



Incremento da sirfideofauna do olival: efeito da vegetação natural no fomento da proteção biológica contra pragas da cultura

Lara Alina de Almeida Pinheiro

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança
para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia*

Orientado por

Doutora Sónia Alexandra Paiva Santos

Prof. Doutor Albino António Bento

Esta dissertação inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri

Bragança
2012

O trabalho que se apresenta está inserido no âmbito do projeto: PTDC/AGR-AAM/100979/2008: Incremento da biodiversidade funcional do olival, no fomento da protecção biológica contra pragas da cultura, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

Para ser grande, sê inteiro

**Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive**

Ricardo Reis

Agradecimentos

Passo a passo, rumo ao futuro conto com o apoio de todos aqueles que são especiais... pais, irmão, namorado, amigos, professores, é a eles que devo um agradecimento por acompanharem cada pequena vitória pessoal ao longo da vida académica.

Desde já o meu agradecimento a todos os docentes que estiverem envolvidos no Mestrado de Agroecologia e que me ensinaram que a escola não é só uma formação académica, mas também é uma formação de vida.

Obrigada a todos os meus colegas de mestrado pelos momentos vividos, cada um à sua maneira foi inesquecível e vou guardá-los na minha memória.

Em especial quero agradecer à Doutora Sónia Santos, orientadora deste trabalho, pela amizade, apoio, absoluta disponibilidade e continua motivação pela minha formação académica/científica.

Ao Professor Albino Bento, co-orientador deste trabalho, agradeço o apoio e as construtivas correções feitas ao trabalho.

Ao Professor José Alberto pela sua absoluta e inteira disponibilidade, principalmente na facilidade de obtenção de bibliografia.

A todos os companheiros de trabalho do departamento de Agrobiotecnologia, em especial ao João Raimundo e Valentim...upsssss!!! e não é que tinhas razão!

Ao Dr. Carlos Aguiar pela confirmação taxonómica das espécies de plantas utilizadas nos ensaios laboratoriais e pela partilha de conhecimentos sobre as características taxonómicas das mesmas.

Ao Sr. Alexandre Gomes por amavelmente me ajudar e ensinar diversos aspetos da taxonomia dos sirfídeos. Muito Obrigada.

À Dra. María Ángeles Marcos García pela sua amável disponibilidade e confirmação/identificação taxonómica de alguns espécimes deste trabalho.

Aos meus pais, vocês que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade, não basta um obrigado. A vocês que iluminaram os caminhos mais obscuros com afeto e dedicação, não basta um muito obrigado. A vocês, que se deram inteiros e renunciaram aos vossos sonhos, para que, muitas vezes pudesse realizar os meus, não basta um muitíssimo obrigado. Não tenho palavras para agradecer tudo isso, é difícil encontrar uma forma verbal para exprimir uma emoção ímpar. Amo-vos.

Ao meu irmão...obrigada pela presença, pela palavra, pelo sorriso ou pela simples lembrança que me deram coragem e determinação para traçar caminho em direção aos meus ideais. Amo-te manito.

Ao Jacinto pela sua imensa paciência, amor e apoio incondicional, muito obrigada pela força impulsionadora na concretização desta etapa. Foste e serás para mim um ponto de referência e apoio na vida.

À minha AMIGA Soraia, agradeço a sua energia, que positivamente me ajudou a vencer muitas batalhas, agradeço toda a força, dedicação e carinho ao longo destes 18 anos.

Aos meus amigos, passado, presente e futuro.

Agora que estou na reta final, ao olhar para trás, navego num mar de alegrias, de risadas, de lágrimas... mas valeu a pena e sinto-me orgulhosa.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

1.1. Introdução.....	3
1.2. Introdução geral.....	4
1.2.1. A importância do olival na Região Mediterrânica	4
1.2.2. Gestão do olival e incremento da biodiversidade funcional.....	6
1.3. O algodão da oliveira, <i>Euphyllura olivina</i> (Costa)	9
1.4. Os sirfídeos (Diptera: Syrphidae)	11
1.5. Bioecologia dos sirfídeos	14

CAPÍTULO 2

Biodiversidade de sirfídeos em olivais da região de Mirandela (Nordeste de Portugal).....	19
2.1. Introdução.....	19
2.2. Material e Métodos	21
2.2.1. Área de estudo.....	21
2.2.2. Amostragem da sirfídeofauna.....	21
2.2.3. Tratamento de dados	22
2.3. Resultados e Discussão.....	22
2.4. Conclusões.....	25

CAPÍTULO 3

Efeito de diferentes plantas na longevidade, sobrevivência e estado nutricional de <i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer)	29
3.1 Introdução.....	29

3.2. Material e métodos.....	34
3.2.1. Seleção das espécies de plantas.....	34
3.2.2. Organismo-teste e condições laboratoriais.....	34
3.2.3. Procedimento experimental.....	36
3.2.3.1. Longevidade.....	37
3.2.3.2. Comprimento da asa.....	37
3.2.3.3. Determinação do teor de nutrientes corporais.....	38
3.2.4. Análise de dados.....	40
3.3. Resultados e discussão.....	41
3.4. Conclusões.....	59

CAPÍTULO 4

Conclusões finais.....	63
------------------------	----

CAPÍTULO 5

Referências bibliográficas.....	67
---------------------------------	----

Índice de Figuras

Figura 1.1. Distribuição atual da produção de azeite em Portugal segundo as diferentes regiões. Adaptado de Olimerca (2012).....	5
Figura 1.2. Olival transmontano associado ao pastoreio de percurso de ovinos e caprinos.....	6
Figura 1.3. Morfologia dos ovos e dos cinco estados ninfais do algodão-da-oliveira, <i>Euphyllura olivina</i> (Costa).....	10
Figura 1.4. Desenho de uma fêmea adulta de <i>Episyrphus balteatus</i> . Fonte: D'Aguilar <i>et al.</i> (1996).	12
Figura 1.5. Esquema simplificado da asa de um sirfídeo.....	13
Figura 2.1. Tipos de armadilhas utilizadas para capturar sirfídeos. A: Rede entomológica; B: Garrafa Olipe; C: Armadilha cromotrópica amarela.	22
Figura 3.1. Pormenor dos alimentos testados: A: água, B: <i>Anthemis arvensis</i> L., C: <i>Andryala integrifolia</i> L., D: <i>Calendula arvensis</i> L., E: <i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis, F: <i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All., G: <i>Coleostephus myconis</i> (L.) Rchb.f., H: <i>Crepis vesicaria</i> L, I: <i>Anchusa azurea</i> Mill., J: <i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagr.-Foss.), K: <i>Hypericum perforatum</i> L. e L: <i>Malva sylvestris</i> L.	35
Figura 3.2. Pupa de <i>Episyrphus balteatus</i> . A1: Pupa jovem; A2: Pupa madura; A3: Emergência.	35
Figura 3.3. A: Caixa de acetato com perfurações utilizada nos ensaios; B: Bebedouro e exemplo de frasco com uma das plantas testadas (<i>Malva sylvestris</i>).....	36
Figura 3.4. Asa de <i>Episyrphus balteatus</i> com o pormenor da medição da asa.....	37

Figura 3.5. Curvas de sobrevivência para fêmeas e machos de <i>Episyrphus balteatus</i> alimentados com água e as sete plantas pertencentes à família das Asteraceae. A: Fêmeas; B: Machos.	43
Figura 3.6. Curvas de sobrevivência para fêmeas e machos de <i>Episyrphus balteatus</i> alimentados com água e as espécies de plantas pertencentes às famílias Brassicaceae, Boraginaceae, Hypericaceae e Malvaceae. A: Fêmeas; B: Machos.	44
Figura 3.7. Distribuição dos teores de açúcares totais, lípidos e glicogênio registados em <i>Episyrphus balteatus</i> alimentados com as diferentes plantas testadas, água e recém-emergidos.....	56
Figura 3.8. Diagramas da análise discriminante, que mostra a posição dos cinco parâmetros analisados com os indivíduos, de acordo com as suas correlações com os dois eixos principais. O primeiro eixo explica 66.9% da variância dos dados e o segundo eixo explica 35.1%. (F = 10.26, P = 0.002). A: relação entre os parâmetros estudados e o total de indivíduos alimentados com cada planta testada e B: relação entre os parâmetros estudados e o centróide das plantas testadas.....	58

Índice de Quadros

Quadro 2.1. Relação entre a abundância de sirfídeos recolhidos com cada método de amostragem em cada localidade com o respetivo grupo funcional. P - Predadores, S - Saprófagos. Ce - Cedães, Pa - Paradela, Su - Suções, Va_1 - Valbom dos figos, Va_2 - Valbom dos figos. Ol - garrafas Olipe, Re - rede entomológica, Cr - cromotrópicas. M - machos, F - fêmeas. *Indivíduos cujo sexo não foi possível determinar.....	24
Quadro 3.1. Enquadramento taxonómico, época de floração, tipo fisionómico e duração do ciclo de vida das espécies de plantas nos ensaios das preferências alimentares de <i>Episyrphus balteatus</i>	42
Quadro 3.2. Tipo de inflorescência, forma da corola, simetria, diâmetro e cor das flores das espécies de plantas testadas nos ensaios das preferências alimentares de <i>Episyrphus balteatus</i>	43
Quadro 3.3. Valores de longevidade, esperança de vida, em <i>Episyrphus balteatus</i> para cada espécie de planta testada, indivíduos recém-emergidos e alimentados com água.....	47
Quadro 3.4. Valores do comprimento da asa de <i>Episyrphus balteatus</i> para cada espécie de planta testada, indivíduos recém-emergidos e alimentados com água.....	51
Quadro 3.5. Teores de açúcares totais, lípidos e glicogénio em <i>Episyrphus balteatus</i> para cada espécie de planta testada, indivíduos recém-emergidos e alimentados com água.....	52
Quadro 3.6. Presença de néctar, tamanho do grão de pólen, e localização dos nectários das flores das espécies de plantas testadas nos ensaios das preferências alimentares de <i>Episyrphus balteatus</i>	54

Resumo

As larvas de sirfídeo têm potencial como agentes de luta biológica e, no olival, podem ser particularmente importantes como predadores naturais de *Euphyllura olivina* (Costa) (algodão-da-oliveira). Os sirfídeos adultos alimentam-se de pólen, néctar e meladas, o primeiro é uma fonte de proteína, para os machos na espermatogénese e para as fêmeas na maturação dos ovários e produção de ovos e o segundo e terceiro uma fonte de energia. Assim, a implementação de recursos floristicamente diversos no olival pode oferecer a possibilidade de reforçar a luta biológica de conservação e maximizar a ação destes inimigos naturais. Neste contexto, foi estudada a sirfideofauna do olival transmontano e o efeito de espécies da flora nativa do olival na longevidade, sobrevivência, comprimento da asa e estado nutricional em termos de teores de açúcares totais, lípidos e glicogénio de *Episyrphus balteatus* (De Geer). O estudo da biodiversidade de sirfídeos foi efetuado com recurso a instalação de garrafas Oliwe, armadilhas cromotrópicas amarelas e captura com recurso a rede entomológica. No total foram identificadas nove espécies de sirfídeos sendo *E. balteatus*, *Sphaerophoria scripta* (L.) e *Eupeodes corollae* (Fabricius) as espécies mais abundantes. *E. balteatus* foi selecionada como espécie modelo para testar os efeitos de diferentes espécies de plantas presentes na região transmontana sobre a sua longevidade, sobrevivência e estado nutricional. Neste âmbito, foram testadas 12 espécies de plantas potencialmente benéficas para *E. balteatus* pertencentes às famílias Asteraceae (*Andryala integrifolia* L., *Anthemis arvensis* L., *Calendula arvensis* L., *Carduus tenuiflorus* Curtis, *Chamaemelum nobile* (L.) All., *Coleostephus myconis* (L.) Rchb.f., *Crepis vesicaria* L.), Boraginaceae (*Anchusa azurea* Mill. e *Echium plantagineum* L.), Brassicaceae (*Hirschfeldia incana* (L.) Lagr.-Foss.), Hypericaceae (*Hypericum perforatum* L.) e Malvaceae (*Malva sylvestris* L.). As espécies *M. sylvestris*, *A. azurea* e *C. vesicaria* foram as que mais favoreceram a longevidade de *E. balteatus*, enquanto que, os indivíduos alimentados com *C. myconis*, *A. azurea* e *H. incana* apresentaram os maiores valores de comprimento da asa. Em termos de nutrientes, *C. nobile*, *A. azurea* e *M. sylvestris* relacionaram-se com os maiores teores de açúcares totais. *C. vesicaria*, *H. perforatum* e *E. plantagineum* forneceram os maiores teores de lípidos e *M. sylvestris*, *H. perforatum* e *A. azurea* os maiores teores de glicogénio. Contrariamente às espécies testadas da família Asteraceae (excepto *C. nobile*) resultaram pouco indicadas como

grupo para aumentar a eficácia biológica de *E. balteatus*. As flores que obtiveram melhores resultados no geral foram *M. sylvestris*, *A. azurea*, *H. perforatum* e *C. nobile* pelo que se propõe a implementação destas quatro espécies no olival como estratégia para oferecer a possibilidade a *E. balteatus* de completar o seu ciclo biológico neste agroecossistema e desta forma potenciar a luta biológica sobre o algodão da oliveira.

Palavras-chave: *Episyrphus balteatus*, *Euphyllura olivina*, *M. sylvestris*, longevidade, açúcares, glicogénio, lípidos, Trás-os-Montes, Portugal.

Abstract

Syrphid larvae are potential biological control agents and, in the olive grove, they can be particularly important as natural predators of the olive psyllid *Euphyllura olivine* (Costa). Adult syrphids feed on pollen, nectar and honeydews, the first one is a source of protein for spermatogenesis in males, and in the maturation of ovarian and egg production in females and the second and third are an energy source. Thus, the implementation of floristically diverse resources in the olive grove can offer the possibility to enhance conservation biological control and maximize the action of these natural enemies. In this context, sirfideofauna of the olive grove in Trás-os-Montes as well as the effect of species of native flora of olive groves in longevity, survival, wing length and nutritional status in terms of levels of total sugars, lipids and glycogen in *Episyrphus balteatus* (De Geer) were studied. The study of syrphid biodiversity was performed using the installation of Olipe bottles, yellow chromotropic traps and direct capture using hand net. In total, nine species of syrphids were identified and *E. balteatus*, *Sphaerophoria scripta* (L.) and *Eupeodes corollae* (Fabricius) were the most abundant species. *E. balteatus* was selected as a model species to test the effects of different plant species of the region of Trás-os-Montes. Longevity, survival and nutritional status of *E. balteatus* were assessed. In this context, 12 plant species belonging to the families Asteraceae (*Andryala integrifolia* L., *Anthemis arvensis* L., *Calendula arvensis* L., *Carduus tenuiflorus* Curtis, *Chamaemelum nobile* (L.) All., *Coleostephus myconis* (L.) Rchb.f., *Crepis vesicaria* L.), Boraginaceae (*Anchusa azurea* Mill. e *Echium plantagineum* L.), Brassicaceae (*Hirschfeldia incana* (L.) Lagr.-Foss.), Hypericaceae (*Hypericum perforatum* L.) and Malvaceae (*Malva sylvestris* L.) were tested due to their potentially benefits for *E. balteatus*. The species *M. sylvestris*, *A. azurea* and *C. vesicaria* were those that most favored longevity of *E. balteatus* whereas the individuals fed with *C. myconis*, *A. azurea* and *H. incana* showed the highest values of wing length. In terms of nutrients, *C. nobile*, *A. azurea* and *M. sylvestris* were correlated with the highest levels of total sugars. *C. vesicaria*, *H. perforatum* and *E. plantagineum* provided the highest levels of lipids and *M. sylvestris*, *H. perforatum* and *A. azurea* the highest levels of glycogen. On the contrary, Asteraceae species tested (except *C. nobile*) resulted in an unindicated group to increase the fitness of *E. balteatus*. The flowers that had better overall results were *M. sylvestris*, *A. azurea*, *H.*

perforatum and *C. nobile*, thus these species are proposed to be implemented in the olive grove as a strategy to offer the possibility to *E. balteatus* to complete its life cycle in this agro-ecosystem and thereby enhance biological control of olive psyllid.

Keywords: *Episyrphus balteatus*, *Euphyllura olivina*, *M. sylvestris*, longevity, sugars, glycogen, lipids, Trás-os-Montes, Portugal.



Capítulo 1

Introdução

1.1. Introdução

As pragas da oliveira são um dos principais fatores de interferem significativamente sobre a produtividade da árvore e a qualidade das azeitonas, ocasionando perdas económicas diretas na produção. O algodão-da-oliveira constitui uma das pragas secundárias da oliveira na região transmontana. No sentido de ultrapassar esta dificuldade, o controlo biológico de conservação surge como uma solução que implica o manejo do habitat para incrementar o “fitness” ou eficácia biológica dos inimigos naturais aumentando a sua efetividade como agentes de controlo biológico (Landis *et al.*,2000).

Um dos mecanismos de manejo do habitat é a implementação e manutenção da diversidade *sensu lato* do agroecossistema que melhora a disponibilidade de recursos fundamentais para os inimigos naturais. Recursos como o pólen e o néctar das espécies vegetais adequadas fornecem nutrientes fundamentais para a continuidade da presença dos insetos auxiliares nesses agroecossistemas (Van Rijn & Wäckers, 2010). Refere-se neste grupo de auxiliares, as larvas de sirfídeos por desempenharem um comportamento predatório sobre o algodão-da-oliveira.

Neste contexto, foi estudado o estado nutricional de sirfídeos adultos como base para otimizar programas de controlo biológico. Os estudos sobre o efeito dos nutrientes na longevidade, crescimento e estado nutricional são fundamentais, uma vez que, tem impacto sobre a eficácia biológica dos sirfídeos e permitem selecionar as espécies de plantas mais adequadas que podem ser utilizadas como ferramenta de atração e manutenção das comunidades de sirfídeos.

1.2. Introdução geral

1.2.1. A importância do olival na Região Mediterrânica

A origem da oliveira perde-se no tempo e a sua utilização pelo homem é tão remota quanto à própria humanidade, sendo referenciada em numerosas lendas da Antiguidade e na Bíblia (Santos & Ramos, 1987). Este símbolo clássico da bacia do mediterrâneo tornou-se indispensável em muitas regiões e a sua multiplicação contínua deixou uma marca profunda na paisagem, na economia e na cultura, nas diversas regiões ao longo dos séculos. Em vários países mediterrâneos esta paisagem passou a ser chamada Paisagem Cultural do Olival (Cultural Olive Landscape) (Canales, 2008).

A Região Mediterrânica demarca o limite para a cultura da oliveira à volta do Mar Mediterrânico onde as condições climáticas são as ideais, com invernos suaves mas suficientemente frios, para estimularem a floração no início da primavera (Fleskens, 2007).

As cinco principais países produtores de azeitona para produção de azeite e/ou azeitona de mesa em 2010 foram a Espanha (8 014 000 t), seguida pela Itália (3 170 700 t), Grécia (1 809 800 t), Turquia (1 483 510 t) e Marrocos (1 483 510 t), sendo as áreas da cultura em cada país de 2 092 800 ha, 1 190 800 ha, 834 200 ha, 826 199 ha e 735 400 ha respetivamente (FAOSTAT, 2012).

A superfície do olival em Portugal era, em 1986, de 339 511 hectares, sendo a produção 355 878 toneladas e a produtividade 1 048 kg/ha (INE, 2012a). Atualmente a superfície de olival não apresenta uma variação expressiva, tendo contudo modificado significativamente as suas características, registando-se mais de 30 mil hectares de olivais com densidades de plantação superiores a 300 oliveiras por hectare (INE, 2012b). Em 2011, a superfície de olival era de 345 683 hectares, sendo a produção 506 487 toneladas e a produtividade de 1 465 kg/ha (INE, 2012a). Estes olivais são extremamente heterogéneos, e vão desde olivais pequenos, com menos de 0,5 hectares de superfície média por exploração a olivais com 5,99 hectares (no Alentejo) (MADRP, 2007).

A região de Trás-os-Montes é uma importante área de olivicultura, dado que representa 21,6% da área total de olival em Portugal (MADRP, 2007), sendo a segunda maior área produtora a nível nacional (Fig. 1.1).

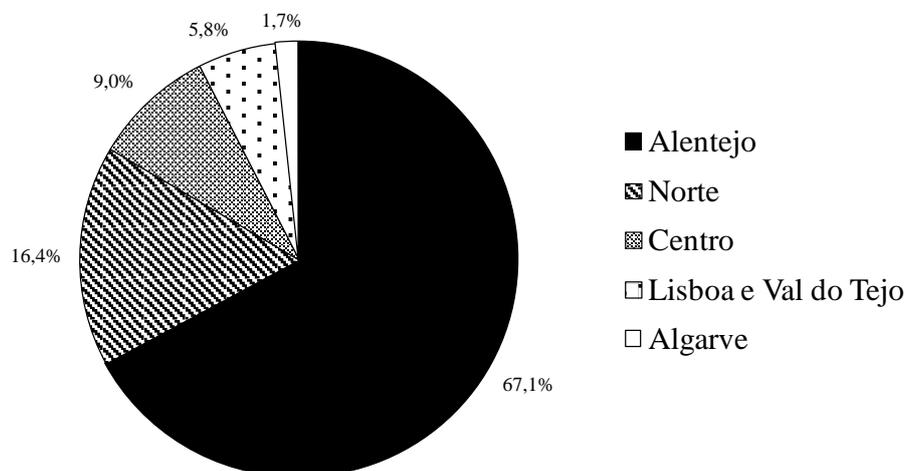


Figura 1.1. Distribuição atual da produção de azeite em Portugal segundo as diferentes regiões. Adaptado de Olinerca (2012).

O cultivo da oliveira em Trás-os-Montes ocupa terrenos inclinados ou pedregosos (Fleskens, 2007) e as parcelas têm em média 1,84 hectares de superfície (MADRP, 2007). A pecuária tem sido tradicionalmente um elemento importante nesta paisagem, sendo o pastoreio de percurso de ovinos e caprinos o sistema de produção com mais expressão nesta região devido à pobreza dos solos, à rudeza do clima, e à grande divisão de propriedades (Barbosa & Portela, 2000; Castro *et al.*, 2003) (Fig. 1.2).

