litoral e Serra (Lopes & Monteiro 2004).

2. Amostragem

2.1. Técnica de amostragem

A metodologia de amostragem utilizada foi definida com base num estudo preliminar, realizado em três pomares de limoeiro do concelho de Mafra, efectuado com o objectivo de avaliar e comparar duas técnicas de amostragem de formigas, nomeadamente, a observação visual e a aspiração móvel.

A observação visual foi efectuada em 20 árvores / parcela, durante cerca de 60 segundos / árvore, consistindo na recolha das formigas que se observavam. Segundo Sarmiento (2003), a captura directa é, talvez, o método mais indicado para uma cobertura taxinómica, relativamente, completa da riqueza de formigas num local, bem como, para obter uma primeira aproximação dos seus hábitos. Requer algum tempo, algumas espécies são rápidas e mais difíceis de recolher, pelo que é um método influenciado pela predisposição e habilidade do colector.

A técnica de aspiração móvel foi efectuada através de um dispositivo do tipo “Vortis”, com tubo flexível de 8 cm de diâmetro (fluxo de ar estimado = 34,8 m/s), tendo as amostras sido obtidas colocando o bocal do tubo em quatro pontos de amostragem diferentes, por árvore, com um tempo de aspiração de quatro segundos por ponto, i.e., totalizando 16 segundos por árvore (Arnold 1994, Rodrigues *et al.* 2003).

Os resultados obtidos foram ao encontro do referido por King & Porter (2005), que consideram ser a observação visual a técnica mais eficiente para estimar a diversidade de espécies de formigas (Quadro 1), tendo-se, por isso, optado por seleccionar esta técnica.

Quadro 1 – Espécies de formigas identificadas, em função da parcela e do método de amostragem, no ensaio preliminar realizado em três parcelas de limoeiro, no concelho de Mafra.

Parcela	Observação visual	Aspiração móvel
Ponte de Cuco	<i>Plagiolepis pygmaea</i> <i>Tapinoma erraticum</i>	<i>Plagiolepis pygmaea</i> <i>Tapinoma erraticum</i> <i>Lasius grandis</i>
Pinhal dos Frades	<i>Tetramorium semilaeve</i>	-
Casal do Zambujeiro	<i>Tapinoma nigerrimum</i> <i>Lasius grandis</i> <i>Crematogaster scutellaris</i> <i>Tetramorium semilaeve</i>	-
Total	7 espécies	3 espécies

2.2. Programa de amostragem

A amostragem foi efectuada em 49 pomares de citrinos (Anexo 5; Fig. 6), distribuídos pelas três sub-regiões do Algarve: 16, no Litoral (concelhos de Tavira, Olhão, Faro, Lagoa e Silves); 17, no Barrocal (concelhos de Tavira, Olhão, Loulé e Silves); e 16, na Serra (concelhos de Castro Marim, Tavira, São Brás de Alportel e Loulé). Em cada pomar, foram observadas 20 unidades de amostragem, ou seja, 20 árvores por parcela. Cada árvore foi observada durante cerca de 60 segundos, procedendo-se à recolha de exemplares para posterior identificação (Fig. 5).

Sempre que se detectou a presença de formigas, estas foram recolhidas para sacos de plástico, tendo-se registado a informação relacionada com eventuais associações / interações tróficas, utilizando uma ficha de campo elaborada para o efeito. No caso da associação formiga / afídeo, recolheram-se, também, alguns exemplares de afídeos para serem identificados.

O período de amostragem decorreu entre 9 de Julho e 17 de Agosto de 2007. Tendo em conta os potenciais recursos, nomeadamente, a presença de insectos excretadores de melada, foi considerado, à partida, Junho - Julho, o período do ano correspondente a uma maior diversidade e coexistência de espécies de formigas. Apenas por razões logísticas esse período foi estendido a Julho - Agosto.



Fig. 5 – Recolha de exemplares de formigas na copa de uma árvore; à direita, pormenor da colheita de uma amostra, recorrendo a um pincel (originais da autora).



Fig. 6 – Pomares exemplificativos das sub-regiões amostradas: a) Litoral; b) Barrocal; c) Serra; à direita, é evidenciado o pormenor dos solos característicos de cada sub-região; a₁) solos mais arenosos, por vezes, com a presença de ninhos de formigas; b₁) solos avermelhados, mais argilosos; c₁) solos com relevo acentuado, cuja predominância de rochas compactas é mais frequente (originais da autora).

3. Identificação dos espécimes

Os espécimes colhidos foram mortos e conservados em etanol a 96% (King & Porter 2004), em tubos de Eppendorf devidamente etiquetados. No caso das formigas, procedeu-se ao seu estudo e identificação, em laboratório, à lupa binocular (Fig. 7), com base nas chaves elaboradas por Collingwood & Prince (1998) e através de comparação com imagens de exemplares-tipo (Gómez & Espadaler 2007), tendo a identificação de alguns espécimes sido confirmada pela Dra. Evelyne Moura (Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa).

No caso dos afídeos, algumas amostras foram identificadas directamente à lupa binocular. As restantes foram montadas em lâmina e lamela, para observação microscópica, utilizando bálsamo do Canadá, como meio de montagem (Ilharco & Gomes 1967). Todos os exemplares foram identificados pelo Eng. Fernando Albano Ilharco (Estação Agronómica Nacional).



Fig. 7 – Identificação dos exemplares, à lupa binocular (originais da autora).

4. Análise estatística e tratamento dos dados

Os dados obtidos, após identificação das amostras, foram introduzidos em folhas de cálculo Excel™. Procedeu-se ao cálculo das frequências relativas das espécies, em função do número de árvores e pomares amostrados, e determinaram-se os índices de riqueza específica ($S = n^\circ$ total de espécies) e diversidade.

Para o cálculo da diversidade, foram utilizados os índices de Shannon (1), que assume que os indivíduos são amostrados aleatoriamente de uma vasta comunidade e que todas as espécies estão representadas na amostra; o índice de Margalef (2), que supõe que há uma relação funcional do número de espécies com o número de indivíduos; e o índice de Simpson (D), que exprime a probabilidade de quaisquer dois indivíduos retirados ao acaso de uma vasta comunidade pertencerem à mesma espécie. D diminui, à medida que a diversidade aumenta, sendo o índice de diversidade obtido a partir de $1-D$ ou $1/D$ (3) (Magurran 1988, Moreno 2001).

$$(1) \quad H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i), \quad p_i = \frac{n'_i}{N},$$

n'_i – número de indivíduos da espécie i

N – número total de indivíduos

$$(2) \quad D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

$$(3) \quad D = \sum p_i^2$$

Os dados referentes aos valores dos três índices de diversidade calculados, para cada uma das sub-regiões, foram submetidos a Análise de Variância, para avaliação do efeito do factor sub-região, recorrendo ao programa SPSS (versão 15.0) para Windows™. No caso dos índices de Shannon e de Simpson, os dados foram previamente transformados, i.e., $0,561(e^H)-0,5$ e $1/D$, respectivamente (Shah *et al.* 2003, Magurran 2004).

Para se estimar a representatividade da amostra foi construída uma curva de acumulação de espécies, que nos permite ter uma indicação da riqueza de espécies, em função do esforço amostral (Sarmiento 2003). Quanto mais exaustiva é a amostragem, maior a aproximação ao número real de espécies presente na região.

Para a estimativa da riqueza de espécies de formigas na região, foi utilizado o programa EstimateS (Versão 7.5), que selecciona uma amostra ao acaso, gere uma estimativa da riqueza baseado nessa amostra, selecciona uma segunda amostra, volta a gerar outra estimativa, usando os dados de ambas as amostras, selecciona uma terceira amostra e assim sucessivamente, até incluir todas as amostras (Colwell 2006). São introduzidas matrizes, com dados de abundância das espécies. Os dados são aleatorizados 100 vezes. Assim, o efeito da ordem da amostra pode ser removido, calculando-se a média das casualizações, gerando, desta maneira, uma curva de acumulação de espécies e permitindo uma comparação mais eficaz dos estimadores utilizados (Colwell & Coddington 1994, Colwell 2006). Foram utilizados os seguintes estimadores de riqueza: Chao1 (4), Chao2 (5), ACE (“Abundance-base Coverage Estimator”) (6), ICE (“Incidence-based Coverage Estimator”) (7), Jackknife1 (8), Jackknife2 (9), Bootstrap (10) e Michaelis-Menten (11). Este método baseia-se na extrapolação da curva de acumulação de espécies, no número de espécies observado (S_{obs}) e na abundância de espécies. Utilizando PTR (%) = $(S_{est}/S_{obs}) * 100$ (“Percent of True Richness”) é possível medir a precisão dos estimadores. Quanto mais perto de 100%, mais preciso é o estimador; se ultrapassar os 100%, o número de espécies observado é sobrestimado, enquanto que se for inferior a 100%, pelo contrário, o número de espécies observado é subestimado (Brose 2002).

$$(4) \quad S_{Chao1} = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

S_{obs} – número de espécies observadas, na amostra

F_1 – número de espécies representadas por um indivíduo (“singletons”)

F_2 – número de espécies representadas por dois indivíduos (“doubletons”)

$$(5) \quad S_{Chao2} = S_{obs} + \frac{Q_1^2}{2Q_2}$$

S_{obs} – número de espécies observadas, na amostra

Q_1 – número de espécies que ocorrem, apenas, numa amostra (“uniques”)

Q_2 – número de espécies que ocorrem em, apenas, duas amostras (“duplicates”)

$$(6) \quad S_{ACE} = S_{abund} + \frac{S_{rar}}{C_{ACE}} + \frac{F_1}{C_{ACE}} \gamma^2_{ACE}, \quad C_{ACE} = 1 - \frac{F_1}{N_{rar}}$$

S_{rar} – número de espécies raras (≤ 10 indivíduos)

S_{abund} – número de espécies abundantes (> 10 indivíduos)

F_1 – número de espécies que ocorrem, apenas, numa amostra (“uniques”)

N_{rar} – número total de indivíduos de espécies raras

$$(7) \quad S_{ICE} = S_{freq} + \frac{S_{inf}}{C_{ICE}} + \frac{Q_1}{C_{ICE}} \gamma^2_{ICE}, \quad C_{ICE} = 1 - \frac{Q_1}{N_{inf}}$$

S_{freq} – número de espécies comuns (observadas em ≥ 10 amostras)

S_{inf} – número de espécies não comuns (observadas em ≤ 10 amostras)

Q_1 – número de espécies que ocorrem, apenas, numa amostra (“uniques”)

N_{inf} – número total de ocorrências de espécies não comuns

$$(8) \quad S_{Jack1} = S_{obs} + L \left(\frac{m-1}{m} \right)$$

S_{obs} – número de espécies observadas, na amostra

Q_1 – número de espécies que ocorrem, apenas, numa amostra (“uniques”)

m – número de amostras

$$(9) \quad S_{Jack2} = S_{obs} + \left[\frac{Q_1(2m-3)}{m} - \frac{Q_2(m-2)^2}{m(m-1)} \right]$$

$$(10) \quad S_{boot} = S_{obs} + \sum_{k=1}^{S_{obs}} (1 - p_k)^m$$

$$(11) \quad S_{MM} = \frac{S_{m\acute{a}x} m}{B + m'}$$

Procedeu-se a uma análise multivariada de Componentes Principais (PCA) recorrendo ao programa Canoco (Versão 4.5) para o Windows™ (Braak 2002). O método de análise de Componentes Principais permite identificar padrões e expressar os dados de maneira a

evidenciar semelhanças e diferenças entre estes. O espaço original é projectado para um espaço de dimensão mais reduzida, sem grande perda de informação (Smith 2002).

Foram inseridas matrizes de dados de presença / ausência das espécies e matrizes de variáveis ambientais (Anexo 6).

Procedeu-se, também, à análise de associação entre espécies através de quadros de contingência e da distribuição Qui-quadrado. Considera-se existir associação (afinidade / repulsão) significativa ($p < 0,05$) entre espécies, quando o Qui-quadrado calculado é superior a 3,84 (Southwood 1978).

IV. RESULTADOS

1. Espécies de formigas identificadas

Foram identificados 2812 indivíduos, englobando quatro subfamílias, 12 géneros e 26 espécies (Quadro 2, Fig. 8). Dezanove espécies foram assinaladas, pela primeira vez, em citrinos, em Portugal (Quadro 2), das quais dez não estavam referenciadas em citrinos, a nível mundial (Anexo 2).

