



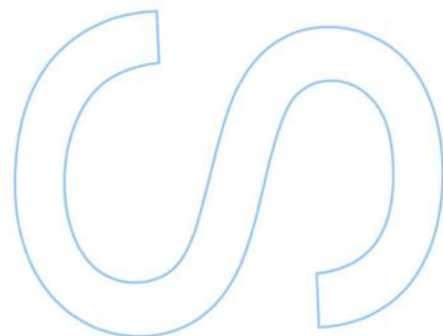
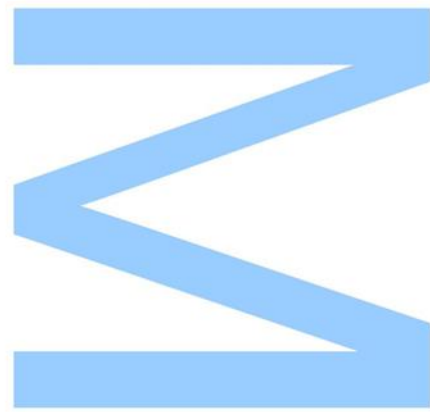
Influência das infraestruturas ecológicas no comportamento de inverno de *Drosophila suzukii*

Leonor Antas Botelho de Sousa
Chichorro

Mestrado em Engenharia Agronómica
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2021

Orientador

Professora Doutora Ana Álvares Ribeiro Marques de Aguiar, Professor
Auxiliar,
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

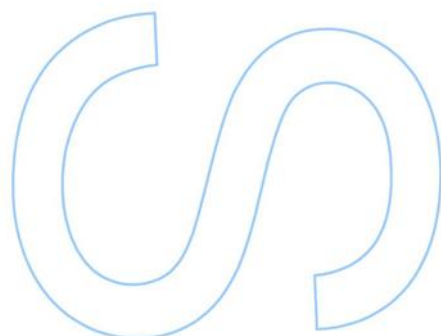
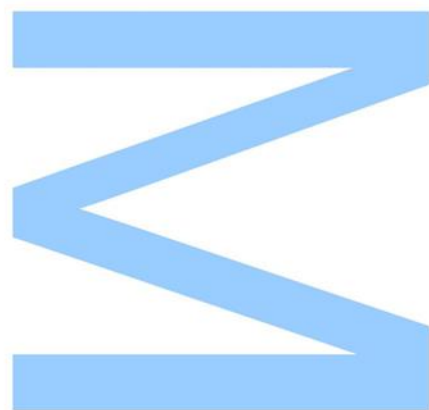




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Agradeço à Professora Ana Álvares Ribeiro Marques de Aguiar pela sua orientação, pelos conselhos e por todo o apoio que me deu ao longo da dissertação.

Agradeço à Joana Neto, pelo apoio constante, paciência, por me amparar quando duvidei e especialmente pela amizade.

Agradeço à DRAPNorte pela colaboração e disponibilidade, em especial ao técnico Carlos Coutinho e Eng. Cosme Neves por todo o conhecimento transmitido, pela companhia nas viagens e pela enorme ajuda na componente prática deste trabalho.

Agradeço eternamente à minha família, ao meu pai, à minha mãe e ao meu irmão por me acompanharem e serem um apoio constante, por todo o carinho e paciência principalmente nos momentos mais difíceis.

Agradeço à Tia Bló, ao tio Carlos, à Margarida, à Isabelinha e ao Carlinhos por todo o carinho e preocupação.

Agradeço em especial à minha Vovó Amélia por acompanhar todo o percurso e pela paciência que teve enquanto me ouvia falar sobre moscas.

Agradeço aos membros do P.E.S.T. Lab, pelos momentos de convívio e de partilha que tivemos ao longo destes anos, e aos apêndices do laboratório: Patrícia, Germano e Marcos. Um especial agradecimento ao Beleo pela paciência de santo, pelas noitadas a trabalhar e por nunca me ter deixado sozinha. Tens um valor inestimável, obrigado.

Agradeço às minhas meninas Bruna, Bia e Vanessa por todos os bons momentos que passámos durante o Mestrado. Mesmo longe, sei que estão perto.

Agradeço aos meus amigos dos escuteiros pela paciência que tiveram e por todo o apoio.

Agradeço a todos os que conheci durante este Mestrado e que fizeram parte deste percurso.

Este trabalho foi parcialmente financiado pela FCT no âmbito de (UIDB/05748/2020 e UIDP/05748/2020) atribuído ao GreenUPorto.

A todos o meu sincero obrigado.

Resumo

Drosophila suzukii, também conhecida como drosófila da asa manchada, é uma praga proveniente do sudeste asiático que atualmente já se encontra dispersa por todo o mundo, e que ataca principalmente frutos de película fina. Compreender a sua dinâmica populacional, principalmente no inverno, uma vez que são as populações mais suscetíveis, pode auxiliar no desenvolvimento de práticas de gestão mais eficientes, através do conhecimento e manuseamento das infraestruturas ecológicas favoráveis à sobrevivência da praga. Assim, neste estudo foram analisadas as paisagens de nove explorações agrícolas, num raio de 200 m, e as capturas de *D. suzukii* do inverno de 2019/2020. Para isso foi analisado o conteúdo de armadilhas mosqueiras colocadas e recolhidas pelos técnicos da DRAPN nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2020 tendo sido identificados e contabilizados todos os indivíduos recolhidos. Foi ainda realizado um levantamento da composição das paisagens e a caracterização das infraestruturas ecológicas existentes para a construção de um modelo hierárquico que permitisse integrar as componentes quantitativas (área) e qualitativas (ex: existência de hospedeiros) da paisagem. Foram atribuídas ponderações às infraestruturas ecológicas com base na sua relevância para *D. suzukii* no inverno, e determinado o Índice de Paisagem que refletiu o valor ecológico da exploração para o contexto em estudo. Através da comparação entre as explorações com base nos índices e nas capturas, foi possível concluir que explorações agrícolas inseridas numa paisagem heterogénea e complexa são propícias à permanência de *D. suzukii* durante o inverno. Além disso, paisagens com maior área de vegetação silvestre e, principalmente, com hospedeiros silvestres, potenciam as populações sobreviventes ao inverno. Dentro destas áreas, destacaram-se as infraestruturas com maior densidade vegetativa, como é o caso de bosques.

Palavras-chave

Capturas, composição da paisagem, drosófila da asa manchada, hospedeiros, Índice de Paisagem, modelo hierárquico

Abstract

Drosophila suzukii, also known as spotted wing drosophila, is a pest from Southeast Asia that is now dispersed throughout the world, and attacks mainly thin-skinned fruits. Understanding its population dynamics, especially in winter, since they are the most susceptible populations, can help in the development of more efficient management practices, through the knowledge and handling of ecological infrastructures favorable to the survival of the pest. Therefore, in this study, the landscapes of nine farms, within a radius of 200 m, and the catches of *D. suzukii* from the winter of 2019/2020 were analyzed. To this end, the contents of fly traps placed and collected by DRAPN technicians in January, February and March 2020 were analyzed and all individuals collected were identified and counted. A survey of the composition of the landscapes and the characterization of existing ecological infrastructures was also conducted to build a hierarchical model that would allow the integration of quantitative (area) and qualitative (e.g., existence of hosts) components of the landscape. Weights were assigned to ecological infrastructures based on their relevance to *D. suzukii* in winter, and a Landscape Index was determined that reflected the ecological value of the farm for the context under study. By comparing farms based on the indices and catches, it was possible to conclude that farms embedded in a heterogeneous and complex landscape are conducive to the permanence of *D. suzukii* during winter. In addition, landscapes with a larger area of wild vegetation and, especially, with wild hosts, enhance populations surviving the winter. Within these areas, those with higher vegetative density, such as woodlands, stood out.

Keywords

Catches, landscape composition, Landscape Index, hierarchical model, hosts, spotted wing drosophila

Índice

1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. <i>Drosophila suzukii</i>	4
2.1.1. Distribuição geográfica e posição taxonómica	4
2.1.2. Morfologia e ciclo de vida.....	5
2.1.3. Influência do clima em <i>Drosophila suzukii</i>	9
2.1.4. Dinâmica populacional e biologia sazonal.....	12
2.2. Biodiversidade, paisagem e infraestruturas ecológicas.....	15
2.2.1. Importância das infraestruturas ecológicas para <i>Drosophila suzukii</i>	19
2.3. Modelos para auxiliar a previsão e controlo de <i>Drosophila suzukii</i>	24
2.4. Modelos hierárquicos de classificação.....	27
3. Material e Métodos.....	30
3.1. Caracterização da área de estudo: localização e clima.....	31
3.2. Recolha de dados.....	33
3.2.1. Captura e identificação de espécies	33
3.2.2. Composição da paisagem e plantas hospedeiras de <i>Drosophila suzukii</i>	34
3.2.3. Classificação da paisagem	37
3.2.4. Construção dos mapas das infraestruturas ecológicas de cada exploração.....	40
3.3. Construção do modelo hierárquico	41
3.3.1. Seleção dos indicadores e critérios.....	41
3.3.2. Atribuição das ponderações aos indicadores e critérios.....	42
3.3.3. Cálculo dos critérios e Índices de Paisagem.....	44
3.4. Análise dos dados	45
4. Resultados	46
4.1. Capturas de <i>Drosophila suzukii</i>	47
4.2. Caracterização e composição da paisagem.....	49
4.3. Modelo hierárquico de classificação das explorações.....	54
4.4. Relação entre os Índices de Paisagem e as capturas de <i>Drosophila suzukii</i>	62
5. Discussão	64
6. Conclusão	68
7. Referências Bibliográficas	69

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Descrição taxonómica de <i>Drosophila suzukii</i>	5
Tabela 2 - Limites de temperatura para diferentes fases do ciclo de vida de <i>Drosophila suzukii</i>	10
Tabela 3 - Caracterização das escalas espaciais ou “unidades funcionais”	19
Tabela 4 - Exemplo da construção de um modelo hierárquico com base no índice agroambiental “Ambiente biótico”	28
Tabela 5 - Localização, média mensal da temperatura mínima diária e temperatura mínima absoluta das regiões das explorações estudadas, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2020	32
Tabela 6 - Composição da paisagem dentro e na envolvente de cada exploração ...	36
Tabela 7 - Modelo hierárquico para classificação da paisagem aplicado a cada exploração	41
Tabela 8 - Conjunto dos dados obtidos para este estudo	46
Tabela 9 - Capturas de <i>Drosophila suzukii</i> para cada exploração nos meses de janeiro, fevereiro e março.....	47
Tabela 10 - Área total e respetiva percentagem de ocupação correspondentes aos indicadores e critérios de cada exploração. A negrito estão assinalados os valores mais altos correspondentes aos indicadores e critérios.....	51
Tabela 11 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 1 (Cermouros).....	54
Tabela 12 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 2 (Veiga da Correlhã)	55
Tabela 13 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 3 (Quinta Sra. da Piedade).....	56
Tabela 14 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 4 (Requião)	56
Tabela 15 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 5 (Gestaço)	57
Tabela 16 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 6 (Quinta da Massôrra)	58
Tabela 17 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 7 (Santa Marinha do Zêzere).....	59

Tabela 18 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 8 (Fermil).....	59
Tabela 19 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 9 (Fundões).....	60
Tabela 20 - Valores dos critérios e do Índice de Paisagem obtidos nos modelos hierárquicos de cada exploração	61
Tabela 21 - Descrição das explorações com os Índices de Paisagem e as capturas de <i>Drosophila suzukii</i> , com os respetivos <i>rankings</i> de capturas e Índices de Paisagem..	62

Índice de Figuras

Figura 1 - Distribuição de <i>Drosophila suzukii</i> (EPPO, 2021b)	4
Figura 2 - Estados imaturos de <i>Drosophila suzukii</i> : ovo (A), larva (B) e pupa (C) (Fotografia de Neto, J. 2020)	5
Figura 3 - Macho <i>Drosophila suzukii</i> com a mancha nas asas (A) e os pentes sexuais verticais ao tarso (B)	6
Figura 4 - Fêmea adulta de <i>Drosophila suzukii</i> (A) o seu ovipositor (B) (Fotografia de Neto, J. 2020) e a comparação entre o ovipositor de <i>Drosophila suzukii</i> e outra <i>Drosophila</i> sp. (C).....	7
Figura 5 - Framboesa com fenda provocada por <i>Drosophila suzukii</i> já com sintomas de podridão.....	8
Figura 6 - Fêmeas adultas de <i>Drosophila suzukii</i> de morfótipo de verão (esquerda) e inverno (direita).....	13
Figura 7 - Paisagem com diferentes infraestruturas ecológicas considerando da esquerda para a direita: bosque, vinha e talude com vegetação espontânea	17
Figura 8 - Localização das explorações estudadas: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaçô, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões	31
Figura 9 - Armadilha mosqueira (A) e o respetivo esquema (B)	33
Figura 10 - Classificação dos indivíduos capturados nas armadilhas.....	34
Figura 11 - Classificação e subclassificação das infraestruturas ecológicas da paisagem e as respetivas cores, com base nas suas características	37
Figura 12 - Log ₁₀ das capturas de <i>D. suzukii</i> recolhidas em 91 dias, em cada exploração. Cada diagrama de extremos e quartis associado à mesma letra, não apresentou diferenças significativas no teste de <i>post-Hoc</i> de Dunn ($\alpha = 0,05$). Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaçô, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões.....	48

Figura 13 - Mapas de cada exploração sem subclassificação das infraestruturas ecológicas (A) e com subclassificação das infraestruturas ecológicas (B), com o respetivo código de cores. Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaço, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões, ACP - Associação de culturas perenes sem hospedeiros, ACP-H - Associação de culturas perenes com pelo menos um hospedeiro, ARB - Arbustos não hospedeiros, ARB-H - Arbustos hospedeiros, ARV - Árvores não hospedeiros, ARV-H - Árvores hospedeiras, AQU - Aquático, BOS - Bosque não hospedeiro, BOS-H - Bosque hospedeiro, CA - Culturas anuais, CPE - Culturas perenes estremes não hospedeiras, CPE-H - Culturas perenes estremes hospedeiras, HER - Herbáceas não hospedeiras, HER-H - Herbáceas hospedeiras, URB - Urbano sem vegetação, URB-V - Urbano com vegetação. 49

Figura 14 - Log₁₀ das capturas de *D. suzukii* recolhidas semanalmente, em função do índice paisagístico da exploração. Legenda: 1 - Cermouros, 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaço, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil, 9 - Fundões. 63

Lista de abreviaturas

ACP - Associação de culturas perenes sem hospedeiros

ACP-H - Associação de culturas perenes com pelo menos um hospedeiro

ARB - Arbustos não hospedeiros

ARB-H - Arbustos hospedeiros

ARV - Árvores não hospedeiras

ARV-H - Árvores hospedeiras

AQU - Aquático

BOS - Bosque não hospedeiro

BOS-H - Bosque hospedeiro

C - Cultivado

CA - Culturas anuais

CPE - Culturas perenes estremes não hospedeiras

CPE-H - Culturas perenes estremes hospedeiras

DD – Graus-dia

DRAPN – Direção Regional da Agricultura e Pescas do Norte

EDM – Entre Douro e Minho

EPPO – *European and Mediterranean Plant Protection Organization* (Organização Europeia e Mediterrânea da Proteção das Plantas)

HER - Herbáceas não hospedeiras

HER-H - Herbáceas hospedeiras

HR – Humidade relativa

U - Urbano

URB - Urbano sem vegetação

URB-V - Urbano com vegetação

VS - Vegetação silvestre

1. Introdução

A sofisticação dos mercados e a globalização aceleraram a dispersão e o estabelecimento de muitas espécies exóticas invasoras em novos territórios, como é o caso de *Drosophila suzukii*, também conhecida como drosófila da asa manchada. Atualmente, esta praga está amplamente dispersa EPPO (2021c), tendo provocado prejuízos avaliados em 500 mil euros em 2010 e 3 milhões de euros em 2011, numa região de Itália em produções de pequenos frutos (Ros et al., 2013).