As características estruturais das explorações são relevantes para a avaliação dos efeitos ambientais, pois podem ter uma influência importante sobre a viabilidade da produção e portanto, sobre os riscos de abandono, causando um impacto significativo ao nível ambiental. Também em termos práticos é mais difícil influenciar práticas agrícolas em áreas com um grande número de pequenas e fragmentadas explorações (Pienkowski & Beautoy, 2002).

A olivicultura é uma importante fonte de emprego em muitas áreas rurais do mediterrâneo, incluindo muitas áreas marginais, como o Nordeste Transmontano, onde

é um emprego a tempo inteiro ou parcial e que pode ser combinado com outras atividades, tais como o turismo.



Figura 1.2. Olival transmontano associado ao pastoreio de percurso de ovinos e caprinos.

A olivicultura também é uma parte importante da cultura rural local e património de muitas áreas que está a ser mantido e “valorizado” por meio de sistemas de rótulos que apelam às características representativas da produção (Pienkowski & Beautoy, 2002).

1.2.2. Gestão do olival e incremento da biodiversidade funcional

O agroecossistema olival pode albergar uma rica biodiversidade tanto em termos de plantas como de animais, no entanto, as práticas culturais adotadas neste agroecossistema influenciam a dinâmica dos artrópodes, condicionando situações de equilíbrio e desequilíbrio entre fitófagos e entomófagos (Torres, 2006). Por exemplo, os tratamentos químicos de síntese têm uma intervenção perturbadora na eficácia dos auxiliares, causando-lhes a morte ou condicionando de diversos modos a sua biologia, comportamento e relação com as presas/hospedeiros. Doses subletais de pesticidas podem reduzir a longevidade, fecundidade, fertilidade, velocidade de desenvolvimento e capacidade de localização ou atuação sobre as presas/hospedeiros. Deste modo, os

auxiliares podem deixar de exercer a sua ação ou abandonar a cultura por repelência (Torres, 2006). Neste sentido, foi aprovada a Diretiva 2009/128/CE, de 21 de Outubro de 2009 que estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas (a «diretiva-quadro») de modo a reduzir os efeitos da sua utilização na saúde humana e no ambiente. Nesta diretiva promove-se o recurso a modos de produção sustentáveis (Proteção Integrada e Agricultura Biológica) e juntamente com planos de ação nacionais visam assegurar a biodiversidade, através da conservação ou do restabelecimento dos habitats naturais e da flora e da fauna selvagens (D.L. 49/2005) e a conservação da natureza e da biodiversidade (D.L.142/2008). Desta forma promovem-se sistemas que respeitam o ambiente, economicamente viáveis que viabilizam a prestação de serviços dos ecossistemas e múltiplas funções da agricultura, nomeadamente aspetos sociais e culturais; garantindo uma produção sustentável de azeitonas de alta qualidade com uma menor introdução de *inputs*; promovendo uma elevada diversidade biológica nos olivais e nas áreas em redor e preservando e promovendo a longo prazo a fertilidade do solo, minimizando a poluição da água, do ar e a emissão de dióxido de carbono (Malavolta & Perdakis, 2012).

Para melhorar a biodiversidade do olival e limitar as intervenções perturbadoras, como a aplicação de pesticidas de síntese química pode recorrer-se à implementação/manutenção de espécies vegetais que influencia positivamente a presença de artrópodes (Thomson & Hoffmann, 2009) nomeadamente de insetos auxiliares que são importantes agentes de serviços ecológicos.

As plantas herbáceas espontâneas, conhecidas como “infestantes” desempenham uma importante função na produção de biomassa, na proteção do solo e na luta biológica de pragas (Böller *et al.*, 2004). Como exemplo da magnitude da diversidade de espécies florísticas presentes no olival podem ser referenciados os seguintes estudos: num inventário florístico feito em olivais na província de Córdoba (Espanha) identificaram-se 536 espécies de angiospérmicas diferentes, sendo frequente encontrar até 100 espécies num só hectare (Pujadas-Salvá, 1986); e num inventário florístico efetuado em 36 olivais da Beira Interior foram identificadas 100 espécies, distribuídas por 29 famílias, variando o número de espécies inventariadas por olival entre seis e 22 e o número de espécies por metro quadrado entre uma e seis (Nave *et al.*, 2009). Esta diversidade de plantas é fundamental para o agroecossistema e o seu meio circundante,

proporcionando vantagens à fauna presente no olival e acrescentando a sua biodiversidade funcional.

Numerosos estudos evidenciaram a influência das plantas na diversidade e abundância de artrópodes, devido ao seu papel ecológico por proporcionar abrigo e alimento aos grupos de artrópodes que podem contribuir para a redução de populações de pragas (Böller *et al.*, 2004). Na década de 90, Andow (1991a) referenciou 209 estudos publicados sobre o efeito da diversidade da vegetação em agroecossistemas entre artrópodes herbívoros e artrópodes inimigos das culturas. Aproximadamente 51,9% desses herbívoros (149 espécies) tinham densidades populacionais mais baixas em policultivos, e apenas 15,3% (44 espécies) tiveram densidades populacionais maiores em policultivos.

Assim, a abundância e diversidade dos artrópodes auxiliares pode ser incrementada através do estabelecimento de espécies vegetais que fornecem: (1) água, (2) alimento, como por exemplo pólen (fonte de aminoácidos e proteínas), néctar floral e extrafloral (fonte de aminoácidos e açúcares), meladas (fonte de açúcares) e sementes (Landis *et al.*, 2000; Böller *et al.*, 2004; Wäckers *et al.*, 2007), dado que, a maioria dos artrópodes predadores e parasitoides, em certas fases do seu ciclo de vida utilizam plantas como fonte de alimento, (3) habitat para hospedeiros/presas alternativas e (4) locais de abrigo e/ou refúgio, como habitats para hibernação, proteção contra predadores, condições ambientais desfavoráveis, da aplicação de pesticidas, da mobilização do solo, da realização de podas ou colheita de frutos (Landis *et al.*, 2000; Amaro, 2003; Böller *et al.*, 2004). A ocorrência desta diversidade de auxiliares, possibilita uma resposta efetiva sempre que se registem aumentos populacionais de pragas do olival.

Neste sentido, a biodiversidade funcional pode ser incrementada ativamente através da manutenção desta cobertura vegetal ou através da gestão/implementação de outras infraestruturas ecológicas que, genericamente são constituídas por três elementos básicos, com diferentes funções: (1) habitats permanentes, de grande dimensão, com prados e pastagens pouco intensivos, áreas de floresta e ruderais e pomares tradicionais, (2) habitats temporários, de pequena dimensão, de pequenos bosques ou manchas de arbustos e árvores, amontoados de pedra ou lenha e charcos e (3) corredores ecológicos com estruturas relativamente lineares, que favoreçam a dispersão das espécies de

animais entre os habitats permanentes e temporários, como por exemplo, sebes, faixas de vegetação espontânea, caminhos rurais e linhas de água (Böller *et al.*, 2004; Franco *et al.*, 2006).

Enquadra-se nesta filosofia a proteção biológica de conservação, através da manipulação das estruturas ecológicas de modo a incrementar a densidade dos inimigos naturais e aumentar o seu impacto sobre as pragas da oliveira. Esta técnica fornece outros serviços agronómicos como proteção contra a erosão, capacidade de retenção de água e regulação da humidade do solo (Böller *et al.*, 2004) que adquire importância nos olivais, principalmente nos olivais transmontanos devido às suas características estruturais, nomeadamente climáticas e edáficas. Para além disso, também proporciona outros benefícios ao nível ambiental, como a redução do teor de pesticidas nos lençóis freáticos. Em suma, permite a conservação da vida selvagem, da biodiversidade e da paisagem e permite alcançar a sustentabilidade nas explorações agrícolas.

1.3. O algodão-da-oliveira, *Euphyllura olivina* (Costa)

O algodão da oliveira, *Euphyllura olivina* (Costa) é praga das zonas oleícolas mediterrânicas, sendo nos olivais de Trás-os-Montes, uma praga secundária que normalmente causa estragos que não assumem gravidade, excepto quando se verificam ataques intensos durante a Primavera, afetando o desenvolvimento vegetativo, a fertilidade e a reprodução da oliveira (Ksantini *et al.*, 2002). Quando este insecto picador-sugador ataca as inflorescências pode causar prejuízos significativos, dado que provoca o aborto dos botões florais e conseqüentemente a redução da produção (Pereira *et al.*, 2007).

O algodão da oliveira hiberna sob a forma adulta (Fig. 1.3), na base de pequenos ramos, folhas e botões axilares. As fêmeas retomam a sua atividade no início vegetativo da oliveira e no início da Primavera (março/abril) fazem as primeiras posturas no botão floral, depois no botão terminal e nas folhas apicais de rebentos jovens e ocasionalmente nos rebentos da base do tronco. Após a eclosão, as ninfas alimentam-se da seiva da oliveira, passando por cinco instares (Fig. 1.3) até que a ninfa do último instar fixa-se na

página inferior da folha ou nos ramos jovens para completar a sua metamorfose (Cantero, 1965; Consejo Oleícola Internacional, 2007; Pereira *et al.*, 2007).

Os órgãos atacados apresentam secreções serosas de cor branca produzidas pelas ninfas que cobrem as próprias ninfas e os órgãos da planta atacados. No caso dos ataques mais severos verifica-se o emurchecimento dos órgãos e uma coloração acastanhada dos mesmos (Cantero, 1965; Pereira *et al.*, 2007).



Figura 1.3. Morfologia dos ovos e dos cinco estados ninfais do algodão-da-oliveira, *Euphyllura olivina* (Costa).

O número de gerações é variável com as regiões e as condições climáticas, sendo o mais frequente duas gerações primaveris e uma outonal. Temperaturas superiores a 30°C, associadas a humidade relativa inferiores a 50%, predisõem taxas de mortalidade elevadas nos ovos e ninfas, principalmente jovens. As temperaturas superiores a 27°C afetam a atividade reprodutora e diminuem a fecundidade, de uma média superior de dez ovos diários para menos de três. Por outro lado, também para a mesma temperatura verifica-se uma diminuição da longevidade dos adultos para menos de dois meses, enquanto que, à temperatura de 12°C, os adultos podem ter uma longevidade superior a quatro meses (Ksantini *et al.*, 2002; Pereira *et al.*, 2007).

A abundância do algodão-da-oliveira pode estar relacionada com o modo de produção, as condições climáticas, e/ou com a aplicação de pesticidas que eliminam os inimigos naturais desta praga (Ksantini *et al.*, 2002)

O algodão-da-oliveira é comumente consumido por várias espécies generalistas de parasitóides, como *Psyllaephagus* e de predadores, como Anthocoridae, Chrysopidae e Syrphidae (Ksantini, 2003).

1.4. Os sirfídeos (Diptera: Syrphidae)

Os sirfídeos pertencem à ordem Diptera, subordem Brachycera, e atualmente dividem-se em três subfamílias: Syrphinae, Eristalinae e Microdontinae (ITIS, 2002) Existem mais de 6000 espécies de sirfídeos descritos em todo o mundo (Bisby *et al.*, 2012). Na Europa, o número de espécies da família Syrphidae continua a ser incerto, devido às contínuas e inevitáveis variações de carácter nomenclatural. Neste momento existem 725 espécies válidas e 163 de carácter taxonomicamente incerto (Speight, 2011). Em Portugal foram citadas 179 espécies (Van Eck, 2011). A distribuição geográfica dos sirfídeos cobre todas as regiões biogeográficas, com exceção da Antártida (Rojo *et al.*, 2003). Este grupo de artrópodes habita, na sua maioria, em ecossistemas terrestres incluindo zonas litorais, montanhas, desertos e áreas urbanas e agrícolas, sendo de hábitos diurnos, muitos ativos e algumas espécies migratórias (Rojo *et al.*, 2003).

Estes insetos apresentam um tipo de desenvolvimento holometabólico, com quatro fases de crescimento, nomeadamente ovo, larva, pupa e adulto. O tempo de desenvolvimento do ovo até ao estado adulto varia de espécie para espécie de sirfídeo, entre menos de duas semanas até possivelmente cinco anos (Gilbert, 1986). Os ovos podem ser encontrados isoladamente ou em lote de várias centenas. O tamanho do conjunto dos ovos normalmente depende da espécie em questão e dos hábitos alimentares das larvas. Os sirfídeos cujas larvas são afidófagas colocam os ovos isoladamente ou em grupos de dois a três (Gilbert, 1986), por exemplo, as fêmeas adultas de *Episyrphus balteatus* (De Geer) (Fig. 1.4) depositam entre 2000 a 4500 ovos durante a sua vida, com uma taxa de um a dois ovos, por ovário e por dia (Branquart & Hemptinne, 2000) enquanto que *Eristalis tenax* L., cujas larvas se alimentam filtrando água, depositam lotes de até 200

ovos (Gilbert, 1986). Os ovos têm uma forma ovoide alongada com uma extremidade mais alongada que outra, por exemplo as fêmeas de *Volucella* depositam ovos muito grandes (mais de 2 mm de comprimento) quando comparados com os de *Syrirta* (apenas 0.5 mm). No geral, as espécies de grande tamanho depositam ovos grandes, no entanto existem exceções, como *Syrirta* sp. e *Xylota* sp., que depositam ovos de tamanho menor do que o esperado para o tamanho do adulto. Ecologicamente esta diferença de tamanhos é importante dado que, o tamanho do ovo em relação ao tamanho da fêmea caracteriza o investimento reprodutivo da espécie (Gilbert, 1986).

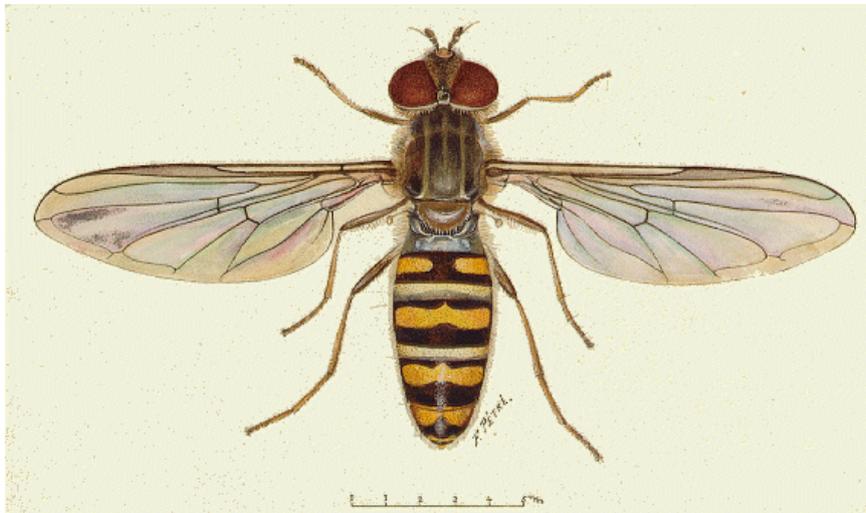


Figura 1.4. Desenho de uma fêmea adulta de *Episyrphus balteatus*. Fonte: D'Aguilar *et al.* (1996).

As larvas podem desenvolver-se numa grande variedade de nichos devido à sua diversidade de regimes e hábitos alimentares, existindo espécies (1) fitófagas de inúmeras famílias de plantas, (2) micófagas de corpos frutíferos de fungos, (3) saprófagas em meios como excrementos, ninhos de himenópteros sociais, madeira em decomposição ou líquidos com alto conteúdo de matéria orgânica de distintas origens e (4) predadoras de diferentes artrópodes (Rojo *et al.*, 2003; Van Veen, 2010). Um dos principais tipos de alimentação larval é a predação de hemípteros de corpo mole, no entanto existem espécies de sirfídeos que também se alimentam de outros artrópodes (Rojo *et al.*, 2003). O desempenho das larvas predadoras depende da qualidade do alimento e da mortalidade dos inimigos naturais (Sadeghi & Gilbert, 2000b). Para além disso, a voracidade potencial das larvas (e.g. *E. balteatus*) é muito sensível às mudanças das condições ambientais (Tenhumberg & Poehling 1995). Também, destaca-se a importância da sincronização predador-praga num agroecossistema, segundo Tenhumberg & Poehling (1995) o pico de densidade populacional dos afídeos depende

da sua abundância no momento em que as larvas de Syrphidae apresentam maior atividade, facto que indica o elevado potencial de predação das larvas, bem como a importância da sua sincronização.

A seguinte fase do ciclo biológico é a pupa. Muitas espécies pupam debaixo da superfície do solo, outras escolhem a página inferior das folhas, a folhagem e outros locais resguardados. Os machos emergem primeiro do que as fêmeas para permitir a maturação sexual destes antes das fêmeas aparecerem e desta forma não se perdem potenciais cópulas *a posteriori* (Gilbert, 1986).

As principais características que contribuem para a separação taxonómica das espécies da família Syrphidae em estado adulto são (Fig. 1.5): (a) a venação da asa, que se caracteriza por: (1) presença da chamada “falsa veia” ou “veia espúria” que se estende ao longo do eixo central da asa e cruza a veia r-m mas sem nenhuma conexão com os extremos, (2) célula 1a muito comprida e (3) presença de duas veias transversais externas superior e inferior (a e b na Fig. 1.5) muito próximas da margem da asa que fecham pela margem externa as células R5 e discal (Gilbert, 1986) e (b) o tipo de voo; os sirfídeos pairam no ar e realizam movimentos rápidos em plano horizontal (Mou *et al.*, 2011).

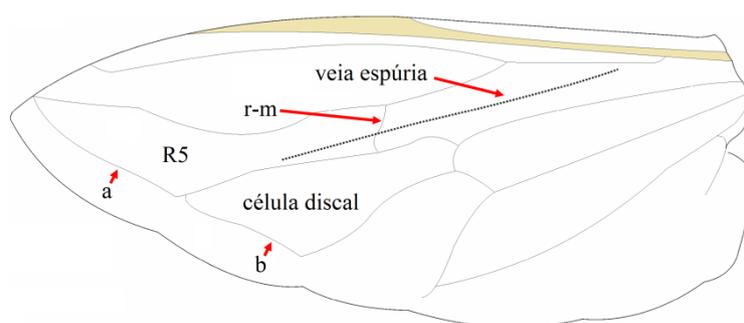


Figura 1.5. Esquema simplificado da asa de um sirfídeo.

Apesar de muitas espécies serem similares morfológicamente, existem diferenças de peso em estado adulto até 400 vezes, desde 0.5 mg do género *Neoascia* até 200 mg ou mais do género *Volucella* e *Milesia* (Rojo *et al.*, 2003). Normalmente as fêmeas são

maiores e mais pesadas do que os machos, já que as fêmeas necessitam de acumular as reservas energéticas que vão precisar ao longo do processo reprodutivo (Gilbert, 1986). Os sirfídeos adultos são florícolas, alimentam-se de pólen e néctar de flores silvestres e de plantas cultivadas, daí designarem-se moscas das flores (Capinera, 2008), no entanto as meladas de afídeos e de cochonilhas podem servir-lhes de alimento alternativo (Gomes, 1978).

Estes recursos são absolutamente essenciais para o crescimento, desenvolvimento e manutenção do indivíduo, e para garantir o sucesso das futuras gerações (Bell, 1990). A procura de recursos é uma das mais importantes atividades das fêmeas (*op. cit.*). Para qualquer inseto, o resultado do instinto de busca é um movimento ativo que tem como objetivo a procura de alimentos, ao qual incorrem custos para além da energia utilizada na locomoção, incluindo riscos de predação e o tempo ocupado com outras atividades. O comportamento de busca representa a confluência de três fatores (1) características biológicas e habilidades do inseto, incluindo locomotora e padrões e percepção da informação sensorial, (2) fatores externos, que determinam os recursos disponíveis e os riscos inerentes à sua procura e (3) fatores internos, como a privação ou recetividade sexual que determina o que o indivíduo precisa num determinado momento (Bell, 1990). Neste sentido, o sirfídeo adulto deve rentabilizar os gastos energéticos explorando seletivamente manchas ricas em vegetação e restringir a procura extensiva de recursos para tempos mais produtivos de forma a localizar os recursos de forma mais eficiente.

1.5. Bioecologia dos sirfídeos

A família Syrphidae é um grupo ecologicamente e economicamente importante. Os que são florícolas fazem parte do grupo dos principais agentes polinizadores, quer de fruteiras, quer de plantas hortícolas e silvícolas (Gomes, 1978; Robinson, 2011). Também são um grupo indicador de diferentes parâmetros ambientais (e.g. Sommaggio, 1999; Dziok, 2006; Bugio & Sommaggio, 2007; Billeter *et al.*, 2008).

Muitas das espécies de sirfídeos podem contribuir para a regulação das pragas agrícolas já que as larvas de muitas espécies são potenciais agentes de controlo biológico de uma

ampla variedade de afídeos, por exemplo, as larvas de *E. balteatus* segundo Sadeghi & Gilbert (2000b) são predadoras de mais de 100 espécies de afídeos em todo o mundo, devido a sua alta taxa de reprodução e voracidade (Gilbert, 1986; Tenhumberg & Poehling, 1995). Também o adequado desenvolvimento do processo de oviposição pode ter um impacto positivo na supressão do crescimento da população de afídeos e abundância (Sadeghi & Gilbert, 2000a). A alta taxa de busca de presas é considerada como um dos atributos mais vantajosos que podem apresentar os agentes de controle biológico, portanto a capacidade de detetar afídios e a oviposição perto da colônia de afídeos tem um papel importante na eficácia de predação dos sirfídeos.

Existem alguns estudos sobre a entomofauna do olival que referem a presença de sirfídeos (e.g. Torres & Bueno, 2000; Farfán *et al.*, 2006) e atualmente as espécies descritas como tendo o olival como ambiente preferido são: *Merodon papillus* Vujić, Radenković & Pérez-Bañon, *Paragus strigatus* Meigen, *Platycheirus scutatus* (Meigen), *Scaeva mecogramma* (Bigot), *Xanthogramma dives* (Rondani) e *Merodon avidus* (Rossi) (Speight, 2011), e na revisão mundial feita por Rojo *et al.* (2003) referem-se as larvas de sirfídeos predadoras das pragas do olival *Euphyllura olivina* (Costa) (Hemiptera), *Euphyllura straminea* Loginova (Hemiptera), *Palpita unionalis* Hübner (Lepidoptera) e *Prays oleae* (Bernard) (Lepidoptera).