Quadro 2 – Espécies de formigas, respectivo número de exemplares identificados e pomares de citrinos onde foram colhidos, nas três sub-regiões do Algarve.

Espécie	Nº exemplares				Nº parcelas em que cada espécie foi identificada
	Litoral	Barrocal	Serra	Total	
Dolichoderinae					
<i>Linepithema humile</i>	417	652	0	1069	16
<i>Tapinoma erraticum</i>	26	0	2	28	5
<i>Tapinoma nigerrimum</i>	25	2	115	142	6
<i>Tapinoma simrothi</i>	4	6	0	10	3
Formicinae					
<i>Camponotus gestroi</i> ^{a b}	0	1	0	1	1
<i>Camponotus figaro</i> ^{a b}	0	2	0	2	1
<i>Camponotus foreli</i> ^a	0	0	4	4	2
<i>Camponotus lateralis</i> ^{a b}	0	2	1	3	2
<i>Camponotus micans</i> ^{a b}	0	0	3	3	1
<i>Camponotus piceus</i> ^{a b}	0	0	4	4	1
<i>Camponotus sylvaticus</i> ^a	0	0	12	12	3
<i>Formica cunicularia</i> ^a	0	0	4	4	1
<i>Formica fusca</i> ^{a b}	0	0	9	9	1
<i>Lasius brunneus</i> ^{a b}	10	0	0	10	1
<i>Lasius grandis</i> ^a	102	8	25	135	11
<i>Lasius niger</i>	14	0	74	88	3
<i>Plagiolepis pygmaea</i>	223	143	182	548	34
<i>Plagiolepis schmitzii</i> ^a	63	3	75	141	8
Myrmicinae					
<i>Aphaenogaster senilis</i> ^a	1	4	3	8	4
<i>Crematogaster auberti</i> ^{a b}	1	4	19	24	4
<i>Crematogaster scutellaris</i>	5	7	3	15	4
<i>Crematogaster sordidula</i> ^{a b}	0	0	1	1	1
<i>Messor structor</i> ^{a b}	1	0	0	1	1
<i>Pheidole pallidula</i> ^a	293	45	197	535	14
<i>Tetramorium semilaeve</i> ^a	0	10	4	14	3
Ponerinae					
<i>Hypoponera eduardi</i> ^a	1	0	0	1	1
Total de exemplares (N)	1186	889	737	2812	
Total de espécies (S)	15	14	19	26	

^a Espécie assinalada, pela 1ª vez, em citrinos, em Portugal

^b Espécie assinalada, pela 1ª vez, em citrinos, a nível mundial

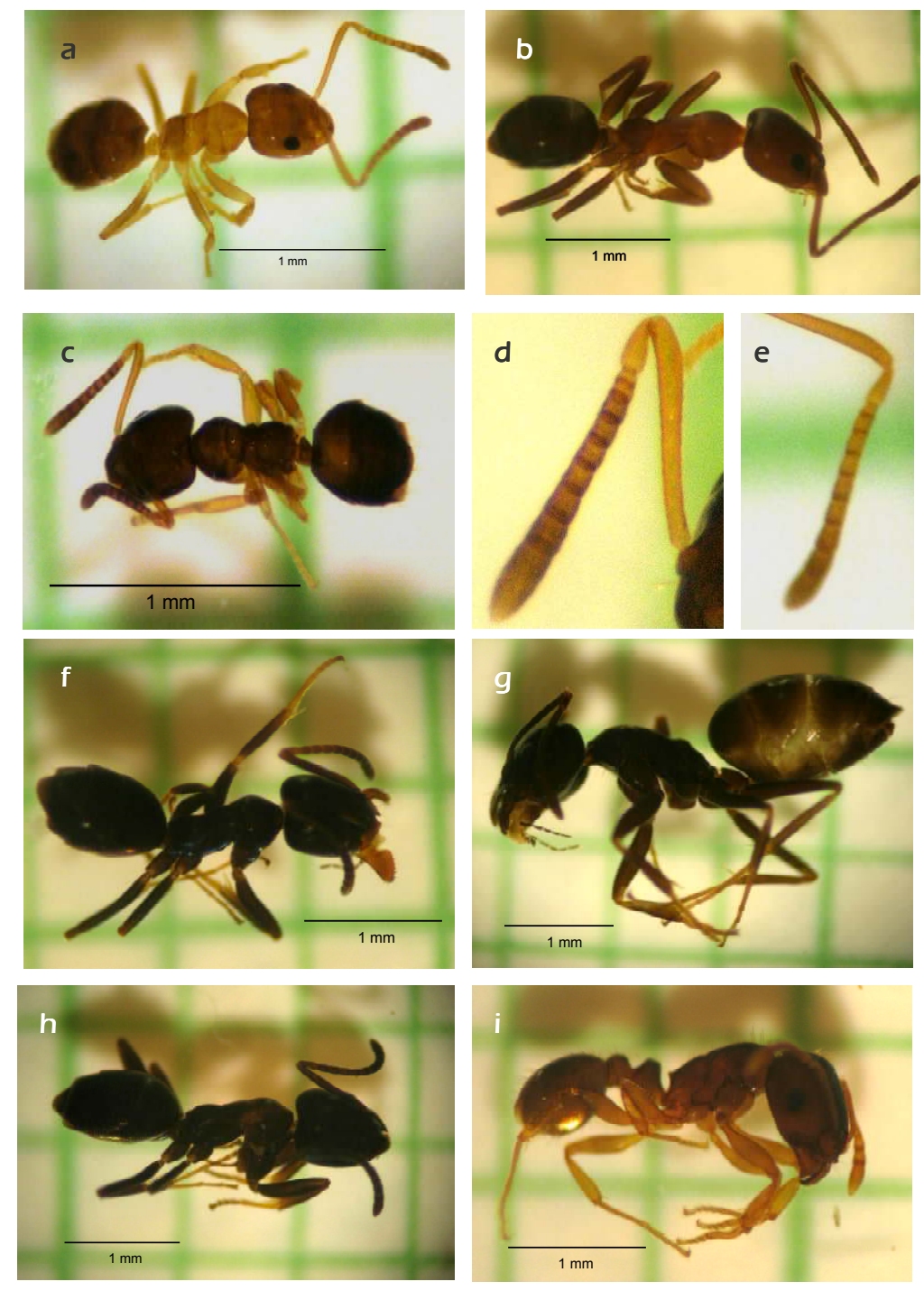


Fig. 8 – Espécies de formigas identificadas no presente estudo (originais da autora): a) *Plagiolepis schmitzii*; b) *Linepithema humile*; c) *P. pygmaea*; d) pormenor da configuração da antena de *P. pygmaea*; e) pormenor da configuração da antena de *P. schmitzii*; f) *Tapinoma erraticum*; g) *T. nigerrimum*; h) *T. simrothi*; i) *Tetramorium semilaeve*.

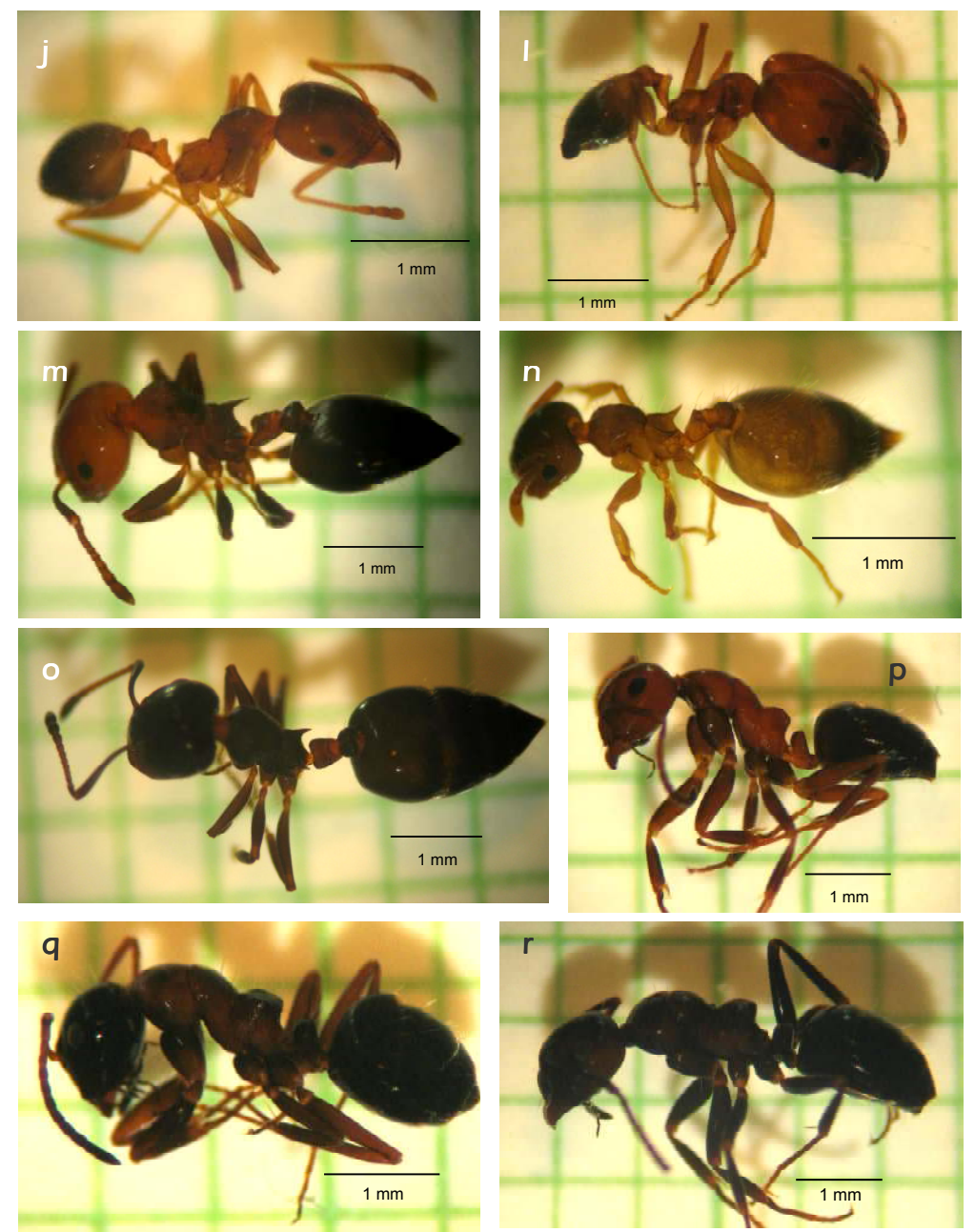


Fig. 8 (cont.) – Espécies de formigas identificadas no presente estudo (originais da autora): j) obreira de *Pheidole pallidula*; l) soldado de *Ph. pallidula*; m) *Crematogaster scutellaris*; n) *Cr. sordidula*; o) *Cr. auberti*; p) *Camponotus lateralis*; q) *C. figaro*; r) *C. piceus*.



Fig. 8 (cont.) – Espécies de formigas identificadas no presente estudo (adaptado de Gómez & Espadaler 2007): s) *Camponotus foreli*; t) *C. sylvaticus*; u) *C. gestroi*; v) *C. micans*; x) *Hypoponera eduardi*; z) *Messor structor*; a') *Formica cunicularia*; b') *F. fusca*.

