



SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO EM POMOIDEAE E PRUNOIDEAE

O DÉFICE DE POLINIZADORES COMPROMETE A QUALIDADE DA FRUTA?

Rafael Carvalho^{1,2}, Filipa Queirós³
 Claudia Sánchez³, Rui de Sousa³
 Maria do Carmo Martins²
 Sílvia Castro², João Loureiro²

¹ Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional – Centro de Competências (COHFN – CC)

² CFE – Centro de Ecologia Funcional, Universidade de Coimbra

³ Estação Nacional de Fruticultura Vieira Natividade – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (ENFVN – INIAV, IP)

RESUMO

A polinização é um processo natural imprescindível a uma produção frutícola de qualidade. O GO PoliMax enquadra-se neste contexto e tem como objectivo promover e aumentar a polinização entomófila (insectos domésticos e silvestres) pretendendo incrementar valor nutricional e, consequentemente, comercial dos frutos, favorecendo o reconhecimento da fileira frutícola (*Pomoideae* e *Prunoideae*), nacional e internacionalmente. A maior qualidade nutricional dos frutos associada a uma menor utilização de fitofármacos permitirá alcançar os níveis obrigatórios, e cada vez mais exigentes, de segurança alimentar e de saúde do consumidor (zero resíduos químicos). Paralelamente, a uniformização produtiva com a regularização de morfologias e calibres e maiores períodos de conservação permitirão aos produtores uma melhor adaptação às exigências do mercado.

Neste primeiro ano os nossos resultados testemunham que a polinização entomófila (i) é indispensável à produção de frutos, (ii) à qualidade destes e (iii) à rentabilidade da fileira. Nos pomares e ano de estudo não houve evidência de défice de polinização. Ainda assim, foi evidente uma grande variabilidade nos Serviços de Polinização, elevada dependência dos polinizadores domésticos (abelhas melíferas) e, naturalmente, do seu desempenho: no pomar de cerejeiras (var. Folfer) o serviço de polinização foi feito quase exclusivamente por abelhas melíferas através da instalação de colmeias no pomar (n≈30); no pomar de pêra Rocha, a baixa atracti-



Pomar de cereja "Folfer"



Pomar de maçã "Fuji"



Pomar de pêra "Rocha"



Pomar de maçã "Reineta"

vidade do néctar pode ser responsável pela baixa actividade das abelhas melíferas e a ocorrência de partenocarpia pode ocultar o desempenho dos restantes polinizadores; nos pomares de macieira (vars. Reineta e Fuji), a elevada variabilidade dos frutos provenientes da polinização entomófila sugere uma eficiência variável dos Serviços de Polinização provavelmente devido ao comportamento polilético do seu principal polinizador, a abelha melífera.

Conclui-se que, embora os serviços de polinização tenham sido suficientes, os polinizadores mais comuns (domésticos) podem não ser os mais eficientes no Serviço de Polinização de cada uma das variedades estudadas. Estes resultados fornecem parâmetros quantitativos e qualitativos dos Serviços de Polinização que serão explorados nos próximos anos no âmbito do GO PoliMax, favorecendo uma abordagem integrada da Ecologia Agrícola, das práticas agrícolas locais e dos objectivos da fileira.

Palavras-chave: ecologia agrícola, fruticultura, serviços de polinização, polinizadores, qualidade dos frutos e rendimento agrícola.

INTRODUÇÃO

A polinização é um serviço dos ecossistemas vital ao funcionamento dos ecossiste-

