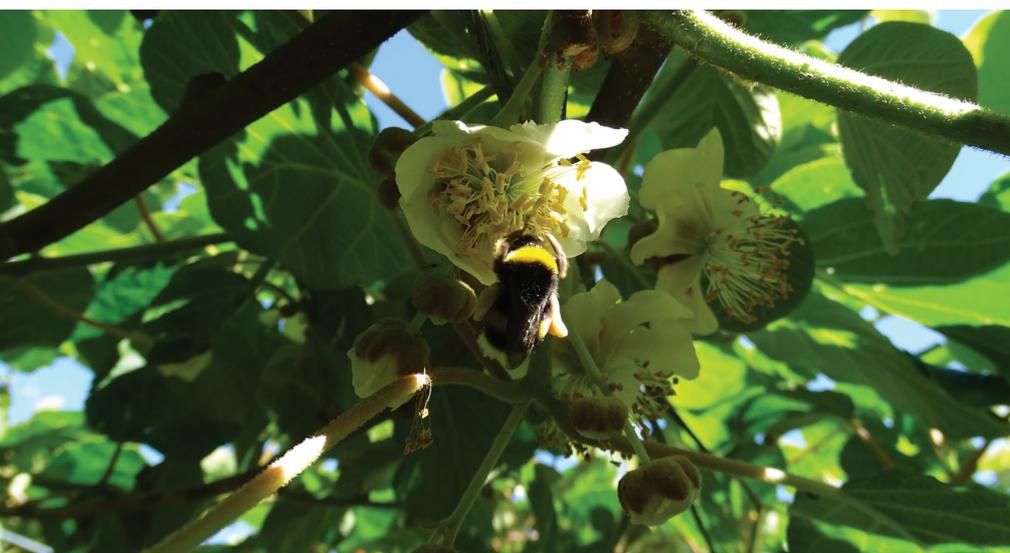




A CULTURA DO KIWI E A COMUNIDADE DE POLINIZADORES

PARTE II

A IMPORTÂNCIA DA DIVERSIDADE DE HABITATS ENVOLVENTES AO POMAR



Hugo Gaspar,
João Loureiro, Helena Castro,
Catarina Siopa, Mariana Castro,
Vinicius Casais, Sílvia Castro

Departamento de Ciências da Vida,
Centro de Ecologia Funcional,
Universidade de Coimbra

RESUMO

Os mosaicos de paisagem que circundam áreas destinados à produção de culturas entomófilas são cruciais para a sustentabilidade das comunidades polinizadoras, pois fornecem fontes alimentares complementares e locais de suporte e nidificação. Nesta publicação, olhámos para as proporções dos diferentes tipos de habitat no envolvente dos pomares e avaliámos o seu efeito na diversidade e abundância de polinizadores em 22 pomares kiwi. Verificámos que os pomares localizados em paisagens dominadas por agricultura têm uma menor diversidade de polinizadores, menor abundância de polinizadores selvagens e maior abundância da abelha-do-mel do que pomares em paisagens dominadas por florestas e zonas de herbáceas. Apesar das diferenças nas comunidades polinizadoras, no ano de estudo, foi observada uma produtividade similar entre os campos inseridos nos diferentes tipos de paisagem. Os resultados mostram que a presença de habitats florestais e herbáceos pode

promover as comunidades de polinizadores selvagens e, previsivelmente, a sustentabilidade dos serviços de polinização que estes fornecem às culturas agrícolas.

Palavras-chave: *Actinidia*; polinização entomófila; paisagem; kiwi; cultura dependente de polinização.