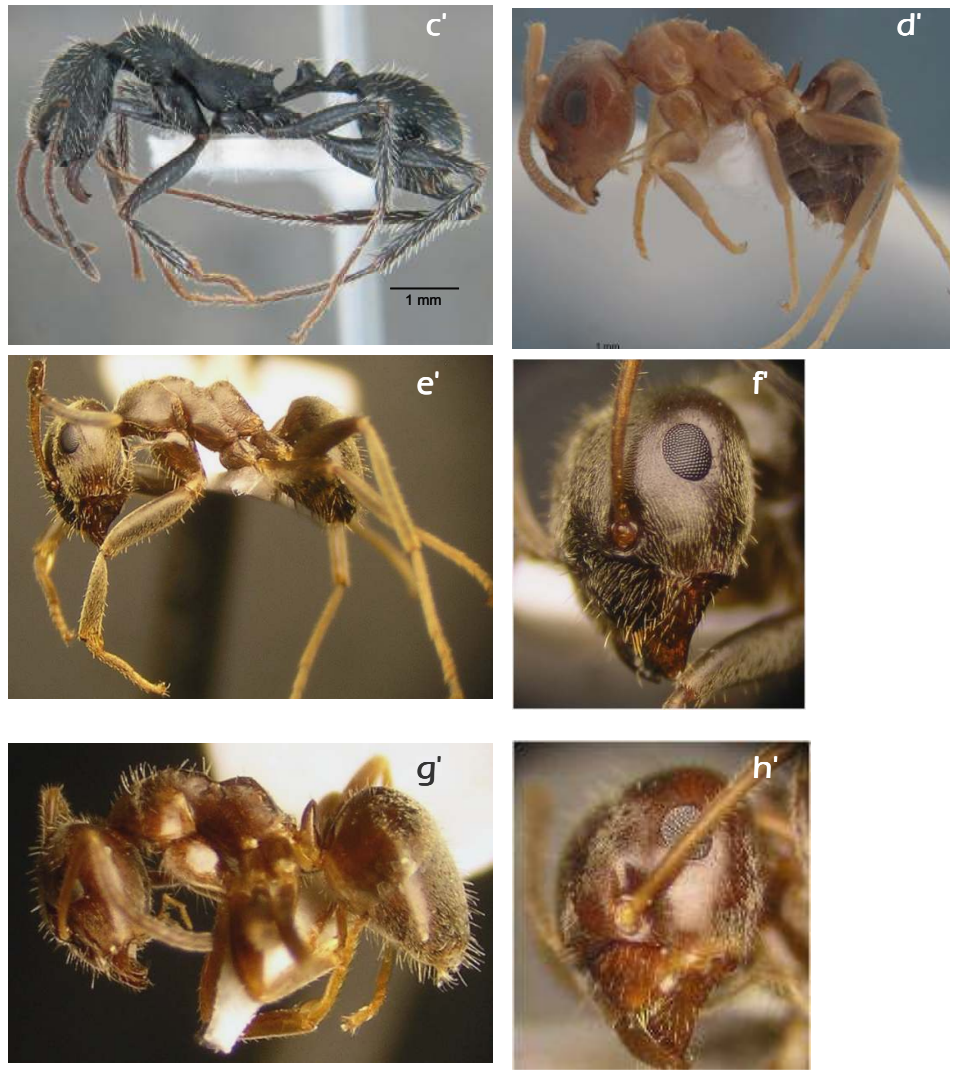


Fig. 8 (cont.) – Espécies de formigas identificadas no presente estudo (adaptado de Gómez & Espadaler 2007 e Lush 2007): c') *Aphaenogaster senilis*; d') *Lasius brunneus*; e') *L. niger*; f) pormenor da cabeça de *L. niger*, evidenciando a pubescência do clipeo mais curta e densa; g') *L. grandis*; h') pormenor da cabeça de *L. grandis* evidenciando a pubescência do clipeo, mais comprida e dispersa.

2. Frequência relativa das espécies

Formicinae foi a subfamília com maior diversidade, englobando mais de 50% das espécies colectadas, seguida de Myrmicinae, Dolichoderinae e Ponerinae (Fig. 9). Quanto aos géneros amostrados, *Camponotus* foi o mais rico, seguido de *Tapinoma*, *Lasius* e *Crematogaster* (Fig. 10).

A Serra foi a sub-região que apresentou maior riqueza, com 19 espécies, enquanto que no Litoral e Barrocal foram identificadas 15 e 14 espécies, respectivamente.

Quanto à distribuição de frequências, as espécies que apresentaram maior frequência relativa, em função do número de árvores amostradas, foram *L. humile* (23%), *P. pygmaea* (15,4%) e *Ph. pallidula* (9,7%); e, em função do número de pomares amostrados, foram *P. pygmaea* (69,4%), *L. humile* (32,7%) e *Ph. pallidula* (28,6%) (Fig. 11; Anexo 7).

Em relação às espécies raras, quatro espécies registaram um único indivíduo (“Singletons”) e duas espécies, apenas, dois (“Doubletons”) (Quadro 2). Dez espécies foram encontradas, somente, numa amostra (“Uniques”) e duas espécies foram observadas em, apenas, duas (“Duplicates”) (Colwell & Coddington 1994, Colwell 2006; Quadro 2; Fig. 11).

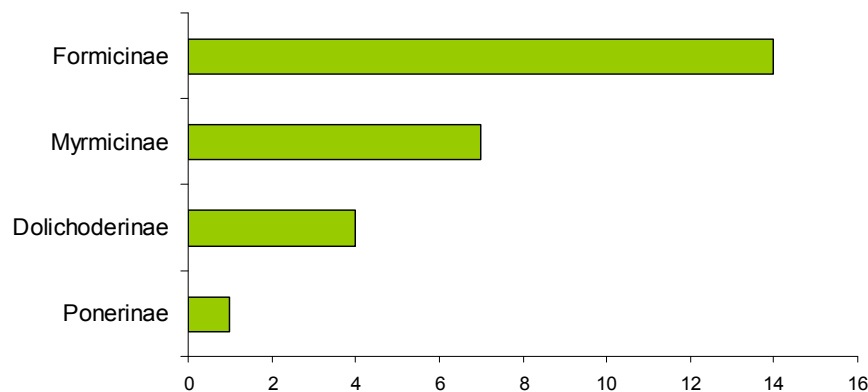


Fig. 9 – Número de espécies de formigas identificadas por subfamília.

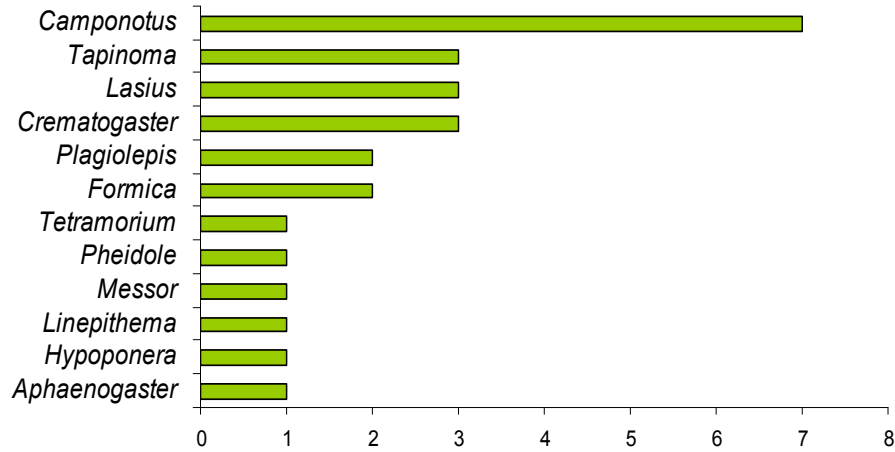


Fig. 10 – Número de espécies de formigas identificadas por gênero.

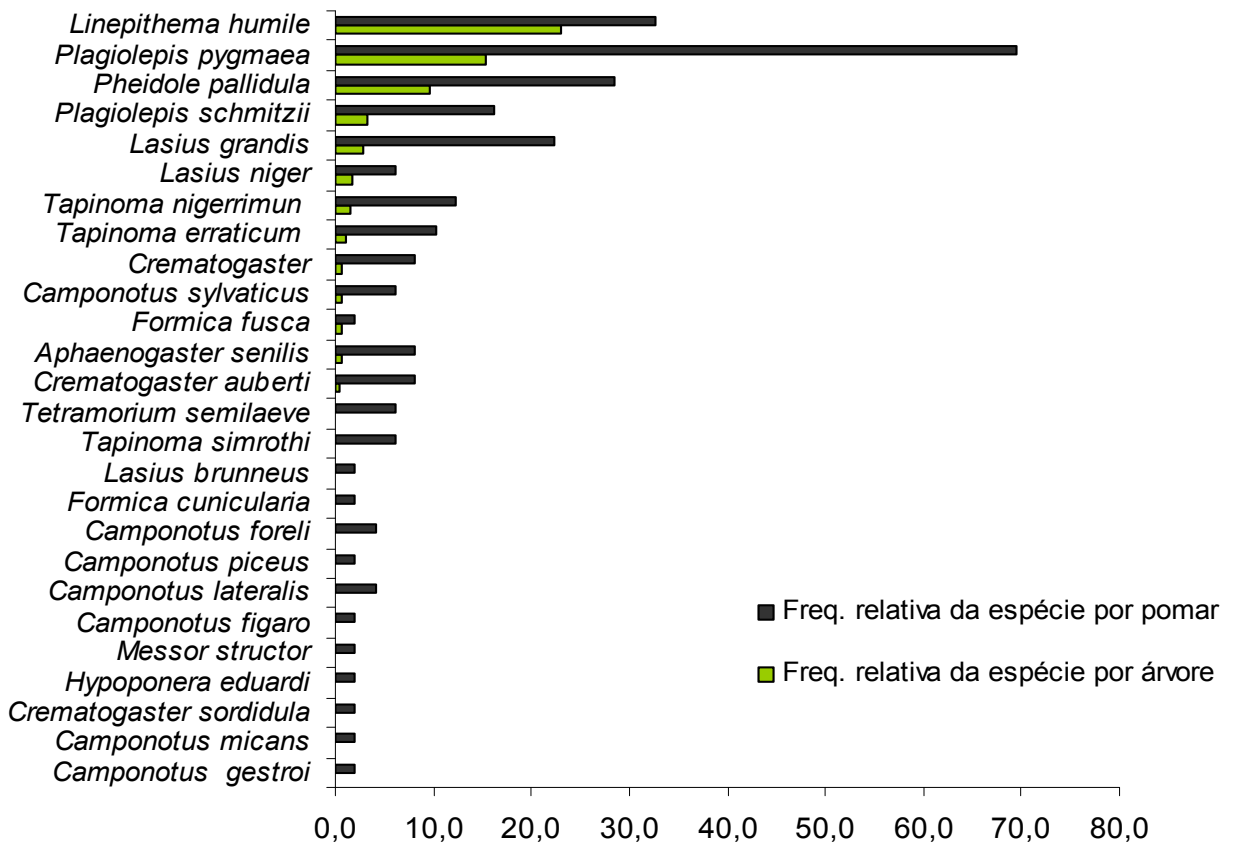


Fig. 11 – Distribuição de frequências relativas (%), por pomar e árvore, das espécies de formigas identificadas.

3. Interações tróficas observadas

Das 26 espécies de formigas identificadas, 18 foram encontradas associadas a três grupos de pragas, com as quais estabelecem interações tróficas (Quadro 3): afídeos (*Aphis spiraecola* Pagenstecher, *Aphis gossypii* Glover e *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe) (Fig. 12), mosquinhas brancas (*Aleurothrixus floccosus* Maskell e *Paraleyrodos* spp.) (Fig. 13) e cochonilhas (cochonilhas algodão, *Planococcus citri* (Risso) e *Pseudococcus calceolariae* (Maskell), cochonilha australiana, *Icerya purchasi* Maskell, e cochonilha lapa da laranjeira, *Coccus hesperidum* Linnaeus) (Fig. 14). A interação formiga / mosquinhas brancas foi a mais frequente, com dezasseis espécies associadas, seguida da interação formiga / afídeo, com dez espécies.

Quadro 3 – Número de árvores em que cada espécie de formiga foi observada a estabelecer relações tróficas com homópteros, nos pomares de citrinos amostrados, ou evidenciou fitofagia na cultura.

Espécies	Afídeos				Mosquinhas brancas		Cochonilhas			Fitofagia	Total
	<i>Aphis spiraecola</i>	<i>Aphis gossypii</i>	<i>Toxoptera aurantii</i>	<i>Schizaphis rufula*</i>	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	<i>Paraleyrodos</i> spp.	<i>Icerya purchasi</i>	<i>Planococcus citri</i> ou <i>Pseudococcus</i> spp.	<i>Coccus hesperidum</i>		
<i>A. senilis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>C. foreli</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>C. lateralis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>C. sylvaticus</i>	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3
<i>C. auberti</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	3
<i>C. scutellaris</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
<i>F. cunicularia</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>F. fusca</i>	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	7
<i>L. grandis</i>	7	1	1	0	11	0	1	0	0	0	21
<i>L. niger</i>	3	0	0	0	11	4	2	0	0	0	20
<i>L. humile</i>	8	0	2	0	44	2	14	48	7	0	123
<i>P. pallidula</i>	2	0	0	0	22	0	6	0	0	0	30
<i>P. pygmaea</i>	6	0	1	0	45	0	16	0	0	0	68
<i>P. schmitzii</i>	2	0	0	0	13	0	0	0	0	0	15
<i>T. erraticum</i>	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	4
<i>T. nigerrimum</i>	0	0	0	0	3	0	4	1	1	3	12
<i>T. simrothi</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>T. semilaeve</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Total de amostras	30	2	5	1	162	11	44	51	9	3	318
Total de espécies	8	2	4	1	15	4	7	4	3	1	48

* Espécie, normalmente, associada a gramíneas, cuja confirmação não foi possível efectuar, uma vez que foi colhido, apenas, um exemplar.