mas terrestres, desde os naturais aos sujeitos à gestão antrópica, como por exemplo, o ecossistema agrícola (Ollerton *et al.*, 2011; Brittain *et al.*, 2013; Potts *et al.*, 2015). É um processo natural vital ao aprovisionamento de alimentos afectando directamente o rendimento e qualidade de mais de 75% das culturas em todo o mundo, bem como a sua segurança alimentar (Zhang *et al.*, 2007; Steward *et al.*, 2014). Só no sector agrícola Europeu (UE) estima-se que o serviço de polinização seja responsável por cerca de 22 mil milhões de euros/anuais (Potts *et al.*, 2015; Garratt *et al.*, 2014; Lichtenberg *et al.*, 2017). A produtividade agrícola depende de uma polinização eficiente, que por sua vez depende da compatibilidade genética do pólen e, igualmente crucial, do transporte dos grãos de pólen das estruturas masculinas (anteras) até às estruturas femininas (estigmas) de plantas compatíveis. O transporte eficaz permite uma fecundação adequada dos óvulos e, consequentemente, um óptimo desenvolvimento do fruto (Quinet *et al.*, 2016; Tacconi *et al.*, 2016). É neste transporte que os polinizadores são indispensáveis. Consequentemente, na agricultura o Homem necessitou de potenciar este processo para usufruir dos seus benefícios. No entanto, a polinização é um processo biológico complexo, intrínse-



co e específico a cada espécie e variedade de planta. Com a polinização é desencadeada uma série de processos biofísicos e bioquímicos em inúmeras células e tecidos com taxas de desenvolvimento, estruturas e funções muito particulares. Por exemplo, as sementes, como produto directo das duas células precursoras, são o depósito genético contendo toda a informação necessária à coordenação do progresso celular e formação do respectivo fruto (Quinet *et al.*, 2016; Tacconi *et al.*, 2016). Portanto, é cada vez mais consensual (Hoehn *et al.*, 2008; Garibaldi *et al.*, 2013;), que as sementes garantem a qualidade dos respectivos frutos, desde a sua morfologia, à textura e firmeza da polpa, equilíbrio químico e riqueza nutricional, assim como o desempenho durante o armazenamento e conservação destes. Consequentemente, uma polinização e fertilização eficiente permitirá uma menor necessidade de utilização de fitofármacos possibilitando alcançar os níveis obrigatórios, cada vez mais exigentes, de segurança alimentar e saúde do consumidor (zero resíduos químicos) (Potts *et al.*, 2011; Steward *et al.*, 2014). Adicionalmente, o estímulo produtivo com melhor regularização de morfologias e calibres, assim como de melhores desempenhos de conservação, permitirá aos produtores melhores respostas à procura do mercado, bem como explorar novos mercados. Desta forma, gerar-se-á um fruto diferenciado pelo seu modo de produção sustentável económica e ambiental e de valor acrescentado, cada vez mais reconhecido pelos consumidores.

Os serviços de polinização dependem das populações de polinizadores, que nas nossas latitudes geográficas são compostas maioritariamente por insectos e outros artrópodes, silvestres e domésticos (e.g., abelha melífera – *Apis mellifera*). No entanto, os polinizadores encontram-se actualmente afectados e ameaçados por inúmeras alterações ambientais (Potts *et al.*, 2011; Carvalheiro *et al.*, 2011). Nestas, as acções do Homem, sobretudo a desordenada conversão do uso do solo, intensificação de práticas agrícolas que incluem conversão para monoculturas, utilização abusiva de fitofármacos, sobre-exploração dos recursos do solo (nutrientes e água, entre outras) e utilização de espécies alóctones (potencialmente invasoras e difusoras de novas pragas e doenças), são responsáveis pela perda e/ou fragmentação de habitat conduzindo ao acentuado decréscimo geral de biodiversidade, com incalculáveis prejuízos na saúde