INTRODUÇÃO

Os mosaicos de paisagem que circundam áreas destinados à produção de culturas entomófilas são cruciais para a sustentabilidade das comunidades de polinizadores que, por sua vez, asseguram os serviços de polinização a estas culturas. A par da gestão do pomar, a paisagem é igualmente muito importante para as comunidades polinizadoras (Kennedy *et al.*, 2013), promovendo o equilíbrio socio-ecológico nas áreas de produção agrícola (Chapin *et al.*, 2010; Garibaldi *et al.*, 2014). O nível de paisagem, que se entende como o território além do pomar, desde espaços adjacentes até áreas a vários quilómetros de distância, é altamente variável. A existência de heterogeneidade de habitats e a boa qualidade dos mesmos são especialmente importantes para

insetos com menor mobilidade, menor diversidade alimentar e menor fertilidade (Gámez-Virués *et al.*, 2015; Hall *et al.*, 2019; Kennedy *et al.*, 2013; Rader *et al.*, 2020; Steffan-Dewenter & Kuhn, 2003; Tschardt *et al.*, 2005). No entanto, as respostas da gestão da paisagem dependem da espécie/grupo e/ou do nível de stress inicial (Tschardt *et al.*, 2005), como foi observado para os principais grupos polinizadores. Por um lado, as moscas-das-flores são insetos com níveis de fertilidade elevados, capazes de migrar de acordo com as necessidades, ao mesmo tempo que a fase larvar é independente dos progenitores, sendo capazes de reagir relativamente bem a perturbações (Jauker & Wolters, 2008). Por outro lado, a grande maioria das abelhas selvagens são insetos solitários capazes de produzir uma nova geração na sua época de voo no ano, vivendo cada inseto num raio de várias centenas de metros do local de nidificação, onde têm que regressar para alimentar as suas larvas com recursos florais disponíveis (Michener, 2007), tornando-os mais sensíveis à qualidade e a alterações na paisagem envolvente à zona de nidificação.

Esta dinâmica, que claramente se estende para lá do pomar, levou a que, na última década, vários estudos se tenham centrado na compreensão da interação entre a paisagem, as práticas locais agrícolas e as comunidades polinizadoras disponíveis para culturas específicas (Tschardt *et al.*, 2005). Entre as culturas estudadas quanto ao efeito da paisagem, estão várias culturas frutícolas perenes (Bartholomé *et al.*, 2020), como a cereja (Eeraerts *et al.*, 2019; Holzschuh *et al.*, 2012) e a maçã (Martins *et al.*, 2015; Porcel *et al.*, 2018), mas também olivais (Martínez-Núñez *et al.*, 2019), em várias regiões do globo. No entanto, desconhecemos ainda de que forma as comunidades de polinizadores variam no nosso território e como se relacionam com as culturas agrícolas dependentes de polinizadores.

De uma forma transversal, os resultados de estudos da paisagem mostram que a proximidade e abundância de habitats semi-naturais promovem as comunidades de polinizadores (Holzschuh *et al.*, 2012; Morandin & Winston, 2005; Somme *et al.*, 2014), enquanto que o aumento desproporcional das áreas de

cultivo e o maior isolamento das culturas afetam negativamente as comunidades polinizadoras (Connelly *et al.*, 2015; Ricketts *et al.*, 2008).

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar e relacionar os tipos de paisagem com a diversidade e abundância dos polinizadores em pomares de kiwi (*Actinidia*, Actinidiaceae), relacionando também esta análise com a produtividade da cultura. O kiwi é uma planta dióica, na qual o valor comercial do fruto está dependente de uma polinização eficiente pelos insetos (Castro *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 1993). A polinização é uma das fases mais delicadas para a cultura, e a identificação e posterior mitigação de défices de polinização é atualmente realizada com a instalação de colmeias e uso de polinização artificial (Craig & Stewart, 1988; Hopping & Hacking, 1983); no entanto, a valorização das comunidades de polinizadores selvagens poderá manter a sustentabilidade da polinização da cultura. Se a comunidade de polinizadores no pomar for influenciada pelo tipo de paisagem no envolvente do pomar, então as paisagens com maior percentagem de áreas naturais e semi-naturais (mais ricas em recursos alimentares e recursos de suporte e nidificação) deverão ter uma comunidade de polinizadores mais diversa e abundante. Além disso, esperamos que uma maior diversidade e abundância de polinizadores proporcione melhores serviços de polinização, com consequências positivas na produtividade da cultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido em 22 pomares selecionados em parceria com a Associação Portuguesa de Produtores de Kiwis (APK), na zona litoral centro-norte de Portugal continental. A seleção dos locais de estudo, recolha de dados associados ao pomar (nomeadamente produtividade e número de colmeias num raio de 10 km) e a metodologia de estudo dos polinizadores encontram-se descritas em Gaspar *et al.*, 2023.