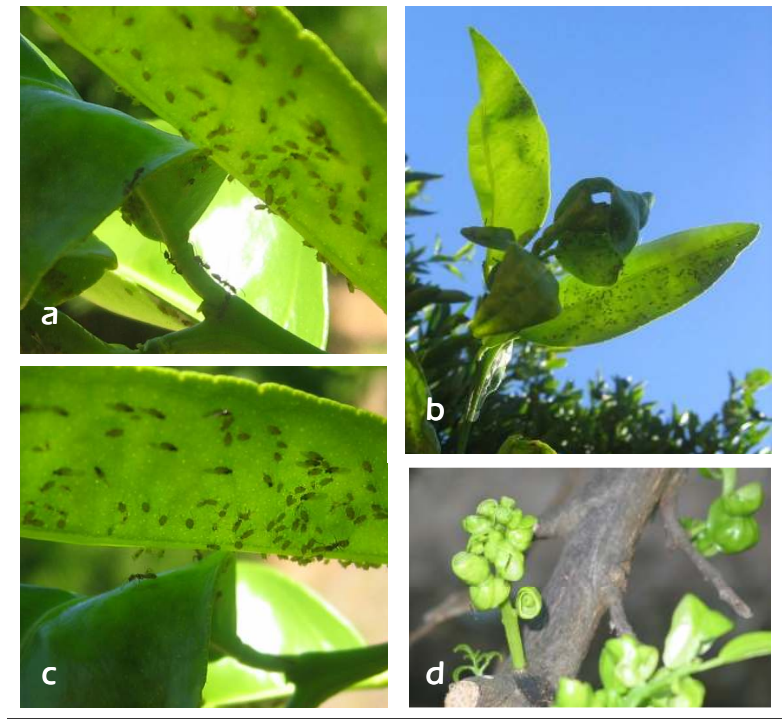


Fig. 12 – Afídeos observados em citrinos: a) e c) associação com *Linepithema humile*; b) e d) enrolamento foliar provocado por afídeos (originais da autora).

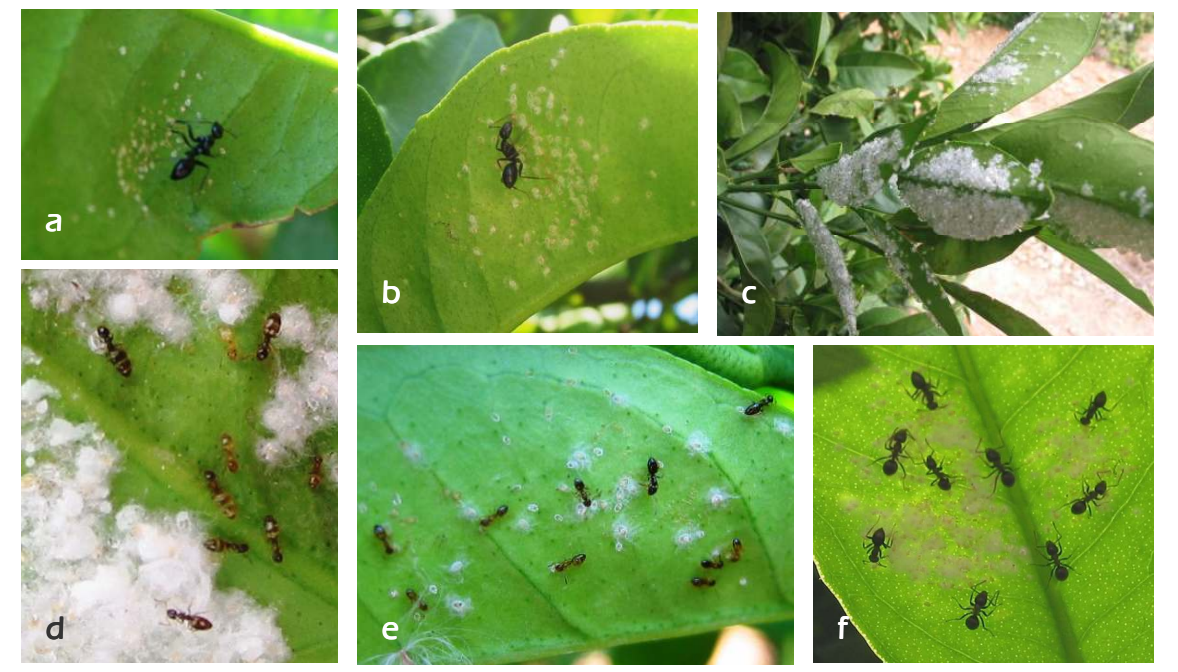


Fig. 13 – Formigas em interacção com mosquinhas brancas dos citrinos: a) *Camponotus foreli*; b) *C. sylvaticus*; c) melada de mosquinha branca dos citrinos; d) e e) *Plagiolepis pygmaea*; f) *Lasius* sp. (originais da autora).

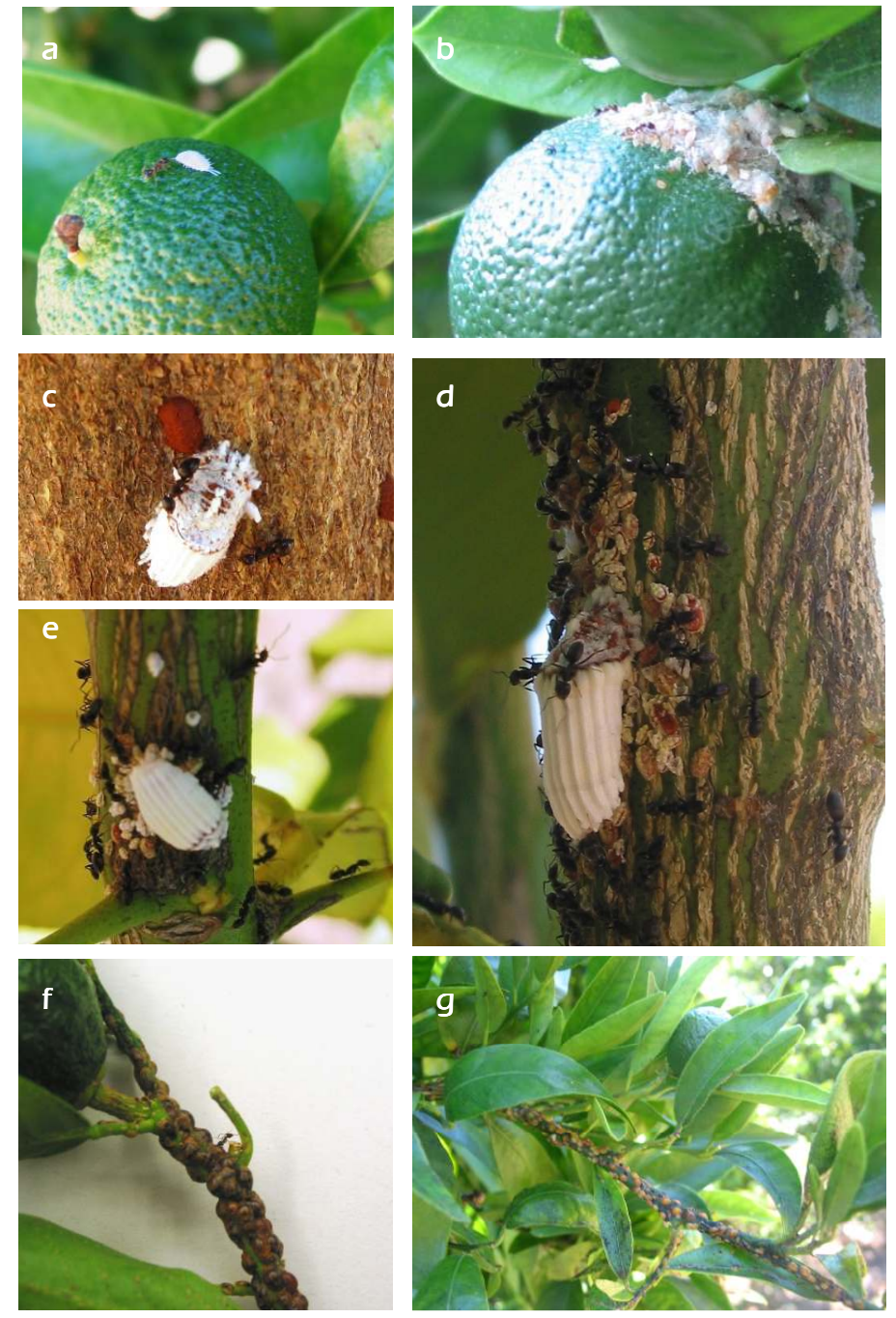


Fig. 14 – Interações entre formigas e cochonilhas: a) *Linepithema humile* (Mayr) associada a *Pseudococcus calceolariae*; b) *L. humile* associada a *Planococcus citri*; c) *Lasius* sp. e *Tapinoma* sp. (d, e) associadas a cochonilha australiana *Icerya purchasi*; f) e g) interação entre *L. humile* e lapa da laranjeira *Coccus hesperidum* (originais da autora).

Apenas, as formigas do género *Tapinoma*, nomeadamente, *T. nigerrimum* (Quadro 3), foram detectadas a alimentarem-se de folhas e rebentos jovens (Fig. 15), em 21% das 14 árvores onde esta espécie foi observada (Anexo 13).

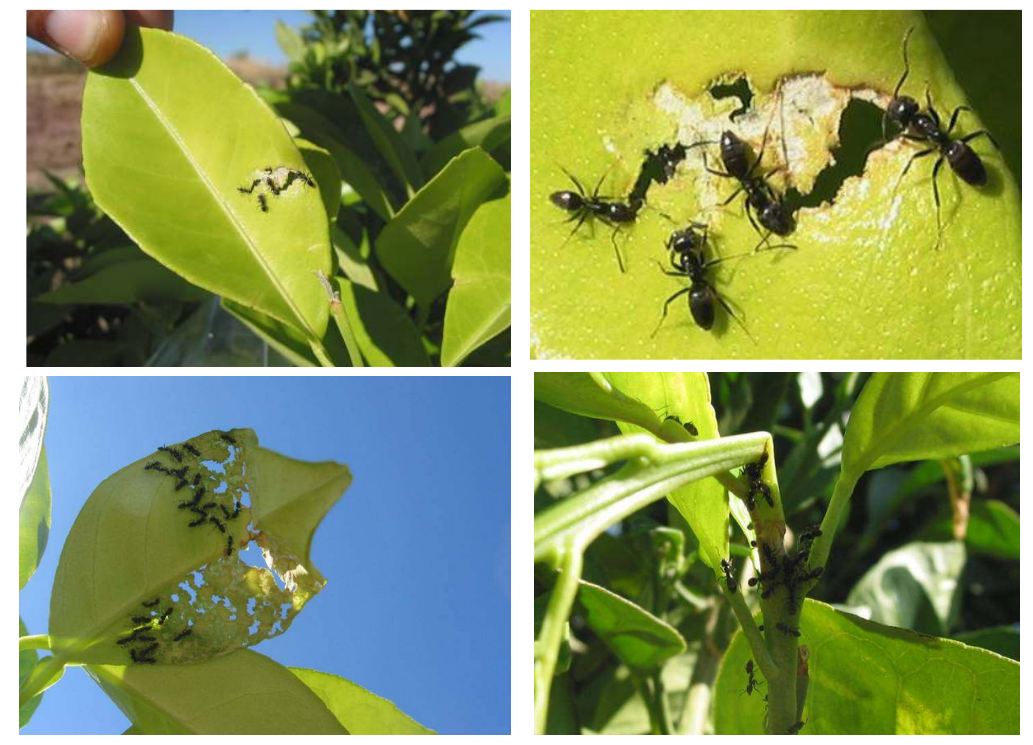


Fig. 15 – Estragos directos, em folhas e rebentos jovens, provocados por formigas do género *Tapinoma* (originais da autora).

4. Índices de diversidade

Não obstante os três índices de diversidade calculados evidenciarem valores médios, aparentemente, mais elevados na Serra do que nas outras duas sub-regiões (Barrocal e Litoral), não se registaram diferenças significativas entre sub-regiões, para os índices de Shannon ($F_{2,42} = 1,552$ $p=0,224$), Margalef ($F_{2,42} = 2,465$ $p=0,097$) e Simpson ($F_{2,42} = 1,350$ $p=0,270$) (Fig. 16, Anexo14).