Nos olivais transmontanos foram observadas larvas de sirfídeo a alimentarem-se de ninfas de algodão, o que pode ser indicador do potencial predatório destes espécimes sobre a praga. Dado que o algodão da oliveira no estado imaturo e adulto alimenta-se da seiva das árvores, prejudica o normal desenvolvimento das oliveiras. No entanto, os maiores prejuízos verificam-se quando atacam as inflorescências e provocam o definhamento e queda dos botões florais, originando uma redução da produção que é variável consoante as condições climáticas, a cultivar e a intensidade do ataque. Para além destes estragos, em resultado das meladas que excreta permite o desenvolvimento dos fungos *Capnodium*, *Limacinula* e *Aureobasidium*, responsáveis pela fumagina (Pereira *et al.*, 2007; Veiga *et al.*, 2007).

Neste contexto, a dependência dos sirfídeos adultos por pólen e néctar pode ser aproveitada como estratégia para manipular o agroecossistema olival através do fornecimento de recursos florais (adição de flores potencialmente atrativas), com o

objetivo de incrementar a presença destes inimigos naturais. Esta estratégia adquire principal importância nos olivais onde a vegetação foi removida. Desta forma, pretende-se maximizar secundariamente a presença das larvas de sirfídeo de modo a favorecer a luta biológica contra o algodão-da-oliveira, aproveitando a sincronia entre os ciclos de vida desta interação trófica predador-praga.

Em resumo, o fomento da limitação natural do algodão-da-oliveira através da manutenção ou instalação de infraestruturas ecológicas é fundamental para o desenvolvimento das populações de sirfídeos assim como a sua eficaz atuação. Esta estratégia de conservação pode ser direcionada no sentido de mitigar as condições desfavoráveis para os sirfídeos, através da redução da sua mortalidade, da limitação dos inimigos secundários, do fomento de recursos suplementares, e da manipulação dos hospedeiros vegetais ou através do incremento das condições favoráveis para a sua sobrevivência, fecundidade e longevidade (Landis *et al.*, 2000), isto é, a sua eficácia biológica.

Os objetivos deste trabalho consistem em:

- (1) Avaliar a diversidade da sirfídeofauna em olivais transmontanos (Capítulo 2).
- (2) Estudar o efeito de diferentes recursos alimentares na longevidade, crescimento e reservas nutritivas em *Episyrphus balteatus* (De Geer). (Capítulo 3).



Capítulo 2

*Biodiversidade de sirfídeos em olivais da
região de Mirandela (Nordeste de
Portugal)*

2. Biodiversidade de sirfídeos em oliveais da região de Mirandela (Nordeste de Portugal)

2.1. Introdução

O papel dos sirfídeos (Diptera: Syrphidae) na paisagem agrícola tem vindo a receber mais atenção devido a três valiosos serviços ecossistémicos: as larvas de muitas espécies são eficientes agentes na luta biológica de várias pragas (Rojo *et al.*, 2003) e bioindicador da qualidade da gestão do ecossistema (Sommaggio, 1999, Bugio & Sommaggio, 2007) enquanto os adultos fornecem serviços de polinização às flores. No olival, as larvas de sirfídeo tem sido apontadas como potenciais agentes de luta biológica. A fase larvar da espécie *Xanthandrus comtus* (Harris) foi descrita como predadora da geração filófaga da traça-da-oliveira, *Prays oleae* (Bernard) (Sacchetti, 1990), estimando-se que cada larva desta espécie possa consumir mais de 100 lagartas de *P. oleae* (Silvestri, 1907). Ksantini (2003) considera as larvas de sirfídeos como importantes predadores do algodão-da-oliveira *E. olivina* dos quais refere *E. balteatus*, *Meliscaeva auricollis* (Meigen), *Scaeva mecogramma* (Bigot), *Parasyrphus vittiger* Zetterstedt e *Chrysotoxum* spp.. *Eupeodes corollae* (Fabricius) foi referenciado como predador do lepidóptero *Palpita unionalis* Hübner e *Syrphus* sp. como predador de *E. straminea* Loginova (Rojo *et al.* 2003).

A importância da presença dos sirfídeos na cultura da oliveira reside na sincronia entre os ciclos biológicos do algodão-da-oliveira e o dos sirfídeos. O ciclo do algodão-da-oliveira coincide com o início da Primavera, os indivíduos desta primeira geração atingem o estado adulto entre 24 e 49 dias depois da postura. Estes adultos iniciam a segunda geração, entrando em repouso estival no período de junho a setembro em virtude das altas temperaturas, para retomarem a sua atividade quando as temperaturas descem abaixo dos 27°C, originando uma terceira geração. As três gerações relacionam-se espaço-temporalmente com os períodos de crescimento vegetativo da oliveira (Pereira *et al.*, 2007). Os picos de abundância dos sirfídeos na região transmontana (abril-junho e setembro-outubro) sobrepõem-se com as três gerações do algodão-da-oliveira (obs. pess.). Num sentido fenológico, o facto de os sirfídeos atingirem estes máximos de abundância implica que previamente existiu um máximo da população das

suas larvas, sendo este o aspeto mais relevante na luta biológica contra o algodão-da-oliveira.

O desenvolvimento do ciclo de vida dos sirfídeos depende da existência de uma paisagem diversificada em espécies vegetais, que de forma geral promove o aumento da riqueza de espécies e a densidade deste grupo de inimigos naturais (Thomson & Hoffmann, 2009; Meyer *et al.*, 2009), através do fornecimento de recursos fundamentais, como alimentos, presas alternativas e locais de abrigo e/ou refúgio (Landis *et al.*, 2000; Böller *et al.*, 2004; Wäckers *et al.*, 2007). Estes recursos combinados permitem o nascimento, crescimento e desenvolvimento dos insetos (Schowalter, 2006) e favorecem o aumento da sobrevivência, fecundidade e reprodução dos sirfídeos no agroecossistema (Branquart & Hemptinne, 2000).

Nos últimos anos, a redução da heterogeneidade da paisagem agrícola por ação de práticas agrícolas inadequadas reduziram a biodiversidade agrícola nas explorações e em redor delas. Neste âmbito, a União Europeia desenvolveu um programa de medidas agro-ambientais de modo a incentivar os agricultores a adotarem práticas agrícolas ecológicas, destinadas a melhorar o estado do agroecossistema e a sua biodiversidade (EUR-Lex, 2012). Deste modo, a estratégia a adotar na proteção contra pragas do olival deve ser ambientalmente sustentável, contexto em que assume importância a maximização da eficácia dos inimigos naturais, nomeadamente das larvas de sirfídeos, como agentes de luta biológica contra o algodão-da-oliveira. Para atingir este objetivo é fundamental: (1) obter informação sobre as espécies de sirfídeos presentes no olival, sua abundância e diversidade, (2) conhecer a biologia das espécies potencialmente interessantes na luta contra o algodão-da-oliveira, nomeadamente no que se refere ao sincronismo entre o seu ciclo de vida e o da praga.

No olival, a conservação e gestão da biodiversidade dos sirfídeos é desvalorizada, devido à falta de estudos entomológicos prévios. Por outro lado, a disponibilidade de dados relativos à sua presença, riqueza e abundância limita-se a estudos direcionados para a luta biológica contra afídeos, principalmente em culturas hortícolas e cereais (Tenhumberg & Poehling, 1995; Pascual-Villalobos *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2010; Gillespie *et al.*, 2011). Nas condições apresentadas, o objetivo deste trabalho consiste em caracterizar a biodiversidade de sirfídeos presentes em olivais da zona de Mirandela

(Trás-os-Montes), com a finalidade de obter informação que possa ser útil para a gestão dos olivais e conservação da sirfídeo fauna.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada na zona de Mirandela (Trás-os-Montes). Selecionaram-se quatro olivais, com dois tipos de gestão diferentes, duas parcelas de um olival em Modo de Produção Biológico localizado em Valbom-dos-Figos (41°33'0.58"N, 7°8'39.92"W) (Valbom_1 e Valbom_2) e três olivais em Produção Integrada localizados em Cedães (41°29'16.86"N, 7°7'34.02"W), Paradela (41°33'2.26"N, 7°6'30.88"W) e Suções (41°29'30.02"N, 7°15'28.72"W).

2.2.2. Amostragem da sirfídeo fauna

A amostragem de sirfídeos foi realizada com recurso a três tipos de armadilhas: (1) garrafas Oliwe (2) rede entomológica e (3) armadilhas cromotrópicas amarelas (Fig. 2.1). Em 2009 e 2010 em Cedães e 2011 em Suções e Valbom_2 foram utilizadas garrafas Oliwe de 1,5 L de volume com seis perfurações, contendo uma solução de 3% de di-hidrogeno-fosfato de amónia, de acordo com a metodologia descrita em Coelho *et al.* (2011). Para além disso, em maio e junho de 2010 em Valbom_1 e entre maio e outubro de 2011 em Cedães e Paradela foram instaladas cinco garrafas Oliwe, sendo as amostras recolhidas semanalmente. Em simultâneo, em 2011 nos olivais de Valbom_2 e Suções foram colocadas 10 armadilhas cromotrópicas/olival e no olival de Paradela e Cedães três armadilhas cromotrópicas/olival. Estes dois tipos de armadilhas estavam instaladas em campo de meados de agosto a finais de outubro. Ainda em abril e maio de 2010, em Cedães, foi efetuada uma captura ativa de sirfídeos em voo ou pousados na vegetação com uma rede entomológica, com frequência semanal.

Todos os sirfídeos recolhidos foram levados para o laboratório, separados, conservados em álcool (70%) e identificados à espécie, quando possível, com recurso à lupa binocular segundo os caracteres morfológicos descritos em Séguy (1961), Gilbert (1986) e Van Veen (2010).



Figura 2.1. Tipos de armadilhas utilizadas para capturar sirfídeos. A: Rede entomológica; B: Garrafa Oripe; C: Armadilha cromotrópica amarela.

2.2.3. Tratamento de dados

Para cada espécie foi calculada a sua abundância tendo em conta o método de amostragem e o olival. A diversidade foi calculada por meio do Índice de Simpson (D) como $1/D$ e através da fórmula:

$$1/D = 1 / \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde p_i^2 é a proporção de indivíduos da i^{a} espécie e S é o número total de espécies. O valor mínimo de $1/D$ é 1 e ocorre quando a comunidade tem apenas uma espécie e o valor máximo é S , que ocorre quando a comunidade tem todas as espécies representadas com a mesma abundância (Magurran, 2006).

A equitabilidade foi calculada como:

$$E_{1/D} = (1/D)/S \quad \text{Eq. 2}$$

$E_{1/D}$ varia entre 0 e 1, onde 1 representa uma comunidade perfeitamente equitativa e decresce até zero em comunidades com dominância de uma espécie (Magurran, 2006).

2.3. Resultados e Discussão

No total foram recolhidos 177 exemplares de sirfídeos distribuídos por nove espécies e oito géneros. No Quadro 2.1 apresenta-se a relação entre as espécies de sirfídeos recolhidas com cada método de amostragem em cada localidade. Do total de indivíduos capturados nos olivais, 65 foram capturados em 2009, 47 em 2010 e 65 em 2011. Verifica-se que *Myathropa florea* (L.) e *X. comtus* são espécies únicas, a primeira capturada numa armadilha cromotrópica e a segunda através da rede entomológica. As

espécies mais abundantes nos olivais ao nível da copa, recolhidas nas garrafas Olipe, foram *E. balteatus*, com uma abundância relativa que variou entre 65 e 36,4%, seguida de *E. corollae*, com 22 a 10%, e nas armadilhas cromotrópicas *E. corollae* foi a espécie mais representada com 34% de abundância relativa, enquanto ao nível da vegetação herbácea foi *Sphaerophoria scripta* (L.), com 72,7%. Estes resultados concordam com os obtidos por Sadeghi & Hussein (2009) no Irão onde estas três espécies foram as mais abundantes numa área aberta rodeada por alfafa, trigo e beterraba. No entanto, o facto de ter sido utilizado um conjunto de métodos de amostragem diferente (armadilha Malaise, garrafas amarelas com água e rede entomológica) parece indicar que a utilização de uma combinação de três métodos de amostragem diferentes é suficiente para obter uma representação satisfatória das espécies dominantes numa área concreta. Por outro lado, é preciso ter em conta que a comunidade obtida através da rede entomológica é provavelmente pouco representativa da realidade. De facto, de acordo com Albertino (2002), este método de amostragem é muito seletivo e neste trabalho observa-se forte dominância de *S. scripta* nas amostras recolhidas mediante este método, podendo ser esta dominância apenas um artefacto produzido pelo direccionamento do método de colheita para a vegetação dos estratos inferiores à copa da oliveira. Pelo contrário, Sadeghi (2008) registou também *E. balteatus*, *E. corollae* e *S. scripta* como espécies dominantes, utilizando apenas a rede entomológica, num estudo efetuado em flores ornamentais no Irão. No entanto, o mesmo autor não descreve os pormenores da captura, impossibilitando uma comparação e discussão prudentes.

Em relação à proporção de sexos, *E. balteatus* apresentou a maior proporção de fêmeas, (88,4%), seguida de *S. scripta* com 86,7%, contrariamente, às espécies *M. florea* e *Melanostoma mellinum* (L.) das quais foram capturados apenas machos, embora em número muito reduzido (Quadro 2.1). O índice de Simpson para a comunidade de sirfídeos apresenta o valor 2,90, enquanto a equitabilidade foi de 0,32. A biodiversidade de sirfídeos nos olivais estudados, na região de Mirandela, pode estar potencialmente relacionada com a existência de distintos estratos de vegetação, que condicionam a heterogeneidade paisagística e oferecem habitats para o desenvolvimento das larvas.

Quadro 2.1. Relação entre a abundância de sirfídeos recolhidos com cada método de amostragem em cada localidade com o respetivo grupo funcional. P - Predadores, S - Saprófagos. Ce - Cedães, Pa - Paradelas, Su - Suções, Va_1 - Valbom dos figos, Va_2 - Valbom dos figos. Ol - garrafas Oliwe, Re - rede entomológica, Cr - cromotrópicas. M - machos, F - fêmeas. *Indivíduos cujo sexo não foi possível determinar.

Subfamília/ Espécie	Grupo funcional		2009		2010				2011								Total									
			Ce		Ce		Va_1		Ce		Pa		Su		Va_2											
	Ol		Ol	Re	Ol		Ol	Cr	Ol	Cr	Ol	Cr	Ol	Cr												
	P	S	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		M	F							
Syrphinae																										
<i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer)	x	-	4	38	3	6	2	1	-	2	-	-	-	-	-	26	-	-	1	3	-	-	86			
<i>Eupeodes corollae</i> (Fabricius)	x	-	2	12	1*	1	-	-	1	-	-	1	-	-	2	1	1	1	2*	4	-	-	-	-	29	
<i>Melanostoma mellinum</i> (L.)	x	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2		
<i>Melanostoma scalare</i> (Fabricius)	x	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	5	
<i>Meliscaeva auricollis</i> (Meigen)	x	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	6	
<i>Sphaerophoria scripta</i> (L.)	x	-	1	4	-	2	1	15	1	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	30	
<i>Syrphus vitripennis</i> Meigen	x	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
<i>Xanthandrus comtus</i> (Harris)	x	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Eristalinae																										
<i>Myathropa florea</i> (L.)	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	
Syrphidae spp.	-	-	-	1	2*	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	4*	2	1*	1*	-	-	-	14	
Subtotal sexo			7	58	4	13	5	17	3	2	0	5	0	2	2	1	1	1	1	33	-	1	9	1	0	166
Subtotal método			65		20		22		5		5		2		3		2		40		1		11		1	177
Subtotal localidade			65		42				5		7				5				41				12			177
Total			65				47												65							177
Riqueza (S)																										9
Índice de Simpson (1/D)																										2,90
Equitabilidade ((1/D)/S)																										0,32

Em termos de grupos funcionais, todas as espécies capturadas correspondem ao grupo dos predadores, com exceção de *M. florea* que se enquadra no grupo dos saprófagos. De acordo com Owen & Gilbert (1989) os sirfídeos saprófagos apresentam uma distribuição mais ampla do que os predadores, e de facto *M. florea* é uma espécie amplamente distribuída na Europa (Fauna Europaea, 2011). No entanto, apenas um indivíduo desta espécie foi capturado neste trabalho. Esta única captura pode ser explicada com base na biologia da espécie, já que a sua fase larval precisa de uma fonte de água estagnada (Van Veen, 2010) e os olivais estudados apresentam características de sequeiro. Paralelamente, a riqueza de sirfídeos é afetada pela disponibilidade de micro- e macrohabitats para adultos e larvas (Meyer *et al.*, 2009), neste caso a disponibilidade de água estagnada, o que pode explicar a presença de uma única espécie pertencente ao grupo funcional dos saprófagos.

2.4. Conclusões

As espécies capturadas neste trabalho *E. balteatus*, *E. corollae*, *M. auricollis* e *X. comtus* foram já referenciadas como predadores de pragas da oliveira, no entanto, as outras espécies predadoras registradas neste trabalho são também potenciais agentes de luta biológica e neste sentido, é fundamental o incremento de infraestruturas ecológicas com o objetivo de favorecer a sua presença na cultura do olival e na sua área circundante.

Este estudo permitiu concluir que *E. balteatus* é a espécie de sirfídeos mais representada no olival e foi selecionada como espécie modelo para testar os efeitos de diferentes espécies de plantas que compõem a flora espontânea do olival na sua longevidade, sobrevivência e estado nutricional (Capítulo 3).



Capítulo 3

*Efeito de diferentes plantas na longevidade,
sobrevivência e estado nutricional de
Episyrphus balteatus (De Geer)*

3. Efeito de diferentes plantas na longevidade, sobrevivência e estado nutricional de *Episyrphus balteatus* (De Geer)

3.1 Introdução

A complexidade das estruturas da paisagem agrícola influenciam a biodiversidade local associada aos serviços ecossistêmicos, neste sentido, o desenvolvimento de uma gestão do habitat eficaz requer a compreensão das interações entre flores e insetos, principalmente no caso dos sirfídeos que beneficiam de plantas com flores. Por exemplo, a implementação de faixas de flores dentro da paisagem agrícola, incrementa de forma mais acentuada a riqueza e abundância de sirfídeos neste tipo de paisagem homogênea, quando comparada com habitats heterogêneos, concentrando a biodiversidade nessas faixas de flores que funcionam como uma fonte de recurso (Haenke *et al.*, 2009).

Os insetos gastam energia constantemente e se não se alimentam vivem das reservas acumuladas durante os períodos de maior abundância de alimento (Arrese & Soulages, 2010). Nos insetos o corpo gorduroso é o principal órgão responsável pelo metabolismo energético (Żółtowska *et al.*, 2012). O corpo gorduroso aparece nos insetos como um agregado ou uma massa compacta organizada em finas camadas de uma ou duas células de espessura que aparecem distribuídas irregularmente e rodeando os órgãos e em contacto com a hemolinfa facilitando o intercâmbio de substâncias (Oliveira & Cruz-Landim, 2003).

Este órgão armazena e liberta energia em resposta às exigências energéticas do inseto. A energia é armazenada em forma de glicogénio e triglicéridos no principal tipo celular do corpo gorduroso, os adipócitos. A glucose é armazenada em forma polimérica, o glicogénio, que pode ser imediatamente degradado em resposta das necessidades energéticas para ser utilizado como combustível glicolítico (Arrese & Soulages, 2010).

Os ácidos gordos armazenados nas gotas lipídicas do corpo gorduroso são mobilizadas para diversos propósitos, incluindo aprovisionamento de energia aos músculos do voo em forma de diglicéridos, trealose ou prolina, o fornecimento de lípidos aos ovários e manutenção geral da atividade metabólica de outros tecidos, incluindo o próprio corpo

gordurento. Os lípidos do corpo gordurento são normalmente secretados na hemolinfa como diacilglicerol que é transportado aos tecidos, assim, o metabolismo lipídico é essencial para o crescimento e reprodução e fornece a energia necessária para os períodos prolongados de jejum (Arrese & Soulages, 2010).

Para satisfazer estas necessidades metabólicas e armazenar energia, os adultos da família Syrphidae alimentam-se de pólen, néctar (intra-floral e extra-flora) e meladas, embora segundo Gullan & Cranston (2010) os sirfídeos alimentam-se preferencialmente de pólen para satisfazer as necessidades nutricionais de acordo com o adequado desenvolvimento das atividades diárias. O principal gasto energético resulta do voo, já que este é o principal mecanismo de dispersão.

O pólen contém os nutrientes fundamentais para o voo, nomeadamente prolina, um dos aminoácidos mais abundantes e importantes para o início do voo dos insetos, por exemplo, dissecação ao intestino de sirfídeos migratórios revelam que consomem pólen antes de iniciar a sua migração e este alimento é provavelmente o sustento na longa distância (Lundgren, 2009).

Para além das necessidades nutricionais exigidas pelo voo, existem outras atividades e outras exigências ao longo da vida do indivíduo. O potencial e o sucesso da fecundidade é suscetível à disponibilidade de recursos alimentares quer na vida da larva, como na do adulto. Neste sentido, o fornecimento de pólen e pulgões é fundamental para maximizar a fecundidade, nomeadamente para as fêmeas de *E. balteatus* que necessitam de uma fonte de nitrogénio para a maturação dos ovários e sustentar a produção de ovos (Branquart & Hemptinne, 2000), adquirindo este facto maior importância nas áreas de agricultura intensiva onde a vegetação foi removida ou empobrecida. A escassez de alimento durante a fase larvar induz a emergência de adultos pequenos com poucos ovariolos e baixa fecundidade (Dixon & Guo, 1993; Zheng, 1993) conduzindo a falta de afídeos a reabsorção de ovos (Gilbert, 1986).

Os sirfídeos exibem um grande grau de seletividade em relação às flores disponíveis (Colley & Luna, 2000) e passam a maior parte do seu tempo a alimentar-se do pólen e néctar dessas flores, variando a proporção consumida de acordo com as espécies, havendo espécies que alimentam-se quase exclusivamente de pólen, como *E. balteatus* e *Syrphus*

ribesii (Linnaeus) e outras quase exclusivamente de néctar, como *Rhingia campestris* Meigen (Gilbert, 1985). Normalmente os sirfídeos gastam menos tempo na alimentação em locais com poucas flores e esses mesmos locais são escolhidos pelos machos (e.g. *Syrphus ribessi* e *E. balteatus*) para realizar a cópula (Gilbert, 1985a).