Foram definidas áreas de estudo à volta de cada pomar em quatro raios concêntricos (0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 km) centrados no pomar (Figura 1), utilizando o *software* ArcGIS (10.6 para Desktop Advanced Single Use, Califórnia, Esri). As quatro distâncias foram selecionadas de acordo

com trabalhos anteriores (Bartholomé *et al.*, 2020; Bartholomé & Lavorel, 2019; Holland *et al.*, 2004) e com as distâncias de voo médias da maioria das abelhas selvagens (Greenleaf *et al.*, 2007). Polígonos com tamanho mínimo 100 m² foram extraídos dos mapas da Carta do Uso e Ocupação do Solo de 2010 (COS 2010) – disponível *online* em dgterritorio.gov.pt e fornecida pela Direção Geral do Território – e atualizados, se necessário, recorrendo a imagens de satélite do Google Earth de 2018. Foi realizada uma conversão das categorias COS nível 3 nos

seguintes cinco tipos de habitat: floresta, herbáceo, agrícola, urbano, e corpos de água (Figura 2); foi obtida a cobertura percentual de cada tipo de habitat, totalizando 26.200 ha e 85 tipos de polígonos de acordo com COS nível 5.

A área de estudo é caracterizada por uma paisagem humanizada, com um gradiente de uso do solo, desde habitats florestais a áreas agrícolas, e quase ausência de áreas naturais e semi-naturais. Com base em observações de campo e exploração de dados preliminares dos principais tipos de habitat,

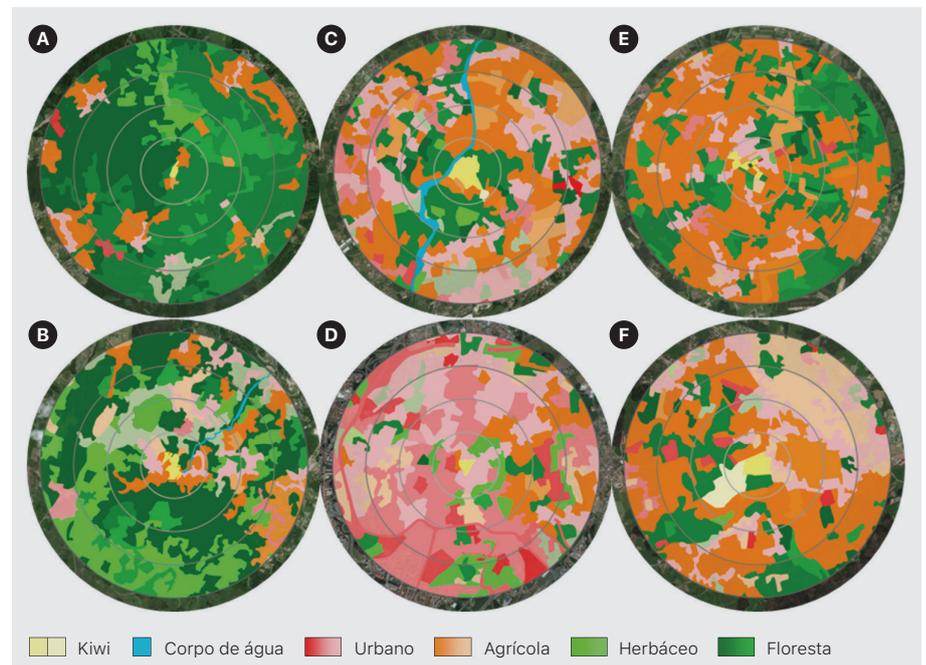


FIGURA 1. Exemplos de paisagem das áreas de estudo com os cinco tipos de habitat abordados. Cada imagem apresenta o pomar de kiwi no centro dos círculos concêntricos de 500 m, 1000 m, 1500 m e 2000 m de raio; (A-B) Paisagens com dominância de habitats florestais e vegetação herbácea (F+H); (C-D) Paisagens com combinação de categorias AGR e F+H. (E-F) Paisagens com dominância de habitats agrícolas (AGR).