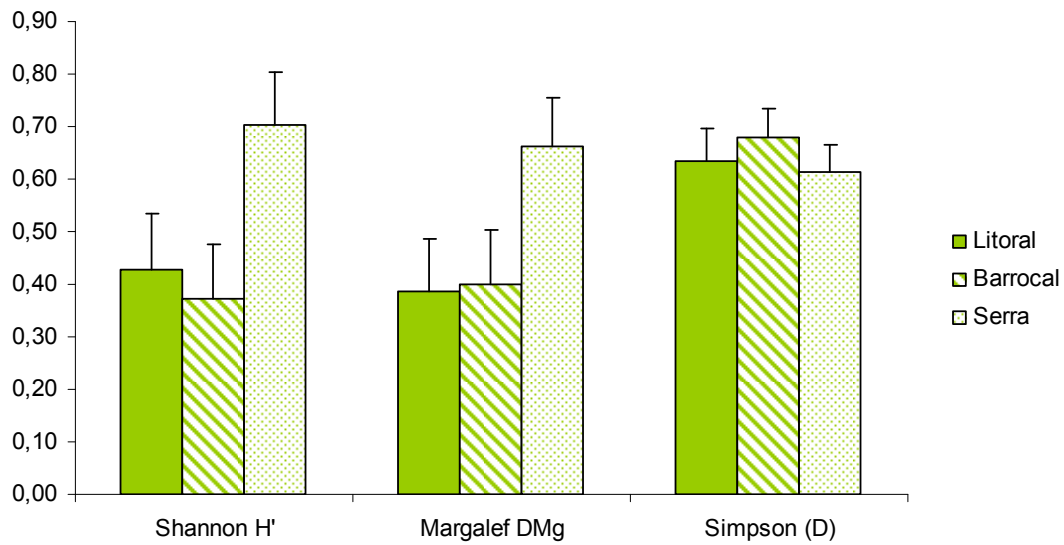


Fig. 16 – Índices de diversidade por sub-região Algarvia.

5. Estimativa da riqueza de espécies

A curva de acumulação de espécies em função do esforço amostral, de acordo com a sequência de amostragem adoptada, apresenta uma evolução que, aparentemente, não estabiliza, após 49 pomares amostrados, sugerindo que o número de espécies de formigas existente na região do Algarve, em pomares de citrinos, seja superior às 26 identificadas no presente estudo (Fig. 17; Anexo 8). De facto, a estimativa efectuada da riqueza potencial de espécies de formigas existentes, na região, variou entre 29 e 44, dependendo do método utilizado (Fig. 18; Quadro 4; Anexo 9).

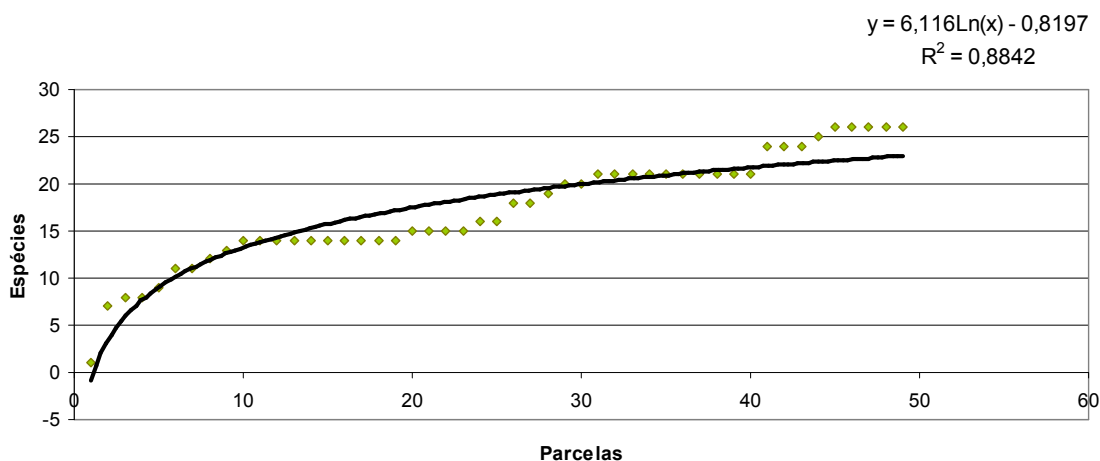


Fig. 17 – Número acumulado de espécies de formigas identificadas, na região, em função do número de pomares amostrados, de acordo com a sequência de amostragem realizada. A curva a negro corresponde ao ajuste da linha de tendência (logarítmica) e os losangos, aos valores observados.

Quadro 4 – Estimativa da riqueza potencial de espécies de formigas existentes em pomares de citrinos, na região do Algarve, com base em diferentes métodos. Utilizou-se PTR (%) = $(S_{est}/S_{obs}) \cdot 100$ (“Percent of True Richness”), para medir a precisão dos estimadores (Brose 2002, Colwell 2006).

Estimador	Riqueza estimada	PTR (%)
ACE	29	112
Chao 1	29	112
Bootstrap	30	115
Michaelis-Menten	31	119
Jackknife 1	36	138
ICE	36	138
Chao 2	41	158
Jackknife 2	44	169
Riqueza observada	26	100

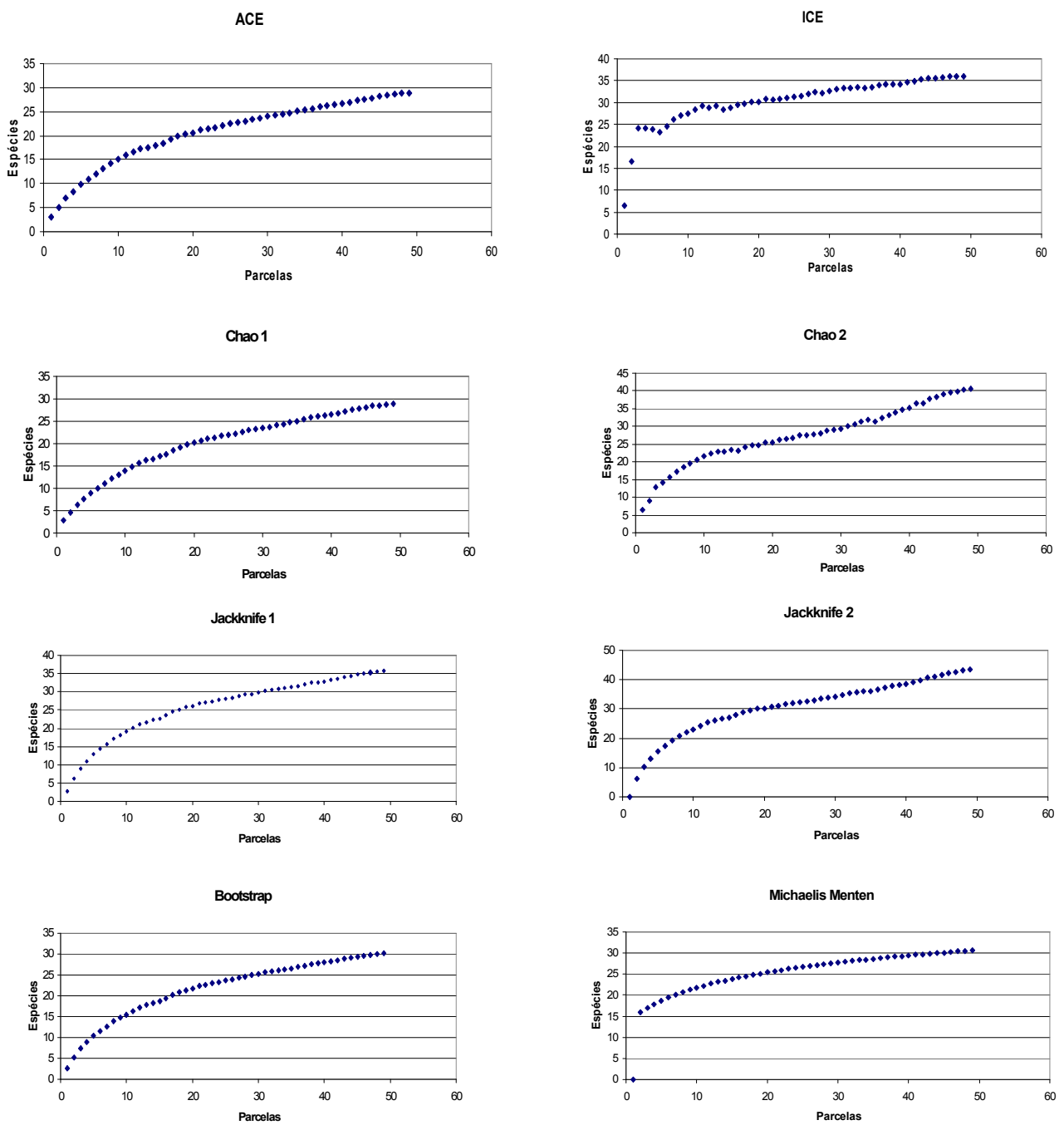


Fig. 18 – Curvas de acumulação de espécies segundo oito estimadores, Chao1, Chao2, ACE (“Abundance-base Coverage Estimator”), ICE (“Incidence-based Coverage Estimator”), Jackknife1, Jackknife2, Bootstrap e Michaelis-Menten. Cada ponto é a média de 100 estimativas baseadas em 100 casualizações, a partir dos dados das amostras colhidas (Colwell 2006).

6. Espécies e variáveis ambientais

Recorreu-se ao método de análise multivariada de Componentes Principais (PCA) para estudar a existência de eventuais relações entre espécies e variáveis ambientais (área e idade das parcelas) (Smith 2002). As relações estudadas foram, em geral, pouco significativas. Relativamente às variáveis área e idade das parcelas amostradas, apenas 5,6% da variância total das espécies é explicada, isto é, há uma baixa correlação entre as espécies presentes e as variáveis área e idade do pomar. No que respeita à relação entre espécies, a variância explicada foi de 33,4% (Fig. 19; Anexo 10), sendo de destacar a separação das espécies *L. humile*, *L. grandis* e *Ph. pallidula* (Fig. 19). Tratam-se de três espécies em que, exceptuando numa parcela, cada uma delas não surgiu associada às outras duas (Anexo 13).

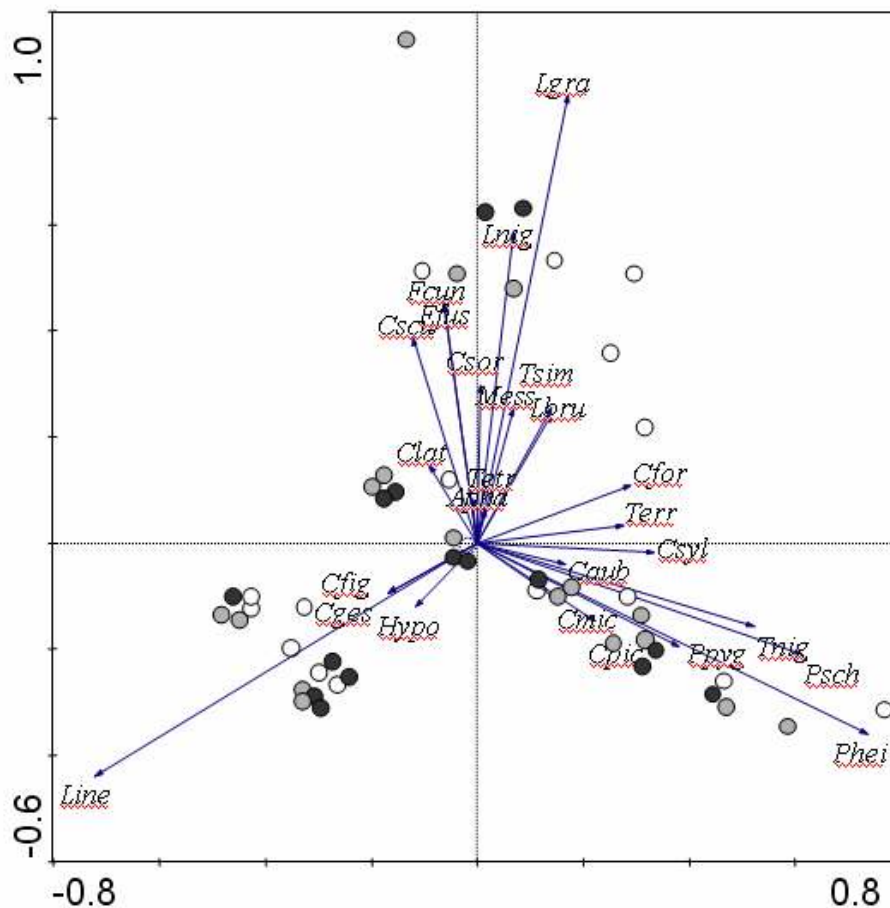


Fig. 19 – Diagrama baseado no método de análise de Componentes Principais (PCA). Composição da comunidade de formigas presente. Os círculos a branco indicam as parcelas do Litoral, enquanto que a cinzento indicam o Barrocal e a preto indicam a Serra. *Apha* = *A. senilis*, *Cges* = *C. gestroi*, *Cfig* = *C. figaro*, *Cfor* = *C. foreli*, *Clat* = *C. lateralis*, *Cmic* = *C. micans*, *Cpic* = *C. piceus*, *Csyl* = *C. sylvaticus*, *Caub* = *C. auberti*, *Cscu* = *C. scutellaris*, *Csor* = *C. sordidula*, *Fcun* = *F. cunicularia*, *Ffus* = *F. fusca*, *Hypo* = *H. eduardi*, *Lbru* = *L. breunneus*, *Lgra* = *L. grandis*, *Lnig* = *L. niger*, *Line* = *L. humile*, *Mess* = *M. structor*, *Phei* = *Ph. pallidula*, *Ppyg* = *P. pygmaea*, *Psch* = *P. schmitzii*, *Terr* = *T. erraticum*, *Tnig* = *T. nigerrimum*, *Tsim* = *T. simrothi*, *Tetr* = *T. Semilaeve*.