e bem-estar, económico e social, da população humana (Garratt *et al.*, 2014a; Garratt *et al.*, 2014b; Potts *et al.*, 2011). A abundância e diversidade dos polinizadores silvestres são significativamente dependentes da estrutura da paisagem e do uso do solo uma vez condicionam a disponibilidade de recursos alimentares e de protecção e abrigo (Carvalheiro *et al.*, 2011; Greenleaf & Kremen, 2006; Bates *et al.*, 2011; Garibaldi *et al.*, 2011). Desta forma, os serviços de polinização estão comprometidos quer pelo rápido declínio de inúmeras populações silvestres quer pela elevada vulnerabilidade sanitária que abelhas melíferas exibem actualmente, principalmente, pelo distúrbio do colapso de colmeias (DCC) e agentes patogénicos (vírus, bactérias, fungos e ectoparasitas) que constituem também uma ameaça os restantes polinizadores (Alger *et al.*, 2019). Adicionalmente, estudos recentes revelam que os polinizadores silvestres são essenciais para otimizar a produtividade das culturas, melhorando significativamente a qualidade dos frutos e, consequentemente, o rendimento destas culturas (Carvalheiro *et al.*, 2011; Mandelik *et al.*, 2012; Nicholls & Altieri, 2013; Senapathi *et al.*, 2015). Estes polinizadores oferecem diversidade de soluções (taxas de visitas e preferências florais, morfologias, comportamentos alimentares e padrões de actividade) que permitem cumprir um Serviço de Polinização eficiente, mesmo em condições meteorológicas e/ou climáticas adversas para os polinizadores domésticos. Assim, a diminuição global de polinizadores constitui uma grande ameaça à produção sustentável de inúmeras culturas, provocando impactos económicos consideráveis (Brittain *et al.*, 2013; Tacconi *et al.*, 2016). Ainda que o défice de polinizadores possa ser minimizado através de técnicas de polinização assistida (e.g. colocação de colmeias) ou artificial (e.g. manual, mecânica e/ou tecnológica) e/ou por indutores fito-hormonais (e.g. giberelinas), as soluções ecológicas são amplamente consideradas a melhor alternativa, proporcionando inúmeras funções (e.g. maior disponibilidade de organismos auxiliares e maior resiliência a pragas e doenças) e serviços dos ecossistemas com maior qualidade e sustentabilidade (Brittain *et al.*, 2013; Tacconi *et al.*, 2016). No entanto, a condição dos polinizadores e seus serviços de polinização é actualmente desconhecida e raramente quantificada, embora seja um factor de produção crucial no desenvolvimento e implementação de soluções em gestão agrícola eficientes (Zhang *et al.*, 2007).

O Grupo Operacional “PoliMax” (PDR 2020-101-031727) analisa holisticamente o Serviço de Polinização focando-se na fruticultura nacional, em particular nas regiões (NUT III) Oeste, e Beiras e Serra da Estrela, ou seja, em pomares de *Pomoideae* (maceiras e pereiras) e *Prunoideae* (cerejeiras). Pretende quantificar e qualificar os actuais serviços de polinização e compreender o seu efeito na rentabilidade agrícola, possibilitando o desenvolvimento de soluções práticas adequadas, fundamentadas pela ecologia agrícola, que promovam a eficácia da polinização entomófila e produção de qualidade, motivando o desenvolvimento sustentado da fileira.

No primeiro ano de trabalhos (2018) realizaram-se as fases 1 e 2 (de 7), em cumprimento do seu cronograma. Na fase 1 inventariaram-se as necessidades de polinização em fileiras cruciais da fruticultura nacional, nomeadamente, maceiras, pereiras e cerejeiras. Na fase 2 desenvolveu-se um ensaio-piloto para averiguar as necessidades reais de polinização e contribuição efectiva dos polinizadores silvestres e domesticados na qualidade destes frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

As fases 1 e 2 do GO PoliMax realizaram-se nos Concelhos de Alcobaça e Fundão, respectivamente. Dada a sua importância na fileira nacional, foram seleccionadas quatro variedades de cultivares frutícolas: maçãs (*Malus domestica* Borkh) var. Fuji e Reineta, pêra (*Pyrus communis* Linnaeus) var. Rocha e cereja (*Prunus avium* L.) var. Folfer, escolhendo-se um pomar em plena produção para cada variedade.