D. suzukii ataca uma ampla gama de hospedeiros, incluindo espécies cultivadas (principalmente amora e framboesa (*Rubus* spp.), mirtilo (*Vaccinium* spp.), cereja (*Prunus* spp.), morango (*Fragaria* spp.) e uva (*Vitis* spp.)) e não-cultivadas. Esta mosca apresenta um ovipositor serrilhado, endurecido e bem desenvolvido, o que facilita a postura dos ovos no interior de frutos sãos, na fase de maturação (Cai et al., 2019; Cini et al., 2012). Contrariamente a outras *Drosophila* spp. que apresentam ovipositores macios, pequenos e sem serrilha, não tendo capacidade para perfurar o epicarpo de frutos sãos.

Além de ser polífaga, *D. suzukii* é uma praga difícil de controlar devido à elevada fecundidade, curtos ciclos de vida, elevada tolerância térmica, e pela postura no interior dos frutos que oculta a primeira fase da infestação (Kirschbaum et al., 2020). Após a deposição e a eclosão dos ovos, as larvas alimentam-se do interior do fruto levando ao colapso do mesmo (Grassi et al., 2011). Além disso, a fenda criada pelo ovipositor expõe o fruto a ataques secundários de outros insetos e agentes patogénicos, potenciando as perdas (Hauser, 2011). Estas ocorrências associadas à postura em frutos maduros ou em início de maturação sem danos prévios, e à prática de colheitas diárias, restringem significativamente as estratégias de controlo, como é o caso da aplicação de inseticidas devido aos resíduos tóxicos e cumprimento do intervalo de segurança (Nava et al., 2015).

Apesar da tolerância térmica e da polifagia, a densidade e a dinâmica populacional da praga são muito influenciadas pela interação entre fatores abióticos (principalmente pela temperatura e humidade) e bióticos, como a composição da paisagem (Mitsui et al., 2010; Santoiemma et al., 2018). Nas estações frias, com a diminuição da temperatura e a ausência de hospedeiros cultivados nas explorações agrícolas, *D.*

suzukii desloca-se para infraestruturas ecológicas¹ existentes dentro e na envolvente das explorações, à procura de locais que forneçam alimento (como frutos caídos, seiva, pólen e melada produzida por outros insetos) e locais de refúgio para hibernação (ex: florestas, orlas, jardins e áreas urbanas aquecidas) (ex: florestas, orlas, jardins e áreas urbanas aquecidas) (Klick et al., 2016; Thistlewood et al., 2018; Zerulla et al., 2015). Assim, infraestruturas ecológicas benéficas para *D. suzukii* podem contribuir para o aumento e permanência da praga nas explorações agrícolas, mesmo quando as temperaturas são desfavoráveis (Tait et al., 2021; Tonina et al., 2018).

São os indivíduos que, sobrevivendo ao inverno através de mecanismos de adaptação internos e comportamentais, atacam as culturas precoces e suscetíveis quando as condições ambientais se tornam favoráveis. Orientar as estratégias de controlo de modo a reduzir as populações pioneiras, pode levar à diminuição da infestação nas explorações nos anos seguintes (Lee et al., 2015). Para isso é necessário perceber a dinâmica populacional e densidade da praga associada ao perfil de paisagem do local onde se insere a exploração.

Estudos e modelos de dinâmica populacional de *D. suzukii* anteriormente realizados, foram obtidos com base na quantidade de infraestruturas existentes na paisagem (Briem et al., 2018; Santoiemma, 2017). Porém, para além da quantidade de infraestruturas, há outras propriedades importantes a ter em conta, como a sua qualidade e valor ecológico para a praga no inverno (ex: presença de hospedeiros, a sua abundância e fenologia, e a atratividade em comparação com a paisagem circundante).

Devido à complexidade na análise, são necessárias ferramentas que permitam uma avaliação simples e generalizada, e que integrem componentes suficientes e adequadas à construção de modelos. Em resposta a este problema, ferramentas como modelos hierárquicos permitem uma avaliação rigorosa, através da simplificação e estruturação do objeto em estudo nas suas componentes mais básicas, avaliadas segundo a sua relevância no contexto (Binder e Wiek, 2007).

Assim, no âmbito desta dissertação e em parceria com a Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte (DRAPN), pretendeu-se perceber a influência das infraestruturas ecológicas no comportamento de inverno de *D. suzukii*, através da análise quantitativa e qualitativa da paisagem de nove explorações da região de Entre

¹ Corresponde a qualquer infraestrutura na propriedade ou num raio de 150 m que aumente a biodiversidade funcional, por exemplo: margens de flores, sebes, bordaduras de florestas, pousios, pomares, pastagens seminaturais, margens de linhas de água e muros de pedra (Boller et al., 2004).

Douro e Minho, e da sua relação com as capturas de indivíduos adultos observados nessas explorações.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Desenvolver um modelo hierárquico com base na composição da paisagem
- Relacionar as capturas de *D. suzukii* com as infraestruturas ecológicas com base na área ocupada, diversidade e composição da paisagem, e grau de intervenção humana.
- Definir perfis de paisagem que determinam a permanência de *D. suzukii*
- Auxiliar a Estação de Avisos de Entre Douro e Minho (DRAPN) na sua missão de divulgação de conhecimento e apoio ao agricultor

2. Revisão Bibliográfica

2.1. *Drosophila suzukii*

2.1.1. Distribuição geográfica e posição taxonómica

Drosophila suzukii é uma espécie endémica do sudeste asiático e foi registada pela primeira vez em 1916 no Japão e descrita por Matsumura em 1931 (Hauser, 2011). Atualmente já se encontra globalmente dispersa (Figura 1), tendo sido detetada principalmente nas regiões de clima temperado dos continentes asiático, europeu e americano (EPPO, 2021c). Em Portugal registou-se pela primeira vez a sua presença em 2012, no concelho de Odemira, região do Alentejo (EPPO, 2012).

Uma possível explicação para esta rápida disseminação é a comercialização de frutos contaminados com ovos e larvas, pois os sinais visíveis da sua presença são de difícil deteção e surgem tardiamente, apenas quando o ataque é já severo (Cini et al., 2014).

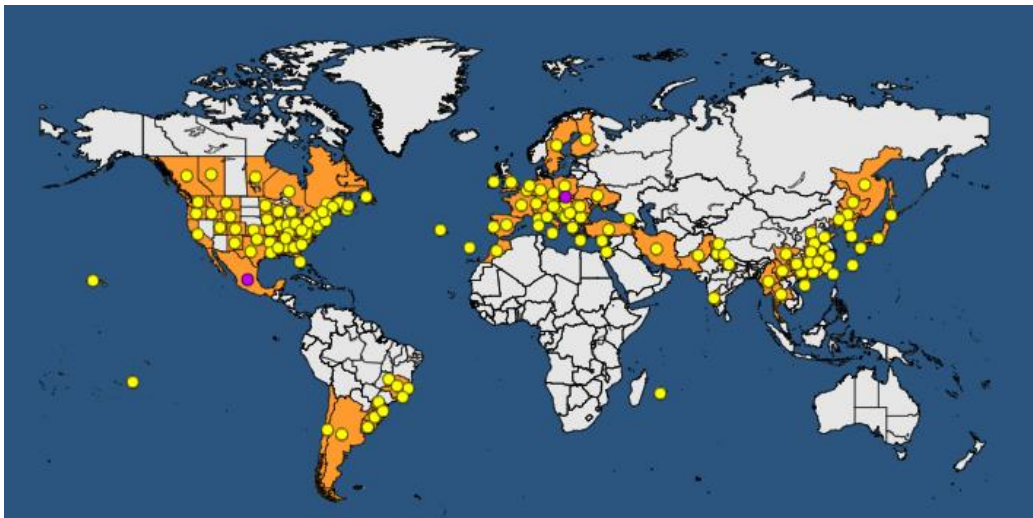


Figura 1 - Distribuição de *Drosophila suzukii* (EPPO, 2021b)

A sua posição taxonómica, encontra-se descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição taxonómica de *Drosophila suzukii*

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordem	Diptera
Família	Drosophilidae
Género	<i>Drosophila</i>
Espécie	<i>Drosophila suzukii</i> (Matsumura 1931)

Adaptado de: (EPPO, 2021a)

2.1.2. Morfologia e ciclo de vida

Drosophila suzukii é uma mosca de tamanho reduzido, com metamorfose completa, que passa pelos seguintes estados: ovo, três instares larvares, pupa e adulto. Os ovos medem em média 0,18 por 0,62mm de comprimento, são de tonalidade branca que com o tempo adquirem um aspeto translúcido e apresentam dois filamentos (Figura 2A) (Cini et al., 2012). As larvas (Figura 2B) adotam uma forma cilíndrica de coloração branco-leitosa e dependendo do avanço do estado larvar podem ter um tamanho que vai desde 0,67 a 3,94 mm (Walsh et al., 2011). As pupas (Figura 2C) adquirem uma cor amarelada que vai acastanhando gradualmente. A pupação pode ocorrer no interior ou parcialmente dentro do fruto, sendo a primeira forma a mais comum. Nesta fase do ciclo, quando observado à lupa, já é possível distinguir *D. suzukii* das restantes *Drosophila* spp. pois contrariamente às outras espécies, as pupas exibem estigmas numa extremidade, em forma de estrela (Cini et al., 2012).

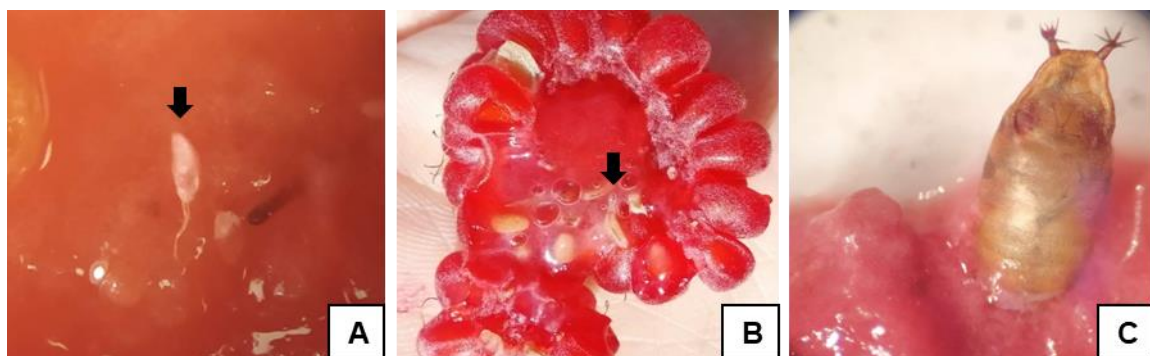


Figura 2 - Estados imaturos de *Drosophila suzukii*: ovo (A), larva (B) e pupa (C) (Fotografia de Neto, J. 2020)

Relativamente aos adultos, a sua identificação apresenta alguns desafios, nomeadamente pelas semelhanças morfológicas entre *D. suzukii* e outras *Drosophila* spp. do mesmo grupo, sendo necessária atenção a pormenores da morfologia dos machos e fêmeas (Hauser, 2011). Os adultos têm uma cabeça de coloração amarela com olhos avermelhados, o tórax é castanho-claro ou amarelado e o abdómen apresenta riscas transversais castanhas-escuras a prata sem interrupção (EPPO, 2013).

O dimorfismo sexual em *D. suzukii* é muito evidente. Os machos adultos são mais pequenos do que as fêmeas, têm um comprimento médio entre 2 - 3,5 mm e apresentam uma mancha escura na extremidade distal em cada asa – sinal de maturidade sexual (Figura 3A). Nas patas dianteiras possuem dois pentes sexuais com cerdas verticais paralelas ao tarso no primeiro e segundo segmentos (Figura 3B). Estas características permitem facilmente diferenciar o macho *D. suzukii* das outras espécies (EPPO, 2013).