7. Associação entre espécies

Efectuaram-se testes de associação entre as espécies mais frequentes, *L. humile*, *P. pygmaea*, *Ph. pallidula*, *L. grandis* e *P. schmitzii* (Southwood 1978). Verificaram-se valores de χ^2 mais elevados para as associações entre *L. humile* / *Ph. pallidula*, *L. humile* / *L. grandis*, *L. humile* / *P. schmitzii* e *Ph. pallidula* / *P. schmitzii*, sendo as três primeiras associações de repulsão e a última de afinidade (com o valor mais alto). No entanto, do ponto de vista estatístico, as associações não são significativas ($p=0,05$) (Anexo 11). A associação com valor mais elevado de χ^2 , i.e., *Ph. pallidula* e *P. schmitzii*, foi significativa para $p=0,061$. (Anexo 11).

É curioso o facto de *P. pygmaea*, a espécie mais frequente, ter sido encontrada associada a todas as espécies identificadas, com excepção das formigas do género *Formica*. Por outro lado, 14 espécies surgiram sempre associadas a *P. pygmaea*, e as restantes 67 a 88% das vezes (Anexo 12).

Foram, apenas, quatro as espécies de formigas que apareceram isoladas, em alguns pomares, tendo sido a formiga-argentina a que mais frequentemente surgiu nesta condição (Fig. 20).

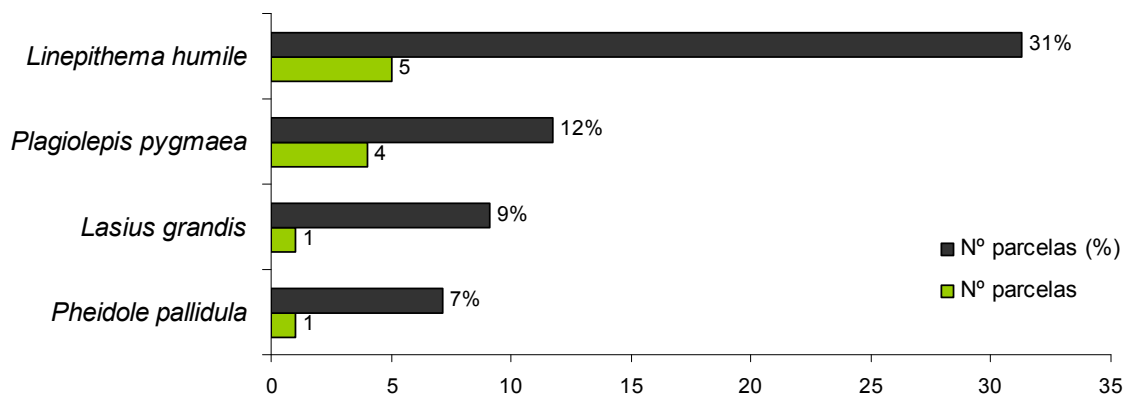


Fig. 20 – Distribuição de frequências das espécies de formigas que apareceram isoladas, em algumas parcelas de citrinos.

O número máximo de espécies de formigas observado por parcela foi de sete, registado nomeadamente nas parcelas 10 e 41, pertencentes ao concelho de Loulé (Fig. 21; Anexo 13). No entanto, a situação mais frequente foi a detecção de uma ou duas espécies por parcela (Fig. 21), correspondente a 45% dos pomares amostrados. O peso das parcelas onde não foi detectada a presença de formigas ou se observou mais do que duas espécies por parcela representou 8% e 47% do total, respectivamente.

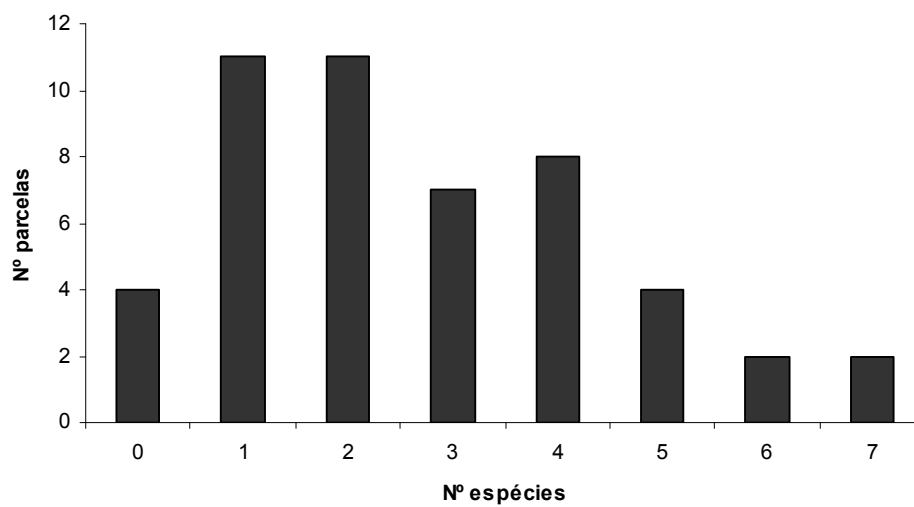


Fig. 21 – Distribuição de frequências do número de espécies de formigas identificadas por parcela, em pomares de citrinos, na região do Algarve.

V. DISCUSSÃO

Em termos de riqueza, este estudo revelou elevado número de espécies de formigas (26 espécies), comparando com o registado noutros trabalhos efectuados em Espanha (Palacios *et al.* 1999, Vanaclocha *et al.* 2005, Alvis & Garcia-Marí 2006; Monzó *et al.* 2006), onde foram identificadas, apenas, 13-14 espécies, cerca de metade do número observado no Algarve. Uma das razões para esta diferença poderá estar no método de amostragem utilizado. Tanto a técnica, como o período de amostragem, bem como a dimensão da amostra foram diferentes. Enquanto que no presente estudo se utilizou a observação visual, como técnica de amostragem, Alvis & Garcia-Marí (2006) seleccionaram a aspiração móvel e Palacios *et al.* (1999), Vanaclocha *et al.* (2005) e Monzó *et al.* (2006) recorreram a armadilhas do tipo pitfall. O período de amostragem concentrou-se em seis semanas, durante o Verão, em comparação com sete meses a três anos, nos estudos realizados em Espanha (Palacios *et al.* 1999, Vanaclocha *et al.* 2005, Alvis & Garcia-Marí 2006, Monzó *et al.* 2006). A dimensão da amostra foi igualmente diferente, correspondendo a, 49 parcelas amostradas em oito concelhos, na região do Algarve, comparando com quatro, nos estudos realizados por Vanaclocha *et al.* (2005) e Monzó *et al.* (2006), na região de Valência, seis, no estudo efectuado por Palacios *et al.* (1999), na região de Tarragona, e dez parcelas, em cinco locais, no caso de Alvis & Garcia-Marí (2006), também, na região de Valência. Tendo em conta a grande variação, entre parcelas, no elenco de espécies observado, nos pomares amostrados, na região do Algarve, o menor número de espécies registado nos estudos efectuados em Espanha terá ficado a dever-se, sobretudo, ao muito menor número de parcelas amostradas. As diferentes técnicas de amostragem poderão traduzir-se em diferenças no elenco e na importância relativa das espécies, em particular no que diz respeito à utilização das armadilhas pitfall, uma vez que estas não dão informação sobre as formigas presentes nas copas das árvores. Os resultados parecem, pois, indicar que a metodologia utilizada no presente estudo, i.e., amostragem extensiva (49 parcelas), por observação visual, concentrada num período, relativamente, curto de tempo, no Verão, foi a mais adequada face a objectivo de estimar a composição das comunidades de formigas associadas a pomares de citrinos na região.

De acordo com as estimativas efectuadas através de diferentes modelos, o número total de espécies de formigas presentes nas copas das árvores, em pomares de citrinos, no Algarve, poderá ter sido subestimado, admitindo-se ultrapassar as 29 espécies. De facto, são 37, as espécies referenciadas em citrinos na Península Ibérica (Anexo 1). Contudo, é de esperar que as eventuais espécies não detectadas sejam essencialmente espécies raras, i.e., “Singletons”, “Doubletons”, “Uniques” ou “Duplicates” (Colwell & Coddington 1994, Colwell 2006).

Quanto à composição das comunidades, as espécies identificadas diferem, na sua maioria, das reportadas noutras regiões geográficas (Haney 1988). No entanto, 15 espécies coincidem com as encontradas em Espanha por Palacios *et al.* (1999), Vanaclocha *et al.* (2005) e Alvis & Garcia-Marí (2006), nomeadamente, *Lasius niger*, *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula*, *Plagiolepis pygmaea*, *Plagiolepis schmitzii*, *Camponotus sylvaticus*, *Camponotus foreli*, *Linepithema humile*, *Tapinoma nigerrimum*, *Tapinoma erraticum*, *Tapinoma simrothi*, *Tetramorium semilaeve*, *Hypoconera eduardi*, *Aphaenogaster senilis* e *Formica cunicularia*.

As três espécies mais frequentes na região do Algarve foram *L. humile*, *P. pygmaea* e *Ph. pallidula*, coincidindo com as espécies que estabeleceram maior número de interações com pragas presentes nos pomares. A formiga-argentina apresentou maior frequência relativa por árvore, enquanto que *P. pygmaea* evidenciou maior frequência relativa por pomar, sendo, por isso, a espécie mais frequente na região (presente em 34 parcelas), considerada, também, a espécie mais abundante da Península Ibérica (Palacios *et al.* 1999). Porém, a formiga-argentina apresenta-se como a espécie mais dominante. Embora estivesse presente em, apenas, 16 parcelas, surgiu isolada em mais 19% das parcelas do que *P. pygmaea*.

Apenas, em quatro pomares (dois pomares no litoral e dois no barrocal), não se detectou a presença de formigas, provavelmente devido ao baixo nível populacional ou ausência de homópteros excretadores de melada e outros recursos alimentares ou devido ao impacto negativo de práticas culturais e / ou tratamentos fitossanitários, uma vez que em dois destes pomares estão presentes variedades tardias de laranjeira ('Valencia late' e 'Rhode'), em que é comum realizar tratamentos insecticidas contra a mosca-do-Mediterrâneo.