Na fase 1 pretendeu-se compreender o estado do serviço de polinização e demonstrar a polinização como factor de produção indispensável ao rendimento agrícola. Aqui efectuou-se o levantamento da ocupação do solo e práticas agrícolas, levantamentos florísticos e faunísticos, e localização de apiários. Na fase 2 implementou-se um ensaio-piloto para compreender quais os factores fundamentais ao correcto serviço de polinização e à qualidade dos frutos, em cada uma das variedades cultivares. Para tal, em cada pomar foram marcadas 15 árvores e, em cada uma delas, escolhidas 28 inflorescências. Seleccionaram-se cinco flores por inflorescência na mesma fase Fenológica (2100 flores no total) que foram submetidas a quatro tratamentos de polinização: A – polinização natural pelos polinizadores locais, B – exclusão de polinização (flores isoladas dos polinizadores



com bolsas de algodão e nylon), C – polinização artificial (flores polinizadas manualmente com pólen recolhido das variedades polinizadoras do próprio pomar) e E – suplemento de pólen (flores com polinização natural e manual). No pomar de pêra Rocha foram seleccionadas 15 árvores adicionais, e sete inflorescências com cinco flores cada por árvore, a serem sujeitas a uma quinta técnica (D) – aplicação da fito-hormona giberelina. Estas árvores foram seleccionadas a uma distância significativa das restantes para evitar-se contaminação na aplicação da fito-hormona.

Na avaliação dos factores relevantes para a quantidade e qualidade dos frutos correlacionou-se o (a) desempenho dos polinizadores (domésticos e silvestres) com os (b) índices de qualidade (físicos e químicos/nutricionais) dos frutos, medidos à colheita e após conservação em frio (condições normais – padrão). Os insectos polinizadores (actividade, abundância e diversidade) foram inventariados através da observação directa dos insectos que visitam as flores das árvores dos pomares de estudo e da realização de transectos lineares de 100 m (n = 8) abrangendo as árvores seleccionadas, as margens do pomar e, quando possível, as áreas naturais ou semi-naturais adjacentes. Em ambos os procedimentos, os insectos foram identificados por morfoespécies, idealmente até ao Género taxonómico. A identificação foi feita preferencialmente *in situ*, com recurso à fotografia para posterior confirmação, captura e libertação. Excepcionalmente, foram necessárias capturas para identificação posterior à lupa em laboratório. A inventariação realizou-se no período de maior actividade, entre as 9h e as 13h e as 14h30 e 18h. Desta forma, cada transecto de cada pomar foi inventariado pelo menos cinco vezes antes, durante e após a floração. Na avaliação dos índices de qualidade, mediram-se os seguintes parâmetros: diâmetro (vertical e horizontal) e massa dos frutos, número e massa de sementes, teor de sólidos solúveis (*Brix*), acidez titulável e firmeza de cada fruto. Estas análises realizaram-se à data da colheita e após período de conservação em câmaras frigoríficas a condições padronizadas de armazenamento. O período de conservação foi de quatro meses para a pêra Rocha e cinco meses para maçãs Fuji e Reineta. A cereja Folfer não foi sujeita a armazenamento devido ao número insuficiente de frutos. Na avaliação após conservação pretendeu-se

avaliar o desempenho da evolução física e química dos frutos, sem qualquer inoculação de agentes patogénicos. A análise após conservação encontra-se ainda em curso, e por isso os dados apresentados de seguida referem-se apenas aos dados à colheita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase 1 evidenciou-se, por parte dos produtores, o reconhecimento geral da importância da polinização como um factor primário na produtividade e qualidade dos frutos. Porém, o hábito de práticas que promovam a eficiência da polinização resumem-se, quase exclusivamente, à colocação de variedades cultivares para a polinização cruzada, isto é, que forneçam pólen compatível e viável com os requisitos fisiológicos das variedades produtoras. Esporadicamente, procedem a enrelvamentos de misturas florais para potenciar os insectos polinizadores. No entanto, é de salientar que revelam alguns cuidados, nomeadamente, nos tratamentos fitossanitários fazendo-os fora da época da floração. Nos Concelhos de Alcobaça e Fundão, a actividade apícola apresentam um efectivo de 5,46 e 10,51 colmeias/km², respectivamente (FNAP, 2018). Embora se desconheça a distribuição espacial destas colmeias, a quantidade observada representa um número notável de polinizadores domésticos, potencialmente adequado a suprimir parte das necessidades de Polinização da região. No entanto, o hábito de colocação de colmeias para otimizar a Polinização é pouco comum em Portugal, especialmente em macieiras e pereiras. Portanto, também é raro o aproveitamento dos recursos apícolas fornecidos por variedades frutícolas, especificamente na produção de mel que, neste caso, apresentariam propriedades tendencialmente monoflorais.