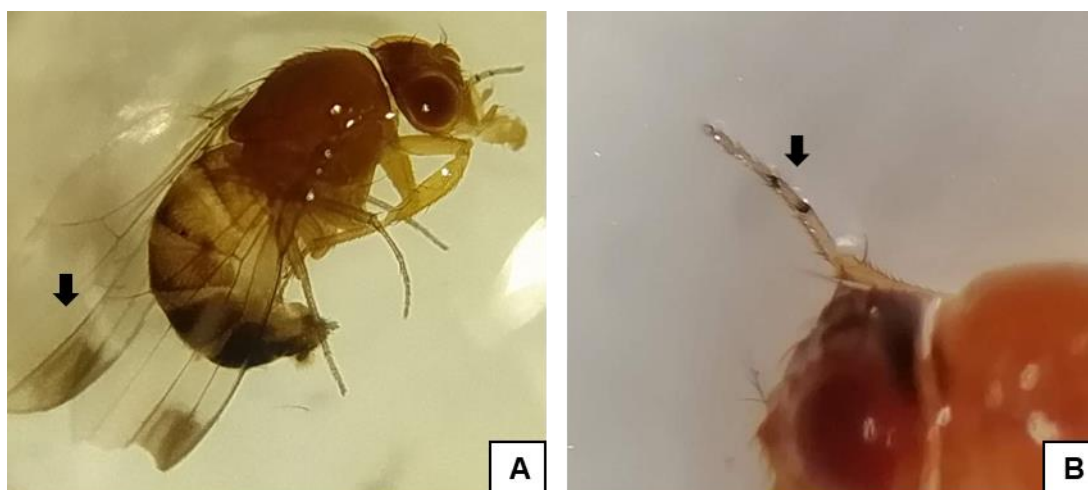


Figura 3 - Macho *Drosophila suzukii* com a mancha nas asas (A) e os pentes sexuais verticais ao tarso (B)

As fêmeas adultas (Figura 4A), são maiores do que os machos medindo entre 2,5 - 4 mm e não têm pintas ou pentes sexuais. A característica que facilita a sua distinção de todas as outras espécies é o ovipositor (Figura 4B) que apresenta um tamanho cerca de 6 a 7 vezes superior em relação à espermateca, comparativamente com o de outras *Drosophila* sp., em que este é apenas 2 a 4 vezes maior do que a espermateca, tal como ilustra a Figura 4C (Hauser, 2011). Além disso, o ovipositor de *D. suzukii* é mais pontiagudo e as cerdas na ponta distal do ovipositor são muito desenvolvidas, o que é uma vantagem evolutiva pois permite-lhe romper o epicarpo fino de frutos são e maduros.



Figura 4 - Fêmea adulta de *Drosophila suzukii* (A) o seu ovipositor (B) (Fotografia de Neto, J. 2020) e a comparação entre o ovipositor de *Drosophila suzukii* e outra *Drosophila* sp. (C).

O ovipositor modificado permite que a fêmea *D. suzukii* escolha os hospedeiros mais oportunos para fazer a postura, enquanto outras *Drosophila* spp. alimentam-se e depositam os ovos em fruta ou material vegetal disponível já demasiado maduro ou em decomposição (Atallah et al., 2014). A fenda criada no epicarpo (região externa do fruto) por si só não apresenta danos significativos nos frutos, porém é uma ferida que pode servir de entrada para outros insetos e agentes patogénicos como fungos e bactérias (Figura 5). O ataque é de difícil deteção uma vez que o fruto se mantém com uma aparência sã durante algum tempo, facilitando a disseminação passiva da praga (Calabria et al., 2012). Após a eclosão dos ovos no interior dos frutos, as larvas vão alimentar-se da polpa e das leveduras, deteriorando o fruto. Este fica macio e apodrece rapidamente, resultando em perdas significativas no rendimento das produções e, consequentemente, económicas (Walsh et al., 2011).



Figura 5 - Framboesa com fenda provocada por *Drosophila suzukii* já com sintomas de podridão

Para além da polifagia e do ovipositor muito desenvolvido, *D. suzukii* apresenta elevada fertilidade e tem ciclos de vida muito curtos, desenvolvendo até 13 gerações por ano em condições ótimas. Os adultos atingem rapidamente a maturidade ocorrendo cerca de 1 - 2 dias após a emergência, nas estações quentes, estando aptos para acasalamento (Cini et al., 2012). As fêmeas fazem a postura dentro da fruta madura, colocando os ovos debaixo do epicarpo. A média é 1 - 3 ovos por fruto em cerca de 7 - 16 frutos por dia. Num ciclo de vida completo e dependendo das condições (como o clima e o hospedeiro), cada fêmea pode produzir entre 200 - 600 ovos sendo 380 o valor médio (Walsh et al., 2011). A escolha do hospedeiro depende muito do estado de maturação dos frutos, uma vez que os adultos são atraídos por odores associados à maturação da fruta, assim como dos voláteis de fermentação (Keesey et al., 2015). Num estudo realizado por Walsh et al. (2011) em framboeseiras, observou-se que 80% das framboesas maduras (não demasiado) continha ovos de *D. suzukii*, 5% dos frutos verde/rosa e rosa também apresentavam ovos, e não havia nenhum ovo em frutos verdes.

Após a postura e passados 1 - 3 dias, o ovo eclode e a larva permanece no interior do fruto, alimentando-se e desenvolvendo-se durante 3 - 13 dias, passando por três instares larvares. Depois ocorre a fase de pupação no interior (ou menos frequente no exterior do fruto) durante 3 - 15 dias, após este período dá-se a emergência do adulto que por sua vez, em condições ótimas, só necessita de 1 ou 2 dias para atingir a maturidade sexual (Walsh et al., 2011).

De acordo com (Hamby et al., 2016), as condições bióticas e abióticas afetam o tempo de desenvolvimento de *D. suzukii*, a longevidade, fecundidade e sobrevivência.

O ciclo de vida desta mosca pode variar de 10 a 79 dias dependendo de fatores como a temperatura, humidade e do próprio substrato.

O conhecimento sobre a influência destes fatores bióticos e abióticos no ciclo de vida, potencial reprodutivo e na taxa de desenvolvimento de *D. suzukii* pode permitir a previsão das densidades populacionais nomeadamente quando estas atingem valores economicamente prejudiciais.

2.1.3. Influência do clima em *Drosophila suzukii*

A fisiologia individual, o comportamento e a dinâmica populacional dos organismos ectotérmicos são altamente influenciados pela variação sazonal das variáveis climáticas, traduzindo-se em taxas de infestação altamente variáveis de ano para ano (Burrack et al., 2013). No caso de *D. suzukii*, o ciclo de vida depende principalmente da temperatura e humidade, sendo que esta praga apresenta um melhor desenvolvimento em ambientes temperados e frescos. Contudo, sobrevive tanto a altas como baixas temperaturas, e até mesmo a temperaturas negativas.

Em regiões de clima temperado, durante a primavera, é comum observar-se uma pequena população inicial de *D. suzukii* (Zerulla et al., 2015). Ao longo desta estação, o aumento gradual da temperatura é mais favorável à atividade da praga, principalmente para o seu desenvolvimento e reprodução, levando a aumentos acentuados das populações (Asplen et al., 2015). De acordo com Kanzawa (1939), os limites de reprodução desta espécie estão entre 10 e 30°C, sendo que o ótimo se situa entre os 20 e 25°C. Walsh et al. (2011) analisaram os efeitos da temperatura no ciclo de vida de *D. suzukii*, onde foi observado que temperaturas a 18,3°C a sua duração foi de 12 a 15 dias; e que a 21,1°C os ciclos duraram pouco mais de uma semana, justificando assim os picos populacionais na primavera.

Quando a temperatura atinge valores iguais ou superiores a 30°C, já se observam efeitos nefastos (ou até mesmo críticos) na taxa de desenvolvimento, sobrevivência, expectativa de vida e taxa de reprodução da praga (Kinjo et al., 2014; Tochen et al., 2014). Green et al. (2019) reportaram que fêmeas adultas provenientes de ovos que se desenvolvem nessas condições de temperatura apresentam menor fertilidade devido à redução significativa do tamanho dos ovários, enquanto nos machos a quantidade de espermatozoides produzida diminui consideravelmente o que, consequentemente, leva à redução da descendência. Porém, quando as fêmeas são submetidas

temporariamente (~4h) a um stress térmico de calor (30°C) antes da postura, os adultos deles provenientes já têm viabilidade, ainda que menor do que aqueles provenientes de condições ótimas.

Quando as temperaturas diminuem para cerca de 10 a 15 °C, *D. suzukii* tem mecanismos internos e comportamentais, como a migração e a hibernação (Jakobs et al., 2015; Tonina et al., 2016; Wallingford et al., 2016), que lhe permitem adaptar-se ao frio, sendo capaz de sobreviver durante um curto período de tempo a temperaturas de até -7,5 °C (Stockton et al., 2019). De acordo com Wallingford et al. (2016) e Jakobs et al. (2015), fêmeas aclimatadas, ou seja que são sujeitas gradualmente a baixas temperaturas, são mais resistentes ao frio comparativamente às não-aclimatadas ou às que sofreram endurecimento rápido - breve exposição a baixas temperaturas. Ou seja, o endurecimento sazonal pelo frio permite aumentar a tolerância de *D. suzukii* e assim contribui para a sua sobrevivência durante o inverno (Teets e Denlinger, 2013).

Na Tabela 2 encontram-se resumidos os limites de temperatura máximos, ótimos e mínimos, durante o seu ciclo de vida considerados por Winkler et al. (2020), tendo por base estudos em campo e de laboratório, em diferentes condições.

Tabela 2 - Limites de temperatura para diferentes fases do ciclo de vida de *Drosophila suzukii*

Parâmetro	Limite	Temperatura
Postura dos ovos	Máximo	30 - 35
	Ótimo	22 – 28
	Mínimo	5 – 10
Desenvolvimento ovo-adulto	Máximo	30 – 33
	Ótimo	19 – 25
	Mínimo	< 8

Adaptado de: (Winkler et al., 2020)

A humidade relativa (HR) também é um fator importante no desenvolvimento de *D. suzukii*, uma vez que condições de stress térmico (principalmente no verão) associadas a condições áridas, diminuem drasticamente a sobrevivência deste inseto (Eben et al., 2018). Segundo Tochen et al. (2016b), humidades elevadas beneficiam tanto a postura como a longevidade, mas não têm influência no desenvolvimento ovo-adulto ou no tempo de geração. Além disso, o seu efeito é mais notório em condições de altas temperaturas do que baixas. Por exemplo, Enriquez e Colinet (2017) observaram que com o aumento da temperatura, houve maior sobrevivência de pupas submetidas a HR

elevadas (80 a 100%) do que HR baixas (5 a 10%). Assim, altas HR podem compensar condições sub e supra-ótimas de temperatura (Winkler et al., 2020). Apesar de determinadas regiões poderem apresentar, numa primeira análise, temperaturas e humidades não adequadas para *D. suzukii*, em agroecossistemas essas condições podem ser garantidas por grandes copas ensombradas e solos regados que proporcionam boas condições para o seu refúgio e permanência.

Assim como os fatores anteriormente mencionados, o fotoperíodo também tem influência no ciclo de vida de *D. suzukii*. Segundo Wallingford et al. (2016), durante o outono, fotoperíodos com duração inferior a 14 h e a temperaturas moderadas (15 a 20 °C) contribuirão para a diminuição da maturação dos ovos e, conseqüentemente, das populações. Além disso, os autores também sugerem que durante o inverno, indivíduos submetidos a longos fotoperíodos têm menor capacidade de sobrevivência uma vez que a luz interfere na indução de alterações metabólicas. Nesta estação, fotoperíodos de curta duração beneficiam a sobrevivência da praga.

Os insetos servem-se da migração como um mecanismo de sobrevivência para lidar com as mudanças sazonais das condições ambientais. Para desenvolver estratégias de controlo da praga, é importante conhecer a sua capacidade de dispersão (Gavriel et al., 2012). De acordo com Calabria et al. (2012), *D. suzukii* tem um elevado poder de voo e dispersão, deslocando-se até 1400 km/ano. Num estudo realizado por Kirkpatrick et al. (2018) durante o período de primavera-verão em condições de pré e pós-colheita, foi observado e estimado que grande parte da população em estudo (95%) teve uma dispersão máxima de cerca de 90 m ao fim de alguns dias. Relativamente ao outono, enquanto Vacas et al. (2019) estimou uma dispersão diária de 200-300 m para esta praga, Tait et al. (2018) registou em condições de grande escala, capturas de *D. suzukii* da mesma população em diferentes altitudes, propondo assim que esta espécie era capaz de se deslocar até cerca de 9 km do ponto de referência. Esta capacidade de dispersão pode ser devida, em parte, ao pequeno tamanho do corpo desta mosca que facilita o transporte a longas distâncias pelo vento (Briem et al., 2016). Por outro lado, também se pode dever à indisponibilidade de hospedeiros que obrigue um maior raio de dispersão para encontrar hospedeiros, alimento e abrigo (Santoiemma et al., 2019a).

O conhecimento sobre os efeitos do clima pode auxiliar na compreensão da dinâmica populacional de *D. suzukii* e no ajuste das práticas de gestão desta praga. No âmbito desta dissertação, o estudo foi realizado em explorações agrícolas localizadas na região de EDM. De acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger, esta região apresenta um clima mediterrâneo com verões frescos (Csb), e invernos chuvosos,

podendo ser amenos ou frios. Segundo Zerulla et al. (2015), durante invernos frios, 90% das fêmeas mostravam ter ovários indiscerníveis, enquanto que em invernos mais amenos, esta percentagem era de 50%. Assim, é possível que a região EDM seja favorável à permanência de *D. suzukii*.

2.1.4. Dinâmica populacional e biologia sazonal

Atualmente *D. suzukii* está dispersa por quase todo o mundo. Este feito deve-se à sua capacidade de adaptação a novas regiões e paisagens (Asplen et al., 2015). Tal como referido anteriormente, estes indivíduos são altamente influenciados pelos fatores abióticos que em combinação com necessidades biológicas, fenologia sazonal e disponibilidade de nutrientes, levam a flutuações na densidade e no movimento das populações (Little et al., 2020; Tochen et al., 2016b). Assim, para um melhor entendimento e gestão eficiente da praga, é necessário perceber a sua dinâmica populacional sazonal e a suscetibilidade das culturas em cada contexto paisagístico.

Em regiões de clima temperado, são observados aumentos da população de *D. suzukii* no início da primavera seguidos de um decréscimo durante os meses mais quentes. Mais tarde, no outono, ocorrem novamente aumentos da população após o quais, e já durante as condições frias de inverno, a população volta a diminuir (Harris et al., 2014; Roque, 2020; Wang et al., 2019; Wang et al., 2016). Depois da estação fria, as capturas sazonais voltam a aumentar durante a primavera, o que, em culturas precoces suscetíveis que frutificam nesta altura, é altamente prejudicial na medida em que os ataques impossibilitam a comercialização dos frutos, como é o caso da cereja na Califórnia (Wang et al., 2019).

Esta flutuação nos movimentos e na densidade das populações pode ser explicada por diversos mecanismos de adaptação internos e comportamentais que *D. suzukii* adota. Relativamente aos mecanismos internos, envolvem fenómenos de plasticidade fenotípica sazonal e de diapausa reprodutiva (nas fêmeas). Quanto aos mecanismos comportamentais, podem implicar migrações de longas distâncias para regiões com condições ambientais e recursos mais favoráveis. Embora cada mecanismo seja por si só modesto, a sua influência no sucesso desta espécie como invasora é indiscutível (Chown et al., 2007).