Oito espécies de formigas (*Aphaenogaster senilis*, *Crematogaster auberti*, *C. scutellaris*, *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula*, *Plagiolepis pygmaea*, *P. schmitzii* e *Tapinoma nigerrimum*) apareceram nas três sub-regiões do Algarve, seis espécies (*Camponotus lateralis*, *Lasius niger*, *Linepithema humile*, *Tapinoma erraticum*, *T. simrothi* e *Tetramorium semilaeve*) em duas sub-regiões e 12 espécies (*Camponotus gestroi*, *C. figaro*, *C. foreli*, *C. micans*, *C. piceus*, *C. sylvaticus*, *Crematogaster sordidula*, *Formica cunicularia*, *F. fusca*, *Hypoconera eduardi*, *Lasius brunneus* e *Messor structor*), apenas, numa sub-região (Fig. 22). É de destacar a ausência da formiga-argentina na Serra, possivelmente devido a facto desta espécie não colonizar, geralmente, solos xistosos (Paiva *et al.* 1998). Segundo Way *et al.* (1997), existe uma associação entre o tipo de solo e a presença da formiga-argentina, assim como das espécies nativas suas competidoras, *C. scutellaris* e *Ph. pallidula*. Como espécie oportunista, a formiga-argentina é particularmente comum em solos arenosos e argilosos e ausente em solos associados a rochas metamórficas. Por outro lado apresenta distribuição costeira (Gómez & Espadaler 2007), o que explica, também, a sua ausência na

Serra algarvia e a sua pequena abundância no interior espanhol (Palacios *et al.* 1999, Vanaclocha *et al.* 2005, Alvis & Garcia-Marí 2006, Urbaneja *et al.* 2006).

Tapinoma nigerrimum foi detectada a alimentar-se de rebentos jovens, possivelmente devido ao facto do pomar em causa (parcela 31 - Cerro do Mestre), pertencente à Serra, ser relativamente jovem. Carvalho *et al.* (1999) referem, também, *Tapinoma simrothi* como espécie que surge no Algarve, em plantações jovens de citrinos, principalmente no Barrocal, provocando estragos, ao roer órgãos tenros, em especial gomos florais, ápices vegetativos e rebentos de enxertias.

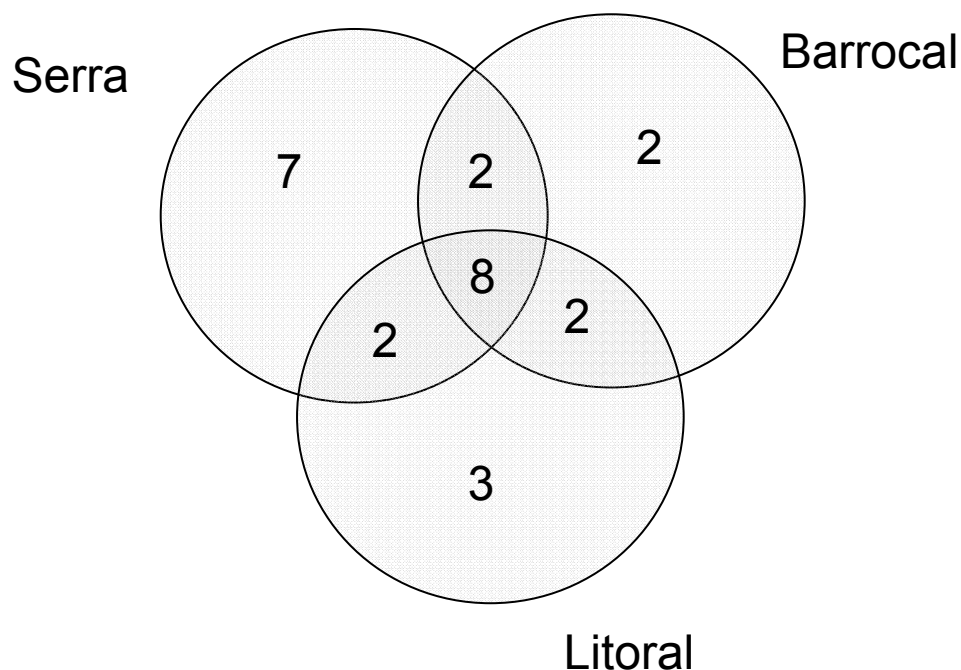


Fig. 22 – Diversidade (nº espécies) das comunidades de formigas identificadas em pomares de citrinos, nas três sub-regiões do Algarve, e número de espécies partilhadas.

Mais de metade (69%) das espécies de formigas identificadas surgiram associadas a homópteros excretadores de melada. Trata-se de uma proporção claramente superior à referida por Samways *et al.* (1982), para pomares de citrinos, na África do Sul, onde, apenas, 20% das 123 espécies de formigas referenciadas surgiram associadas a homópteros.

Em Portugal, existem dois grupos de espécies que podem assumir importância económica nos ecossistemas citrícolas e apresentar estatuto de praga: as formigas fitófagas do género *Tapinoma*, quer pelos estragos directos na rebentação, quer pela acção indirecta, através de recolha de melada; e a formiga-argentina, *L. humile*, espécie agressiva e

oportunista, não só, pela recolha de melada (estimulam a excreção, favorecendo o desenvolvimento de pragas), mas também, por interferir na limitação natural, constituindo um factor de nocividade de outras pragas.

Outras espécies, como *Ph. pallidula*, *P. pygmaea*, *P. schmitzii*, *L. niger* e *L. grandis*, podem ser predadoras e / ou pragas potenciais, pelas relações que estabelecem com outras pragas. Alvis & Garcia-Marí (2006) registaram correlações positivas entre *L. niger* e afídeos, *Ph. pallidula* e diaspidídeos, *P. pygmaea* e *Icerya purchasi* Maskell. No presente estudo, estas três espécies apareceram mais frequentemente associadas a mosquinhas brancas, embora *L. niger*, também, estivesse associada a afídeos, e *P. pygmaea* a *I. purchasi*. A disponibilidade de recursos parece influenciar a actividade das espécies de formigas presentes nos pomares de citrinos.

Quer a análise de Componentes Principais (PCA) relativamente às espécies, quer o estudo feito em termos de associações entre espécies, sugerem que as espécies *L. humile* e *Ph. pallidula* não parecem coexistir. Uma das razões poderá estar no facto de ambas as espécies nidificarem no solo e competirem pelos mesmos recursos alimentares (Paiva *et al.* 1998). Paiva *et al.* (1998) referem que, em Portugal, *Ph. pallidula* constitui barreira importante à expansão da formiga-argentina. Em termos de protecção dos citrinos, será interessante esclarecer a existência de eventuais diferenças na relação entre estas duas espécies de formigas e os homópteros excretadores de melada, que possam influenciar a sua importância relativa como factores de nocividade de pragas dos citrinos. Ou seja, se *Ph. pallidula* não tiver um impacto significativo na actividade dos inimigos naturais de algumas pragas dos citrinos, como acontece com a formiga-argentina, a sua presença nos pomares poderá ser considerada relativamente benéfica do ponto de vista da limitação natural dessas pragas, em comparação com a presença de *L. humile*.

A eventual associação entre *Ph. pallidula* e *P. schmitzii*, evidenciada nos resultados, é suportada pelas observações efectuadas por Alvis & Garcia-Marí (2006) que verificaram existir correlação positiva entre estas espécies, em pomares de citrinos da região de Valência, no sul de Espanha.

VI. CONCLUSÕES

No conjunto dos 49 pomares de citrinos amostrados, na região do Algarve, foram identificadas 26 espécies de formigas, englobando quatro subfamílias e 12 géneros, permitindo acrescentar 19 espécies às sete já referenciadas em citrinos, em Portugal. Contudo, de acordo com os diferentes modelos utilizados para estimar a riqueza potencial, o número de espécies de formigas na região poderá ser superior a 29.

Formicinae foi a subfamília com maior diversidade, representando cerca de 50% das espécies colectadas. No que respeita aos géneros amostrados, *Camponotus* foi o mais rico, com sete espécies.

A Serra foi a sub-região que apresentou maior riqueza, com 19 espécies, seguida do Litoral e Barrocal, com 15 e 14 espécies, respectivamente.

As espécies mais frequentes foram *Linepithema humile* (Mayr), *Plagiolepis pygmaea* Latreille e *Pheidole pallidula* (Nylander), coincidindo com as espécies que estabeleceram maior número de interacções com pragas presentes nos pomares.

Mais de metade (69%) das espécies de formigas identificadas em citrinos surgiram associadas a homópteros excretadores de melada. Estas relações mutualistas podem favorecer o desenvolvimento e sobrevivência dos homópteros, dependendo da abundância e maior ou menor agressividade da espécie de formiga.

No que respeita à importância económica, são de destacar as formigas fitófagas do género *Tapinoma*, que podem assumir estatuto de praga, pelos estragos directos que podem provocar na cultura, e a formiga argentina, *L. humile*, que, pela acção negativa que tem na actividade dos organismos auxiliares, constitui factor de nocividade de outras pragas. Contudo, a sua não detecção na Serra sugere que, no Algarve, esta espécie só será de temer, como factor de nocividade, nas sub-regiões Barrocal e Litoral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agosti D, Johnson NF Editors. (2005) Antbase. World Wide Web electronic publication. antbase.org, version (05/2005). Disponível em: <http://antbase.org/>
- Almeida CA (1985) Hidrogeologia do Algarve Central. Dissertação apresentada para a Obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Hidrogeologia, Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa, Lisboa, pp 333
- Alvis L, Garcia-Marí F (2006) Identification and abundance of ants (Hymenoptera: Formicidae) in citrus trees from Valencia (Spain). IOBC wprs Bulletin 29(3):111-116
- Arnold AJ (1994) Insect suction sampling without nets, bags or filters. Crop Protection 13:73-76
- Bach CE (1991) Direct and indirect interactions between ants (*Pheidole megacephala*), scales (*Coccus viridis*) and plants (*Pluchea indica*). Oecologia 87:233-239
- Banks WA, Adams CT, Lofgren CS (1991) Damage to young citrus trees by the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Economic Entomology 84:241-246
- Barzman MS, Mills NJ, Cuc NTT (1996) Traditional knowledge and rationale for weaver ant husbandry in the Mekong delta of Vietnam. Agriculture and Human Values 13(4):2-9
- Ben-Dov Y (1990) Relationships with ants. In: Rosen D (ed.) Armored scale insects – their biology, natural enemies and control, vol. A. Elsevier, Amsterdam, pp 339-343
- Bodenheimer FS (1951) Citrus entomology in the Middle East with special references to Egypt, Iran, Irak, Palestine, Syria, Turkey. Dr. W. Junk Publishers, The Hague. Jerusalem
- Boieiro MRC, Serrano ARM, Palma CMI, Aguiar CAS (1999) *Epitritus argiolus* Emery, 1869: The first record of Dacetoniini ants in Portugal (Hymenoptera, Formicidae). Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia 7(10):113-116
- Boieiro M, Espadaler X, Azedo AR, Serrano ARM (2002) Four new species to the ant fauna of Portugal (Hymenoptera, Formicidae). Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia 20(202):253-259
- Bolton B, Palacio EE, Fernández F (2003) Morfología y glosario. In: Fernández F (ed.) Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, pp 221-232
- Braak CJFT (2002) Programa CANOCO Versão 4.5 Biometris - quantitative methods in the life and earth sciences. Plant Research International, Wageningen University and Research Centre, The Netherlands
- Brose U (2002) Estimating species richness of pitfall catches by non-parametric estimators. Pedobiologia 46:101-107

- Buckley R, Gullan P (1981) More aggressive ant species (Hymenoptera: Formicidae) provide better protection for soft scales and mealybugs (Homoptera: Coccidae, Pseudococcidae) *Biotropica*, 23:3:282-286
- Buckley RC (1987) Interactions involving plants, Homoptera, and ants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:111-135
- Buckley R, Gullan P (1991) More aggressive ant species (Hymenoptera: Formicidae) provide better protection for soft scales and mealybugs (Homoptera: Coccidae, Pseudococcidae). *Biotropica* 23(3):282-286
- Buren WF, Whitcomb WH (1977) Ants of citrus: some considerations. *Proceedings of the International Society of Citriculture, Florida* 2, pp. 496-498
- Campos JM, Martínez-Ferrer MT, Fores V (2006) Parasitism disruption by ants of *Anagyrus pseudococci* (Girault) and *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae), two parasitoids of the citrus mealybug *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera: Pseudococcidae). *IOBC wprs Bulletin* 29(3):33-46
- Carvalho JP, Aguiar AMF (1997) Pragas dos citrinos na ilha da Madeira. *Poseima Madeira, Direcção Regional de Agricultura da Região Autónoma da Madeira, Funchal*
- Carvalho JP, Ilharco, FA, Ferreira MA, Carvalho MUP (1999) Manual de pragas e sintomas do ataque de insectos e ácaros em citrinos. *Estação Agronómica Nacional, Oeiras*
- Collingwood C, Prince A (1998) A guide to ants of Continental Portugal (Hymenoptera: Formicidae). *Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia*, supl n°5, pp 49
- Colwell RK (2006) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. Disponível em: <http://purl.oclc.org/estimates>
- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* 345:101-118
- Delabie JHC (2001) Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. *Neotropical Entomology* 30(4):501-516
- Dias JCS (1955) Biologia e ecologia da formiga argentina (*Iridomyrmex humilis* Mayr): notas para o seu estudo em Portugal. *Separata do Boletim da Junta Nacional de Frutas, Lisboa*, pp 117
- Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve (2007) Registos referentes a consultas fitossanitárias entre 1993 e 2002. DRAPALG, Patação
- Eubanks MD, Blackwell SA, Parrish CJ, Delamar ZD, Hull-Sanders H (2002) Intraguild predation of beneficial arthropods by red imported fire ants in cotton. *Department of Entomology and Plant Pathology, Auburn University, Auburn*
- Franco JC, Silva EB, Carvalho JP (2000) Cochonilhas-algodão (Hemiptera, Pseudococcidae) associadas aos citrinos em Portugal. *ISA Press, Lisboa*