No Oeste é predominante a cultura de macieiras e pereiras, e na Beiras e Serra da Estrela a cultura de pessegueiros e cerejeiras, tornando-as reconhecidas a nível Nacional, através das Denominações de Ori-

gem Protegida – DOP (Maçã de Alcobaça, Pêssego da Cova da Beira e Cereja da Cova da Beira) e da Indicação Geográfica Protegida – IGP (Pêra Rocha do Oeste). Segundo o último Recenseamento Agrícola Nacional (RA2009) a matriz agrícola observada nestas duas zonas caracteriza-se por parcelas com dimensão média reduzida marcada pelo carácter mais tradicional e de subsistência, pela diversidade de utilizações do solo (eg, pastorícia) e elevada fragmentação territorial (INE, 2011; INE, 2016). Todavia, nos últimos anos tem-se assistido a algumas reformas no sector agrícola Nacional, com alteração de algumas práticas e tipologias agrícolas, principalmente ao nível do proprietário, dimensão e densidade de árvores do pomar, convertendo uma agricultura tendencialmente tradicional numa agricultura mais intensiva. Estas alterações territoriais provocam um crescente estrangimento ao desempenho adequado dos polinizadores, particularmente aos silvestres, e dos serviços que prestam (Aguirre-Gutiérrez *et al.*, 2015). A inventariação de polinizadores na Fase 2 permitiu a quantificação da diversidade e abundância de insectos polinizadores em regiões de elevada importância no sector frutícola. Na região do Fundão, em particular no pomar de cereja Folfer estudado é evidente a elevada dependência do desempenho da abelha melífera pela carência dos polinizadores silvestres (**Gráficos 1 e 2**). Esta situação é potencialmente devida às grandes dimensões do pomar (7,5 ha) e é reconhecida pelo produtor que investe anualmente na implementação de cerca de 30 colmeias de abelhas melíferas. Contudo, as áreas naturais ou semi-naturais adjacentes revelam um elevado potencial para fornecer Serviços de Polinização natural uma vez que foram identidades nove morfoespécies silvestres, contra duas no interior do pomar. Na região do Oeste, em pêra Rocha é evidente a fraca atractividade das flores aos polinizadores domésticos (abelhas melíferas) (**Gráficos 3 e 4**), dada a reduzida concentração de açúcares no nec-