A plasticidade fenotípica é um fenómeno onde ocorrem diferenças nas características morfológicas individuais dos organismos em resposta a condições ambientais, dieta ou

a outros fatores (Moczek, 2010). Assim, de modo a garantir a sua sobrevivência, *D. suzukii* desenvolve morfótipos de verão e morfótipos de inverno, dependendo das condições. Como se pode ver pelos exemplos da Figura 6, os morfótipos de inverno (à direita na imagem) apresentam uma coloração mais escura para uma maior absorção da radiação e aumentar a tolerância ao frio, e um corpo e asas maiores em relação ao morfótipo de verão (à esquerda na imagem) para aumentar o poder de voo e dispersão (Asplen et al., 2015; Little et al., 2020). Estas morfologias sazonais são irreversíveis, contrariamente à diapausa reprodutiva (Wallingford et al., 2016).



Figura 6 - Fêmeas adultas de *Drosophila suzukii* de morfótipo de verão (esquerda) e inverno (direita)

A diapausa é um tipo de dormência em que há suspensão do desenvolvimento ou do crescimento e uma redução drástica do metabolismo, estando muito associada às estações do ano e às condições adversas. Este fenómeno ocorre através de mecanismos internos que levam a mudanças fisiológicas e comportamentais de modo a aumentar a tolerância às condições ambientais pouco favoráveis (Košťál, 2006). Em drosofilídeos, é induzida a produção de hormonas que levam à interrupção da acumulação de reservas nutritivas nos ovários e da atividade de acasalamento, degeneração dos músculos de voo e outras mudanças fisiológicas (Shearer et al., 2016). Num estudo realizado por Wallingford et al. (2016), o autor observou que as fêmeas respondem a estímulos ambientais – diminuições da temperatura e duração do fotoperíodo que ocorrem no outono – induzindo a diapausa, que por sua vez é interrompida quando as condições ambientais voltam a ser favoráveis. Apesar dessa interrupção ser possível durante o inverno (em dias não tão frios), *D. suzukii* não é capaz de se reproduzir durante esse período, entrando assim em diapausa reprodutiva facultativa e permanecendo em repouso em locais abrigados (Wallingford et al., 2016). Segundo Grassi et al. (2018), acredita-se que as fêmeas durante o período do inverno

armazenam os espermatozoides de acasalamentos de outono de modo a compensar a escassez de machos férteis no início da primavera. Após a inibição da diapausa (na primavera) devido a condições ambientais favoráveis, as fêmeas retomam a postura dos ovos sem a necessidade de acasalar novamente. Assim, as fêmeas *D. suzukii* que tendo uma melhor tolerância ao frio do que os machos, tornam-se uma comunidade resistente de inverno importante de suprimir para controlos de população (Rossi-Stacconi et al., 2016; Stockton et al., 2019).

Relativamente aos mecanismos comportamentais, de acordo com Mitsui et al. (2010) e Tait et al. (2018), em regiões com verões ou invernos rigorosos, *D. suzukii* migra para outros gradientes de elevação à procura de melhores condições, sendo que estas deslocções de longa distância ocorrem principalmente pela falta de recursos nas áreas circundantes. Quando as temperaturas baixam no final do verão ou no outono, essa migração dá-se no sentido de menores altitudes onde os invernos são mais amenos, e migram para elevações superiores na altura do verão. Os adultos que sobrevivem ao inverno formam pequenas populações aproveitando-se de hospedeiros alternativos (ex: plantas silvestres) que frutificam no início da primavera para alimentação e reprodução, provocando importantes ataques nas primeiras produções frutícolas (Grassi et al., 2018; Panel et al., 2018).

Habitats naturais e seminaturais, frequentemente constituídos por plantas hospedeiras de *D. suzukii*, são muito comuns nas orlas dos pomares e campos agrícolas devido ao seu valor ecológico, numa perspetiva de melhorar a biodiversidade e os serviços ecossistémicos. Contudo, pela falta de controlo, estes locais podem servir não só de abrigo e de fonte de alimento, mas também de meio de dispersão para algumas pragas, como é o caso de *D. suzukii* (Sivakoff et al., 2013). Assim, ao conhecer e compreender o papel do hospedeiro alternativo, os produtores podem identificar áreas de alto risco onde a ação coordenada pode reduzir a infestação desta praga nas culturas (Hennig e Mazzi, 2018; Lee et al., 2015).

Estudos de biologia e ecologia de *D. suzukii* em agroecossistemas, através da modelação das populações, podem fornecer informações importantes sobre a influência dos fatores bióticos e abióticos na sua biologia, a resposta populacional em diferentes hospedeiros, a importância da proximidade e sazonalidade, possibilitando uma gestão mais eficiente desta praga.

2.2. Biodiversidade, paisagem e infraestruturas ecológicas

Segundo Altieri (1999) a biodiversidade, que se entende por variedade de ecossistemas, habitats e organismos (animais, plantas e microrganismos), tem um papel essencial no fornecimento dos serviços ecossistémicos, principalmente aqueles que são fundamentais para uma produção agrícola sustentável. De acordo com Costa et al. (2016), estes serviços correspondem aos benefícios proporcionados pelos ecossistemas que por sua vez contribuem para a continuidade e qualidade da vida, podendo ser agrupados em: aprovisionamento (ex: produção de alimentos), regulação (ex: controlo de pragas e doenças), suporte (polinização) e cultural (benefícios recreativos). A nível dos sistemas agrários, a conservação da biodiversidade é essencial na manutenção ou aumento da sustentabilidade e estabilidade destes sistemas.

Contudo, as fortes pressões dos mercados em combinação com a intensificação da agricultura, provocam frequentemente uma maior expansão e alargamento da superfície agrícola levando à simplificação da biodiversidade e consequentemente à perda dos serviços por ela proporcionados. Estas perdas têm custos ambientais e económicos uma vez que a privação das componentes funcionais reguladoras impede que estas cumpram as suas funções, levando à necessidade de recorrer a *inputs* externos que aumentam os encargos das explorações agrícolas (Altieri, 1999), como é o caso dos fertilizantes e pesticidas. Em consequência, resultam paisagens agrícolas homogéneas e simplificadas, colocando em risco a prestação eficiente e duradoura dos serviços ecossistémicos, nomeadamente a supressão de populações de pragas (Amaro et al., 2008).

Como se sabe, os insetos são seres poiquilotérmicos revelando-se sensíveis às flutuações de temperatura pelo que situações climáticas extremas (frias, quentes ou secas) podem causar elevadas taxas de mortalidade nas populações (Deutsch et al., 2008). A sua sobrevivência depende não só de mecanismos internos de adaptação, mas também da sua capacidade de se ajustarem ao meio através de respostas comportamentais, como os movimentos termorregulatórios, a dispersão e, em particular, a seleção de habitats (Scheffers et al., 2014). Neste sentido, a biodiversidade influencia as pragas, assim como os inimigos naturais. Segundo Bianchi et al. (2006), é frequentemente defendido que as paisagens agrícolas com maior diversidade a nível da composição - proporção de diferentes classes de uso da terra - e a nível da configuração - heterogeneidade espacial das classes de uso da terra - possibilitam um controlo mais sustentável das pragas uma vez que favorecem o estabelecimento dos predadores e parasitoides. Como por exemplo, Schmidt e Tscharrntke (2005) observaram que habitats

perenes adjacentes a campos de cultivo favorecem o aumento das populações de aranhas (predadores) e a sua ação no controlo biológico de pragas em campos aráveis próximos.

Contudo, esta complexidade acarreta outros desafios, pois a existência de micro-habitats e corredores ecológicos também pode favorecer a sobrevivência das pragas em determinadas fases do seu ciclo de vida. Em paisagens rurais são frequentes habitats lenhosos (ex: florestas e sebes) e herbáceos (ex: margens de campos, bermas de estradas e prados) que muitas vezes servem de suporte a insetos pois podem atuar como fonte de pólen e néctar - recursos essenciais para muitos insetos. Além disso, os habitats arborizados proporcionam microclimas mais favoráveis comparativamente aos do campo, permitindo por exemplo a hibernação e aumentando a longevidade destes indivíduos (Bianchi et al., 2006). Assim, segundo Tscharntke et al. (2016), este desafio na proteção e controlo das pragas pode ser devido a vários fatores, nomeadamente a presença de plantas hospedeiras que potenciem a sobrevivência das pragas, a inadequação dos hospedeiros alternativos para a permanência dos predadores e parasitoides, e também a própria estrutura da paisagem agrícola ser insuficiente para assegurar as populações dos predadores em efetivos necessários para um eficiente controlo das pragas. Por exemplo, Sivakoff et al. (2013) observou que paisagens constituídas por uma associação de culturas (vinha, aveia e cebola) e habitats não-cultivados contribuem para o aumento da densidade populacional de *Lygus hesperus* Knight (Hemiptera: Miridae), uma praga polífaga.

Deste modo, deve-se promover a biodiversidade funcional para que sejam fornecidos diversos serviços e os mais indicados ao contexto agrícola em questão (Amaro et al., 2008; Rosas-Ramos et al., 2018; 2019). Uma das ferramentas mais utilizadas de forma a usufruir desses serviços nas explorações, é a presença e de infraestruturas ecológicas.

Segundo Boller et al. (2004), as infraestruturas ecológicas correspondem a qualquer infraestrutura na propriedade ou num raio de 150m que aumente a biodiversidade funcional. Estas infraestruturas abrangem elementos geridos extensivamente, incluindo por exemplo: margens de flores, sebes, bordaduras de florestas, pousios, pomares, pastagens seminaturais, margens de linhas de água e muros de pedra (Figura 7).



Figura 7 - Paisagem com diferentes infraestruturas ecológicas considerando da esquerda para a direita: bosque, vinha e talude com vegetação espontânea

Estas estruturas abrangem diferentes tipos de habitats, desde permanentes (florestas e pomares), a temporários (muros, corredores com plantas) e corredores ecológicos (enrelvamento, caminhos rurais, arbustos) e apresentam diversas funções, nomeadamente: fornecer habitats para os organismos, fontes de alimento e/ou hospedeiros, servir de barreira contra o vento e proporcionar locais de abrigo, prevenir a erosão do solo, servir de corredores ecológicos para o movimento de espécies entre habitats favoráveis e fornecer locais de reprodução (Amaro et al., 2008). Por exemplo, Franin et al. (2016) observaram que infraestruturas ecológicas como margens de ervas daninhas, caminhos de campo e áreas de flores silvestres circundantes aumentam a abundância e diversidade de plantas nos sistemas vitivinícolas, e que esta comunidade vegetal é importante na atração e manutenção das populações de artrópodes. Além disso, sugerem que é fundamental preservar diferentes infraestruturas com o nível ótimo de complexidade e heterogeneidade.

Amaro et al. (2008) e Roque (2020) constataram respetivamente que na primavera-verão e no outono-inverno, tanto as pragas como os seus predadores beneficiam de infraestruturas ecológicas pelos seus serviços ecológicos prestados e que, é possível manipular os ecossistemas agrários através destas infraestruturas de modo a beneficiar estes últimos em relação aos primeiros, segundos os princípios da Luta Biológica de Conservação. Assim, importa perceber a influência sazonal destas estruturas uma vez que, de acordo com Stefanucci et al. (2018), as estratégias de controlo são altamente influenciadas pela disponibilidade e qualidade das infraestruturas dentro e fora dos limites das explorações (dentro de um raio na ordem dos 100 - 200m).

Para além da qualidade e da disponibilidade das infraestruturas, a escala espacial é outro elemento a ter em consideração na compreensão da interação entre as pragas, os seus inimigos naturais e as infraestruturas ecológicas, pois a distância entre as áreas cultivadas e as infraestruturas consideradas importantes para cada contexto agrícola, pode afetar a biodiversidade e a qualidade dos serviços ecológicos esperados. Segundo Stefanucci et al. (2018), há três tipos de escalas espaciais, ou “unidades funcionais”: microescala, mesoescala (nível da exploração agrícola) e macroescala (nível da paisagem ou região) (Tabela 3).

A microescala aplica-se ao nível da parcela e está relacionada com uma pequena parte de uma unidade local, como por exemplo um grupo de vinhas que está sob a influência das mesmas variáveis, como a variedade, o sistema de condução e a cobertura do solo. Neste caso, a biodiversidade e as infraestruturas ecológicas são influenciadas diretamente por práticas culturais e pela sua intensidade, e indiretamente pelos fatores climáticos (Cohen et al., 2015).

Quanto à mesoescala, aplica-se ao nível da exploração agrícola e neste caso os estudos relacionados com a biodiversidade focam-se em grupos funcionais que beneficiam a produção, como as bordaduras. A este nível a biodiversidade é influenciada pela presença desses grupos e pelas práticas agrícolas (ex: podas e lavouras) dependendo principalmente da sua intensificação e frequência (Stefanucci et al., 2018). Por exemplo, os sistemas agrícolas em Modo de Produção Biológico visam maximizar os serviços do ecossistema na proteção contra as pragas ao promover e conservar, a nível local, habitats que permitam a permanência dos seus inimigos (Fiedler et al., 2008).

Relativamente à macroescala, que se aplica a nível da paisagem, a biodiversidade é sustentada pela diversidade de habitats cultivados e silvestres e pela sua alteração espaço-temporal, sendo também afetada pela urbanização existente. Neste caso a biodiversidade é influenciada pelas infraestruturas existentes, nomeadamente pela área de cada uma, conectividade e distância entre elas (Stefanucci et al., 2018).

Tabela 3 - Caracterização das escalas espaciais ou “unidades funcionais”

Escala	Limites ideais (m)	Exemplos
Microescala (nível da parcela)	10 - 50 (máximo 100)	Linha de herbáceas nas entrelinhas da vinha
Mesoescala (nível da exploração agrícola)	100 - 200	Muros com vegetação junto à exploração
Macroescala (nível da paisagem ou regional)	> 200	Bosques

Adaptado de: (Boller et al., 2004; Stefanucci et al., 2018)

Compreender como os padrões de paisagem e a dispersão dos organismos ocorrem em diferentes escalas, pode aumentar o poder de previsão e auxiliar na tomada de decisão (Haan et al., 2020). Neste sentido, o desenvolvimento de paisagens agrícolas sustentáveis passa por compreender a influência da composição (quantidade) e a configuração (arranjo espacial) das infraestruturas ecológicas da paisagem uma vez que, independentemente ou em conjunto, podem afetar os processos ecológicos e os organismos de formas diversas (Casimiro, 2009; Hennig e Mazzi, 2018).