- Franco JC, Ramos AP, Moreira I (eds) (2006a) Infra-estruturas ecológicas e protecção biológica: caso dos citrinos. ISA Press, Lisboa
- Franco JC, Garcia-Marí F, Ramos AP, Besri M (2006b) Survey of the situation of citrus pest management in Mediterranean countries. IOBC wprs Bulletin 29(3):335-346
- Gómez K, Espadaler X (2007) Hormigas.org. Disponível em: <http://www.hormigas.org/>
- Gross P (1993) Insect behavioural and a morphological defenses against parasitoides. Annual Review of Entomology 38:251-273
- Gullan PJ (1997) Relationships with ants. In: Ben-Dov Y, Hodgson CJ (eds), Soft scale insects – their biology, natural enemies and control. Elsevier Science, Amsterdam, pp 351-377
- Haney PB (1988) Identification, ecology and control of the ants in citrus: a world survey. In: Goren R, Mendel K (eds) Proceedings of the sixth International Citrus Congress, Tel Aviv, Israel, pp 1227-1251
- Ilharco FA, Gomes A (1967) Montagem de afídeos para observação microscópica. Introdução de uma nova operação. Agronomia Lusitana 28:41-45
- Ilharco, F A (1994) Afídeos e formigas na cultura dos citrinos. Congresso de Citricultura, Silves, pp 171-182
- Iharco, FA (2005) First report on *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy) in Spain and Continental Portugal (Homoptera, Aphidoidea). Agronomia Lusitana, 51(1):19-21
- Itioka T & Inoue T (1999) The alternation of mutualistic ant species affects the population growth of their trophobiont mealybug. Ecography 22:169-177
- James DG, Stevens MM, O'Malley KJ (1998a) Prolonged exclusion of foraging ants from citrus trees using controlled release chlorpyrifos-impregnated trunk bands. International Journal of Pest Management 44:65-69
- James DG, Stevens MM, O'Malley KJ, Faulder RJ (1998b) Ant foraging reduces the abundance of beneficial and incidental arthropods in citrus canopies. NSW Agriculture, Yanco Agricultural Institute, PMB Yanco, New South Wales, Australia
- King JR, Porter SD (2004) Recommendations on the use of alcohols for preservation of ant specimens (Hymenoptera, Formicidae). Insect Society 51:197–202
- King JR, Porter SD (2005) Evaluation of sampling methods and species richness estimators for ants in upland ecosystems in Florida. Environmental Entomology 34(6):1566-1578
- Knapp JL, Wojcik DP (1992) The red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae). A pest of Florida citrus and its management Proceedings of the International Society of Citriculture, Italy, pp 993-937
- Lopes F, Monteiro A (2004) Modelado cársico no concelho de Loulé. Disponível em: <http://sapiens.no.sapo.pt>
- Lush MJ (2007) PBase com LLC. Disponível em: <http://www.pbase.com/>

- Magurran A (2004) Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd, Malden, USA
- Martinez-Ferrer MT, Grafton-Cardwell EE, Shorey HH (2003) Disruption of parasitism of the California red scale (Homoptera: Diaspididae) by three ant species (Hymenoptera: Formicidae). *Biological Control* 26:279-286
- Mele PV, Cuc NTT (2000) Evolution and status of *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) as a pest control agent in citrus in the Mekong Delta, Vietnam. *International Journal of Pest Management* 46(4):295-301
- Ministério da Agricultura e do Desenvolvimento Rural e das Pescas – Gabinete de Planeamento e Políticas (2007) Frutas, hortícolas e flores. Disponível em: <http://www.gppaa.min-agricultura.pt/pbl/diagnosticos/subfileiras/Citrinos.pdf>
- Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (2000) Plano de bacia hidrográfica das ribeiras do Algarve. 1ª Fase - Análise e Diagnóstico da Situação de Referência. Vol. 3 Disponível em: <http://www.ccdr-alg.pt/ccr/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=287>
- Monzó C, Vanaclocha P, Gómez K, Tortosa D, Pina T, Castañera P, Urbaneja A (2006) Survey of ants (Hymenoptera: Formicidae) in soil of citrus orchards in Spain. *IOBC wprs Bulletin* 29(3):283
- Monzó C, Mollá O, Montón H, Urbaneja A, Castañera P (2007) Artrópodos depredadores potenciales de *Ceratitidis capitata* presentes en el suelo de los cítricos. *Levante Agrícola* 385:152-156
- Moore WS & Koehler CS (1980) *Ants and their control*. University of California, Div. Agriculture and Natural Resources, Oakland. Disponível em: <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7411.html>
- Moreno CE (2001) Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis, SEA, vol. 1, Zaragoza, pp 84
- Paiva MR, Way MJ, Cammell ME (1998) A formiga argentina *Linepithema (Iridomyrmex) humile* (Mayr) – Factores ecológicos restritivos da sua expansão em Portugal continental. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia*, 7(3):17-28
- Palacios R, Martínez-Ferrer MT, Cerdá X (1999) Composición, abundancia e fenología da las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en campos de cítricos de Tarragona. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 25:229-140
- Queiroz JM, Oliveira PS (2001) Tending ants protect honeydew-producing whiteflies Homoptera: Aleyrodidae. *Environmental Entomology* 30(2):295-297
- Reuther W, Calavan EC, Carman GE (1989) *The citrus industry*. Vol V, University of California, Riverside

- Rodrigues PMC (2004) Inimigos naturais e dinâmica de infestação de afídeos (Hemiptera, Aphidoidea), em pomares de limoeiro, com diferentes modalidades de gestão da flora adventícia. Relatório de Fim de Curso de Engenharia Agronômica, Lisboa
- Rodrigues WC, Spolidoro MV, Zinger K, Cassino PCR (2006) Forrageamento de formigas em colônias de *Toxoptera citricida* e *Toxoptera aurantii* (Sternorrhyncha, Aphididae) associados a cultivo orgânico de tangerina cv. Poncã. XXI Congresso Brasileiro de Entomologia, Recife (Poster)
- Salgueiro J (2002) Catálogo dos Formicídeos de Portugal Continental e Ilhas. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 31:145-171
- Salgueiro J (2003) Primeiros registros de formicídeos (Hymenoptera) para duas áreas protegidas portuguesas. Adição de duas novas espécies à mirmecofauna de Portugal. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 32:109-110.
- Samways MJ (1983) Community Structure of Ants (Hymenoptera: Formicidae) in a Series of Habitats Associated with Citrus. The Journal of Applied Ecology, 20(3):833-847
- Samways MJ, Nel M, Prins AJ (1982) Ants (Hymenoptera: Formicidae) foraging in citrus trees and attending honeydew-producing Homoptera. Phytophylactica 14:155-157
- Sarmiento-M CE (2003) Metodologías de captura y estudio de las hormigas. In: Fernández F (ed.) Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, pp 201-210
- Shah PA, Brooks DR, Ashby JE, Perry JN, Woiwod IP (2003) Diversity and abundance of the coleopteran fauna from organic and conventional management systems in southern England. Agricultural and Forest Entomology 5:51-60
- Smith S, Beattie GAC, Broadley R (eds) (1997) Citrus pests and their natural enemies: integrated pest management in Australia. Queensland Department of Primary Industries and Horticultural Research Development Corporation, Brisbane
- Smith LI (2002) A tutorial on Principal Components Analysis. Disponível em: http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf
- Smittle BJ, Adams CT, Banks WA, Lofgren CS (1988) Red imported fire ants: feeding on radiolabeled citrus trees. Journal of Economic Entomology 81:1019-1021
- Southwood TRE (1978) Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. Ecology. Low-priced edition, Cambridge
- Tollerup KE, Rust MK, Dorschner KW, Phillips PA, Klotz JH (2004) Low-toxicity baits control ants in citrus orchards and grape vineyards. University of California, Davis
- Tumminelli R, Saraceno F, Conti E, Raciti E, Schilirò E (1996) Impact of ants (Hymenoptera: Formicidae) on some citrus pests in Eastern Sicily. Proceedings of the International Society of Citriculture, Sun City, pp 642-648

- Urbaneja A, Ripollés JL, Abad R, Calvo J, Vanaclocha P, Tortosa D, Jacas JA, Castañera P (2005) Importancia de los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 31:209-223
- Urbaneja A, García-Marí F, Tortosa D, Navarro C, Vanaclocha P, Bagues L, Castañera P (2006) Influence of ground predators on the survival of the Mediterranean fruit fly pupae, *Ceratitis capitata*, in Spanish citrus orchards. *BioControl* 51:611–626
- Vanaclocha P, Monzó C, Gómez K, Tortosa D, Pina T, Castañera P, Urbaneja A (2005) Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) presentes en el suelo de los cítricos de la provincia de Valencia. *Phytoma España* 171:14-24
- Völkl W, Woodring J, Fischer M, Lorenz MW, Hoffmann KH (1999) Ant-aphid mutualisms: the impact of honeydew production and honeydew sugar composition on ant preferences. *Oecologia* 118(4):483-491
- Way MJ (1963) Mutualism between ants and honeydew-producing homoptera. *Annual Review of Entomology* 8:307-344
- Way MJ, Khoo KC (1992) Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology* 37:449-503
- Way MJ, Cammell ME, Paiva MR (1992) Studies on egg predation by ants (Hymenoptera: Formicidae) especially on the eucalyptus borer *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: Cerambycidae) in Portugal. *Bulletin of Entomological Research* 82(3):425-432
- Way MJ, Cammell ME, Paiva MR, Collingwood CA (1997) Distribution and dynamics of the Argentine ant *Linepithema (Iridomyrmex) humile* (Mayr) in relation to vegetation, soil conditions, topography and native competitor ants in Portugal. *Insectes Sociaux* 44(4):415-433.
- Zina V, Soares C, Laranjo H, Franco JC (2008) Formigas associadas a pomares de citrinos na região do Algarve. *Actas II Congresso Nacional de Citricultura*, Faro (em publicação)

AGRADECIMENTOS

Como me apraz chegar ao fim desta etapa marcante e maravilhosa da minha vida. Com ela, chorei, sorri, cresci, aprendi!

Ao meu orientador, Professor José Carlos Franco, por quem tenho grande admiração, pelo rigor, exigência, simpatia e disponibilidade. Com o seu discurso cativante, a entomologia ganhou mais uma amante!

Ao Eng^o Celestino Soares pela simpatia, disponibilidade e apoio singular, prestado na parte prática deste trabalho.

À Professora Rosa Paiva e Dr^a Evelyne Moura, pela confirmação da identificação de alguns exemplares.

Ao Eng^o Ilharco, pela simpatia, sapiência e identificação dos afídeos.

Ao Alexandre Gomes, pela simpatia, disponibilidade, e ensinamento das preparações microscópicas de afídeos.

À Professora Manuela Branco, pelas sugestões e ajuda com o programa Canoco.

Ao Sr. Manuel Cariano, pelo apoio técnico, quer no campo quer no laboratório.

A todos os técnicos e agricultores que disponibilizaram os seus pomares para a realização deste trabalho, em especial aos técnicos Hugo Laranjo, Isabel Gonçalves, Márcia Rosendo, Marta Neves e Sandra Gonçalves.

À Eng^a Elsa Borges, pela simpatia e companhia laboratorial.

À Taiadjana Fortuna e à Andréa Pinto, pela ajuda preciosa na prospecção.

À Vera Nunes, pela amizade, cumplicidade e apoio ao longo do trabalho.

À Helena Sousa, pela amizade, partilha e pelo apoio na prospecção e fotográfico.

Aos meus amigos Selma Basto, Teresa Gaspar e João Ricardo.

Ao Ricardo.

Aos meus Pais e Irmãos, sempre presentes.

Obrigada.