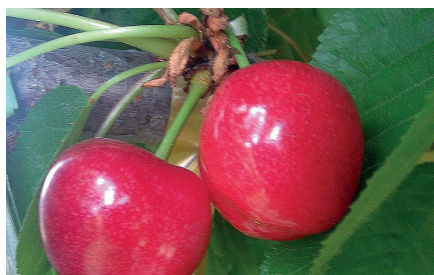
Exemplo de maçã "Fuji" com sementes



Exemplo de pêra "Rocha" com sementes

tar (Quinet *et al.*, 2016), resultando em taxas de visita baixas. No entanto, o incremento da taxa de visita das abelhas melíferas durante a floração (**Figura 4**) poderá sugerir que presença de um recurso em abundância (como o pico de floração da pêra) e na ausência de outros recursos florais em massa, as abelhas melíferas acabam por visitar a pêra para suprimir as suas necessidades. Das dez morfoespécies de polinizadores silvestres encontrados nas zonas adjacentes ao pomar, apenas os sirfídeos (moscas-das-flores) foram encontrados a visitar as pereiras (**Figura 4**). Os sirfídeos, apesar de serem principalmente auxiliares no controlo de pragas agrícolas, incluem algumas morfoespécies também descritas como polinizadoras eficientes (Bates *et al.*, 2011; Balzan *et al.*, 2014; Blaauw *et al.*, 2014). Todavia, a actividade, abundância e diversidade de polinizadores foi baixa, apesar de aparentemente não ter comprometido a produtividade agrícola porventura mascarada pela partenocarpia presente nesta variedade. Nas variedades Fuji e Reineta os serviços de polinização, uma vez mais, foram fundamentalmente assegurados pelos polinizadores domésticos (abelha melífera), apesar dos polinizadores silvestres representarem um quarto das visitas (**Gráficos 5 a 8**). Efectivamente, foi nestes pomares que o desempenho dos polinizadores silvestres foi mais evidente, não pela diversidade, mas pela abundância nos pomares durante a floração (**Gráficos 6 e 8**).

A análise dos índices de produção e qualidade dos frutos (fase 2) revelou, em primeiro lugar, que a polinização é crucial à produção de frutos, à excepção da pêra Rocha por apresentar frutos partenocárpicos (cerca de 24% da produção, neste estudo). Em cerejas, a análise feita à colheita revela melhores índices qualitativos nas polinizações natural e suplemento (tratamentos A e E), revelando a contribuição relevante dos serviços de polinização. O rácio entre altura e largura revela que morfológicamente os frutos provenientes da suplementação de pólen são mais redondos, permitindo alcançar melhores calibres. Assim, este tratamento poderá estar a indicar algum tipo de limitação dos serviços de polinização quer na quantidade quer na qualidade do pólen, porventura proveniente do carácter generalista na recolha do pólen (poliléctico) do seu polinizador principal (**Gráficos 9 a 11**). Na pêra Rocha a análise à colheita mostrou melhores índices na polinização artificial (tratamento C), que corrobora o deficiente serviço de polinização já sugerido pela re-



Cereja "Folfer" à colheita



Maçã "Fuji" à colheita



Pêra "Rocha" à colheita



Maçã "Reineta" à colheita

duzida actividade dos seus polinizadores. Aqui fica visível que a qualidade dos frutos foi limitada pela polinização. Nesta análise destaca-se ainda a morfologia dos frutos mais alongados obtidos no tratamento sem polinização, i.e., através de partenocarpia. Esta morfologia é intensificada com a aplicação de giberelinas, com prejuízo nos calibres e qualidade do fruto (**Gráficos 12 a 14**). Em maçãs, quer na Fuji quer na Reineta, os melhores índices revelam-se sempre que existe polinização natural (tratamentos A e E). Contudo, a polinização natural apresenta uma variabilidade de valores (e.g. massa e TSS) significativa que não é compatível com a regularização de calibres que o mercado obriga. Isto poderá, uma vez mais, dever-se ao carácter poliléctico do seu polinizador principal (**Gráficos 15 a 20**).

CONCLUSÃO

Os serviços de polinização são indispensáveis (i) à quantidade e qualidade dos frutos, (ii) à rentabilidade agrícola da fruticultura e (iii) à segurança alimentar. Os polinizadores silvestres são assim responsáveis por um serviço crucial e completamente gratuito ao sector agrícola. No entanto, a ausência de conhecimento sobre o seu estado actual dificulta o desenvolvimento de ferramenta de gestão na agricultura actual que promova os seus serviços. Apesar de não se terem detectado défices de polinização nos pomares e anos de estudo, foi evidente, a elevada instabilidade e potencial variabilidade na eficiência dos serviços de polinização devido às características biológicas dos polinizado-

res existentes. Portanto, o serviço de polinização revelou-se bastante dependente das abelhas melíferas e, naturalmente, do seu desempenho. Estes resultados fornecem parâmetros quantitativos e qualitativos dos Serviços de Polinização reais, que serão explorados nos próximos anos no âmbito do GO PoliMax, favorecendo a abordagem integrada da ecologia agrícola, das práticas locais e dos objectivos da respectiva fileira.