No âmbito desta dissertação considerou-se a escala espacial ao nível da paisagem, ou macroescala, uma vez que a área de estudo é muito heterogénea, abrangendo áreas muito diversas (urbanísticas e de vegetação silvestre) para além da exploração agrícola.

2.2.1. Importância das infraestruturas ecológicas para *Drosophila suzukii*

As pragas polífagas, como *D. suzukii*, representam sérios desafios para a produção agrícola, pelo facto de estas terem a capacidade de se aproveitar de diferentes hospedeiros para completar o seu ciclo de vida, sejam eles cultivados, silvestres e/ou ornamentais (Haye et al., 2016). A densidade populacional destas pragas é influenciada não só pela presença de espécies hospedeiras e não-hospedeiras nas infraestruturas ecológicas circundantes às culturas, mas também pela sua área de ocupação, distância, período de frutificação e suscetibilidade da cultura (Baillod et al., 2017). Assim, compreender como a estrutura da paisagem nas diferentes escalas influencia a dinâmica populacional de *D. suzukii*, pode auxiliar na previsão e controlo desta praga.

A nível geral, paisagens heterogéneas (composição e configuração) beneficiam *D. suzukii*. Schmidt et al. (2019) observaram de maio a julho e Haro-Barchin et al. (2018)

de julho a setembro que em paisagens com configuração mais diversa eram registradas densidades de população significativamente maiores; e que paisagens com maior proporção de habitats não cultivados (como florestas), comparativamente às áreas cultivadas, estavam positivamente relacionadas com o aumento das populações. Por outro lado, no inverno, Pelton et al. (2016) e Santoiemma et al. (2018) observaram que áreas de floresta circundantes a explorações agrícolas suscetíveis a *D. suzukii* proporcionam refúgio e alimento, permitindo a reinfestação. Áreas não cultivadas podem ter maior ou menor influência na dinâmica populacional de *D. suzukii*, dependendo das suas características desde a arquitetura da planta (ex: densidade vegetativa), à idade, competição (se está ou não em mistura ou consociada), distância, presença e número de hospedeiros, e disponibilidade de frutos sazonais que favoreçam a reprodução e desenvolvimento desta praga (Hennig e Mazzi, 2018; Klick et al., 2016). A presença de frutos sobrados no final do outono resultante, por exemplo, da falta de limpeza pós-colheita ou da frutificação da vegetação silvestre que se encontram em zonas não intervencionadas pelo Homem como bosques e florestas, podem ser importantes recursos alimentares para *D. suzukii*, como maçãs, peras, framboesas e uvas (Bal et al., 2017).

Para além da disponibilidade, a qualidade dos hospedeiros também influencia o desempenho de *D. suzukii*. Young (2017) observou que adultos submetidos a dietas pobres em proteína e hidratos de carbono têm tendência a ter menos sucesso a nível reprodutivo, uma vez que machos e fêmeas apresentam menores aptidões físicas e não são escolhidos como potenciais parceiros de acasalamento pelos indivíduos que se desenvolveram em dietas de melhor qualidade. É possível que esta mosca tenha preferência por hospedeiros cujos frutos beneficiem o seu desempenho e desenvolvimento.

Ao nível da paisagem, Pelton et al. (2016) verificaram que em regiões com maiores extensões de áreas florestais (~60%) próximas a pomares, as populações de *D. suzukii* apareciam mais cedo na cultura de framboesa e atingiam maiores densidades populacionais, comparativamente às explorações com pequenas áreas florestais (~10%). Os autores sugerem que é a presença de hospedeiros silvestres que têm frutos maduros durante o verão até ao outono que permitem a reprodução da praga. Klick et al. (2016) também confirmaram que elevadas populações de *D. suzukii* nas áreas de cultivo estão altamente associadas a margens de campo com vegetação silvestre com hospedeiros alternativos. Por exemplo, espécies não agrícolas como as amoras silvestres podem contribuir para o aumento das densidades populacionais e/ou para a

dispersão de *D. suzukii*, servindo também como locais de refúgio para a sua sobrevivência e reprodução contínua. Além disso, espécies silvestres hospedeiras podem garantir o desenvolvimento dos indivíduos enquanto não há fruto nas culturas, nomeadamente desde o final do outono até à primavera (Klick et al., 2016; Lee et al., 2015). Do mesmo modo, o medronheiro silvestre, que também é um hospedeiro de *D. suzukii*, tem maturação escalonada que se dá aproximadamente de setembro a dezembro (final do outono a início de inverno), sendo por isso um potencial hospedeiro nesta altura (Rosa, 2016). São poucos os hospedeiros que frutificam na altura da primavera, sendo o controlo deste tipo de hospedeiros, cultivados ou silvestres circundantes a pomares e fruteiras economicamente relevantes, uma possível estratégia de prevenção da praga antes da maturação das culturas importantes (Poyet et al., 2015).

Wallingford et al. (2018) sugere que *D. suzukii* pode beneficiar de hospedeiros silvestres como fonte de alimento, podendo aproveitar-se de seiva de árvores, leveduras, melada de insetos e néctar floral para garantir a sua sobrevivência aquando da hibernação até as condições serem novamente favoráveis à reprodução. Uma vez que os adultos emergem com reservas limitadas de glicogénio e açúcar, o acesso a estas fontes alimentares alternativas permite a continuidade e persistência desta espécie (Tochen et al., 2016a). De acordo com Wang et al. (2019), são estas populações de *D. suzukii* que após a quebra de hibernação e posteriormente de dormência pelo aumento da temperatura na primavera, atacam de forma agressiva as culturas precoces e suscetíveis, como é o caso da cerejeira.

Ao nível da exploração, é de referir a situação de pomares mistos em que a presença de hospedeiros cultivados com épocas de maturação escalonadas, promove a persistência da praga, dificultando a sua gestão nestes contextos (Chen et al., 2021). Surpreendentemente, esta mosca também foi encontrada a hibernar, alimentar-se e a depositar ovos viáveis em citrinos (frutos já com fendas), apesar do pH ácido. É possível que plantas de citrinos também sirvam de abrigo e que sustentem as populações durante o inverno uma vez que são de folha persistente proporcionando um microclima favorável. Assim, na primavera permitem a reinfestação da praga em culturas circundantes suscetíveis (Harris et al., 2014; Wang et al., 2019). Além de culturas hospedeiras disponíveis, o aumento da disponibilidade de recursos (como habitats seminaturais) dentro das explorações contribui para o aumento das populações de *D. suzukii*, uma vez que servem de refúgio quando as culturas são sujeitas a tratamentos

fitossanitários (Arnó et al., 2016; Tonina et al., 2018; Urbaneja-bernat et al., 2020), e para a colonização antecipada da cultura (Hennig et al., 2017; Roque, 2020).

Por exemplo, plantas ornamentais com frutos, como *Sarcococca confusa* Sealy, presentes em quintais e jardins próximos de culturas suscetíveis, podem servir como hospedeiros alternativos, na primavera, permitindo a reinfestação (Lee et al., 2015). Do mesmo modo, outras espécies como *Cornus* spp., *Lonicera* spp., *Prunus* spp., *Sambucus* spp. e *Taxus baccata*, são usadas para sebes junto às explorações, aumentando as densidades desta mosca uma vez que são muitas vezes desprovidas de tratamentos (Kenis et al., 2016). Durante o inverno, é possível que áreas urbanas (ex: casas, jardins e muros) também proporcionem locais de abrigo, proteção e alimento para *D. suzukii* hibernar e se proteger das condições adversas. Estes reservatórios de inverno podem sustentar populações capazes de migrar na primavera para culturas vizinhas (Harris et al., 2014; Kimura, 2004; Rossi-Stacconi et al., 2016; Wallingford et al., 2016). Assim pode ser interessante monitorizar estas áreas e plantas de modo a atuar antes dos momentos críticos.

Ao nível da planta, Diepenbrock e Burrack (2017) e Schöneberg et al. (2020) observaram respetivamente em produções de amora-preta e pequenos frutos, que a infestação desta praga é diferente ao nível da estrutura da planta, na medida em que o interior apresentava maiores taxas de infestação comparativamente à parte exposta. Os autores sugeriram que o microclima criado no interior da copa, onde a humidade era consideravelmente superior à área exterior, apresentava condições mais propícias e favoráveis a ataques de *D. suzukii*.

Ainda se desconhece o efeito exato das infraestruturas ecológicas na dinâmica populacional desta praga em agroecossistemas, uma vez que são necessárias pesquisas específicas para cada contexto (Arnó et al., 2016; Urbaneja-bernat et al., 2020). O conhecimento dos hospedeiros preferenciais e alternativos, da sua abundância e fenologia, e a sua atratividade em comparação com a paisagem circundante, juntamente com as condições climáticas, pode auxiliar a adequar as estratégias de gestão de *D. suzukii* ao permitir a interpretação correta, ou mais completa, dos fatores que possibilitam a sua sobrevivência.

De acordo com Tait et al. (2021), as novas linhas de pesquisa têm-se focado no conhecimento sobre a dinâmica da praga durante o inverno de modo a contribuir para a capacidade de deteção dos grandes focos populacionais. Assim será possível um controlo eficiente de *D. suzukii* uma vez que a redução das populações de origem pode

conduzir à diminuição da infestação nas explorações nos anos seguintes, para além de serem as populações mais vulneráveis (Lee et al., 2015; Tait et al., 2021).

Todo este conhecimento em conjunto com outras estratégias como a modelação da população, auxiliam na previsão do risco de danos causados por esta praga em áreas de produção específicas.

2.3. Modelos para auxiliar a previsão e controlo de *Drosophila suzukii*

Atualmente, é frequente fazer a monitorização de *D. suzukii* com recurso a armadilhas com atrativos, para atrair insetos que procuram por alimento, locais para postura ou parceiros sexuais (Landolt et al., 2012). Este controlo é feito para auxiliar os produtores na tomada de decisão, para aumentar a eficiência dos inseticidas, torná-la mais criteriosa e diminuir os custos de produção. Assim, as armadilhas podem ser utilizadas para captura em massa e deste modo reduzir a densidade populacional nas explorações, ou então como meio para monitorizar os padrões de voo e medir a distribuição, tornando possível retirar informações sobre a atividade sazonal e dinâmica populacional para um melhor conhecimento desta praga (Wiman et al., 2014).

Para garantir o sucesso das armadilhas, é necessário ter em atenção o atrativo, assim como a própria estrutura da armadilha, nomeadamente a sua cor, forma e recipiente. Landolt et al. (2012) observaram que misturas de vinho e vinagre são eficientes na captura de *D. suzukii* macho e fêmea, possivelmente devido à atratividade do etanol e do ácido acético. Além disso, as armadilhas de cúpula tiveram significativamente mais capturas comparativamente às armadilhas de copo. Quanto à cor, Bruno (2014) verificou que as armadilhas de cor vermelha eram mais eficazes para *D. suzukii*, independentemente do atrativo utilizado.

Porém, uma vez que a correlação entre as capturas e os níveis de infestação dos frutos é frequentemente baixa - possivelmente pelo efeito da temperatura e acumulação de biomassa dos insetos capturados - mostra que estes métodos são insuficientes na deteção precoce de *D. suzukii* e na estimativa da incidência real da praga (Briem et al., 2018; Kirkpatrick et al., 2017). Acresce que, quando as larvas são detetadas nos frutos, já é demasiado tarde para intervir e os danos já ocorreram (Wiman et al., 2014). Surge então a necessidade de complementar estes métodos com modelos de dinâmica populacional para uma melhor monitorização e gestão desta mosca. Os modelos devem incluir parâmetros que sejam relevantes para o desenvolvimento da praga, como é o caso da temperatura e humidade que influenciam a atividade e desenvolvimento deste inseto (Winkler et al., 2020), assim como o efeito do uso do solo sobre a abundância da praga e a biodiversidade à escala local e paisagística em sistemas perenes (Sheng et al., 2017).

Um tipo de modelos muito utilizados são os modelos fenológicos, também conhecidos como graus-dia (DD), consistem numa medida de unidades de calor obtida a partir de temperaturas máximas e mínimas diárias (Pruess, 1983). Estes modelos são

ferramentas simples utilizadas no controlo integrado de pragas e têm como objetivo prever através da temperatura o seu ciclo de vida de modo que as intervenções e as medidas de controlo sejam mais eficazes. Os modelos DD têm maior aplicabilidade em pragas com descontinuidade temporal e poucas gerações anuais, o que não é o caso de *D. suzukii* pois esta praga apresenta elevada fecundidade e curtos ciclos de vida, havendo sobreposição de gerações (Tochen et al., 2014). Apesar dessa limitação, quando usados como complemento, estes modelos podem contribuir para a previsão da dinâmica populacional uma vez que permitem padronizar os efeitos térmicos nas culturas e na praga em diferentes regiões (Wiman et al., 2014).

Outro tipo de modelos utilizados são os climáticos. Um exemplo de modelo climático aplicado em *D. suzukii* são as Matrizes de Leslie. Wiman et al. (2014) estudou a aplicação do modelo clássico de população de Matrizes Leslie em populações de *D. suzukii*, que avalia como a praga interage com o ambiente, prevendo a densidade populacional em determinado momento. Segundo o autor, o modelo é vantajoso pois fornece uma estimativa da população num estado específico de desenvolvimento independentemente das capturas nas armadilhas, o que pode auxiliar nas tomadas de decisão e estratégias de proteção. Porém, apenas tem em consideração a temperatura como fator de influência, descurando outros fatores relevantes como condições de humidade, fontes de alimento, disponibilidade e qualidade de hospedeiros, e principalmente a sobrevivência de *D. suzukii* no inverno.

Estes modelos por si só podem ser insuficientes na informação que fornecem sobre a praga, assim é possível integrar estes dados em modelos que permitam previsões mais robustas e fiáveis. Kamiyama et al. (2020) incorporaram diferentes locais de estudo, humidade relativa e modelos DD, e procuraram relacionar com as capturas de *D. suzukii* adultos através de modelos mistos lineares gerais. Como resultado, foi possível criar modelos robustos capazes de prever a mudança das populações de adultos, permitindo uma gestão mais oportuna e eficiente da praga.