A alimentação ocorre frequentemente em flores expostas ao sol especialmente para consumo de néctar. Apesar de ambos os sexos voarem ao sol ou na sombra, as fêmeas voam curtas distâncias entre flores e os machos normalmente procuram parceira (Gilbert, 1985a). O consumo de pólen é efetuado durante o período de maior atividade dos sirfídeos, sendo a primeira alimentação matinal sempre de pólen, aumentando o consumo de néctar para um pico perto do meio-dia (Gilbert, 1985a).

A alimentação com pólen acontece normalmente entre os 13 e 21°C, enquanto que, o consumo de néctar aumenta acima dos 20°C. As fêmeas de *E. balteatus* consomem néctar quando a humidade relativa é maior que 60%, e o consumo de pólen pelos machos decresce quase linearmente quando aumenta a humidade, no entanto, no caso das fêmeas a proporção mantém-se alta até uma humidade de 80% (Gilbert, 1985a).

Por outro lado, fêmeas de várias espécies foram vistas a consumir pólen ao contrário dos machos, o que pode indicar que as fêmeas passar mais tempo a alimentarem-se deste recurso (Gilbert, 1985). Segundo Gilbert (1981) o intestino dos machos coletados no campo aparece as vezes desprovido de pólen, mesmo quando as fêmeas conespecificas são polinívoras.

Em algumas espécies a dependência das fêmeas por este tipo de alimentos manifesta-se na anatomia do dimorfismo sexual e na fisiologia, por exemplo, os machos de algumas espécies têm um longa probóscide quando comparada com as fêmeas, o que explica a sua forte dependência de pólen e néctar (Gilbert, 1985a). Por outro lado, o tamanho do corpo e o comprimento das asas também está relacionado com o tipo de recurso alimentar consumido, estando os indivíduos de maiores dimensões relacionados com o consumo de néctar e os de menor tamanho e com asas mais compridas com o consumo de pólen (Gilbert, 1985). Como as espécies polinívoras necessitam de pairar no ar mais tempo para recolher os grãos de pólen das anteras um menor tamanho dos indivíduos facilita o voo estacionário para esta tarefa (Lundgren, 2009).

O néctar é uma substância aquosa doce segregada pelas plantas e um componente chave no mutualismo entre plantas com flor e polinizadores (insetos e vertebrados) que funcionam como vetores do pólen, essenciais para o sucesso reprodutivo da planta. É uma substância rica em água, açúcares, predominantemente hexoses, glucose, frutose e sacarose e aminoácidos (Brandenburg, 2009; Heil, 2011). O local de produção, secreção e libertação do néctar são os nectários, órgãos especializados que se encontram em órgãos vegetativos ou reprodutivos, detetados apenas por insetos com órgãos sensoriais sensíveis ao CO₂, que podem escolher as flores com maiores recompensas (Brandenburg, 2009).

Como existe uma ampla gama de preferências alimentares, a composição do néctar determina os seus consumidores, e segundo Heil (2011) os hidratos de carbono e principalmente os aminoácidos são os constituintes preferidos das formigas e de muitos insetos polinizadores. Uma adequada solução de hidratos de carbono como fonte de alimento de insetos depende da sua detetabilidade, acessibilidade e da eficácia com que os açúcares podem ser convertidos em energia (Lundgren, 2009). Esta composição de hidratos de carbono varia de acordo com a fonte de néctar e meladas. Para o açúcar ser uma fonte de alimento viável tem que ser detetável e eliciar uma resposta gustativa, estando as células recetoras envolvidas em ambos os processos. Por exemplo, as células recetoras de *E. tenax* respondem de forma mais acentuada a sacarose do que a glucose, por outro lado, a frutose, maltose e galactose são menos detetáveis e ramnose, rafinosa, e estaquirosa, não têm efeito nos recetores desta espécie (Wacht *et al.*, 2000).

Apesar de muitos insetos entomófagos, como os sirfídeos introduzirem na sua dieta fontes de açúcar, este alimento como única fonte de nutrição é insuficiente para responder as necessidades de todos os seus processos biológicos. O néctar e as meladas são importantes para satisfazer as necessidades metabólicas e de sobrevivência a curto prazo, mas raramente conseguem apoiar o desenvolvimento nutricional e reprodutivos destes insetos. Por exemplo, as fêmeas de *E. balteatus* são incapazes de produzir ovos quando alimentadas exclusivamente com sacarose ou meladas, mas prontamente começam a oviposição quando é fornecido pólen. A quantidade de pólen e néctar consumida foi inversamente proporcional em *Rhingia campestris* Meigen, em que a quantidade de pólen dependia da fase de reprodução, tendo um pico quando os oócitos ocupam uma grande parte do folículo (Lundgren, 2009).

Os açúcares das meladas também são uma importante fonte de alimento para os adultos das espécies afidófagas que são atraídas pelos compostos voláteis e mostram uma resposta gustativa que varia de acordo com a concentração da substância, sendo a detecção dos açúcares efetuada através dos pelos gustativos do labelo. Normalmente o néctar floral tem um amplitude mais restrita dos açúcares disponíveis, enquanto que, as meladas tem maior diversidade de açúcares e outros nutrientes, sendo deste modo uma fonte de alimentação de qualidade superior ao néctar para os insetos auxiliares (Lundgren, 2009). No entanto, o teor de açúcares complexos das meladas pode favorecer a secagem destas, diminuindo a atratividade e reduzindo deste modo o número de insetos visitantes (Wacht *et al.*, 2000). Contudo, alguns parasitóides e predadores alimentam-se de fontes de açúcares cristalizadas e de fontes de açúcares secas (Wacht *et al.*, 2000), dissolvendo os açúcares secos na saliva e aspirando a solução, como os sirfídeos (Gilbert, 1981), ou raspando os açúcares com as mandíbulas e consumindo em seco, como *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Lundgren, 2009).

Tendo em conta o mencionado anteriormente, o conhecimento da flora regional é fundamental para o sucesso da gestão do habitat no agroecossistema do olival contra pragas da cultura, dado que, a dependência dos sirfídeos adultos por pólen e néctar aumenta o seu potencial como agentes de luta biológica através do fornecimento de flores no ecossistema olivícola. Neste sentido, a seleção de espécies de plantas com potencial para atrair e fomentar a sirfideofauna no olival deveria estar baseada no conhecimento sobre as características nutricionais das plantas em termos de pólen e néctar e como é que essas plantas influenciam a biologia dos sirfídeos. O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de plantas que integram a flora espontânea do olival na longevidade, sobrevivência e estado nutricional de *E. balteatus*.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Seleção das espécies de plantas

A seleção de espécies foi feita com base num inventário florístico realizado em 36 olivais da Beira Interior e onde foram identificadas 100 espécies de plantas (Nave *et al.*, 2009) e também pela sua presença generalizada nos olivais de Trás-os-Montes. No total, selecionaram-se 12 espécies de plantas, pertencentes a cinco famílias diferentes; sete espécies pertenciam à família Asteraceae (*Andryala integrifolia* L., *Anthemis arvensis* L., *Calendula arvensis* L., *Carduus tenuiflorus* Curtis, *Chamaemelum nobile* (L.) All., *Coleostephus myconis* (L.) Rchb.f., *Crepis vesicaria* L.), referenciada na literatura como sendo atrativa para os sirfídeos, duas à família Boraginaceae (*Anchusa azurea* Mill. e *Echium plantagineum* L.), e uma às famílias Brassicaceae (*Hirschfeldia incana* (L.) Lagr.-Foss.), Hypericaceae (*Hypericum perforatum* L.) e Malvaceae (*Malva sylvestris* L.). (Fig. 3.1). Os principais critérios para a seleção destas espécies de plantas foram os seguintes: (1) interesse na valorização das espécies de sirfídeos, (2) fonte e acessibilidade de néctar e pólen, (3) época de floração e sincronia com o ciclo de vida dos sirfídeos, (4) arquitetura e estrutura floral e (5) fonte de presas alternativas. As espécies de plantas selecionadas foram semeadas em blocos de 1 m² com três repetições de modo a garantir um grande número de flores para utilizar nos ensaios alimentares.

3.2.2. Organismo-teste e condições laboratoriais

Os espécimes de *E. balteatus* foram comprados à empresa Koppert, chegavam ao laboratório no estado de pupa e eram mantidos em caixas de plástico translúcido (4,5 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro) e de tampa perfurada com uma tira de papel de filtro humedecida com água até à emergência dos adultos (Fig. 3.2). Estas caixas foram colocadas numa sala climatizada com as seguintes condições: (1) humidade relativa a 70 ± 10%, (2) temperatura a 21 ± 1°C e (3) fotoperíodo a 16:8 (L:E) h.



Figura 3.1. Pormenor dos alimentos testados: A: água, B: *Anthemis arvensis* L., C: *Andryala integrifolia* L., D: *Calendula arvensis* L., E: *Carduus tenuiflorus* Curtis, F: *Chamaemelum nobile* (L.) All., G: *Coleostephus myconis* (L.) Rchb.f., H: *Crepis vesicaria* L, I: *Anchusa azurea* Mill., J: *Hirschfeldia incana* (L.) Lagr.-Foss.), K: *Hypericum perforatum* L. e L: *Malva sylvestris* L.



Figura 3.2. Pupa de *Episyrphus balteatus*. A1: Pupa jovem; A2: Pupa madura; A3: Emergência.

3.2.3. Procedimento experimental

Uma vez emergidos, foram colocados dois indivíduos adultos de *E. balteatus* numa caixa composta por uma folha de acetato enrolada sobre si mesma, formando um cilindro de 21 cm de altura, com uma caixa de Petri de 9 cm de diâmetro no topo e uma caixa de plástico na base. A ventilação na caixa foi assegurada pelas múltiplas perfurações existentes na folha de acetato (Fig. 3.3A). No interior de cada caixa colocou-se um frasco de vidro (volume aproximado de 3 ml) com água de onde saía uma tira de tecido absorvente, que funcionava como bebedouro (Fig. 3.3B). Cada espécie de planta testada foi colocada num frasco igual ao anterior (Fig. 3.3B). Para as famílias Asteraceae, Boraginaceae, Hypericaceae e Malvaceae foram colocadas seis flores em cada frasco, enquanto que, para a família Brassicaceae foram colocadas seis inflorescências com seis flores. Em cada caixa foi colocado um frasco com água e um frasco da espécie da planta em teste e ambos eram substituídos de dois em dois dias.

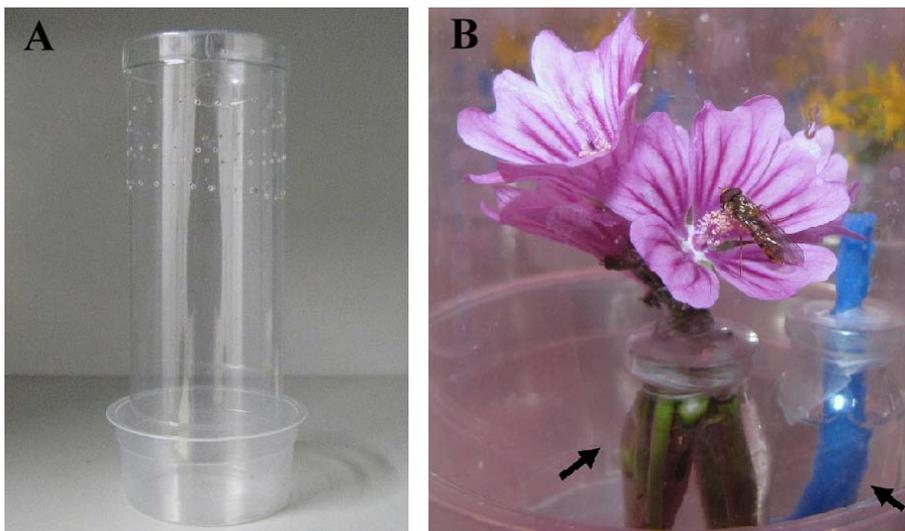


Figura 3.3. A: Caixa de acetato com perfurações utilizada nos ensaios; B: Bebedouro e exemplo de frasco com uma das plantas testadas (*Malva sylvestris*).

Para cada espécie de planta, testou-se um total de 50 indivíduos (25 machos e 25 fêmeas). O controlo foi realizado apenas com água. Cinquenta indivíduos (25 machos e 25 fêmeas) foram congelados imediatamente após a emergência e utilizados para determinar o comprimento da asa e os teores de nutrientes nos indivíduos recém-emergidos (zero horas). O efeito da alimentação proporcionada por cada espécie de planta foi quantificado em cada indivíduo através da determinação dos seguintes parâmetros: (a) longevidade, (b)

comprimento da asa e (c) determinação de teores de nutrientes (frutose, açúcares totais, glicogénio e lípidos).

3.2.3.1. Longevidade

Diariamente, as caixas eram monitorizadas e os indivíduos mortos retirados, etiquetados e conservados numa arca frigorífica a -20°C até ao seu posterior tratamento. A longevidade de cada sirfídeo foi quantificada como o número de dias passados desde que o indivíduo emergiu até à sua morte.

3.2.3.2. Comprimento da asa

Como potencial medida indicadora de crescimento dos indivíduos foi quantificado o comprimento da asa. Aos indivíduos das zero horas, alimentados com água e água + planta foi extraída uma das asas que foi colocada numa lâmina de vidro e medida à lupa binocular utilizando o software Leica Application Suite (LAS) (Leica Microsystems). O comprimento da asa foi obtido através da medição desde a extremidade da margem costal (ponto de inserção no tórax) até ao ápice da asa (Fig. 3.4).

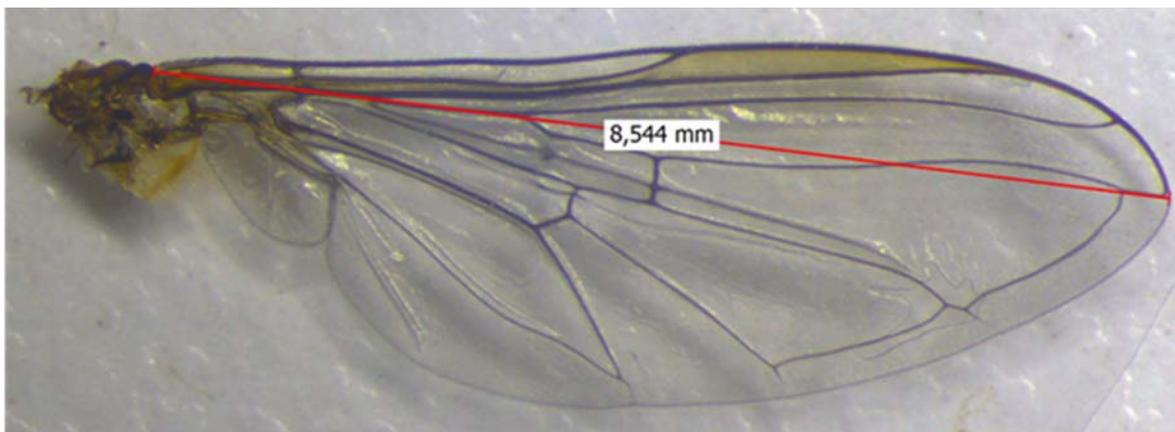


Figura 3.4. Asa de *Episyrphus balteatus* com o pormenor da medição da asa.

3.2.3.3. Determinação do teor de nutrientes corporais

A determinação dos teores de nutrientes, nomeadamente frutose, açúcares totais, glicogénio e lípidos, realizou-se com base nos protocolos descritos por Fadamiro & Heimpel, 2001; Seagraves *et al.*, 2001; Fadamiro *et al.*, 2005; Fadamiro & Chen, 2005; Chen & Fadamiro, 2006; Nafziger & Fadamiro, 2011.

A primeira parte consistiu na extração dos diferentes nutrientes, em que o inseto começou por ser pesado e esmagado com um pilão num eppendorf de 1.5 ml com 100 µl de Na₂SO₄ a 2% e 900 µl de clorofórmio - metanol (1:1). De seguida, a mistura resultante foi centrifugada a 13 200 rpm durante 4 min. Da fração superior (água/metanol) retiraram-se 50 µl de sobrenadante para um eppendorf para análise de açúcares e da fração inferior (clorofórmio) retiraram-se outros 50 µl para outro eppendorf para análise de lípidos, o precipitado que ficou no eppendorf foi utilizado para análise de glicogénio.

Para a determinação dos lípidos evaporaram-se a 90°C no banho-maria os 50 µl da amostra até ficar o pellet, adicionaram-se 40 µl de ácido sulfúrico e aqueceu-se a 90°C durante 2 minutos. Depois de arrefecido em gelo, adicionaram-se 960 µl de reagente ácido fosfórico-vanilina, agitou-se e manteve-se à temperatura ambiente durante 30 minutos após os quais se realizou a leitura da absorvância da amostra no espectrofotómetro a 525 nm. O branco foi feito com 100 µl de Na₂SO₄ e 900 µl de clorofórmio: metanol (1:1) ao qual se aplicaram os mesmos procedimentos das amostras.

A curva padrão foi feita através da medição da absorvância de óleo de soja a diferentes concentrações, em triplicado. Assim, fez-se uma solução-mãe com 100 mg de óleo de soja em 100 ml de clorofórmio, e desta retiraram-se 0, 10, 25, 50, 100 e 125 µl. Cada tubo foi aquecido a 90°C para evaporar o solvente, adicionou-se 0,2 ml de ácido sulfúrico e aqueceu-se durante 2 min. a 90°C; de seguida adicionaram-se 0,8 ml da solução ácido fosfórico-vanilina, agitou-se e deixou-se arrefecer. A reação produz uma cor avermelhada que estabiliza em 30 min. após os quais se determinou a absorvância em espectrofotómetro a 525 nm.

Para a determinação da frutose, adicionaram-se 950 µl de solução antrona ao tubo dos açúcares e deixou-se reagir à temperatura ambiente durante 1h30min. Determinou-se a absorvância da amostra em espectrofotômetro a 625 nm.

A curva padrão para a frutose foi feita através da medição da absorvância da solução antrona a frio a diferentes concentrações de frutose pura, em triplicado: preparou-se uma solução-mãe de 100 mg de frutose pura em 100 ml de água da qual se retiraram 0, 25, 50, 100, 150 e 200 µl da solução-mãe, adicionou-se a solução antrona a cada tubo até perfazer 1 ml e deixou-se reagir durante 1h30min. e leu-se a absorvância a 625 nm no espectrofotômetro. Para a determinação dos açúcares totais utilizou-se a mesma amostra da frutose que foi aquecida a 90°C durante 10 minutos, arrefecida em gelo e feita a leitura da absorvância a 625 nm no espectrofotômetro. O branco foi feito com 100 µl de Na₂SO₄ e 900 µl de clorofórmio: metanol (1:1) ao qual se aplicaram os mesmos procedimentos das amostras na determinação da frutose e dos açúcares totais.

A curva padrão foi feita através da medição da absorvância da solução antrona quente a diferentes concentrações de sacarose pura, em triplicado; Assim, preparou-se uma solução-mãe de 100 mg de sacarose pura em 100 ml de água da qual se retiraram 0, 10, 15, 20, 25 e 50 µl da solução-mãe, adicionou-se a solução antrona até perfazer 1 ml, aqueceu-se durante 10 min. a 90°C, e depois de arrefecida, fez-se a leitura da absorvância a 625 nm no espectrofotômetro.

Para a determinação do glicogénio utilizou-se a fração sólida que fica depositada no fundo do eppendorf após centrifugação à qual se adicionou 1 ml de solução antrona, aqueceu-se a 90°C durante 10 minutos e, depois de arrefecida, fez-se a leitura da absorvância em espectrofotômetro a 625 nm.

A curva padrão foi feita através da medição da absorvância de glicogénio de ostra a diferentes concentrações, em triplicado; Assim, preparou-se uma solução-mãe com 100 mg de glicogénio de ostra em 100 ml de água da qual se retiraram 0, 25, 50, 100, 150 e 200 µl da solução-mãe, adicionou-se a solução antrona até perfazer 1 ml, aqueceu-se a 90°C durante 10 min. e, depois de arrefecida, fez-se a leitura da absorvância em espectrofotômetro a 625 nm.

Os valores resultantes da determinação dos lípidos e dos açúcares foram multiplicados por 20, dado que, da solução inicial (1000 µl) foram retirados 50 µl para os açúcares e 50 µl para os lípidos. A quantidade de glicogénio determinada é considerada representativa do inseto por isso, não foi necessário ser corrigida.

3.2.4. Análise de dados

Os dados foram avaliados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett, respetivamente.

Para cada parâmetro (longevidade, comprimento da asa, teores de frutose, açúcares totais, glicogénio e lípidos) calculou-se a média e erro padrão e para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes alimentos (água e espécies de plantas) utilizou-se a ANOVA de uma via, seguida do teste post-hoc de Tukey para verificar entre que alimentos é que existiam diferenças significativas. O software utilizado foi PASW Statistics, (v. 18.0.0) (SPSS Inc., 2009) e o nível de significância estabelecido foi $p=0.05$.

A esperança de vida dos sirfídeos foi determinada para cada tipo de alimento e sexo de acordo com Southwood & Henderson (2000) e Fadamiro & Heimpel (2001). Para o cálculo da esperança de vida foi construída uma tabela de vida com as colunas: (1) classes de sobrevivência em dias em ordem crescente (x), (2) número de indivíduos sobreviventes para cada classe de sobrevivência (lx), (3) número de indivíduos mortos para cada classe de sobrevivência (dx), (4) soma do número de indivíduos da classe x mais a classe $x+1$ dividido por dois (Lx) e (5) o número de indivíduos mortos depois da classe x de sobrevivência (Tx). A esperança de vida (ex) para cada classe de sobrevivência foi calculada como:

$$ex = Tx/lx \qquad \text{eq.1}$$

Efetou-se um análise discriminante que permitiu classificar os diferentes tipos de alimentos (espécies de plantas e água) de acordo com os resultados obtidos para a longevidade, comprimento da asa e teores de nutrientes. Esta análise foi realizada no programa CANOCO para Windows 4.5 (Ter Braak & Šmilauer, 2002).