TRABALHOS FUTUROS

Neste ano civil de 2019 cumprir-se-á a segunda campanha do GO PoliMax com a execução, coincidente, das fases 3 e 4. Na fase 3 serão validados os resultados obtidos na fase 2 (ensaio-piloto) com a extensão do ensaio a mais pomares. Na fase 4 serão identificadas as condições que permitam a optimização da densidade de polinizadores domésticos, com a análise do desempenho de duas densidades de colmeias de abelhas melíferas. Decorrerão ainda Dias de Campo com o intuito demonstrativo de boas práticas agrícolas que promovam o serviço de polinização em fruteiras.

AGRADECIMENTOS

O Grupo Operacional PoliMax – Promoção e aumento da eficiência da polinização entomófila em maceiras, pereiras e cerejeiras (PDR2020 – 101 – 031727) tem como coordenador o Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional – Centro de Competências (COTHN – CC) e como parceiros o Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I. P. (INIAV, IP) pela Estação Nacional de Fruticultura Viera Natividade (ENFVN – INIAV, IP) e pelo Posto Apícola (PA – INIAV, IP); a Cooperfrutas – Cooperativa de Produtores de Fruta e Produtos Hortícolas de Alcobaca,



Abelhão (*Bombus pascuorum*) – polinizador silvestre



Sifídeo (*Eristalis tenax*) – polinizador silvestre



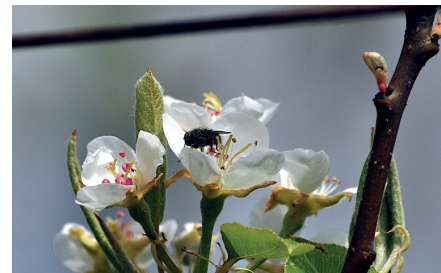
Abelhão (*Bombus terrestris*) – polinizador silvestre



Sifídeo (*Episyrphus balteatus*) – polinizador silvestre



Abelha melífera (*Apis mellifera*) – polinizador doméstico



Mosca (*Musca* sp.) – potencial polinizador silvestre

CRL; a Campotec IN – Conservação e Transformação Hortofrutícolas, S. A.; a Cerfundão – Embalamento e Comercialização de Cereja da Cova da Beira, Lda; a Pinus Verde – Associação de Desenvolvimento Integrado da Floresta e a Federação Nacional dos Apicultores de Portugal (FNAP). É apoiado financeiramente pelo Programa de Desenvolvimento Rural 2014 a 2020 (PDR2020) da República Portuguesa no âmbito do Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural da União Europeia. Agradecemos especialmente a todos os técnicos e proprietários dos pomares pela disponibilidade e colaboração demonstrada ao longo de todos os trabalhos. 🍯