Uma vez que *D. suzukii* é uma praga polífaga, os modelos populacionais também devem integrar outros fatores como a composição da paisagem, para além dos fatores abióticos (Hennig e Mazzi, 2018; Urbaneja-bernati et al., 2020). Num estudo realizado por Santoiemma et al. (2018) os autores recorreram a modelos mistos lineares gerais onde procuraram relacionar as capturas de *D. suzukii* com a caracterização da paisagem circundante (prado, floresta e vinha), relacionando ainda com a distância destes elementos, a temperatura e a altitude. Através destes modelos foi possível observar que a temperatura é dos fatores que mais influenciam *D. suzukii*. Este efeito

observou-se principalmente a nível da dispersão, pelo facto de diferentes temperaturas exigirem diferentes tipos de infraestruturas ecológicas, por exemplo, no inverno *D. suzukii* migrava para áreas florestais pelos abrigos e recursos aí fornecidos.

Contudo, na seleção e construção de modelos, deve-se procurar uma abordagem holística tendo principalmente em atenção a escolha de indicadores que sejam apropriados, suficientes e comparáveis, uma vez que estes permitem expressar e esclarecer variáveis mais complexas (Neto e Cunha, 2020). Para isso, é recomendado basear a análise em indicadores quantitativos e qualitativos (Fleskens et al., 2009). Assim, o modelo anteriormente mencionado não avalia por completo a influência da paisagem em *D. suzukii* uma vez que, sendo os sistemas agrícolas multidimensionais, o modelo apenas integra a dimensão quantitativa dos constituintes da paisagem, desconsiderando a sua qualidade ou o seu valor ecológico. A qualidade dos constituintes da paisagem (ex: disponibilidade de hospedeiros) é um parâmetro importante a ter em conta devido à sua variação ao longo da escala, do tempo e do contexto (ex: se a praga é específica ou polífaga, presença ou não de hospedeiros cultivados e alternativos). Ou seja, é necessário definir um perfil de paisagem tendo em consideração a dimensão qualitativa dos seus constituintes.

2.4. Modelos hierárquicos de classificação

Segundo Bockstaller et al. (2008), os modelos hierárquicos de classificação baseiam-se na agregação de variáveis explicativas simples (indicadores) e na atribuição de pesos (ou ponderações) matemáticas, constituindo uma avaliação mais rigorosa e complexa, que se adequa a cada contexto e que avalia cada componente com base na sua relevância em relação ao objeto em avaliação. Em resposta ao problema da multidimensionalidade e dando como exemplo a avaliação da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, surge a metodologia do Índice Composto de Sustentabilidade que integra as diferentes dimensões (económica, ambiental e social) num único valor - um índice - abrangendo as informações dos vários componentes (Frater e Franks, 2013).

Binder e Wiek (2007) sugerem que os indicadores devem ser agregados em conjuntos pré-definidos e hierárquicos - conjuntos estes denominados de critérios, que por sua vez definem o ponto de vista da análise, e que também estão sujeitos a uma ponderação. Dentro de cada critério é agregado um conjunto de subcritérios que refletem aspetos importantes a serem avaliados. Ao avançar na hierarquia, desde os critérios, aos subcritérios (caso existam) até chegar aos indicadores, há um aumento da especificidade da análise que permite uma estruturação e simplificação do objeto em estudo, de modo a avaliar todas as suas componentes.

Desta forma, obtém-se um índice composto capaz de representar um resultado coerente que permite a comparação entre as componentes que o constituem e entre diferentes contextos (Xavier et al., 2018). Como por exemplo, o Índice Composto de Sustentabilidade permite comparar e avaliar a sustentabilidade de diferentes explorações agrícolas, facilitando a tomada de decisão sobre as práticas de gestão adotadas e até mesmo sobre decisões de cariz político, como a atribuição de subsídios e incentivos (Neto e Cunha, 2020).

Seguindo a mesma ordem e princípios, isto é, escolha do objeto de avaliação seguida da seleção suficiente e adequada dos critérios, subcritérios e indicadores, e definição de uma hierarquia de escala para atribuição das respetivas ponderações, esta metodologia pode ser aplicada na determinação de outros índices compostos (Rigby et al., 2001).

Na Tabela 4 encontra-se um exemplo de um modelo hierárquico. Neste exemplo é possível ver que para o objeto em avaliação - “Ambiente biótico”, o autor selecionou primeiramente os seguintes critérios de avaliação: “Biodiversidade” e “Infraestruturas ecológicas”. Devido à complexidade destes, foram ainda escolhidos para cada critério, indicadores considerados relevantes de modo a simplificar a avaliação de cada critério: “Diversidade vegetal da cobertura do solo”, “Riqueza das espécies de insetos auxiliares” e “Superfícies de compensação ecológica”.

Tabela 4 - Exemplo da construção de um modelo hierárquico com base no índice agroambiental “Ambiente biótico”

Crítérios	Ponderação	Valor	Pontos	Indicador	Ponderação	Valor	Pontos
Biodiversidade	70%	0 - 100	13	Diversidade vegetal da cobertura do solo	40%	0 - 100	10
				Riqueza das espécies de insetos auxiliares	30%	0 - 100	30
Infraestruturas ecológicas	30%	0 - 100	6	Superfícies de compensação ecológica	30%	0 - 100	20

Adaptado de: (Neto e Cunha, 2020).

Depois de estabelecer os critérios e os indicadores, foi definida uma escala de valores que, neste caso, tomou valores entre 0 e 100 nos dois casos.

Posteriormente, atribuiu-se uma ponderação a cada critério e indicador. Para isso, foi feita uma comparação entre os critérios com base na importância e relevância para o objeto em estudo; e o mesmo para os indicadores, sendo que nestes a comparação foi feita dentre os indicadores do respetivo critério, pois a nível de ponderação, os indicadores de um critério são independentes dos indicadores de outros critérios. Assim, por ordem hierárquica de relevância, os pesos atribuídos aos critérios foram 70 e 30% a “Biodiversidade” e “Infraestruturas ecológicas”, respetivamente. Seguidamente e também por ordem hierárquica de relevância, os indicadores do critério “Biodiversidade” obtiveram valores de 40 e 30% para “Diversidade vegetal da cobertura do solo” e “Riqueza das espécies de insetos auxiliares”, respetivamente, enquanto o indicador “Superfícies de compensação ecológica” do critério “Infraestruturas ecológicas” obteve uma ponderação de 30%.

Depois de estruturado o modelo, os indicadores são medidos (pontuados), com base na bibliografia nas molduras teóricas disponíveis. A partir destes valores e tendo em conta a respetiva ponderação, são calculados os pontos de cada critério e obtido um índice que deverá permitir a comparação com outros índices também eles obtidos através deste modelo, mas noutros contextos, facilitando a compreensão de problemas complexos e auxilia na tomada de decisões e práticas de gestão.

Abordagens idênticas de classificação hierárquica são comumente utilizadas em ecologia para classificação das formas de vida florísticas nos ecossistemas. Baseando-se no trabalho de Bunce et al. (2011), plantas individuais foram agrupadas em classes, com base numa estrutura de classificação hierárquica, em grupos de infraestruturas ecológicas contendo a informação das espécies presente, comunidades (conjuntos de espécies) e num nível superior o habitat. Esta metodologia permite uma estruturação e simplificação do objeto em estudo, de modo a avaliar todas as suas componentes.

No âmbito desta dissertação, a utilização dos modelos hierárquicos de classificação deve-se à necessidade de integrar variáveis quantitativas (área de infraestruturas ecológicas) e qualitativas (qualidade das infraestruturas para *D. suzukii*) num modelo, a partir do qual resulte um índice composto (Índice de Paisagem). Este índice deverá traduzir a qualidade da paisagem para a permanência de *D. suzukii* no inverno num contexto específico. Comparando vários índices paisagísticos, deverá ser possível perceber se as diferenças entre eles justificam as densidades populacionais de *D. suzukii*.

3. Material e Métodos

Para compreender a influência das infraestruturas ecológicas no comportamento migratório das populações de inverno de *D. suzukii*, é necessário conhecer as densidades populacionais da praga e o respetivo contexto paisagístico.

Assim, no âmbito desta dissertação e de modo a responder aos objetivos deste trabalho, foram capturados de indivíduos adultos de *D. suzukii* durante o inverno de 2019/2020 (janeiro a março) e a análise do perfil paisagístico (em macroescala) dos locais onde foram realizadas essas capturas. Para isso, e em parceria com a Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte (DRAPN), foram selecionadas explorações agrícolas localizadas na região de EDM, nas quais foram colocadas armadilhas com garrafas mosqueiras. Com base nos dados obtidos, foi elaborada uma divulgação técnica complementar aos Avisos Agrícolas emitidos pela Estação de Avisos de Entre Douro e Minho.

3.1. Caracterização da área de estudo: localização e clima

Os dados analisados neste estudo resultaram de uma amostragem, dentro do domínio de atuação da DRAPN, das seguintes explorações agrícolas: (1) Cermouros, (2) Veiga da Correlhã, (3) Quinta Sra. da Piedade, (4) Requião, (5) Gestaço, (6) Quinta da Massôrra, (7) Santa Marinha do Zêzere, (8) Fermil e (9) Fundões (Figura 8).

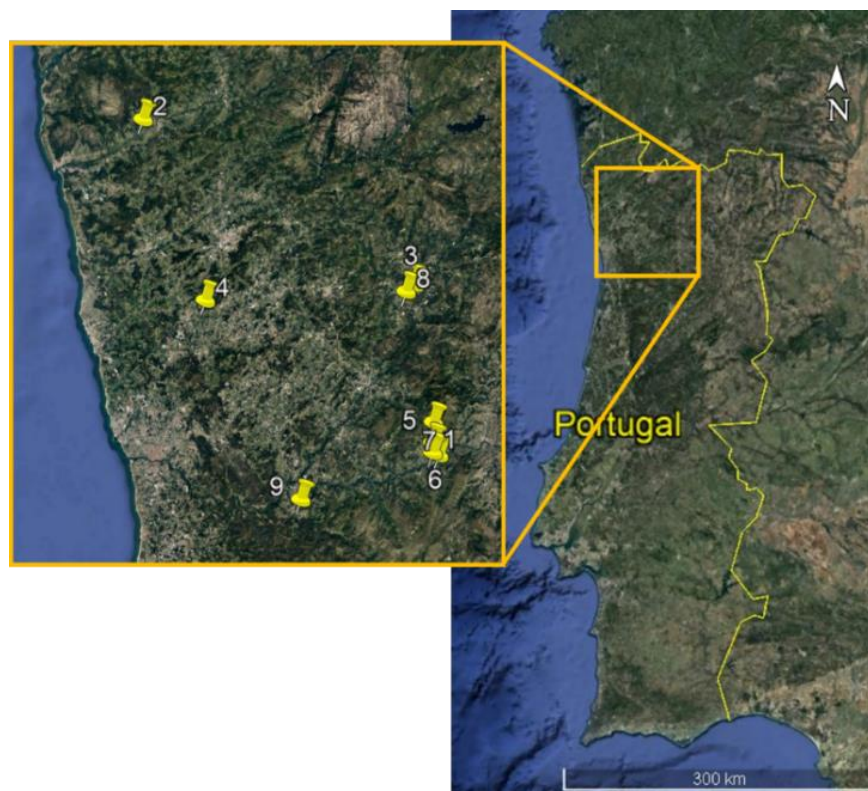


Figura 8 - Localização das explorações estudadas: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaço, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões

Uma vez que a temperatura é um fator determinante na sobrevivência e dinâmica populacional de *D. suzukii*, nomeadamente no inverno, na Tabela 5 encontram-se os dados meteorológicos relativos às médias mensais das temperaturas mínimas dos meses de janeiro, fevereiro e março de 2020, assim como as temperaturas mínimas absolutas de cada mês, nos locais de cada exploração em estudo. Estes valores foram recolhidos a partir da base de dados disponível em Agri4Cast² através de estações meteorológicas interpoladas - selecionadas com base na menor distância a cada

²Agri4Cast Resources Portal, Gridded Agro-Meteorological Data in Europe (<http://agri4cast.jrc.ec.europa.eu/DataPortal/>)
Último acesso em: 15/05/2021.

exploração - correspondendo a uma malha de resolução gráfica de 25 x 25 km, e considerando uma resolução temporal de um dia.

Assim, para as explorações 1, 5, 6 e 7 selecionou-se a estação interpolada nº 65049 de coordenadas cartográficas: 41°4'46.74"N, 8°4'2.532"W , relativamente à exploração 2 selecionou-se a estação interpolada nº 68048 de coordenadas: 41°40'50.844"N, 8°33'28.044"W, para as explorações 3 e 8 optou-se pela estação nº 66050 com as coordenadas: 41°21'6.66"N, 7°50'28.68"W, no caso da exploração 4 foi escolhida a estação nº 67048 com as coordenadas: 41°27'45"N, 8°29'25.148"W e, por fim, relativamente à exploração 9 foi selecionada a estação interpolada nº 65048 com coordenadas: 41°1'32.052"N, 8°21'26.28"W.

Tabela 5 - Localização, média mensal da temperatura mínima diária e temperatura mínima absoluta das regiões das explorações estudadas, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2020

Exploração	Localização	Média mensal da T mínima (°C)			T mínima absoluta (°C)			Duração máxima do período crítico de T (dias)
		J	F	M	J	F	M	
1, 5, 6 e 7	41° 6'49.68"N, 7°56'19.64"W	6,0	7,7	7,2	1,5	1,8	2,7	0
2	41°44'43.51"N, 8°38'8.11"W	8,1	10,5	9,3	0,9	2,7	3,4	0
3 e 8	41°25'33.19"N, 7°58'18.23"W	3,3	7,3	6,9	- 2,9	2,6	2,8	2
4	41°24'20.68"N, 8°29'21.56"W	7,5	10,5	9,2	0,5	4,0	4,1	0
9	41° 1'59.57"N, 8°15'56.09"W	6,9	9,2	8,6	2,2	3,9	4,0	0

Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestão, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil, 9 - Fundões, T - Temperatura, J - janeiro, F - fevereiro, M - março

Pela Tabela 5 é possível observar que as temperaturas registadas no inverno de 2019/2020 nos locais das explorações não foram limitantes para a sobrevivência de *Drosophila suzukii*, uma vez que as temperaturas não foram críticas (< -2,5 °C) por um período igual ou superior a 5 dias consecutivos, tal como sugere Winkler et al. (2020). Assim sendo, no âmbito desta dissertação apenas foi considerado o efeito da paisagem no estudo do comportamento de inverno da praga.