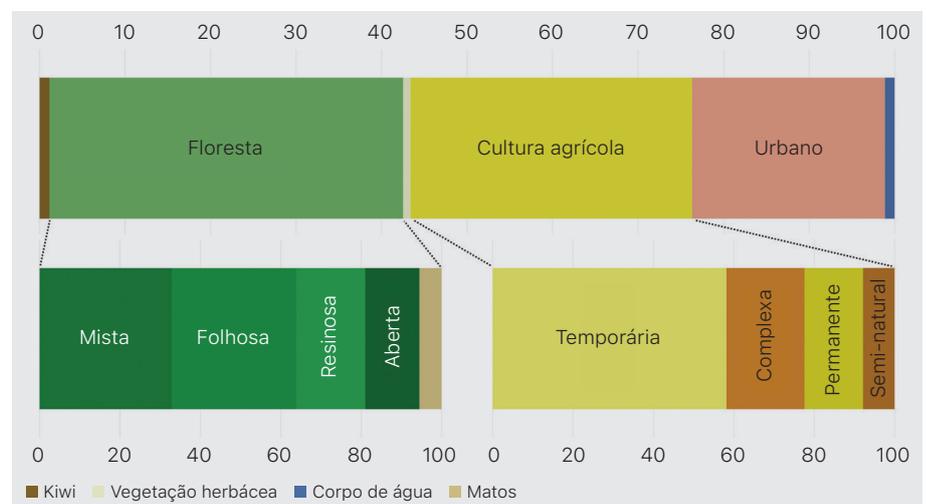


FIGURA 2. Composição geral das paisagens da área de estudo até 2 km dos pomares, de acordo com as categorias COS 2010 nível 3.



a percentagem de floresta e vegetação herbácea combinadas, e a percentagem de área agrícola foram as variáveis mais fortes na descrição da paisagem. Assim, após uma Análise de Componentes Principais (PCA) resultou a definição da primeira componente que explicava 70% da variância; esta componente representava um gradiente na cobertura: desde paisagens com alta cobertura em áreas de floresta e vegetação herbácea e baixa área agrícola até paisagens com baixa cobertura em área florestal e vegetação herbácea e alta cobertura agrícola. Em seguida, cada pomar (de acordo com a sua paisagem) foi classificado numa das três categorias seguintes: 1) F+H (n=7), paisagem dominada por habitats florestais e por vegetação herbácea (cobertura média \pm SD para um raio de 2,0 km: $68,7 \pm 13,1\%$) e baixa cobertura agrícola ($19,8 \pm 13,1\%$); 2) AGR (n=8), paisagem dominada por habitats agrícolas

($46,5 \pm 10,4\%$) e baixa cobertura florestal e vegetação herbácea ($27,0 \pm 12,3\%$); ou 3) MIX (n=7), quando são encontrados valores intermédios a baixos de habitats florestais e de vegetação herbácea, e de habitats agrícolas ($30,7 \pm 8,3\%$ e $33,0 \pm 10,5\%$, respetivamente).