3.3 Resultados e discussão

Das 12 espécies de plantas testadas para realizar este estudo (Quadro 3.1), 58,33% das espécies pertencem à família Asteraceae, 16,67% à Boraginaceae e 8,33% pertenciam à família Brassicaceae, Boraginaceae e Malvaceae respectivamente. Na seleção de plantas a testar teve-se em conta a escolha de um maior número de espécies da família Asteraceae dado que esta família é apontada na literatura como sendo a mais atrativa para os sirfídeos (Tooker *et al.*, 2006). Conjuntamente, as outras famílias foram selecionadas atendendo à sincronia entre o pico de floração das plantas e o pico de abundância de sirfídeos adultos (abril-junho e setembro-outubro) nos olivais transmontanos.

Nas plantas da família Asteraceae, as flores tubulosas amadurecem em anéis do exterior para o centro da inflorescência, ficando numa determinada altura flores fechadas e imaturas no centro da inflorescência rodeadas de forma concêntrica por um anel, normalmente único, de flores produtoras de pólen que são visitadas pelos insetos, e estas, por sua vez, rodeadas por uma banda de flores sem pólen (Gilbert, 1983) (Quadro 3.2). Esta estrutura e funcionamento da inflorescência disponibiliza uma quantidade de pólen relativamente pequena em comparação com o tamanho da inflorescência, e devido a isto num cultivo monoespecífico seria preciso instalar um elevado número de plantas para fornecer uma quantidade importante de pólen.

A maioria das plantas testadas apresentam flores amarelas (Quadro 3.2.) por serem, no geral, consideradas como sendo as mais atrativas para os sirfídeos (Sajjad & Saeed, 2010) e segundo Dinkel & Lunau (2001), a cor amarela estimula o comportamento inato da extensão da probóscide. Para além disso, a relação entre o diâmetro da abertura da corola e a largura da cabeça e entre a profundidade da corola e o comprimento da probóscide dos sirfídeos são fatores que condicionam o tipo de planta e o recurso floral que os sirfídeos conseguem explorar. Por exemplo, *E. balteatus* tem uma probóscide relativamente curta, que pode variar entre 1,80 e 2,90 mm (Gilbert, 1980, 1981) comparada com outras espécies de Syrphidae, pelo que o néctar das corolas profundas está menos disponível (Gilbert, 1981), portanto as suas preferências alimentares estarão mais focalizadas em flores com corolas curtas (ver Wäckers, 2004).

Quadro 3.1. Enquadramento taxonómico, época de floração, tipo fisionómico e duração do ciclo de vida das espécies de plantas nos ensaios das preferências alimentares de *Episyrphus balteatus*.

Espécie	Nome comum	Família	Época de floração	Tipo fisionómico	Ciclo de vida
Família Asteraceae					
<i>Andryala integrifolia</i> L.	Alface-do-monte; Alfavaca; Bofe-de-burro; Camareira; Erva-polvilhenta; Goivo; Tripa-de-ovelha ¹	Asteraceae ¹	Junho - Agosto ¹	Hemicriptófito ¹	Anual para Perene ⁵
<i>Anthemis arvensis</i> L.	Falsa-camomila; Margação ¹	Asteraceae ¹	Abril - Setembro ¹	Terófito ou hemicriptófito ¹	Anual ^{2, 5}
<i>Calendula arvensis</i> L.	Calendula; Erva-vaqueira; Malmequer-dos-campos; Vaqueira ¹	Asteraceae ¹	Dezembro - Maio ¹	Terófito ¹	Anual ⁵
<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis	Cardo; Cardo-anil; Cardo-azul ¹	Asteraceae ¹	Abril - Julho ¹	Terófito ou hemicriptófito ¹	Anual ou bianual ⁵
<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All.	Camomila-de-Paris; Camomila-romana; Macela; Macela-dourada; Macela-flor; Macelão ¹	Asteraceae ¹	Abril - Setembro ¹	Hemicriptófito ¹	Perene ⁵
<i>Coleostephus myconis</i> (L.) Rchb.f.	Olhos-de-boi; Pampilho; Pampilho-de-micão ¹	Asteraceae ¹	Fevereiro - Agosto ¹	Terófito ¹	Anual ⁵
<i>Crepis vesicaria</i> L.	Almeirôa; Almeirosa; Condriilha-de-dioscorioides ¹	Asteraceae ¹	Maio - Junho ¹	Terófito ou hemicriptófito ¹	Anual, bianual ou perene ⁵
Família Boraginaceae					
<i>Anchusa azurea</i> Mill.	Borragem-bastarda; Buglossa; Erva-do-fígado; Erva-sangue; Língua-de-vaca; Orcaneta ¹	Boraginaceae ¹	Abril - Agosto ¹	Hemicriptófito ¹	Perene ⁶
<i>Echium plantagineum</i> L.	Chupa-mel; Soagem; Soagem-viperina ¹	Boraginaceae ¹	Março - Julho ¹	Terófito ou hemicriptófito ¹	Anual - bianual ⁶
Família Brassicaceae					
<i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagr.-Foss.	Hirsfeldia-de-pêlo-branco; Ineixas ¹	Brassicaceae ¹	Abril - Setembro ¹	Hemicriptófito ¹	Anual ^{2, 7}
Família Hypericaceae					
<i>Hypericum perforatum</i> L.	Erva-de-São-João; Hipericão; Hipérico; Milfurada ¹	Hypericaceae ¹	Maio - Outubro ¹	Hemicriptófito ¹	Perene ou Vivaz ⁴
Família Malvaceae					
<i>Malva sylvestris</i> L.	Malva; Malva-comum; Malva-das-boticas; Malva-maior; Malva-mourisca; Malva-selvagem; Malva-silvestre ¹	Malvaceae ¹	Abril - Setembro ¹	Hemicriptófito ¹	Bienal ou Perene ³

Referências bibliográficas: ¹ Flora Digital de Portugal, 2012; ² Dr. C. Aguiar com. pess.; ³ Aizpuru *et al.*, 1999; ⁴ Cáceres, 2000; ⁵ Tutin *et al.*, 1976; ⁶ Tutin *et al.*, 1972; ⁷ Tutin *et al.*, 1993.

Quadro 3.2. Tipo de inflorescência, forma da corola, simetria, diâmetro e cor das flores das espécies de plantas testadas nos ensaios das preferências alimentares de *Episyrphus balteatus*.

Espécies	Tipo de inflorescência	Classificação da corola quanto à forma	Simetria das flores	Diâmetro	Cor da flor
Família Asteraceae					
<i>A. integrifolia</i>	Capítulo ¹²	Liguladas ⁶	Zigomórfica ⁵	Capítulo com 15 mm ¹⁰	Amarela ²
<i>A. arvensis</i>	Capítulo ⁴	Liguladas e tubulosas ⁵	Zigomórfica (liguladas) e actinomórfica (tubulosas) ⁵	Capítulos com 2-3,5cm ¹⁰	Flor amarela, com lígulas brancas ¹⁰
<i>C. arvensis</i>	Capítulo ¹	Liguladas e tubulosas ⁵	Zigomórfica (liguladas) e actinomórfica (tubulosas) ⁵	Capítulos com 1-3,5 cm ¹⁰	Amarelo-alaranjado ¹
<i>C. tenuiflorus</i>	Capítulo ¹²	Tubulosas ⁶	Actinomórfica ⁵	Capítulos com 15-20x5-10 mm ¹⁰	Púrpura ¹⁰
<i>C. nobile</i>	Capítulo ¹²	Ligulada e tubulosas ⁵	Zigomórfica (liguladas) e actinomórfica (tubulosas) ⁵	Capítulos com 2-2,5 cm ¹⁰	Flor amarela, com lígulas brancas ⁹
<i>C. myconis</i>	Capítulo ¹²	Liguladas e tubulosas ⁵	Zigomórfica (liguladas) e actinomórfica (tubulosas) ⁵	Capítulos com 2-4 cm ¹⁰	Amarela ⁹
<i>C. vesicaria</i>	Capítulo ⁶	Liguladas ⁶	Zigomórficas ⁵	Capítulos com 1,5-2,5 cm ¹⁰	Alaranjada ¹⁰
Família Boraginaceae					
<i>A. azurea</i>	Panícula ⁵	Sem designação específica ⁵	Actinomórfica ¹⁴	Corola com 10-15mm ¹⁰	Azul ⁹
<i>E. plantagineum</i>	Cincino ⁵	Infundibuliforme ¹³	Marcadamente zigomórfica ¹⁴	Corola com 1,5-3 cm ¹⁰	Vermelho - púrpura ¹⁰
Família Brassicaceae					
<i>H. incana</i>	Cacho alargado com 40-60 flores ⁷	Crucífera ⁵	Bissimétrica ¹⁴	Flores com 5-8 mm ¹⁰	Amarelo pálido ¹⁰
Família Hypericaceae					
<i>H. perforatum</i>	Tirso (inflorescência composta com inflorescências simosas laterais) ³	Rodada ⁵	Assimétrica ¹⁴	Flores com 2-3,5 cm ¹⁰	Amarelo dourado ⁸
Família Malvaceae					
<i>M. sylvestris</i>	Flores em fascículos ⁸	Sem designação específica ⁵	Actinomórfica ⁵	Pétalas com 12-30 mm ¹¹	Púrpura ⁶

Referências bibliográficas: ¹ Ortega Sada, 1987; ² Bosch *et al.*, 1997; ³ Prenner *et al.*, 2009; ⁴ Raimundo & Cadete, 1991; ⁵ Dr. C. Aguiar com. pess.; ⁶ Oiarbide *et al.*, 1999; ⁷ Cáceres, 2003; ⁸ Cáceres, 2000; ⁹ Mayor & Díaz, 2003; ¹⁰ Rollan *et al.*, 1985a; ¹¹ Rollan *et al.*, 1985b; ¹² Tutin *et al.*, 1976; ¹³ Tutin *et al.*, 1972; ¹⁴ Flora Ibérica, 2012.

O odor também desempenha um papel importante na seleção das plantas por parte dos sirfídeos. Quando o odor tem um pequeno alcance, a resposta inata ao odor, por si só, restringe severamente a exploração de potenciais fontes de néctar (Wäckers, 1994). Por outro lado, os fagoestimulantes químicos presentes no pólen ou nos seus extratos estão implicados nas preferências alimentares de *E. tenax* (Dobson & Bergström, 2000).

As figuras 3.5 e 3.6 apresentam as curvas de sobrevivência de *E. balteatus* para os doze tratamentos e para ambos os sexos. A longevidade máxima, de 28 dias, foi atingida por uma fêmea alimentada com *M. sylvestris*, enquanto que, o valor mínimo final foi

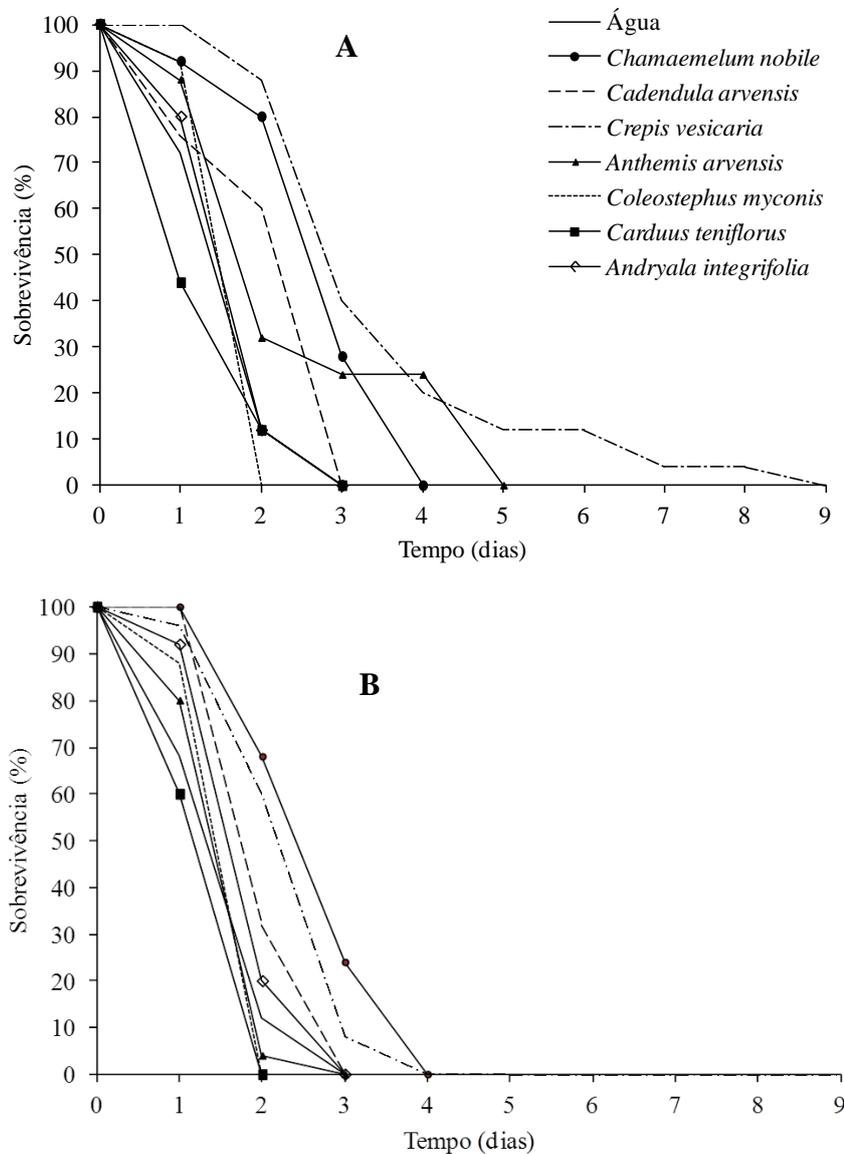


Figura 3.5. Curvas de sobrevivência para fêmeas e machos de *Episyrphus balteatus* alimentados com água e as sete espécies de plantas pertencentes à família das Asteraceae. A: Fêmeas; B: Machos.

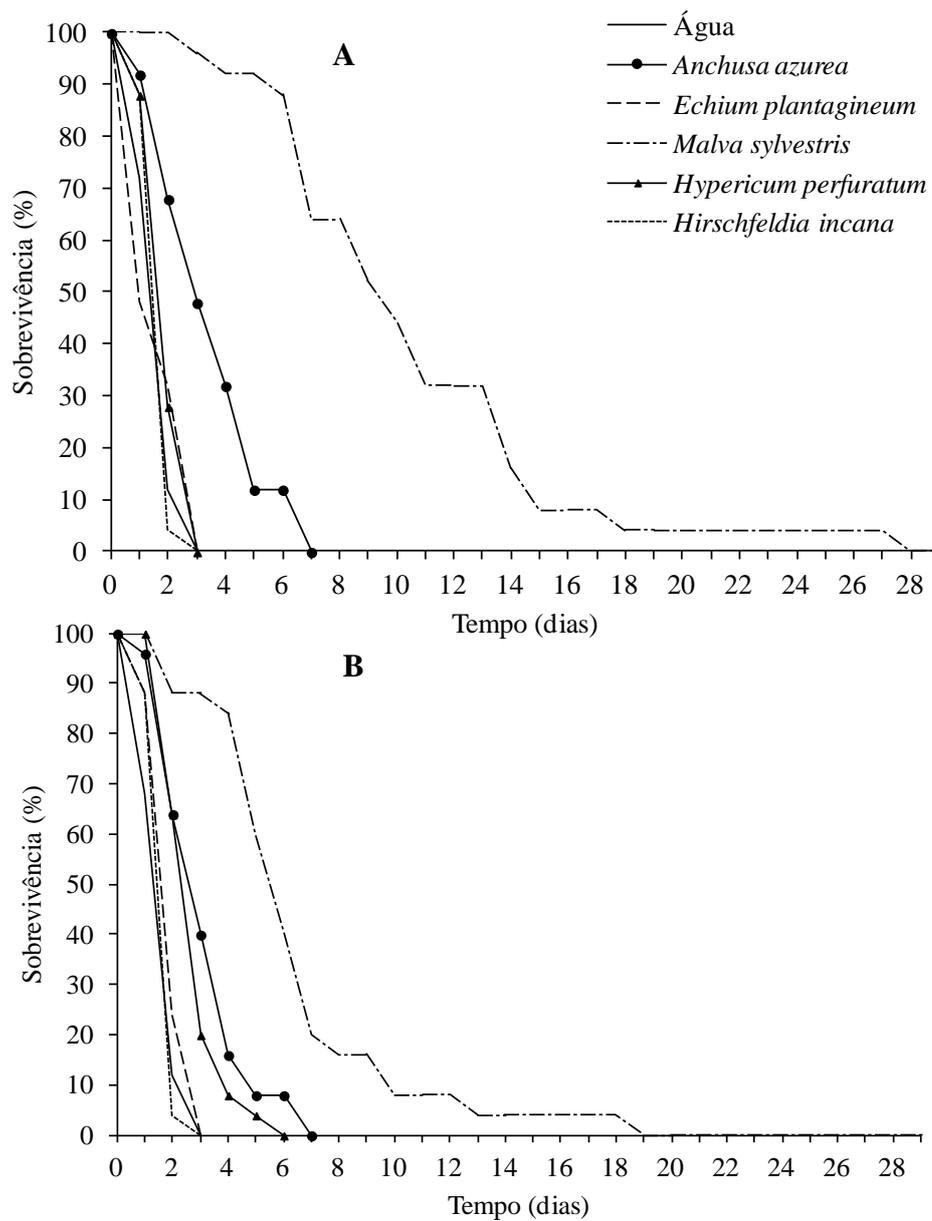


Figura 3.6. Curvas de sobrevivência para fêmeas e machos de *Episyrrhus balteatus* alimentados com água e as espécies de plantas pertencentes às famílias Brassicaceae, Boraginaceae, Hypericaceae e Malvaceae. A: Fêmeas; B: Machos.

apresentado pelos indivíduos alimentados com *C. myconis*, em que tanto no caso dos machos como das fêmeas a longevidade máxima foi de 2 dias.

No entanto, *C. tenuiflorus* apesar de se relacionar com uma longevidade média de *E. balteatus* menor do que *C. myconis* apresentou no caso das fêmeas um valor máximo de sobrevivência de 3 dias (Fig. 3.5).

Os maiores valores de longevidade foram alcançados nos indivíduos alimentados com *M. sylvestris*, onde a longevidade média das fêmeas, 10,68 dias, foi significativamente maior do que a dos machos, que apresentaram uma longevidade média de 6,60 dias. *A. azurea* foi a planta com o segundo maior valor de longevidade média, com 3,64 dias no caso das fêmeas e 3,32 no caso dos machos, não se tendo observado neste caso diferenças significativas entre sexos, e em terceiro lugar, *C. vesicaria*, onde as fêmeas também apresentaram uma longevidade significativamente maior do que os machos com 3,80 e 2,64 dias respectivamente (Quadro 3.3).

Contrariamente, as plantas que obtiveram menores valores de longevidade de *E. balteatus* foram *C. tenuiflorus*, em que a longevidade média foi de 1,58 dias e *C. myconis* em cujo caso o valor de longevidade média de *E. balteatus* foi de 1,90 dias. Em ambos os casos, não existiram diferenças significativas entre sexos. Paralelamente, os indivíduos alimentados com *A. arvensis* e *H. perforatum* também apresentaram diferenças significativas na longevidade entre sexos. No caso de *A. arvensis*, a longevidade das fêmeas foi significativamente maior do que a apresentada pelos machos, contrariamente ao caso de *H. perforatum* que foi a única situação em que a longevidade dos machos superou significativamente a das fêmeas com valores de 2,96 e 2,16 dias respectivamente (Quadro 3.3).

Comparando as plantas, apenas os indivíduos alimentados com *M. sylvestris* apresentaram uma longevidade significativamente superior às restantes plantas. *A. azurea* relacionou-se com valores de longevidade de *E. balteatus* significativamente maiores que *C. nobile* e *C. vesicaria*. Comparando com os indivíduos alimentados com água, com uma longevidade de 1,82 dias, apenas os alimentados com *M. sylvestris*, *A. azurea*, *C. vesicaria* e *C. nobile* apresentaram valores de longevidade significativamente maiores (Quadro 3.3).

No Quadro 3.3 apresenta-se a esperança de vida para os doze tratamentos e para ambos os sexos. De forma equivalente a longevidade, para os indivíduos de *E. balteatus* alimentados com *M. sylvestris*, *C. vesicaria* e *A. azurea* atingiram os maiores valores de esperança de vida com 10,18, 3,30, e 3,27 dias no caso das fêmeas e 6,10, 2,18 e 2,88 no caso dos machos respectivamente. Mais uma vez, a planta que se relacionou com o menor valor de esperança de vida foi *C. tenuiflorus*, com 1,47 dias no caso das fêmeas e 1,38 no caso dos

Quadro 3.3. Valores de longevidade e esperança de vida, em *Episyrphus balteatus* para cada espécie de planta testada, e indivíduos alimentados com água.

Tipo de alimento	Longevidade (dias) (Média ± EP)			Esperança de vida (dias)	
	Fêmeas	Machos	Total	Fêmeas	Machos
Água	1,84±0,12 a	1,80±0,13 ae	1,82±0,09 a	1,56	1,55
Família Asteraceae					
<i>Andryala integrifolia</i> L.	1,92±0,11 a	2,12±0,11 aej	2,02±0,08 ab	1,58	1,69
<i>Anthemis arvensis</i> L.	2,68±0,28 afg	1,84±0,09 aeh	2,26±0,16 abf	2,32	1,49
<i>Calendula arvensis</i> L.	2,36±0,17 af	2,32±0,10 aef	2,32±0,10 abe	2,11	1,82
<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis	1,56±0,14 a	1,60±0,10 e	1,58±0,09 a	1,47	1,38
<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All.	3,00±0,17 ade	2,92±0,15 a	2,96±0,11 bd	2,60	2,42
<i>Coleostephus myconis</i> (L.) Rchb.f.	1,92±0,06 a	1,88±0,07 aei	1,90±0,04 a	1,48	1,47
<i>Crepis vesicaria</i> L.	3,80±0,34 bdf	2,64±0,14 aeg	3,20±0,20 def	3,30	2,18
Família Boraginaceae					
<i>Anchusa azurea</i> Mill.	3,64±0,36 begh	3,32±0,30 bfg	3,48±0,23 d	3,27	2,88
<i>Echium plantagineum</i> L.	1,80±0,18 a	2,12±0,12 ael	1,96±0,11 a	1,76	1,72
Família Brassicaceae					
<i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagr.-Foss.	1,92±0,08 ah	1,92±0,08 aek	1,92±0,06 af	1,51	1,51
Família Hypericaceae					
<i>Hypericum perforatum</i> L.	2,16±0,12 a	2,96±0,20 dfg hijkl	2,56±0,13 ad	1,77	2,46
Família Malvaceae					
<i>Malva sylvestris</i> L.	10,68±1,04 c	6,60±0,72 c	8,64±0,690 c	10,18	6,10
	$F_{1,13}$	47,980	28,786	75,247	
	p	0,000	0,000	0,000	

Nota: Letras diferentes na coluna significa existência de diferenças significativas entre os tipos de alimento ($p < 0,05$).

machos. No entanto, quando comparado com os indivíduos alimentados com água, os alimentados com *C. tenuiflorus* foram os únicos que apresentaram menor longevidade, enquanto que, no caso da esperança de vida, tanto os machos e fêmeas alimentadas com *C. tenuiflorus*, *C. myconis* e *H. incana*, como os machos de *A. arvensis* apresentaram valores menores do que os alimentados com água (Quadro 3.3).