BIBLIOGRAFIA

- Aguirre-Gutiérrez, J. [et al.] (2015) Susceptibility of pollinators to ongoing landscape changes depends on landscape history. *Diversity and Distributions* 21: 1129–1140.
- Alger, S.A.; Burnham, P.A.; Boncristiani, H.F. & Brody, A.K. (2019) RNA virus spillover from managed honeybees (*Apis mellifera*) to wild bumblebees (*Bombus* spp.). *PLoS ONE* 14(6): e0217822. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217822>.
- Balzan, M.V.; Bocci, G.; Moonen, A.C. (2014) Augmenting flower trait diversity in wildflower strips to optimize the conservation of arthropod functional groups for multiple agroecosystem services. *Journal of Insect Conservation* 18: 713–728.
- Bates, A.J. [et al.] (2011) Changing bee and hoverfly pollinator assemblages along an urban–rural gradient. *PLoS ONE* 6(8): e23459.
- Blaauw, B.R. & Isaacs, R. (2014) Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology* 51: 890–898.
- Brittain, C. [et al.] (2013) Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B* 280: 20122767.
- Carvalho, L.G. [et al.] (2011) Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecology Letters* 14: 251–259.
- Estatística Agrícolas (2016) INE – Portal do Instituto Nacional de Estatística (<https://www.ine.pt>).
- FNAP – Federação Nacional dos Apicultores de Portugal (2018) Actas da Reunião de Parceiros do Grupo Operacional PoliMax. Alcobaca, Portugal.
- Garibaldi, L.A. [et al.] (2014) From research to action: practices to enhance crop yield through wild pollinators. *Frontiers in Ecology and Environment* 12: 439–447.
- Garibaldi, L.A. [et al.] (2011) Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14: 1062–1072.
- Garibaldi, L.A. [et al.] (2013) Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339: 1601–1611.
- Garratt, M.P.D. [et al.] (2014) Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 138: 34–40.
- Garratt, M.P.D. [et al.] (2014) The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services. *Biological Conservation* 169: 128–135.
- Greenleaf, S.S.; Kremen, C. (2006) Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation* 133: 81–87.
- Hoehn, P. [et al.] (2008) Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society B* 275, 2283–2291.
- INE, (2011) Recenseamento Agrícola 2009 - Análise dos principais resultados. Instituto Nacional de Estatística, I.P. Lisboa, Portugal.
- Lichtenberg, E.M. [et al.] (2017) A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes *Global Change Biology* 23: 4946–4957.
- Mandelik, Y.; Winfree, R.; Neeson, T. & Kremen, C. (2012) Complementary habitat use by wild bees in an agro-natural landscape. *Ecological Applications* 22: 1535–1546.
- Nicholls, C.I. & Altieri, M.A. (2013) Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems: a review. *Agronomy and Sustainable Development* 33: 257–274.
- Ollerton, J.; Winfree, R. & Tarrant, S. (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321–326.
- Potts, S. [et al.] (2015) Status and trends of European pollinators. Key findings of the STEP project. Pensoft Publishers, Sofia, 72 pp.
- Potts, S.G. [et al.] (2011) Developing European conservation and mitigation tools for pollination services: approaches of the STEP (Status and Trends of European Pollinators) project, *Journal of Apicultural Research* 50: 152–164.
- Potts, S.G. [et al.] (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 345–353.
- Quinet, M. [et al.] (2016) Do floral resources influence pollination rates and subsequent fruitset in pear (*Pyrus communis* L.) and apple (*Malus x domestica* Borkh) cultivars? *Eur. J. Agronomy* 77 (2016) 59–69.
- Rollin, O. [et al.] (2013) Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 179: 78–76.
- Senapathi, D. [et al.] (2015) Pollinator conservation – the difference between managing for pollination services and preserving pollinator diversity. *Current Opinion in Insect Science*, 12:93–101.
- Steward, P.R. [et al.] (2014) Pollination and biological control research: are we neglecting two billion smallholders? *Agriculture & Food Security* 3:5.
- Swift, M.J. & Anderson, J.M. (1994) Biodiversity and Ecosystem Function in Agricultural Systems. In: Schulze ED., Mooney H.A. (eds) *Biodiversity and Ecosystem Function. Praktische Zahnmedizin Odonto-Stomatologie Pratique Practical Dental Medicine (Geology)*, vol 99. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Tacconi, G.; Michelotti, V.; Cacioppo, O. & Vittone, G. (2016) Kiwifruit pollination: the interaction between pollen quality, pollination systems and flowering stage. *Journal of Berry Research* 6: 417–426.
- Winfree, R.; Williams, N.M.; Dushoff, J. & Kremen, C. (2007) Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecological Letters* 10: 1105–1113.
- Zhang, W. [et al.] (2007) Ecosystem services and disservices to agriculture. *Ecological Economics* 64: 253–260.

NOTA EDITORIAL: Os gráficos mencionados ao longo do texto podem ser consultados em <https://poli-max.webnode.pt/documentacao>.