Para cada pomar foram calculados o índice de diversidade Shannon-Wiener e a riqueza específica (número de espécies de polinizadores). Os polinizadores foram classificados em polinizadores selvagens e na abelha-do-mel, e os primeiros classificados em abelhões, outras abelhas e moscas-das-flores. Foram utilizados modelos lineares generalizados (GLMs) para avaliar o efeito da tipologia de habitat envolvente ao pomar (fator fixo) nas variáveis resposta de diversidade e abundância dos polinizadores e produtividade dos pomares. Finalmente, foi utilizada uma análise de regressão linear para explorar a relação entre a produtividade e

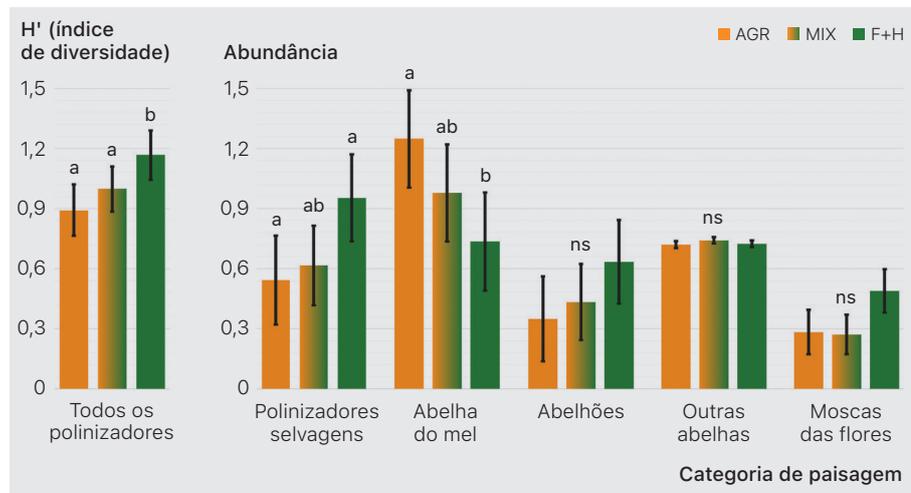
as principais variáveis da comunidade de polinizadores. As análises estatísticas realizaram-se com o programa R (v.3.6.2; <https://www.r-project.org/>).

RESULTADOS

As categorias de paisagem influenciaram significativamente a riqueza dos polinizadores, o índice de diversidade Shannon-Wiener, a abundância de polinizadores selvagens e a abundância da abelha-do-mel (**Tabela 1, Figura 3**). As paisagens AGR apresentaram riqueza e diversidade Shannon-Wiener menores que as paisagens F+H, com as paisagens MIX a apresentarem valores intermédios (**Tabela 1, Figura 3**). As paisagens AGR também apresentaram uma abundância de polinizadores selvagens inferior às paisagens F+H ($P < 0,05$), uma vez mais com as paisagens MIX a apresentarem valores intermédios ($P > 0,05$) (**Figura 3**). Não foram observadas diferenças significativas entre as categorias de paisagem e a abundância de abelhões, outras abelhas selvagens e moscas-das-flores (**Tabela 1, Figura 3**). Em contraste, a abelha-do-mel foi mais abundante em paisagens AGR do que em paisagens F+H ($P < 0,05$), com as paisagens MIX a apresentarem valores intermédios ($P > 0,05$) (**Figura 3**); além disto, a abundância desta espécie não foi afetada pelo n.º de colmeias presentes num raio de 10 km ($Wald = 2,98, P = 0,084$). Finalmente, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na produtividade dos pomares de kiwi entre os tipos de paisagem ($Wald = 1,822, P = 0,402$; **Figura 4**).

TABELA 1. Efeito do tipo de paisagem (AGR, MIX e F+H) sobre as seguintes variáveis de resposta dos polinizadores: riqueza de polinizadores, índice de diversidade Shannon-Wiener (H'), abundância de polinizadores selvagens, abundância de abelha do mel, abundância de abelhões, abundância de outras abelhas selvagens e abundância de moscas das flores. As diferenças significativas em $P < 0,05$ são destacadas a negrito.