Para o total de indivíduos por planta em termos de longevidade, os resultados obtidos concordam com os obtidos por Langoya & Van Rijn (2008), que também utilizou exemplares de *E. balteatus* comerciais e em que espécies das plantas pertencentes às famílias Asteraceae (*Matricaria recutita*, *Achillea millefolium*, *Centaurea cyanus*, *Chrysanthemum segetum*), Boraginaceae (*Borago officinalis*), e Malvaceae (*M. sylvestris*) relacionam-se com maiores valores de longevidade relativamente ao controlo (água), no

entanto, no caso de *M. sylvestris* aparecem valores intermédios de longevidade e *C. officinalis* (Asteraceae) não influenciou a longevidade de *E. balteatus*. Nos resultados apresentados por Langoya & Van Rijn (2008) não especificam-se os valores de longevidade, mas apenas uma listagem de espécies de plantas em ordem decrescente relativamente a longevidade atingida por *E. balteatus*, pelo que não é conveniente uma comparação direta em termos quantitativos.

Vattala *et al.* (2006), num trabalho sobre os efeitos da morfologia floral e qualidade do néctar no parasitóide *Microctonus hyperodae* Loan (Hymenoptera: Braconidae), obteve valores de longevidade maiores em espécies alimentadas com plantas da família Brassicaceae (*Lobularia maritima* e *Sinapis alba*) em relação à planta da família Boraginaceae (*Phacelia tanacetifolia*), no entanto nenhuma das plantas favoreceu a longevidade do parasitoide quando comparado com o controlo. Estes resultados contrariam os obtidos neste trabalho, onde os sirfídeos alimentados com as espécies da família Boraginaceae (*A. azurea* e *E. plantagineum*) tiveram longevidades maiores do que os alimentados com a espécie da família Brassicaceae (*H. incana*), no entanto, apenas *A. azurea* se relacionou com uma longevidade significativamente maior do que *H. incana*, e apesar de os indivíduos de *E. balteatus* alimentados com as três espécies atingir maiores valores do que quando mantidos só com água, apenas a longevidade dos indivíduos alimentados com *A. azurea* foi significativamente maior. Vattala *et al.* (2006) aponta que o facto de *L. maritima* (Brassicaceae) não ter efeito sobre a longevidade do parasitoide pode ser devido à relação entre a largura média da cabeça de *M. hyperodae* e a abertura da corola da flor, impossibilitando o acesso do inseto ao néctar. Esta relação métrica poderia explicar de forma equivalente a inexistência de diferenças significativas na longevidade de *E. balteatus* entre os indivíduos alimentados com *H. incana* (Brassicaceae) e os alimentados com água neste trabalho, dado que esta abertura da corola é a mais pequena das plantas testadas (Quadro 3.2 e 3.3).

Laubertie *et al.* (2012) testou os efeitos na longevidade de exemplares de *E. balteatus* capturados no campo e criados posteriormente no laboratório alimentando-os com *Calendula officinalis* (Asteraceae), *Coriandrum sativum* (Apiaceae), *Fagopyrum esculentum* (Polygonaceae), *L. maritima* (Brassicaceae), *P. tanacetiflora* (Boraginaceae), e *Sinapis arvensis* (Brassicaceae). Em ordem decrescente as plantas que proporcionaram maior longevidade média aos sirfídeos foram *F. esculentum* (45,3 dias), *L. maritima* (31,8

dias), *C. officinalis* (31 dias), *P. tanacetiflora* (30 dias), *C. sativum* (23,7 dias), e *S. arvensis* (16 dias). Os resultados obtidos por Laubertie *et al.* (2012) diferem muito em termos de longevidade relativamente aos obtidos neste trabalho (Quadro 3.3) e provavelmente, neste caso, estas diferenças não resultam só do facto das espécies de plantas serem diferentes morfologicamente e quimicamente mas também do facto do lote de indivíduos criados a partir de exemplares selvagens ter maior viabilidade do que os comerciais.

Winkler *et al.* (2009) obteve valores significativamente maiores de longevidade para as espécies (em ordem decrescente) *Pieris rapae* (L.) (Lepidoptera: Pieridae), *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), e *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidae) alimentados com *Centaurea jacea* (Asteraceae) em relação ao controlo (água). Neste trabalho, das sete espécies testadas da família Asteraceae, as únicas que originaram valores de longevidade significativamente mais elevados quando comparadas com os indivíduos alimentados com água foram *C. vesicaria* e *C. nobile* com 3,20 e 2,96 dias respetivamente (Quadro 3.3).

Por outro lado, num estudo efetuado por Möller & Sorci (1998), diferentes espécies (não especificadas) de Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Diptera, incluindo sirfídeos, preferiram modelos de flores simétricos, do que as assimétricas do mesmo tamanho. Essa escolha pode ser o resultado do facto de (1) as flores simétricas produzirem mais néctar que as assimétricas, (2) da preferência por caracteres simétricos, devido as outras razões, (3) de um direcionamento persistente para estruturas simétricas, devido a forma como está organizado o sistema neurológico ou (4) que os insetos não reconhecem os modelos assimétricos como flores (Möller & Sorci, 1998). Neste trabalho, os indivíduos de *E. balteatus* alimentados com *M. sylvestris*, *A. azurea* e *C. vesicaria* apresentaram os melhores resultados em termos de longevidade. *M. sylvestris* e *A. azurea* são plantas actinomórficas (flor de simetria radial, isto é, qualquer plano divide a flor em duas partes iguais) e *C. vesicaria* é uma planta com flores zigomórfica (com simetria bilateral, um único plano de simetria) (Quadro 3.2) pelo que, neste sentido, de acordo com Möller & Sorci (1998) estas três espécies são uma boa opção para implementar no olival devido à sua potencial atratividade para estes inimigos naturais.

Em relação ao comprimento médio da asa, todos os indivíduos, excepto os alimentados com *A. arvensis* e *C. arvensis*, apresentaram comprimentos significativamente maiores do que os recém-emergidos. No entanto, não houve nenhuma planta que originasse valores significativamente maiores do que nos indivíduos alimentados apenas com água (Quadro 3.4). Apesar disto, existiram diferenças entre sexos nos indivíduos alimentados com *C. vesicaria*, *A. arvensis*, *C. nobile* e *C. myconis*, sendo em todos os casos o comprimento da asa dos machos significativamente maior do que nas fêmeas e com uma diferença de 0,67, 0,62, 0,43 e 0,23 mm respetivamente (Quadro 3.4).

Quando se relaciona o comprimento da asa com os teores de nutrientes verifica-se que, para os indivíduos alimentados com *A. azurea*, um maior comprimento da asa correspondeu a um dos valores mais altos de açúcares, glicogénio e lípidos, o que poderá indicar um potencial crescimento, assim como para os indivíduos alimentados com *H. incana*, apesar dos seus teores não serem tão vinculados como no caso anterior (Quadros 3.4 e 3.5). Já no caso dos indivíduos alimentados com *C. myconis*, os teores de açúcares totais e lípidos foi maior do que nos indivíduos alimentados com água, mas menor do que nos recém-emergidos embora de forma não significativa. No entanto, o teor de glicogénio dos indivíduos alimentados com esta planta (57,40 µg/ml) foi significativamente maior do que no caso dos alimentados só com água (27,45 µg/ml), o que poderá indicar um aproveitamento dos recursos, insuficiente para armazenar reservas, mas potencialmente suficiente para gerar crescimento, dado que estes indivíduos apresentaram o maior comprimento de asa no total e para os machos e o segundo maior comprimento da asa para fêmeas (Quadro 3.4). É de salientar que as variações observadas para os comprimentos das asas podem resultar em grande parte da variabilidade interindividual. Em *Drosophila melanogaster*, Shingleton *et al.* (2007) verificou que o grau de desenvolvimento da asa depende do estado nutricional da larva. Neste sentido, também em *E. balteatus*, o comprimento da asa pode estar mais relacionado com a nutrição nos estados larvares do que com nos estados adultos.

Os indivíduos alimentados com água e recém-emergidos apresentam conteúdos de açúcares significativamente menores do que os indivíduos alimentados com *C. nobile*, *A. azurea* e *M. sylvestris*. Neste parâmetro, registaram-se diferenças significativas entre sexos para as plantas *A. arvensis*, *C. tenuiflorus*, *C. nobile*, *C. myconis*, *A. azurea*, *E. plantagineum* e *M. sylvestris*. Destas espécies, os machos alimentados com *A. arvensis*, *C.*

Quadro 3.4. Valores do comprimento da asa de *Episyrphus balteatus* para cada espécie de planta testada, indivíduos recém-emergidos e alimentados com água.

Espécies	Comprimento da asa (mm) (Média ± EP)		
	Fêmeas	Machos	Total
Zero Horas	8,56±0,10 af	8,56±0,14 a	8,56±0,09 a
Água	8,96±0,08 bcdhjmp	9,05±0,10 bc	9,01±0,06 bgijk
Família Asteraceae			
<i>A. integrifolia</i>	8,79±0,12 afgjkq	9,03±0,11 beh	8,91±0,08 defhi
<i>A. arvensis</i>	8,47±0,09 f	9,09±0,08 beg	8,78±0,07 abfk
<i>C. arvensis</i>	8,79±0,08 acdef	8,85±0,10 acde	8,83±0,06 abd
<i>C. tenuiflorus</i>	8,93±0,08 aghli	9,10±0,07 beh	9,01±0,06 bch
<i>C. nobile</i>	8,83±0,08 acdef	9,26±0,08 bd	9,05±0,06 bcikn
<i>C. myconis</i>	9,16±0,07 bdg	9,39±0,05 b	9,27±0,05 cg
<i>C. vesicaria</i>	8,58±0,10 acf	9,25±0,09 bef	8,91±0,08 bekn
Família Boraginaceae			
<i>A. azurea</i>	9,17±0,08 bekl	9,24±0,07 beh	9,23±0,05 cej
<i>E. plantagineum</i>	8,74±0,06 afmn	9,04±0,07 beh	8,89±0,05 dfhk
Família Brassicaceae			
<i>H. incana</i>	9,07±0,08 bekinpq	9,29±0,08 bh	9,18±0,06 eghmn
Família Hypericaceae			
<i>H. perforatum</i>	8,87±0,08 afglop	9,04±0,07 beh	8,95±0,06 bijkm
Família Malvaceae			
<i>M. sylvestris</i>	9,05±0,09 bekino	8,96±0,09 acdfgh	9,00±0,06 bgijk
$F_{1,13}$	9,060	5,600	8,100
p	0,0028	0,000	0,000

Nota: Letras diferentes na coluna significa existência de diferenças significativas entre os tipos de alimento ($p < 0,05$).

tenuiflorus, *A. azurea* e *M. sylvestris* apresentaram teores de açúcares significativamente superiores aos das fêmeas, aparecendo a maior diferença no caso de *C. myconis* em que o teor de açúcares foi 146,06 µg/ml maior do que no caso das fêmeas (Quadro3.5).

Estas diferenças podem ser explicadas com base nas necessidades nutricionais dos machos, que precisam de uma quantidade inicial de pólen para a maturação do seu aparelho reprodutor, mas que posteriormente devido à sua necessidade de energia para o voo na procura de parceira, precisam de maiores quantidades de açúcares que procuram no néctar (Gilbert,1981).

Quadro 3.5. Teores de açúcares totais, lípidos e glicogénio em *Episyrphus balteatus* para cada espécie de planta testada, indivíduos recém-emergidos e alimentados com água.

Espécies	Açúcares totais (µg/ml) (Média ± EP)			Lípidos (µg/ml) (Média ± EP)			Glicogénio (µg/ml) (Média ± EP)		
	Fêmeas	Machos	Total	Fêmeas	Machos	Total	Fêmeas	Machos	Total
Zero Horas	277,71±68,86 aejl	206,90±37,62 cden	242,30±39,16 ehopq	465,65±41,05 cde	517,63±45,88 abde	491,64±30,69 adfg	54,21±3,93 bc	55,21±4,64 cd	54,71±3,01 cfg
Água	2,84±2,30 bdf	6,23±6,23 df	4,54±3,30 bi	84,74±30,57 bf	117,27±61,55 cf	101,01±34,09 b	26,37±4,74 de	28,54±5,48 e	27,45±3,59 be
Família Asteraceae									
<i>A. integrifolia</i>	57,97±20,46 flnop	68,86±19,08 fijkl	63,42±13,86 bk	226,92±67,95 fhl	436,94±122,82 abcd	331,93±71,06 ceg	16,99±2,58 eg	35,15±5,44 de	26,07±3,25 bj
<i>A. arvensis</i>	17,00±6,44 bin	126,04±28,22 dhk	71,52±16,30 bhij	166,54±17,86 bgl	243,89±34,54 bfj	205,21±20,02 be	41,78±3,08 bdh	50,35±3,24 dei	46,06±2,29 chk
<i>C. arvensis</i>	314,50±56,21 ghj	199,01±45,39 cfhi	256,76±36,69 ef	212,19±36,54 fgj	319,03±72,22 befi	265,61±40,78 bc	35,80±4,55 df	52,59±7,65 dg	44,19±4,56 chi
<i>C. tenuiflorus</i>	154,43±23,88 afijo	255,97±40,87 egikm	205,20±24,52 degikm	24,38±11,70 b	210,42±44,15 dfl	117,40±26,22 b	34,56±1,92 deik	46,66±1,93 dejk	40,61±1,60 bdfijk
<i>C. nobile</i>	726,27±98,08 c	386,43±76,82 bcg	556,35±66,26 a	319,11±25,06 dghi	579,79±111,96 begh	449,45±59,75 ac	28,19±2,58 de	45,10±3,74 defj	36,64±2,55 bh
<i>C. myconis</i>	160,32±24,29 afij	14,26±8,95 dhl	87,29±16,52 be	320,97±34,36 djlm	370,34±104,83 bekk	345,65±54,71 cef	48,91±2,59 bfij	65,88±4,79 acgij	57,40±2,96 cl
<i>C. vesicaria</i>	57,03±39,60 dilm	1,59±1,33 dhj	29,31±20,00 bg	513,16±92,22 ek	864,33±132,77 g	688,74±83,84 d	28,80±3,36 deg	41,95±7,11 deh	35,38±4,00 ehj
Família Boraginaceae									
<i>A. azurea</i>	292,01±48,08 aglq	699,58±69,36 a	495,79±50,91 an	468,10±13,28 dk	589,19±15,66 aeg	528,64±13,34 adfg	56,25±5,86 chj	76,35±6,20 ac	66,30±4,46 aglm
<i>E. plantagineum</i>	517,12±62,83 echqr	250,62±36,01 ck	383,87±40,58 acfo	709,08±21,24 a	462,27±13,15 ahijkl	585,68±21,53 ad	53,65±3,94 cfh	61,50±2,19 cfghik	57,58± 2,30 cm
Família Brassicaceae									
<i>H. incana</i>	346,45±67,81 ajr	190,77±48,34 efgjkl	267,02±42,54 cdfq	430,61±13,32 cikm	694,44±17,88 agk	565,22±21,85 ad	51,76±3,33 cfhk	59,57±2,16 cfghik	55,75±2,03 cdm
Família Hypericaceae									
<i>H. perforatum</i>	271,58±75,37 agmpr	380,23±62,89 bcmo	325,90±49,19 cfmnp	596,10±38,49 ack	666,21±39,51 agk	631,15±27,75 ad	67,81±4,04 c	85,64±4,85 a	76,73±3,37 a
Família Malvaceae									
<i>M. sylvestris</i>	318,64±54,83 ajr	570,16±65,80 ab	444,40±46,04 ac	497,79±17,21 cikm	538,21±21,24 agijkl	518,00±13,84 adfg	97,27±5,30 a	109,73±5,58 b	103,50±3,91 n
$F_{1,13}$	14,110	21,180	23,080	25,314	8,150	19,674	23,318	18,455	40,387
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota: Letras diferentes na coluna significa existência de diferenças significativas entre os tipos de alimento ($p < 0.05$).

Em relação a *A. arvensis*, o seu resultado não se deve só ao facto de ter flores tubulosas pequenas porque existem outras espécies da mesma família com o mesmo tipo de corola (Quadro 3.2), mas provavelmente porque a quantidade e/ou qualidade de néctar é satisfatória para este inseto. No caso de *M. sylvestris* para além da quantidade e/ou qualidade do néctar, a acessibilidade aos nectários nas pétalas pode ter contribuído para o elevado teor de açúcares totais. Provavelmente esta situação também se aplica a *A. azurea*, dado que não tem anel de escamas nectaríferas na base da corola (Quadro 3.6) o que presumivelmente indica que os nectários devem estar acessíveis.

Pelo contrário, as fêmeas alimentadas com *C. vesicaria*, apresentaram um conteúdo de açúcares 35 vezes maior que o dos machos (Quadro 3.5), pelo que se pode supor que esta quantidade de açúcares corporais está relacionada com o tamanho e a qualidade dos seus grãos de pólen (Quadro 3.6), já que as fêmeas têm maior necessidade de pólen do que os machos (Gilbert, 1981).

Apenas alguns indivíduos alimentados com *A. azurea* e *M. sylvestris* apresentam teores de frutose. No caso dos indivíduos alimentados com *A. azurea*, foram identificados quatro sirfídeos com teores de frutose (uma fêmea e três machos) compreendidos entre 65,32 e 530,05 $\mu\text{g/ml}$ e nos indivíduos alimentados com *M. sylvestris*, foram encontrados três sirfídeos (uma fêmea e dois machos) que apresentaram teores de frutose com valores compreendidos entre 67,60 e 204,04 $\mu\text{g/ml}$.

Em termos de teores de lípidos, para o grupo das Asteraceae, os indivíduos alimentados com *C. vesicaria*, com um teor de 688,74 $\mu\text{g/ml}$, apresentaram valores significativamente superiores quando comparados com as restantes plantas da família, mas não houve diferenças significativas relativamente aos recém-emergidos nem as restantes famílias, para as quais *E. plantagineum* e *H. perforatum* apresentaram os maiores valores, de 585,68 e 631,15 $\mu\text{g/ml}$ respetivamente, não se verificando no entanto, diferenças estatisticamente diferentes entre plantas (Quadro 3.5).

Para este parâmetro, apenas as Asteraceae, excepto *C. vesicaria* apresentaram teores de lípidos inferiores aos indivíduos recém-emergidos, sendo o teor de lípidos dos indivíduos recém-emergidos significativamente superior ao dos alimentados com *A. arvensis*, *C. arvensis* e *C. tenuifloris*. Quando comparadas com indivíduos alimentados com água, que

Quadro 3.6. Presença de néctar, tamanho do grão de pólen, e localização dos nectários das flores das espécies de plantas testadas nos ensaios das preferências alimentares de *Episyrrhus. balteatus*.

Espécies	Presença de néctar	Tamanho do grão de pólen (P/E)	Localização dos nectários	Notas
Família Asteraceae				
<i>A. integrifolia</i>	?	24-28 (26,37±0,92) ²		
<i>A. arvensis</i>	?	0,86-1,00 (0,95±0,03) ²		
<i>C. arvensis</i>	Sim ¹	1,00-1,16 (1,03±0,02) ²		Planta interessante em apicultura pelo seu néctar e pólen ¹
<i>C. tenuiflorus</i>	?	0,85-1,02 (0,96±0,03) ²	Informação sobre as estruturas dos nectários na família Asteraceae é escassa ³	
<i>C. nobile</i>	Sim ¹	0,90-1,07 (0,97±0,04) ²		
<i>C. mycojhs</i>	?	0,87-1,11 (0,98±0,04) ²		
<i>C. vesicaria</i>	?	24-28 (27,96±1,04) ²		
Família Boraginaceae				
<i>A. azurea</i>	Sim ¹	1,18-1,44 (1,31±0,05) ²	Sem anel de escamas nectaríferas na base da corola ⁴	Planta interessante em apicultura pelo seu néctar e pólen ¹
<i>E. plantagineum</i>	Sim ¹	1,46-1,48 (1,67±0,07) ²	Anel de escamas nectaríferas na base da corola ⁴	Planta interessante em apicultura pelo seu néctar e pólen ¹
Família Brassicaceae				
<i>H. incana</i>	Sim ¹	0,85-1,05 (0,93±0,05) ²	Na base da flor ⁶ / nectários laterais e medianos pequenos, ovoides e filiformes ⁴	Planta interessante em apicultura pelo seu néctar ¹
Família Hypericaceae				
<i>H. perforatum</i>	Sim ¹	1,17-1,37 (1,27±0,05) ²	Sem nectários na base dos ovários, mas os estaminóides têm sido descritos como “escamas nectaríferas” ⁵	Planta interessante em apicultura pelo seu néctar ¹
Família Malvaceae				
<i>M. sylvestris</i>	Sim ¹	100-135 (124,6±6,8) ²	Pétalas ²	Planta interessante em apicultura pelo seu néctar e pólen ¹

Referências bibliográficas: ¹ Ortega Sada, 1987; ² Valdez *et al.*, 1987; ³ Sulborska & Weryszko-Chmielewska, 2007; ⁴ Flora Ibérica, 2012; ⁵ Stevens, 2007; ¹³ Rollan *et al.*, 1985.

apresentou um teor de lípidos de 101,01 µg/ml, todas as espécies de plantas testadas relacionaram-se com teores superiores, no entanto, no caso de *A. arvensis*, *C. arvensis* e *C. tenuifloris* não se encontraram diferenças significativas relativamente ao tratamento com água. Por outro lado, as fêmeas alimentadas com *C. nobile*, *C. tenuiflorus*, *C. vesicaria*, *A. azurea*, *E. plantagineum* e *H. incana* apresentaram teores de lípidos significativamente superiores aos dos machos, sendo *E. plantagineum* a única planta que originou um teor de lípidos significativamente superior nos machos (709,08 µg/ml) do que nas fêmeas (462,27 µg/ml) (Quadro 3.5).