3.2. Recolha de dados

Para cada exploração foram recolhidos adultos *D. suzukii* e dados relativos às paisagens na envolvente e dentro das explorações em estudo. O procedimento de captura de indivíduos *D. suzukii* foi realizado pelos técnicos da DRAPN que seguiram um procedimento padrão, recolhendo e repondo semanalmente uma armadilha estática por exploração, durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020.

Quanto à paisagem, foi necessário fazer o inventário dos hospedeiros de *D. suzukii* e o levantamento da composição da paisagem, isto é, das infraestruturas ecológicas existentes, e a sua classificação e subclassificação, como será posteriormente abordado. Com base nestes dados, procurou-se construir um modelo hierárquico para obtenção de um Índice de Paisagem para cada exploração.

3.2.1. Captura e identificação de espécies

A captura de adultos *D. suzukii* foi feita através de armadilhas mosqueiras (Figura 9) colocadas na bordadura da cultura principal e uma altura de cerca 70 cm do solo. Estas consistiram numa garrafa de plástico de 1,5 L com uma fita adesiva vermelha à volta, com cerca de 10 cm, e a 4 mm abaixo foram feitos furos com um diâmetro de 3 mm - suficiente para permitir a entrada de indivíduos *D. suzukii* e impedir a de outras *Drosophila* spp. assim como de outros insetos de maiores dimensões.

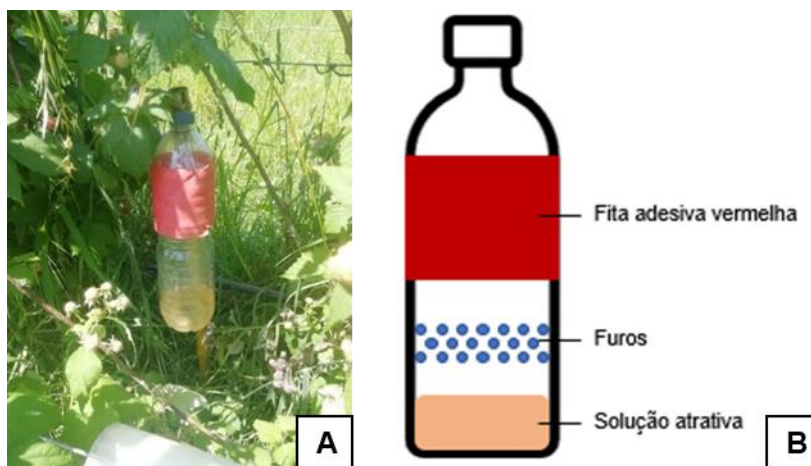


Figura 9 - Armadilha mosqueira (A) e o respetivo esquema (B)

No seu interior continha uma solução atrativa, adaptada de Landolt et al. (2012), constituída por 1/3 vinagre de sidra e 2/3 de vinho branco, à qual eram adicionadas 5 g de açúcar amarelo, e três gotas de detergente isento de aroma para que as moscas ficassem retidas.

Após a recolha das armadilhas e filtragem, o conteúdo foi armazenado em etanol em recipientes devidamente identificados com o local e a data de recolha, para posterior análise.

Em laboratório, o conteúdo foi identificado e contabilizado pela autora. Para o processo de identificação, com recurso à chave dicotómica disponibilizada pela EPPO (2013) para auxiliar no reconhecimento das características morfológicas de indivíduos *Drosophila suzukii*, através da sua observação à lupa binocular. Após a identificação, procedeu-se à sexagem dos indivíduos. Além de *D. suzukii* foram contabilizados outros insetos do género *Drosophila* e outros espécimes capturados potenciais auxiliares (Figura 10).

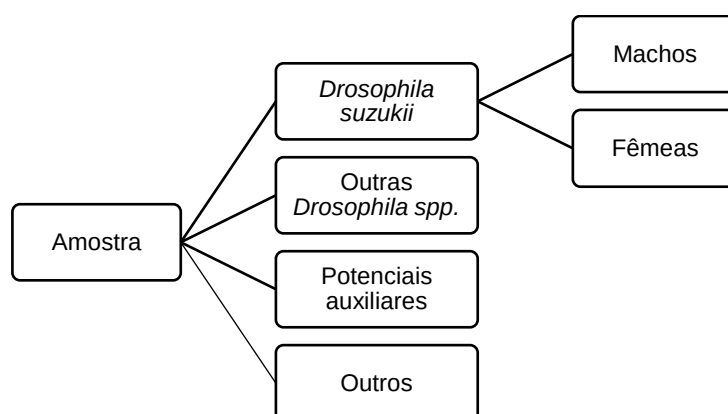


Figura 10 - Classificação dos indivíduos capturados nas armadilhas

3.2.2. Composição da paisagem e plantas hospedeiras de *Drosophila suzukii*

Para analisar o perfil paisagístico de cada exploração, procedeu-se ao levantamento da composição da paisagem (infraestruturas ecológicas), dentro e na envolvente da exploração, limitando a área de estudo a um raio de 200 m, tendo como centro a posição geográfica (coordenadas) da armadilha. Para isso, foram realizadas visitas técnicas às explorações juntamente com a DRAPN para uma análise vertical da cobertura do solo.

Na Tabela 6 encontra-se uma síntese da composição da paisagem dentro e na envolvência de cada exploração. Este primeiro levantamento das características gerais da paisagem foi determinante na escolha dos parâmetros ecológicos a ser avaliados.

De modo a perceber o efeito da paisagem em *D. suzukii*, foi essencial conhecer as plantas hospedeiras. Assim, no Anexo I encontra-se uma revisão dos hospedeiros de *D. suzukii* conhecidos até agora. Com o objetivo de saber identificar potenciais hospedeiros alternativos presentes nas infraestruturas ecológicas a classificar, considerando-se que este tipo de infraestrutura terá maior valor para a conservação das espécies durante o inverno. Do levantamento efetuado, foram encontradas cerca de 219 espécies, destacando-se a família Rosaceae (81 espécies), e os géneros *Rubus* spp (19 espécies) e *Prunus* spp. (19 espécies).

Tabela 6 - Composição da paisagem dentro e na envolvimento de cada exploração

Exploração	Cultura principal	Paisagem circundante
1	Cerejeiras	Nogueiras, vinha, carvalhos, castanheiros, pinheiros, medronheiros, silvas, giestas, hortas, armazém, estradas de terra e alcatrão, muros, casas, tanques
2	Mirtos e framboesas (remontantes e não remontantes)	Crataegus, carvalhos, mimosas, azevém, saramagos, malmequeres e soagem, amoras-silvestres casas, muros, estradas de pedra e terra
3	Vinha e mirtos	Oliveiras, macieiras, ameixeiras, castanheiros, liquidâmbares, sobreiros, plátanos, carvalhos, eucaliptos, buchos, erva tintureira, fetos, silvas, casas, adega, muros, estradas de alcatrão e terra, e tanque de água
4	Vinha e nogueiras	Pessegueiros, nespereiras, macieiras, pereiras, castanheiros, cerejeiras, marmeleiros, oliveiras, milho, carvalhos, magnólias, abetos, pinheiros, castanheiros, choupos, loureiro-cerejeira, horta, hera, erva tintureira, roseiras, hidranjas, silvas, silos, casas, vacaria, estradas de terra e alcatrão e muros
5	Vinha e nogueiras	Diospiro, kiwi, macieira, diospiro, choupos, carvalhos, tília, pinheiros, amora-silvestre, silvas, fetos, hidranjas, milho, azevém hortas, hera, casas, estradas de terra e alcatrão, muros de pedra e tanque de água
6	Cerejeiras e vinha	Dióspiro, oliveiras, castanheiros, macieiras, kiwi, laranjeiras, Pinheiros, castanheiros ciprestes, loureiro-cerejeira, hera, roseiras, giestas, fetos, hortas, casas, estrada de terra e alcatrão, muros de pedra e tanque de água
7	Vinha	Figueiras, macieiras, laranjeiras, medronheiro, cerejeiras, carvalhos, pinheiros, medronheiros, choupo, tília, giestas, acácias, hortas, hera, fetos, silvas, erva tintureira, erva, casas, estrada de terra e de alcatrão
8	Vinha	Plátanos, tília, palmeiras áceres, choupos, castanheiros, Medronheiros, kiwi, figueiras laranjeiras, limoeiros, castanheiros marmeleiros, silvas, hera, fetos, casas, estradas de terra e alcatrão, muros de pedra e tanque de água
9	Vinha	Mimosas, plátanos, eucaliptos, carvalhos, Macieiras, diospiros, oliveiras, ameixeiras, pereiras, laranjeiras, horta, silvas, hera, erva tintureira, casas, estradas de pedra e alcatrão, muros e tanque de água

Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaço, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões.

3.2.3. Classificação da paisagem

De modo a avaliar o efeito da paisagem e das diversas infraestruturas ecológicas que a compõem, no comportamento das populações de inverno da *D. suzukii*, foi necessário classificar e subclassificar estas infraestruturas, assim como os macrocomponentes da paisagem de acordo com a sua composição (Tabela 6). Esta classificação foi baseada e adaptada da metodologia de Neto (2014) e Bunce et al. (2011). Teve-se em atenção a abrangência das classificações e subclassificações de modo a uniformizar o procedimento para todas as explorações, e também de considerar todos os elementos constituintes da paisagem e o respetivo valor ecológico para o contexto em estudo, nomeadamente se as infraestruturas eram ou não hospedeiras de *D. suzukii*. Por hospedeiro consideraram-se todas as espécies com fruto durante o inverno e atrativas para *D. suzukii*.

Assim, foram consideradas as três classificações principais: cultivado, vegetação silvestre e urbano, com as diferentes subclassificações (Figura 11).

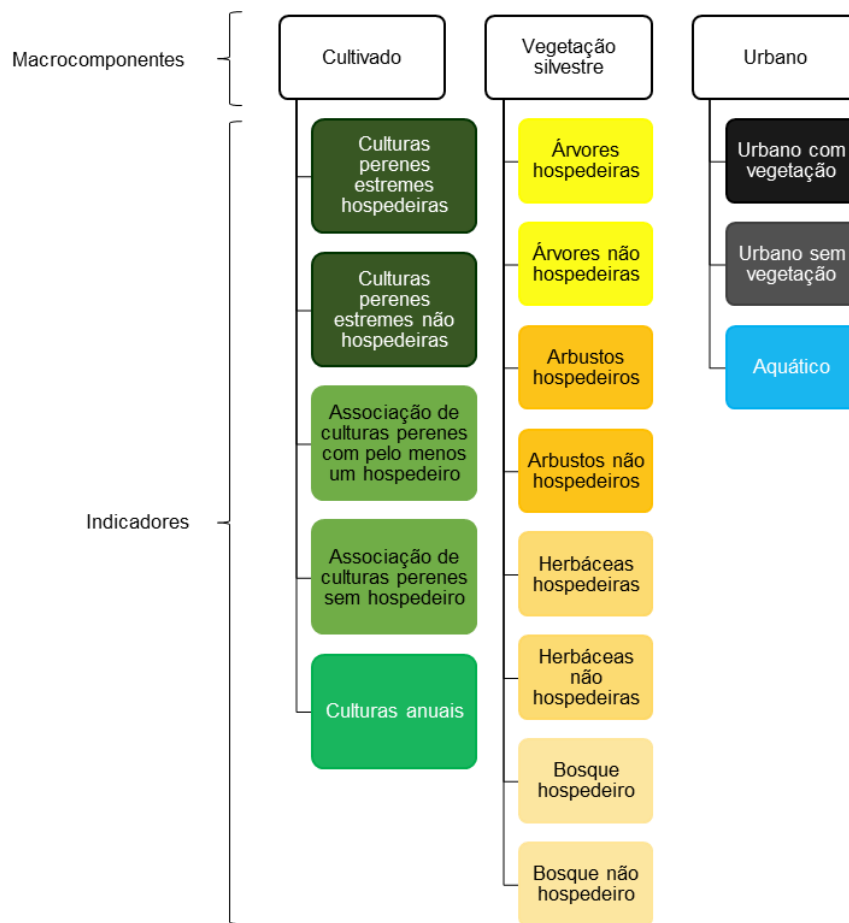


Figura 11 - Classificação e subclassificação das infraestruturas ecológicas da paisagem e as respetivas cores, com base nas suas características

- Cultivado (C): aplica-se a áreas cultivadas, de maior ou menor extensão, não impermeabilizadas, onde há intervenção do Homem através de práticas culturais como podas, fertilizações ou tratamentos fitossanitários:
 - Culturas perenes estromes hospedeiras (CPE-H): aplica-se a monoculturas e que durante o inverno são hospedeiras de *D. suzukii*, como framboesas remontantes;
 - Culturas perenes estromes não hospedeiras (CPE): aplica-se a monoculturas e que durante o inverno não são hospedeiros, como actinídea, castanheiro, cerejeira, oliveira e vinha;
 - Associação³ de culturas perenes com pelo menos um hospedeiro (ACP-H): áreas compostas por mais do que uma cultura e que durante o inverno são hospedeiras de *D. suzukii*, como pomares diversificados com plantas hospedeiras (ex: medronheiros);
 - Associação de culturas perenes sem hospedeiros (ACP): compostas por mais do que uma cultura e que durante o inverno não são hospedeiras de *D. suzukii*, como pomares diversificados com castanheiros, cerejeiras, oliveiras e figueiras;
 - Culturas anuais (CA): culturas de ciclo menor que um ano como azevém ou couves;
- Vegetação silvestre (VS): aplica-se a áreas cobertas por vegetação espontânea, como árvores⁴, arbustos⁵ e herbáceas⁶ silvestres pouco intervencionadas pelo Homem (ex: podas, fertilizações ou tratamentos fitossanitários);
 - Árvores hospedeiras (ARV-H): áreas ocupadas por árvores isoladas ou em povoamento florestal puro⁷ e que são hospedeiras de *D. suzukii* durante o inverno, como medronheiros;

³ Coexistência de mais do que uma cultura permanente na mesma parcela (IFAP, 2021);

⁴ Planta lenhosa, com caule (tronco) indiviso até determinada distância do solo, (geralmente superior a 5 m de altura) (Sales, 2007);

⁵ Planta lenhosa, sem tronco principal, ramificando-se a partir da base (inferior a 5 m de altura) (Sales, 2007);

⁶ Espécie de planta de consistência não ou pouco lenhosa e verde (Sales, 2007);

⁷ Área ocupada por árvores florestais, podendo ser constituída por uma ou mais espécies, em que uma ocupa uma área superior a 75% do coberto total (Cunha, 2018).