Variáveis de resposta	DF	Wald	Valor P
Polinizadores (Riqueza)	2	6,404	0,041
H' (índice de diversidade Shannon-Weiner)	2	18,080	< 0,001
Polinizadores selvagens (Abundância)	2	7,549	0,023
Abelha do mel (Abundância)	2	8,427	0,015
Abelhões (Abundância)	2	2,868	0,238
Outras abelhas selvagens (Abundância)	2	3,854	0,146
Moscas das flores (Abundância)	2	4,940	0,085



Os valores são fornecidos como médias marginais estimadas com intervalos de confiança de 95%. Diferentes letras indicam diferenças significativas a $P < 0,05$; "ns" indica diferenças não significativas ($P > 0,05$).

FIGURA 3. Índice de diversidade Shannon-Wiener (H') e abundância de polinizadores de acordo com as categorias de tipo de paisagem (AGR – dominância de habitats agrícolas; MIX – combinação de categorias AGR e F+H; F+H – dominância de habitats florestais e vegetação herbácea).

DISCUSSÃO

Globalmente, os nossos resultados apoiam o papel fundamental da estrutura da paisagem na definição das comunidades de polinizadores, com diferentes estruturas da paisagem associadas a diferentes comunidades de polinizadores. Observamos que as paisagens dominadas por áreas agrícolas apresentavam uma menor diversidade de polinizadores como um todo, menor abundância de polinizadores selvagens e maior abundância da abelha-do-mel do que as paisagens dominadas por florestas e vegetação herbácea. Os nossos resultados estão de acordo com estudos anteriores que demonstram a existência



de comunidades de polinizadores mais complexas quando existem mais habitats de alta qualidade na paisagem (Bartholomé *et al.*, 2020; Beduschi *et al.*, 2018; Hall *et al.*, 2019; Holland *et al.*, 2017). Estes habitats de boa qualidade para os polinizadores (que não são os mesmos para todos os grupos) encontram-se maioritariamente em áreas não cultivadas (Tschardt *et al.*, 2005), tais como florestas e prados (Hall *et al.*, 2019; Holland *et al.*, 2017; Potts *et al.*, 2006).

«Não foram observadas diferenças significativas entre as categorias de paisagem e a abundância de abelhões, outras abelhas selvagens e moscas-das-flores»

Assim, um aumento da cobertura ou uma diminuição da distância a estas áreas promoverá as comunidades de polinizadores nos pomares (Holzschuh *et al.*,

2012; Kennedy *et al.*, 2013; Morandin & Winston, 2005; Shackelford *et al.*, 2013), tal como observado no nosso estudo. Em contraste, esperam-se comunidades de polinizadores mais simplificadas em paisagens com elevada cobertura agrícola (Carré *et al.*, 2009), estando o aumento destas áreas associado a uma menor abundância e riqueza de polinizadores (Benjamin *et al.*, 2014; Connelly *et al.*, 2015; Landaverde-González *et al.*, 2017).

A nossa área de estudo demonstrou ser bastante humanizada, particularmente dedicada à exploração florestal e agrícola, com um claro sistema de minifúndio e com paisagens heterogéneas. A tipologia de prados, um dos habitats mais valorizados no contexto da conservação de polinizadores (Hall *et al.*, 2019; Holland *et al.*, 2017), está muito pouco representado na nossa área de estudo (4,5%), enquanto que as florestas representam 41,3% dessa mesma área (Figura 2). Estas florestas subdividem-se em tipologias muito distintas do ponto de

vista de condições para polinizadores, desde plantações de *Eucalyptus globulus* (28,2% da área florestal) a florestas mistas de eucalipto e outras espécies arbóreas (19,1%), florestas de pinheiros (20,2%) e florestas de árvores caducifólias (8,3%), com vegetação herbácea e arbustiva dispersa no seu perímetro. Assim, alguns destes tipos de habitats podem albergar recursos alimentares e de suporte e nidificação altamente heterogéneos e com elevado potencial de promoção dos principais grupos de polinizadores selvagens. Como já mencionado acima, o exemplo da maioria das abelhas selvagens, espécies solitárias que dependem de habitats de qualidade a curtas distâncias (preferencialmente áreas de vegetação herbácea esparsa), contrasta com o que acontece com a abelha-do-mel, espécie social domesticada capaz de explorar alimento a vários quilómetros de distância da colónia (Gámez-Virués *et al.*, 2015; Hall *et al.*, 2019; Steffan-Dewenter *et al.*, 2002).