Em termos de glicogénio, *M. sylvestris*, *H. perforatum* e *A. azurea* apresentaram os maiores teores, tendo os indivíduos alimentados com *M. sylvestris* um teor de 103,50 µg/ml, que foi significativamente superior à restantes plantas. Quando comparados com os indivíduos alimentados com água, os alimentados com *M. sylvestris*, *H. perforatum* e *A. azurea* apresentaram teores significativamente maiores, enquanto que, apenas os teores atingidos com *M. sylvestris* e *H. perforatum* foram superiores de forma significativa em relação aos indivíduos recém-emergidos. Neste caso, apenas as plantas da família Asteraceae, excepto *C. myconis*, apresentaram um teor de glicogénio mais baixo do que os indivíduos recém-emergidos, sendo significativamente menor no caso de *A. integrifolia*, *C. nobile* e *C. vesicaria* com teores de 26,07, 36,64 e 35,38 µg/ml respetivamente (Quadro 3.5). Este facto, pode indicar que *A. integrifolia*, *A. arvensis*, *C. arvensis*, *C. tenuiflorus*, *C. nobile* e *C. vesicaria* não fornecem açúcares em quantidade suficiente para *E. balteatus* armazenar reservas em forma de glicogénio.

Em termos de sexos, os machos alimentados com *A. integrifolia*, *C. tenuiflorus*, *C. nobile*, *C. myconis*, *A. azurea*, *E. plantagineum* e *H. perforatum* apresentaram teores de glicogénio significativamente maiores do que as fêmeas (Quadro 3.5).

Em suma, de forma geral as plantas estudadas fornecem comparativamente maiores teores de lípidos do que de açúcares e glicogénio (Fig. 3.7). A família das Asteraceae apresentou grande variabilidade no conteúdo de teores entre espécies assim como quando comparado com as restantes famílias, que apesar de terem apresentado maiores conteúdos de nutrientes, estes se distribuíram entre espécies de forma mais homogénea (Fig. 3.7). No caso dos indivíduos de *E. balteatus* alimentados com água observa-se claramente o efeito do jejum quando comparados com os recém-emergidos (Fig. 3.7).

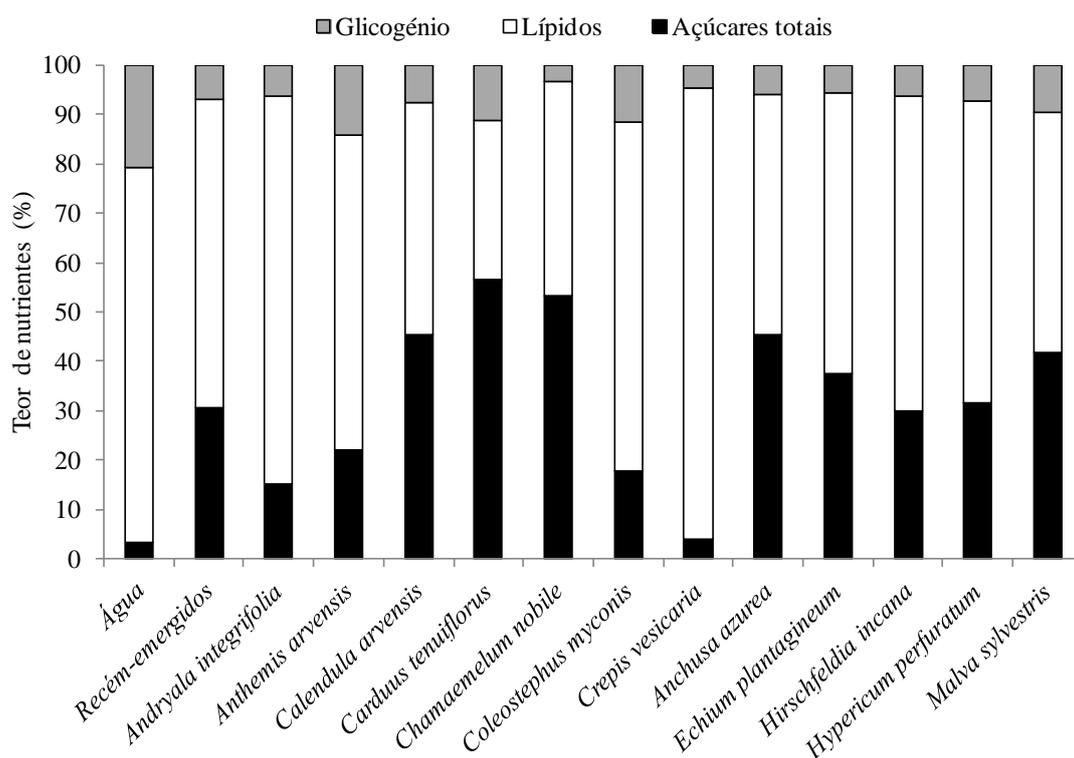


Figura 3.7. Distribuição dos teores de açúcares totais, lípidos e glicogénio registados em *Episyrphus balteatus* alimentados com as diferentes plantas testadas, água e recém-emergidos.

Neste caso, nos indivíduos alimentados com água, aparece um padrão de consumo das reservas nutricionais, em que os açúcares totais foram quase totalmente esgotados, seguido de um grande consumo de lípidos até esgotar 4/5 (aprox.) do teor total dos recém-emergidos, assim como, a metade (aprox.) do teor de glicogénio, sendo em todos os casos o teor de nutrientes do indivíduos recém-emergidos foi significativamente superior aos alimentados com água (Quadro 3.5).

Maiores valores de longevidade correspondem a maiores valores de açúcares corporais, excepto no caso de *C. vesicaria*, assim como com maiores valores de glicogénio, excepto para os indivíduos alimentados com *C. nobile*, *C. myconis* e *C. vesicaria*, no entanto, não existe uma relação clara com o resto dos parâmetros (Quadro 3.3 e Quadro 3.5).

A análise discriminante utilizada nesse estudo procurou determinar quais dos parâmetros estudados (longevidade, comprimento da asa, teor de açúcares totais, teor de lípidos e teor de glicogénio) se diferenciam melhor entre plantas. A Figura 3.8A apresenta a relação

entre os parâmetros estudados e cada um dos indivíduos alimentados com cada planta testada. A partir da análise verifica-se que o parâmetro biológico mais influenciado pelas espécies de plantas foi a longevidade, seguido de teor de glicogénio e de lípidos, sendo que, *M. sylvestris*, *A. azurea* e *H. perforatum* aparecem como as plantas que mais favorecem a *E. balteatus* em relação aos parâmetros acima comentados (Fig. 3.8A).

As espécies da família Asteraceae, exceto *C. nobile* juntamente com o grupo de indivíduos alimentados com água formam um grupo diferenciado do resto (Fig. 3.8B). Este grupo localiza-se no quadrante superior esquerdo do lado contrário à direção dos vetores, caracterizando estas espécies como pouco benéficas para *E. balteatus*. *C. nobile*, aparece próxima à origem dos eixos, separada das outras Asteraceae pelo segundo eixo, dado que foi a planta com maior teor de açúcares totais para o total de espécies e a segunda com maior teor de lípidos do grupo das Asteraceae (Quadro 3.5). No caso do comprimento da asa e da longevidade atingiu o quarto lugar para ambos os parâmetros (Quadro 3.3 e 3.4), situando esta espécie numa situação equilibrada em termos de benefícios para *E. balteatus* (Fig. 3.8B).

Na Figura 3.8B verifica-se que *M. sylvestris* destaca-se claramente em termos de longevidade. A sua posição afastada das outras espécies corresponde ao elevado valor de sobrevivência atingido por um indivíduo que alcançou os 28 dias de vida (Fig. 3.6A).

Paralelamente, o facto de *M. sylvestris* apresentar o maior teor médio de glicogénio situa-a entre esses dois vetores. *A. azurea* encontra-se numa posição relativamente distante na direção do vetor que representa o teor de glicogénio (Fig. 3.8B), no entanto, esta espécie aparece apenas no terceiro lugar em ordem decrescente de teor deste nutriente, sendo o seu elevado teor de açúcares totais, assim como o comprimento de asa (em ambos os casos o segundo maior valor) (Quadro 3.4 e 3.5) responsáveis pela situação equitativa relativamente ao conjunto de parâmetros (Fig. 3.8B).

A posição de *H. perforatum* na Figura 3.8B enquadra-se na direção dos vetores dos nutrientes, apesar de ter apresentado valores médios de longevidade e açúcares totais, no entanto, apresentou os segundos maiores valores de teores de lípidos e glicogénio (Quadro 3.3 e 3.5).

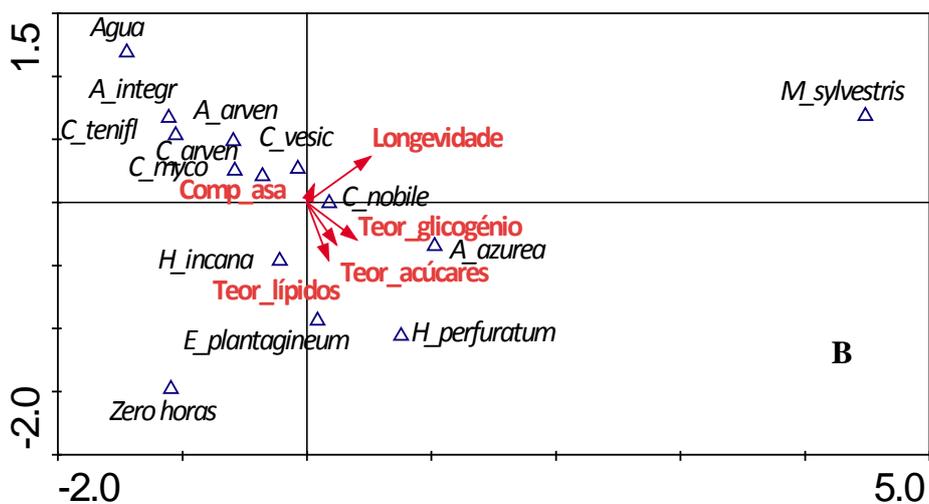
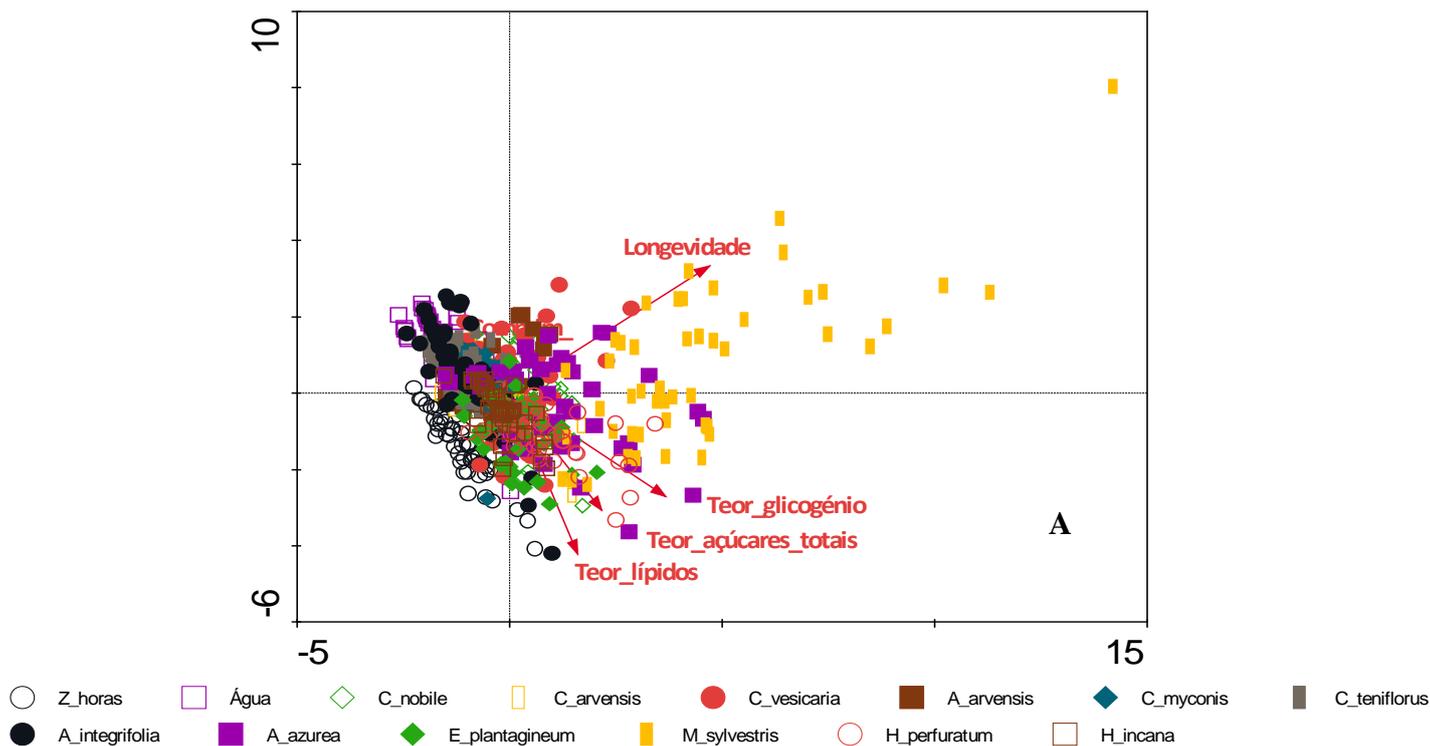


Figura 3.8. Diagramas da análise discriminante, que mostra a posição dos cinco parâmetros analisados com os indivíduos, de acordo com as suas correlações com os dois eixos principais. O primeiro eixo explica 66.9% da variância dos dados e o segundo eixo explica 35.1%. ($F = 10.26$, $p = 0.002$). A: relação entre os parâmetros estudados e o total de indivíduos alimentados com cada planta testada e B: relação entre os parâmetros estudados e o centróide das plantas testadas.

E. plantagineum aparece próximo ao segundo eixo da Figura 3.8B, numa posição relativamente distante ao vetor dos nutrientes, devido ao seu teor em açúcares totais, glicogénio (em ambos os casos o quarto maior valor) e lípidos e aos seus valores intermédios relativamente aos outros parâmetros analisados (Quadro 3.5).

O elevado teor de lípidos de *H. incana* em relação à família Asteraceae situa-a no quadro inferior esquerdo da Figura 3.8B, devido também ao facto de apresentar um dos menores valores de longevidade (Quadro 3.3). Por outro lado, os indivíduos recém-emergidos aparecem no lado oposto ao vetor da longevidade indicando que a sua longevidade foi baixa, no entanto, o facto de serem indivíduos recém-emergidos (ou com pouca horas de vida) implica que a sua longevidade tenha sido nula (Fig. 3.8B).

3.4 Conclusões

Cowgill *et al.* (1993b) demonstrou que a seleção das flores por parte dos sirfídeos é independente da disponibilidade de flores. A atratividade das flores pode ser atribuída a uma combinação de fatores, como kairomonas, cor e morfologia floral, disponibilidade de pólen e néctar, abrigo e presença de presas, que influenciam a aterragem e comportamento alimentar pelos sirfídeos adultos (Colley & Luna, 2000). Neste trabalho, o parâmetro que melhor parece representar o efeito das diferentes plantas sobre *E. balteatus* foi a longevidade, embora de forma pouco clara, no entanto, é de destacar a grande diferença na longevidade encontrada nos exemplares comerciais estudados neste trabalho e os exemplares recolhidos no campo noutros trabalhos. Porém das 12 espécies de flores testadas *M. sylvestris*, *A. azurea*, *H. perforatum* e *C. nobile* poderão ser potenciais candidatas para serem implementadas no olival com base nas suas características e efetividade no incremento da sobrevivência e benefícios em termos nutricionais de *E. balteatus*.

No entanto, para generalizar à categoria taxonómica de família, é necessário ter em conta que *E. balteatus* funcionou neste trabalho unicamente como espécie modelo de Syrphidae e devido à ampla variedade de ecomorfotipos correspondentes às espécies de Syrphidae, é necessário assumir que estas plantas podem não ser as mais adequadas para outras espécies da família, pelo que é imprescindível aprofundar o estudo das características das plantas e uma caracterização mais detalhada da estrutura das flores. Este tipo de trabalhos pode ajudar a esclarecer a forma como as plantas atraem e alteram a abundância de *E. balteatus* no olival.



Capítulo 4

Conclusões finais

4. Conclusões finais

Das nove espécies de sirfídeos presentes nos olivais estudados as mais abundantes foram *E. balteatus*, *S. scripta* e *E. corollae*, sendo *E. balteatus*, *E. corollae*, *M. auricollis* e *X. comtus*, espécies já descritas na literatura como sendo predadoras de pragas do olival (Rojo *et al.*, 2003). No entanto, as outras espécies registradas neste trabalho são também potenciais agentes de luta biológica e neste sentido, é fundamental o incremento de infraestruturas ecológicas, tais como plantas com flores atrativas para estes inimigos naturais de modo a favorecer a sua presença na cultura do olival e na sua área circundante.

Como parte desta estratégia testaram-se diversas espécies de plantas presentes no olival transmontano, sendo as flores que obtiveram melhores resultados as de *M. sylvestris*, *A. azurea*, *H. perforatum* e *C. nobile*. Dado que estas quatro espécies tiveram um impacto positivo no estado nutricional de *E. balteatus* e apresentam sincronia entre o pico de floração e o pico de abundância de sirfídeos adultos, são as propostas para implementar em termos práticos na cultura do olival transmontano.

Na literatura não existe uma caracterização específica das plantas ao nível dos recursos fornecidos aos polinizadores, como a presença de néctar, a quantidade de pólen e néctar em 24 horas, a localização dos nectários, e dado que a disponibilidade/acessibilidade destes recursos interfere com o ciclo de vida dos sirfídeos (sobrevivência, fecundidade e reprodução) essa informação ajudaria a perceber melhor o efeito das plantas no estado nutricional de *E. balteatus*. Por outro lado, a determinação desses parâmetros não só facilita o manejo da flora, como também permite selecionar, preservar e multiplicar as espécies vegetais mais importantes para os auxiliares, assim como valorizar a importância da implementação de uma elevada riqueza específica de plantas no agroecossistema do olival, de forma a haver complementaridade entre as características benéficas de umas e outras espécies.

Neste âmbito consegue-se promover no espaço e no tempo as interações benéficas que mantêm a população de pragas sob controlo, mas também a ampliar a biodiversidade, que pode ter efeitos positivos na sustentabilidade do agroecossistema.

Ao nível ambiental, o incremento de flora no olival melhora a estrutura e propriedades do solo, permite a conservação dos recursos hídricos e assegura uma produção sustentável da cultura sem o uso de insumos químicos. A diversidade da paisagem agrícola promove um mosaico de heterogeneidade espacial, que garante o uso eficaz dos recursos locais e possibilita a criação de um rendimento suplementar na exploração. Esta biodiversidade, de acordo com o tipo de planta escolhida para favorecer a luta biológica no olival pode ser aproveitada para desenvolvimento de atividades complementarias como apicultura e o aproveitamento das plantas para fins comestíveis, condimentares, medicinais, ornamentais, para infusões, alimentação de animais, etc., supondo uma oportunidade de criação de emprego, caso haja processamento destes produtos ou simplesmente para acompanharem as produções e a dinamização da região.

Capítulo 5

Referências bibliográficas



5. Referências bibliográficas

- Aizpuru, I., Aseguinolaza, C., Uribe-Echebarría, P. M., Urrutia, P. & Zorrakín I., 1999. Claves ilustrada de la Flora del País Vasco y territorios limítrofes. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco Ed. Vitoria-Gasteiz. España. 831 pp.
- Albertino, J. R., 2002. A Amostragem. Protocolo e técnicas de captura de Diptera. V Protocolos de Muestreo del proyecto PRIBES. Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 2: 301-304.
- Amaro, P., 2003. A protecção integrada. ISA Press. Lisboa. 446 pp.
- Andow, D. A., 1991a. Vegetational diversity and arthropod population response. Annual Review of Entomology, 36: 561-586.
- Arrese, E. L. & Soulages, J. L., 2010. Insect Fat Body: Energy, Metabolism, and Regulation. Annual Review Entomology, 55:207–25.
- Barbosa, J. C. & Portela, J., 2000. O pastoreio de percurso no sistema de exploração de ovinos em Tras-os-Montes. Em: Actas do Coloquio Montemuro - A ultima rota da transumancia, Arouca, pp. 95-116.
- Bell, W. J., 1990. Searching behavior patterns in insects. Annual Review of Entomology, 35: 447-467.
- Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S., Baudry, J., Bukacek, R., Burel, F., Cerny, M., De Blust, G., De Cock, R., Diekötter, T., Dietz, H., Dirksen, J., Dormann, C., Durka, W., Frenzel, M., Hamersky, R., Hendrickx, F., Herzog, F., Klotz, S., Koolstra, B., Lausch, A., Le Coeur, D., Maelfait, J. P., Opdam, P., Roubalova, M., Schermann, A., Schermann, N., Schmidt, T., Schweiger, O., Smulders, M. J. M., Speelmans, M., Simova, P., Verboom, J., van Wingerden W. K. R. E., Zobel, M. & Edwards, P. J., 2008. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. Journal of Applied Ecology, 45: 141-150.