PUB



aquagri
Regamos bem
o seu negócio.

myirrigation ▪ gestão de rega ▪ irriwatch ▪ levantamento electrocondutividade do solo ▪ recolha imagens térmicas e ndvi por drone
auditoria técnica a sistemas de rega ▪ projectos de rega e drenagem ▪ logística de água ▪ estudo de solos ▪ formações práticas ▪ estações meteorológicas
modelos de doença ▪ previsão meteorológica local ▪ sistema de monitorização de condições de geada ▪ sondas humidade e salinidade do solo
sistemas de monitorização para hidroponia ▪ armadilhas automáticas para pragas ▪ equipamentos para amostragem de solo e água

#amelhorequipa #eficiencia #sustentabilidade #gestaoderega #myirrigation #irriwatch #pesslinstruments #sentek #eijklkamp

tel. 214 660 773 ▪ www.aquagri.com ▪ info@aquagri.com ▪  /aquagri ▪  /aquagri_ ▪  /company/aquagri





Por seu lado, as moscas-das-flores são dos grupos que mais beneficiam de habitats florestais onde surgem micro-habitats favoráveis, já que na esmagadora maioria das espécies, os estados larvares alimentam-se de matéria biológica em decomposição ou de outros pequenos invertebrados (De Souza *et al.*, 2014; Meyer *et al.*, 2009; Rader *et al.*, 2020). Em contraste, as paisagens agrícolas, embora estruturalmente complexas com abundantes margens de vegetação ruderal e múltiplos sistemas de cultivo (neste contexto de estudo), estão sujeitas a perturbações contínuas (que dificultam, por exemplo, o estabelecimento de ninhos) e são dominadas por culturas temporárias (58,0%, incluindo vários tipos de cereais, tais como, o milho e o centeio), não proporcionando assim recursos florais viáveis no tempo e no espaço, principalmente para as abelhas selvagens.

Destacando o exemplo da abelha-do-mel no contexto da paisagem, os nossos resultados reforçam trabalhos anteriores de que a abundância desta espécie diminui com o aumento de habitats naturais ou semi-naturais (Steffan-Dewenter *et al.*, 2002). Como já mencionado, esta espécie não depende tanto da paisagem como as abelhas selvagens já que tira partido da elevada distância de voo e particularmente da socialidade e dimensão das colónias, o que lhe permite obter várias fontes alimentares distanciadas [em Portugal, a sociabilidade em abelhas

ocorre apenas em mais 11 espécies de abelhão, mas estes têm colónias muito menores e voam a distâncias menores (Michener, 2007)]. Além disso, as colónias de abelha-do-mel são intensamente instaladas artificialmente na paisagem e as suas necessidades são compensadas em épocas menos favoráveis por intervenção humana (Steffan-Dewenter *et al.*, 2002). O estudo do efeito desta dominância em relação aos polinizadores selvagens é complexo e pouco explorado cientificamente.

«No entanto, é importante salientar que maior diversidade de polinizadores aumenta a possibilidade de complementaridade e de colmatar possíveis défices de polinização (...)»

Finalmente, no nosso caso de estudo, não foram detetadas diferenças na produtividade do kiwi entre paisagens dominadas por florestas e vegetação herbácea (com comunidades de polinizadores selvagens mais diversificadas e abundantes) e paisagens dominadas por agricultura (com maiores abundâncias da abelha-do-mel). Por um lado, estes resultados podem sugerir que a maior abundância de abelha-do-mel nas paisagens dominadas por agricultura consegue complementar, em certa medida, os serviços de polinização fornecidos pela menos abundante e diversificada comunidade de polinizadores selvagens. Por outro lado, e tendo em conta a relação entre produção e a abundância de abelhões demonstrada para os pomares em estudo por Gaspar *et al.*, 2023, a produção de kiwi pode estar mais relacionada com a presença de grupos específicos de polinizadores do que com a diversidade de polinizadores em si. De facto, alguns estudos evidenciaram que a baixa diversidade de polinizadores pode estar associada a um elevado sucesso reprodutivo das plantas se os polinizadores mais eficientes estiverem presentes (Perfectti *et al.*, 2009). Poderá ser esta a situação no nosso estudo. No entanto, é importante salientar que maior diversidade de polinizadores aumenta a possibilidade de complementaridade e de colmatar possíveis défices de polinização, sendo

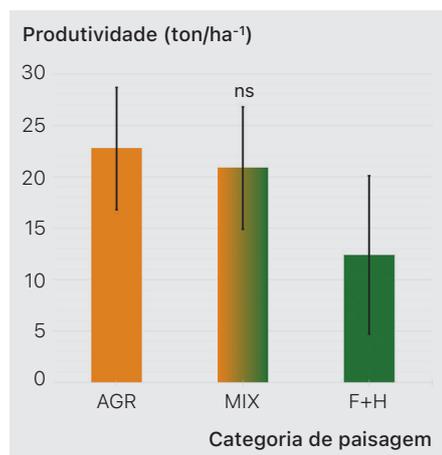
importante adotar práticas de gestão que favoreçam a alimentação, suporte e nidificação dos polinizadores selvagens.

CONCLUSÃO

O estudo realizado em pomares de kiwi na região litoral Norte e Centro de Portugal mostra que a par com práticas de gestão do pomar menos hostis aos polinizadores (ex., gestão adequada da vegetação espontânea), mosaicos de paisagem até 2 km dominados por florestas e vegetação herbácea, são capazes de melhorar as comunidades de polinizadores na cultura do kiwi, sem prejuízo da produtividade. Esta evidência é um contributo essencial para encorajar a gestão sustentável dos serviços de polinização, já que a promoção da biodiversidade gera capacidade para suportar alterações e de recuperar o normal funcionamento dos ecossistemas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Programa de Desenvolvimento Rural 2014–2020 (PDR), através do programa de investigação PDR2020101-031204 "i9K – Desenvolvimento de estratégias que visem a sustentabilidade da fileira do kiwi através da criação de um produto de valor acrescentado" e pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I. P. sobre o projeto UID/BIA/04004/2020. FCT também financiou o trabalho de CS através da bolsa SFRH/BD/145962/2019. Project ReNATURE – (Regional Operational Programme Centro 2020, CENTRO-01-0145-FEDER-000007)" financiou o trabalho de HC, SC e MC; SC e MC também foram financiadas pelo Integrated Program of Scientific Research and Technological Development CULTIVAR (CENTRO-01-0145-FEDER-000020), co-financiado por Regional Operational Programme Centro 2020, Portugal 2020 e União Europeia, através do Fundo Europeu para o Desenvolvimento Regional (ERDF). HC também foi financiada por fundos nacionais (OE), através da FCT, I.P., no contexto de um contrato previsto nos números 4–6 do artigo 23, do Decreto de Lei 57/2016, Agosto 29, alterado pela Lei 57/2017, Julho 19. Este trabalho corresponde a uma adaptação do artigo: Gaspar, H., Loureiro, J., Castro, H., Siopa, C., Castro, M., Casais, V., & Castro, S. (2022). *Impact of local practices and landscape on the diversity and abundance of pollinators in an insect-dependent crop*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 326. DOI: 10.1016/j.agee.2021.107804



"ns" indica diferenças não significativas ($P > 0,05$).

FIGURA 4. Efeito das categorias tipo de paisagem (AGR – dominância de habitats agrícolas; MIX – combinação de categorias AGR e F+H; F+H – dominância de habitats florestais e vegetação herbácea) na produtividade de kiwi (toneladas por hectare).

BIBLIOGRAFIA

Aceda à bibliografia do artigo no portal online da Agrotec.