- Bisby, F., Roskov Y., Culham A., Orrell T., Nicolson D., Paglinawan L., Bailly N., Kirk P., Bourgoin T. & Baillargeon G., 2012. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 24th September 2012. Disponible em: www.catalogueoflife.org/col/ [Consultado: 04/10/2012].
- Böller, E. F., Häni, F. & Hans-Michael, P., 2004. Ecological infrastructures: Ideabook on functional biodiversity at the farm level. Temperate zones of Europe. Swiss Centre for Agricultural Extension and Rural Development, Switzerland. 212 pp.
- Bosch, J., Retana, J. & Cerda, X., 1997. Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in a herbaceous Mediterranean plant community. *Oecologia*, 109: 583-591.
- Brandenburg, A., Dell'Olivo, A., Bshary, R. & Kuhlemeier, C., 2009. The sweetest thing Advances in nectar research. *Plant Biology*, 12: 486-490.
- Branquart, E. & Hemptinne, J. L., 2000. Development of ovaries, allometry of reproductive traits and fecundity of *Episyrphus balteatus* (Diptera:Syrphidae). *European Journal of Entomology*, 97: 165-170.
- Burgio, G. & Sommaggio, D., 2007. Syrphids as landscape bioindicators in Italian agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120: 416-422.
- Cáceres, J. M. S. L., 2000. Flora Ornamental Española. Las plantas cultivadas en la España peninsular e insular. Tomo II Cactaceae-Cucurbitaceae. Mundi-Prensa Ed. 677 pp.
- Cáceres, J. M. S. L., 2003. Flora Ornamental Española. Las plantas cultivadas en la España peninsular e insular. Tomo III. Salicaceae-Chrysobalanaceae. Mundi-Prensa Ed. 677 pp.
- Canales, C. P. G., 2008. Culture and the concept of landscape. Documentos de trabajo Instituto de Estudios Sociales Avanzados de Andalucía, nº 2. Espanha. 17 pp.

- Cantero, F. A., 1965. Enfermedades y Plagas del olivo. Ministerio de Agricultura. Direccion General de Agricultura. Seccion de fitopatologia y plagas del campo - Servicio de defesa sanitaria del olivo. Espanha. 296 pp.
- Capinera, J. L., 2008. Encyclopedia of Entomology. Volume 4, 2ª Edição. Springer. 4346 pp.
- Castro, M., Castro, J. F. & Teixeira, A. C., 2003. Caracterização do sistema de pastoreio de percurso no Nordeste de Portugal. Revista portuguesa de Zootecnia, Ano X, 2: 95-105.
- Chen, L. & Fadamiro H. Y., 2006. Comparing the effects of five naturally occurring monosaccharide and oligosaccharide sugars on longevity and carbohydrate nutrient levels of a parasitic phorid fly, *Pseudacteon tricuspis*. Physiological Entomology, 31, 46-56.
- Coelho, V., Pereira, J. A., Santos, S. A. P., Mexia, A. & Bento, A. 2011. Estudo da influência do diâmetro dos orifícios de armadilhas Oliwe na luta contra a mosca-da-azeitona, *Bactrocera oleae* (Rossi). Actas do Workshop em Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Bragança, Portugal 24 Março. pp. 191-201.
- Colley, M. R. & Luna, J. M., 2000. Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). Entomological Society of America, 29(5): 1054-1059.
- Consejo Oleícola Internacional, 2007. Techniques de production en oléiculture. Conseil oléicole international Ed. Madrid, Espanha. 346 pp.
- Cowgill, S. E., Wratten, S. D. & Sotherton, N. W., 1993b. The selective use of floral resources by the hoverfly *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) on farmland. Annals of Applied Biology, 122: 223-231.
- D'Aguilar, J., Coutin, R., Fraval, A., Guilbot, R. & Villemant, C., 1996. Les illustrations entomologiques. INRA Ed. 153 pp.

- Díaz, B. M., Saioa Legarrea, S., Marcos-García, M. A. & Fereres, A. 2010. The spatio-temporal relationships among aphids, the entomophthoran fungus, *Pandora neoaphidis*, and aphidophagous hoverflies in outdoor lettuce. *Biological Control*, 53: 304-311.
- Dinkel, T. & Lunau, K., 2001. How drone flies (*Eristalis tenax* L., Syrphidae, Diptera) use floral guides to locate food sources. *Journal of Insect Physiology*, 47: 1111-1118.
- Dixon, A. F. G. & Guo, Y., 1993. Egg and cluster size in ladybird (Coleoptera: Coccinellidae): the direct and indirect effects of aphid abundance. *European Journal of Entomology*, 90: 457-463.
- Dobson, H. E. M. & Bergström, G., 2000. The ecology and evolution of pollen odors. *Plant Systematics and Evolution*, 222: 63-87.
- Dziock, E., 2006. Life-History Data in Bioindication Procedures, Using the Example of Hoverflies (Diptera, Syrphidae) in the Elbe Floodplain. *International Review of Hydrobiology*, 91(4): 341-363.
- EUR-Lex, 2012. Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu-Plano de acção em matéria de biodiversidade para o sector da agricultura. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52001DC0162%2803%29:pt:HTML>. [Consultado: 10/9/2012].
- Fadamiro, H. Y. & Chen L., 2005. Utilization of aphid honeydew and floral nectar by *Pseudacteon tricuspis* (Diptera: Phoridae), a parasitoid of imported fire ants, *Solenopsis* spp. (Hymenoptera: Formicidae). *Biological Control*, 34, 73-82.
- Fadamiro, H. Y., Chen, L., Onagbola, E. O., Graham, L. Fudd 2005. Lifespan and patterns of accumulation and mobilization of nutrients in sugar fed phorid fly *Pseudacteon tricuspis*. *Physiological Entomology*, 30, 212-224.

- Fadamiro, H. Y. & Heimpel, G. E., 2001. Effects of partial sugar deprivation on lifespan and carbohydrate mobilization in the parasitoid *Macrocentrus grandii* (Hymenoptera: Braconidae). *Annals of the Entomological Society*, 94, 909-916.
- FAOSTAT, 2012. FAO statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/index.html> [Consultado: 15/09/2012].
- Farfán, M. A., Guerrero, J. C., Olivero J., Izquierdo, J. & Vargas, J. M., 2006. Efecto sobre la entomofauna del olivar del tratamiento-cebo con Imidacloprid 20 LS para el control de *Bactrocera oleae* (Gmel.) (Diptera: Tephritidae), Mosca del Olivo. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 32: 739-756.
- Fauna Europaea, 2011. Fauna Europaea version 2.4. Web Service. Disponível em: <http://www.faunaeur.org> [Consultado: 10/9/2012].
- Fleskens, L., 2007. Conservation scenarios for olive farming on sloping land in the Mediterranean. PhD Thesis. Wageningen University. Wageningen. The Netherlands. 219 pp.
- Flora Digital de Portugal, 2012. Disponível em: <http://jb.utad.pt> [Consultado: 10/8/2012].
- Flora Ibérica, 2012. Disponível em: <http://www.floraiberica.org> [Consultado: 10/8/2012].
- Franco, J. C., Ramos, A. P. & Moreira, I., 2006. Gestão do habitat e protecção biológica. Em: Franco, J. C., Ramos, A. P. & Moreira, I. *Infra-estruturas ecológicas e protecção biológica - caso dos citrinos*. ISAPress, Lisboa. 176 pp.
- Gilbert, F. S., 1980. Flower visiting by hoverflies (Syrphidae). *Journal of Biological Education*, 14(1): 70-74.

- Gilbert, F.S., 1981. Foraging ecology of hoverflies: Morphology of the mouthparts in relation to feeding on nectar and pollen in some common urban species. *Ecological Entomology*, 6: 245-262.
- Gilbert, F. S., 1983. The foraging ecology of hoverflies (Diptera: Syrphidae): circular movements on composite flowers. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 13: 253-257.
- Gilbert, F. S. 1985. Ecomorphological relationships in hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Proceedings of the Royal Society, B*, 91-105.
- Gilbert, F. S. 1985a. Diurnal activity patterns in hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Ecological Entomology*, 385-392.
- Gilbert, F., 1986. Hoverflies. *Naturalists' Handbooks 5*. Cambridge University Press, Northampton. Inglaterra. 66 pp.
- Gillespie, M., Wratten, S., Sedcole, R. & Colfer, R., 2011. Manipulating floral resources dispersion for hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a California lettuce agro-ecosystem. *Biological Control*, 59: 215-220.
- Gomes, A., 1978. Notas sobre os sirfídeos de Portugal (Diptera:Syrphidae). *Agronomia Lusitana*, 39(1): 5-28.
- Gullan, P. J. & Cranston, P. S., 2010. *The Insects. An Outline of Entomology*. Fourth Edition. Wiley-Blackwell. 584pp.
- Haenke, S., Scheid, B., Schaefer, M., Tschardtke T. & Carsten Thies, C., 2009. Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 46: 1106–1114.
- Heil, M., 2011. Nectar: generation, regulation and ecological functions. *Trends in Plant Science* 16 (4): 191-200.

INE, 2012a. Base de dados - Área, produção e produtividade das principais culturas. Dados revistos de 1999 a 2010, com base nos resultados do Recenseamento Agrícola 2009. Instituto Nacional de Estatística. Lisboa. Disponível em <http://www.ine.pt>. [Consultado: 10/08/2012].

INE, 2012b. O que mudou na agricultura portuguesa nos últimos dez anos. Dados do Recenseamento Agrícola 2009 (RA 09) comparados com os dados do Recenseamento Agrícola de 1999 (RGA 99). Instituto Nacional de Estatística. Lisboa. Disponível em <http://www.ine.pt>. [Consultado: 10/08/2012].

ITIS, 2002. Integrated Taxonomic Information System. Syrphidae. Taxonomic Serial No.: 139621. Disponível em: http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=139621. [Consultado: 04/10/2012].

Ksantini, M., Jardak, T. & Bouain, A., 2002. Temperature effect on the biology of *Euphyllura olivina* Costa. Acta Horticulturae, 586: 827-830.

Ksantini, M., 2003. Contribution à l'étude de la dynamique des populations du psylle de l'olivier *Euphyllura olivina* (Costa) (Homoptera - Sternorrhyncha - Aphalaridae) et de sa nuisibilité dans la région de Sfax. Thèse Doctorat en Sciences Biologiques. Faculté des Sciences de Sfax, Sfax, Turquia. 306 pp.

Landis, D. A., Watten, S. D. & Gurr, G. M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annual Review of Entomology, 45: 175-201.

Langoya, L. A. & Van Rijn, P. C. J., 2008. The significance of floral resources for natural control of aphids. Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting, 19: 67-74.

- Laubertie, E. A., Wratten, S. D. & Hemptinne, J.-L., 2012. The contribution of potential beneficial insectary plant species to adult hoverfly (Diptera: Syrphidae) fitness. *Biological Control*, 61: 1-6.
- Lundgren, J. G., 2009. Relationships of natural enemies and non-prey foods. Series: *Progress in Biological Control*, Vol. 7. 460 pp.
- MADRP, 2007. Olivicultura. Diagnóstico Sectorial: Gabinete de Planeamento e Políticas do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e Pescas. 52 pp.
- Magurran, A. E., 2006. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing. USA. 256 pp.
- Malavolta, C. & Perdakis, D., 2012. Guidelines for integrated production of olives. IOBC Technical Guideline III. 2nd Edition. IOBC wprs Bulletin. Bulletin OILB srop , 77: 1-19.
- Mayor, M. & Díaz, T. E., 2003. *La flora Asturiana*. Edición actualizada. Real Instituto de estudios asturianos. Principado de Asturias. Oviedo. España. 761 pp.
- Meyer, B., Jauker, F. & Steffan-Dewenter, I., 2009. Contrasting resource-dependent responses of hoverfly richness and density to landscape structure. *Basic and Applied Ecology*, 10: 178-186.
- Møller, A. P. & Sorci, G., 1998. Insect preference for symmetrical artificial flowers. *Oecologia*, 114: 37-42.
- Mou, X. L., Liu, Y. P. & Sun, M., 2011. Wing motion measurement and aerodynamics of hovering true hoverflies. *The Journal of Experimental Biology* 214, 2832-2844.
- Nafziger, T. D. & Fadamiro, H. Y., 2011. Suitability of some farmscaping plants as nectar sources for the parasitoid wasp, *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae): Effects on longevity and body nutrients. *Biological Control*, 56, 225-229.

- Nave, A., Crespí, A., Campos, M. & Torres, L., 2009. Infestantes do olival com interesse potencial na limitação natural da traça-da-oliveira, *Prays oleae*. XII Congresso da Sociedad Española de Malherbologia (SEMh) /XIX Congresso da Asociacion Latinoamericana de Malezas (ALAM)/ II Congresso Iberico de Ciencias de las Malezas (IBMC), 1: 39-42.
- Olimerca, 2012. La producción de aceite de oliva en Portugal aumenta un 28 %. Revista Olimerca. Información de mercados para el sector del Aceite de Oliva y otros aceites vegetales. Disponible em: http://www.olimerca.com/noticiadet/la_produccion_de_aceite_de_oliva_en_portugal_aumenta_un_28_/6168d7e3aebbd4e1271f5d491541b418. [Consultado: 26/08/2012].
- Oliveira, V. T. P., & Cruz-Landim, C., 2003. Morphology and function of insects fat body cells: a review. *Biociências*, 11 (2): 195-205.
- Ortega Sada, J. L., 1987. Flora interes apicola y polinização de cultivos. Mundi-Prensa Ed. Madrid. Espanha.149 pp.
- Owen, J. & Gilbert, F. S., 1989. On the abundance of hoverflies (Syrphidae). *Oikos*, 55: 183-193.
- Pascual-Villalobos, M. J., Lacasa A., González, A., Varó, P. & García, M. J., 2006. Effect of flowering plant strips on aphid and syrphid populations in lettuce. *European Journal of Agronomy*, 24: 182-185.
- Pereira, J. A., Bento, A. & Torres, L., 2007. O algodão-da-oliveira, *Euphyllura olivina* (Costa). Em: Torres, L. Manual de protecção integrada do olival. João Azevedo Ed. Mirandela: 136-144.
- Pienkowski, M. & Beautoy, G., 2002. The environmental impact of olive oil production in the European Union. Practical options for improving the environmental impact. European Forum on Nature Conservation and Pastoralism and the Asociación para el Análisis y Reforma de la Política Agro-rural. 73 pp.

- Prenner, G., Vergara-Silva, F. & Rudall, P. J., 2009. The key role of morphology in modelling inflorescence architecture. *Trends in Plant Science*, 14(6): 302-209.
- Pujadas-Salvá, A., 1986. Flora arvense y ruderal de la provincia de Córdoba. Tesis doctoral. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Espanha. 629 pp.
- Raimundo, A. R. F. & Cadete, A., 1991. Manual Ilustrado de Espécies da Flora de Portugal Continental. Estação Nacional de Melhoramento de Plantas. INIA. vol. II ,151 pp.
- Robinson, S., 2011. Plant - Pollinator Interactions at Alexandra Fiord, Nunavut. Trail Six: An Undergraduate Geography Journal, 5:13-20.
- Royo, S., Gilbert, F. S., Marcos-García, M^a. A., Nieto, J. M. & Mier, M. P., 2003. Revisión mundial de los sírfidos depredadores (Diptera, Syrphidae: Syrphinae) y sus presas. CIBIO Ed. 319 pp.
- Rollan, M. G., 1985a. Claves de la Flora de España (Península y Baleares). Pteridofitas-Gimnospermas-Dicotiledoneas (A-J). Volumen I, 2^aedición. Mundi-Prensa Ed. Madrid. 671 pp.
- Rollan, M. G., 1985b. Claves de la Flora de España (Península y Baleares). Gimnospermas-Dicotiledoneas (L-Z). Volumen I, 2^aedición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 764 pp.
- Sacchetti, P., 1990. Osservazioni sull'attività e sulla bio-etologia degli entomofagi di *Prays oleae* (Bern.) in Toscana, I - Predatori. *Redia*, LXXIII (1): 243-259.
- Sadeghi, H. & Gilbert, F., 2000a. Oviposition preferences of aphidophagous hoverflies. *Ecological Entomology*, 25(1): 91-100.
- Sadeghi, H. & Gilbert, F., 2000b. Aphid suitability and its relationship to oviposition preference in predatory hoverflies. *Journal of Animal Ecology*, 69(5): 771-784.

- Sadeghi, H. & Husseini, M., 2009. The effects of collection methods on species diversity of family Syrphidae (Diptera) in Neyshabur, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11: 521-526.
- Sadeghi, H., 2008. Abundance of adult hoverflies (Diptera: Syrphidae) on different flowering plants. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 6: 47-51.
- Sajjad, A. & Saeed, S., 2010. Floral host plant range of Syrphid flies (Syrphidae: Diptera) under natural conditions in Southern Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 42 (2): 1187-1200.
- Santos, L. & Ramos, A., 1987. A cultura da Oliveira. Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Castelo Branco. Castelo Branco. 90 pp.
- Schowalter, T. D., 2006. Insect ecology. An ecosystem approach. Second edition. Academic Press. Elsevier. USA. 572 pp.
- Seagraves, M. P., Kajita, Y., Weber, D. C., Obrycki, J. J., 2011. Sugar feeding by coccinellids under field conditions the effects of sugar sprays in soybean. *BioControl*, 56: 305-314.
- Séguy, E., 1961. Diptère syrphides de l'Europe Occidentale. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle - Séries A, Zoologie, Tome XXIII. Paris. 248 pp.
- Shingleton, A. W., Frankino, W. A., Flatt, T., Nijhout, F. H. & Emlen, D. J., 2007. Size and shape: the developmental regulation of static allometry in insects. *BioEssays*, 29: 536-548.
- Silvestri, F., 1907. La tignola dell'olivo (*Prays oleellus* Fabr.). *Bollettino del Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della R. Scuola Superiore d'Agricoltura*, 2: 148.
- Sommaggio, D., 1999. Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 343-356.

- Southwood, R., Henderson, P. A., 2000. Ecological Methods. Third Edition. Blackwell Publishing Ltd. 575 pp.
- Speight, M. C. D., 2011. Species accounts of European Syrphidae (Diptera), Glasgow. Syrph the Net, the database of European Syrphidae. Syrph the Net publications, Dublin. vol. 65. 285 pp.
- SPSS Inc. Released, 2009. PASW Statistics for Windows, Version 18.0.0. Chicago: SPSS Inc.
- Stevens, P. F., 2007. Hypericaceae. Hypericaceae Jussieu, Gen. PI: 254 (1789) ("Hyperica"). The Families and Genera of Vascular Plants, 9: 194-201.
- Sulborska, A. & Weryszko-Chmielewska, E., 2007. Anatomy and ultrastructure of floral nectary of *Inula helenium* L (Asteraceae). Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 76(3): 201-207.
- Tenhumberg, B. & Poehling, H. M., 1995. Syrphids as natural enemies of cereal aphids in Germany: aspects of their biology and efficacy in different years and regions. Agriculture, Ecosystems & Environment, 52(1): 39-43.
- Ter Braak, C. J. F. & Šmilauer, P., 2002. CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, New York. USA.
- Thomson, L. J., & Hoffmann, A. A., 2009. Vegetation increases the abundance of natural enemies in vineyards. Biological Control, 49: 259-269.
- Tooker, J. F., Hauser, M. & Hanks, L. M., 2006. Floral Host Plants of Syrphidae and Tachinidae (Diptera) of Central Illinois. Entomological Society of America, 99(1): 96-112.
- Torres, L., 2006. A fauna auxiliar do olival e a sua conservação. João Azevedo Ed. 92 pp.

- Torres, M. R. & Bueno, A. M., 2000. Introducción al conocimiento de la entomofauna del olival en la provincia de Jaén. Aspectos cualitativos. (I). Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, 26: 129-147.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M. & Webb, D. A., 1972. Flora Europaea. Volume 3. Diapensiaceae to Myoporaceae. Cambridge University Press. 385 pp.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M. & Webb, D. A., 1976. Flora Europaea. Volume 4. Plantaginaceae to compositae (and Rubiaceae) Cambridge University Press. 505 pp.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M. & Webb, D. A., 1993. Flora Europaea. Volume 1. Second Edition. Psilotaceae to Platanaceae. Cambridge University Press. 581 pp.
- Valdes, B., Diez, M. J. & Fernandez, I., 1987. Atlas Polínico de Andalucía occidental. Instituto de Desarrollo Regional N° 43. Universidad de Sevilla. EXCMA Diputación de Cadiz. Espanha. 450 pp.
- Van Eck, A., 2011. A checklist of the Hoverflies of Portugal (Diptera, Syrphidae). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 49: 127-144.
- Van Veen, M. P., 2010. Hoverflies of Northwest Europe. Identification keys to the Syrphidae. KNNV Publishing, Utrecht, The Netherlands. 247. pp
- Van Rijn, P. C .J., & Wäckers, 2010. The suitability of field margin flowers as food source for zoophagous hoverflies. IOBC/wprs Bulletin, 56: 125-128.
- Vattala, H. D., Wratten, S. D., Phillips C. B. & Wäckers, F. L., 2006. The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent. Biological Control, 39: 179 -185.

- Veiga, C., Soares, F., Simões, P., Gomes, P., Vieira, F., Silva, D., Lourenço, C. & Pereira, A. N., 2007. Em: Torres, L. Manual de protecção integrada do olival. João Azevedo Ed. Mirandela: 290-293.
- Wacht, S., Lunau, K., Hansen K., 2000. Chemosensory control of pollen ingestion in the hoverfly *Eristalis tenax* by labellar taste hairs. *Journal of Comparative Physiology A*, 186: 193-203.
- Wäckers, F. L., 1994. The effect of food deprivation on the innate visual and olfactory preferences in the parasitoid *Cotesia rubecula*. *Journal of Insect Physiology*, 40: 641-649.
- Wäckers, F. L., 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control*, 29: 307-314.
- Wäckers, F. L., Romeis, J. & Rijn, P., 2007. Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology*, 52: 301-323.
- Winkler, K., Wäckers, F. L., Kaufman, L. V., Larraz, V. & Van Lenteren, J. C., 2009. Nectar exploitation by herbivores and their parasitoids is a function of flower species and relative humidity. *Biological Control*, 50: 299-30.
- Zheng, Y., Daane K. M., Hagen K. S. & Mittler T. E., 1993. Influence of larval food consumption on the fecundity of the lacewing *Chrysoperla carnea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 67: 9-14.
- Żółtowska K, Lipiński Z, Łopieńska-Biernat E, Farjan M, Dmitryjuk M. 2012. The activity of carbohydrate-degrading enzymes in the development of brood and newly emerged workers and drones of the Carniolan honeybee, *Apis mellifera carnica*. *Journal of Insect Science*, 12(22): 1-11.