- Árvores não hospedeiras (ARV): áreas ocupadas por árvores isoladas ou em povoamento florestal puro, e que não são hospedeiras, como carvalhos, sobreiros, castanheiros, tílias ou mimosas;
- Arbustos hospedeiros (ARB-H): áreas ocupadas por arbustos e que são hospedeiros de *D. suzukii* durante o inverno, como a hera;
- Arbustos não hospedeiros (ARB): áreas ocupadas por arbustos e que durante o inverno não são hospedeiros, como buchos, roseiras e silvas;
- Herbáceas hospedeiras (HER-H): áreas ocupadas por herbáceas e que durante o inverno são hospedeiros de *D. suzukii*, como a erva tintureira;
- Herbáceas não hospedeiras (HER): áreas compostas por espécies botanicamente classificadas como herbáceas e que durante o inverno não são hospedeiras desta praga, como trevos e fetos;
- Bosque⁸ hospedeiro (BOS-H): áreas com uma mistura de plantas de pelo menos duas das três classificações botânicas (árvores, arbustos e herbáceas) com presença de pelo menos um hospedeiro de *D. suzukii* durante o inverno, como a mistura de pinheiro (não hospedeiro) ou medronheiro (hospedeiro) e erva tintureira (hospedeira);
- Bosque não hospedeiro (BOS): áreas com uma mistura de plantas de pelo menos duas das três classificações botânicas (árvores, arbustos e herbáceas) em que nenhuma é hospedeira de *D. suzukii*, como carvalhos e mimosas juntamente com silvas e fetos;
- Urbano (U): áreas construídas edificadas ou relacionadas com algum tipo de infraestrutura urbana como jardins e caminhos de terra. Dentro destas áreas, foram reconhecidas as seguintes subcategorias:

⁸ Formação arbórea (menor do que uma floresta) com densidade estrutural suficiente para criar condições microclimáticas particulares e diferentes das existentes na envoltória ou fora do mesmo (Cunha, 2018).

- Urbano com vegetação (URB-V): áreas urbanas com presença de vegetação, como caminhos de terra e/ou de pedra, jardins privados e muros de pedra;
- Urbano sem vegetação (URB): áreas urbanas edificadas (ex: estufas, casas, armazéns e muros de betão), e áreas totalmente revestidas com material artificial e sem vegetação, como casas e estradas alcatroadas;
- Aquático (AQU): áreas onde há retenção de água no inverno, como tanques e charcas.

3.2.4. Construção dos mapas das infraestruturas ecológicas de cada exploração

Posteriormente à classificação e subclassificação das infraestruturas ecológicas, recorreu-se à ferramenta *Google Earth Pro* para identificar, delimitar e calcular as áreas correspondentes a cada infraestrutura, para cada exploração. Estes mapas servem de base ao cálculo do modelo de classificação de paisagem apresentado no capítulo seguinte.

3.3. Construção do modelo hierárquico

Após a classificação e subclassificação das infraestruturas ecológicas, e construção do mapa e cálculo das áreas de cada indicador procedeu-se à construção do modelo hierárquico para obtenção de um Índice de Paisagem que traduza o valor ecológico de cada exploração para *D. suzukii* durante o inverno.

Para a construção do modelo (Tabela 7), foi necessário: (i) definir os indicadores e critérios, (ii) atribuir as respetivas ponderações com base na sua estimada importância para a sobrevivência da praga no inverno e (iii) calcular os valores dos indicadores, critérios e Índices de Paisagem.

Tabela 7 - Modelo hierárquico para classificação da paisagem aplicado a cada exploração

Critério	Ponderação	Valor	Indicadores	Ponderação	Valor
C	2	0 - 100	CPE-H	5	0 - 125600
			CPE	2	0 - 125600
			ACP-H	4	0 - 125600
			ACP	3	0 - 125600
			CA	1	0 - 125600
VS	3	0 - 100	ARV-H	7	0 - 125600
			ARV	3	0 - 125600
			ARB-H	6	0 - 125600
			ARB	2	0 - 125600
			HER-H	5	0 - 125600
			HER	1	0 - 125600
			BOS-H	8	0 - 125600
			BOS	4	0 - 125600
U	1	0 - 100	URB-V	2	0 - 125600
			URB	1	0 - 125600
			AQU	1	0 - 125600

Legenda: ACP - Associação de culturas perenes sem hospedeiros, ACP-H - Associação de culturas perenes com pelo menos um hospedeiro, ARB - Arbustos não hospedeiros, ARB-H - Arbustos hospedeiros, ARV - Árvores não hospedeiros, ARV-H - Árvores hospedeiras, AQU - Aquático, BOS - Bosque não hospedeiro, BOS-H - Bosque hospedeiro, CA - Culturas anuais, CPE - Culturas perenes estromes não hospedeiras, CPE-H - Culturas perenes estromes hospedeiras, HER - Herbáceas não hospedeiras, HER-H - Herbáceas hospedeiras, URB - Urbano sem vegetação, URB-V - Urbano com vegetação.

3.3.1. Seleção dos indicadores e critérios

A construção dos modelos começou com a seleção dos indicadores e dos critérios. Relativamente aos indicadores, consideraram-se as subclassificações anteriormente mencionadas (secção 3.2.3): CPE-H, CPE, ACP-H, ACP, CA, ARV-H, ARV, ARB-H, ARB; HER-H, HER, BOS-H, BOS, URB-V, URB e AQU, correspondendo a cada indicador um tipo de infraestrutura ecológica.

Quanto aos critérios, foram consideradas as classificações descritas na secção 3.2.3: C, CV e U, em que cada critério abrange um conjunto de diferentes tipos de infraestruturas ecológicas (macrocomponentes da paisagem).

3.3.2. Atribuição das ponderações aos indicadores e critérios

Uma vez definidos os indicadores e critérios, procedeu-se à atribuição das respetivas ponderações com base nas características das infraestruturas e na sua relevância para o contexto em estudo.

Para a valoração dos indicadores foi tido em consideração: (i) presença ou ausência de hospedeiros, (ii) classificação botânica, (iii) estremos ou não. Relativamente aos critérios, foi tido em conta o grau de intervenção do Homem (ex: impermeabilização do solo e frequência de operações culturais).

Assim, os valores de maior ponderação foram atribuídos às infraestruturas que incluíam hospedeiros de *D. suzukii*, uma vez que são mais importantes para a sobrevivência da praga por fornecerem fontes mais adequadas de alimento e por isso contribuem para a sua sobrevivência no inverno (Kenis et al., 2016; Lee et al., 2015; Pelton et al., 2016; Poyet et al., 2015).

De entre as áreas com e sem hospedeiros, os indicadores também foram seriados com base na classificação botânica das espécies (árvores, arbustos e herbáceas), na medida em que infraestruturas constituídas por espécies com maior densidade vegetativa foram valorizadas comparativamente às que tinham menor. Isto porque microclima criado no interior das copas servem de refugio pelas suas condições mais favoráveis e proteção contra fenómenos climáticos mais extremos (Diepenbrock e Burrack, 2017; Schöneberg et al., 2020).

Ademais, a ponderação também diferiu caso as infraestruturas se encontravam, ou não, em sistemas biodiversos nas respetivas áreas, em que a diversidade vegetativa foi valorizada relativamente a áreas com uma espécie vegetal predominante, uma vez que áreas mais diversas oferecem maior diversidade de abrigos e recursos alimentares para *D. suzukii* (Schmidt et al., 2019). É importante referir que nas infraestruturas onde se encontram hospedeiros, quando em associação, foi estimada e classificada a percentagem de área a estes correspondentes, de acordo com as suas características conforme a secção 3.2.3, sendo o mesmo processo aplicado às áreas sem hospedeiros.

Por outro lado, áreas sujeitas a intervenções como práticas culturais, obtiveram menor ponderação relativamente a áreas não tratadas ou não intervencionadas, uma vez que estas intervenções (ex: tratamentos fitossanitários) podem contribuir para a diminuição da densidade populacional da praga (Tonina et al., 2018); tendo sido também ponderadas áreas urbanas, onde foi valorizada a presença de vegetação em contraste com a sua ausência (Dalton et al., 2011; Kimura, 2004; Mitsui et al., 2010).

Assim sendo e conforme mostra a Tabela 7, os indicadores do critério cultivado obtiveram ponderações entre 1 e 5, onde se considerou que todos os que não tinham hospedeiros durante o inverno obteriam os menores valores (1, 2 e 3) e os que tinham hospedeiros os maiores valores (4 e 5). Entre os indicadores sem hospedeiro, atribuiu-se uma ponderação por ordem crescente conforme o valor ecológico para *D. suzukii* durante o inverno (CA - 1; CPE - 2 e ACP - 3). Quanto aos indicadores com hospedeiro, considerou-se que as CON-H apresentam maior valor ecológico uma vez que a diversidade de flora favorece a sobrevivência da praga comparativamente às monoculturas durante o período do estudo (Panel et al., 2018). Assim, atendendo ao valor ecológico durante o inverno, atribuiu-se a seguinte ponderação: ACP-H - 4 e CPE-H - 5.

Os indicadores do critério vegetação silvestre, obtiveram ponderações entre 1 – 8, em que aos critérios sem hospedeiro corresponderam os menores valores (1 a 4) e os indicadores com hospedeiro os maiores valores (5 a 8) de ponderação. Entre estas divisões, considerou-se que as categorias com menor densidade vegetativa teriam menos áreas de refúgio para *D. suzukii*, atribuindo assim menores valores da escala, sendo que áreas com maior expressão vegetativa à partida poderiam apresentar maiores refúgios e por isso beneficiariam a praga. Assim, a ordem crescente de valores de ponderação corresponde à seguinte sucessão: HER - 1, ARB - 2, ARV - 3, BOS - 4, HER-H - 5, ARB-H - 6, ARV-H - 7 e BOS-H - 8.

Relativamente aos indicadores do critério urbano, a ponderação considerada tomou valores de 1 ou 2, sendo o valor 1 atribuído aos indicadores “URB” e “AQU” uma vez que têm pouca ou nenhuma influência na dinâmica populacional de *D. suzukii* no inverno (Santoiemma, 2017); e o indicador URB-V teve uma ponderação de 2 dado que as estruturas urbanas com vegetação podem servir de locais de abrigo e refúgio para esta praga em condições desfavoráveis, e permitir a sua sobrevivência durante o inverno.

Por fim, as ponderações dos critérios foram entre um e três: U - 1, C - 2 e VS - 3, segundo a sua relevância para *D. suzukii*.

3.3.3. Cálculo dos critérios e Índices de Paisagem

Neste estudo, o valor de cada indicador corresponde à área total ocupada pela respetiva infraestrutura na paisagem. Ou seja, da área total da paisagem considerada (125 600 m²), o indicador pode tomar valores entre 0 e 125 600. Quanto aos critérios foram calculados segundo a Equação (1). Este valor traduz a média ponderada das áreas correspondentes a cada indicador (em m²) dentro de cada critério (C, VS e U).

$$\text{Valor do critério} = \frac{\sum P_i \times I_i}{\sum P_i} \quad (1)$$

Onde:

- I o valor de cada indicador.
- P a ponderação atribuída a cada indicador
- i são os indicadores correspondentes a cada critério

Os valores dos critérios foram ajustados a uma escala de 0 - 100 com o objetivo de uniformizar e facilitar a leitura e interpretação dos dados, tendo como referência o critério e o indicador com maior valor como medida de referência para a reconversão dos valores, respetivamente. Uma vez obtidos estes valores, calculou-se o Índice de Paisagem através da aplicação da Equação (2). O Índice de Paisagem vai permitir fazer uma seriação das explorações em estudo, segundo o seu valor de composição e constituição paisagística que favorecem a sobrevivência de *D. suzukii* no inverno.

$$\text{Valor do Índice de Paisagem} = \frac{\sum P_i \times C_i}{\sum P_i} \quad (2)$$

Onde:

- C corresponde ao valor de cada critério
- P a ponderação atribuída a cada critério
- i são os critérios que compõem o índice de paisagem

3.4. Análise dos dados

Para a interpretação dos dados, foi necessário analisar estatisticamente as capturas e a sua correlação com os Índices de Paisagem obtidos a partir do modelo hierárquico.

Relativamente às capturas e para uma primeira análise descritiva, os dados foram organizados em formato *Microsoft Office Excel*® com a informação das capturas médias semanais de adultos machos e a fêmeas de *D. suzukii* em cada exploração, desde janeiro a março de 2020.

Realizou-se uma análise estatística, onde foram considerados os totais de capturas semanais de *D. suzukii* em cada exploração, utilizando o programa *IBM SPSS Statistics 26.0*. Uma vez que os dados não cumpriam os pré-requisitos da normalidade, aplicou-se um teste H de Kruskal-Wallis ($N=108$, $\alpha=0,05$) com um teste *post-Hoc* de Dunn, que permitiram verificar e compreender diferenças significativas entre as explorações, com base nas capturas de indivíduos *D. suzukii*.

Quanto à relação entre os Índices de Paisagem e as capturas, para primeira análise descritiva, optou-se por fazer dois *rankings*: um *ranking* das explorações segundo o índice de paisagem e outro de acordo com o total de capturas. Para descrever e avaliar a relação entre as capturas e os índices, aplicou-se um Coeficiente de Correlação de Spearman ($N=108$, $\alpha=0,05$).

4. Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados (i) das identificações e contagens das capturas de machos e fêmeas *D. suzukii*, (ii) da caracterização da paisagem (iii) dos modelos hierárquicos obtidos e (iv) da relação entre os Índices de Paisagem e as capturas de *D. suzukii*.

Na Tabela 8 encontram-se os dados obtidos no âmbito deste estudo, onde foram analisadas nove explorações durante um período de 12 semanas, contabilizando-se um total de 42 613 insetos dos quais 12 693 foram identificados como *D. suzukii*. É possível também observar que as capturas foram dominadas por outras *Drosophila* spp.

Nas nove explorações analisadas, foram delimitadas, medidas e caracterizadas aproximadamente 1 100 infraestruturas ecológicas.

Tabela 8 - Conjunto dos dados obtidos para este estudo

Explorações	Semanas	Capturas <i>D. suzukii</i>			Outras <i>Drosophila</i> spp.	PA	Infraestruturas ecológicas			
		Total	F	M			Total	C	VS	U
9	12	12693	6946	5747	29150	770	1098	367	441	290

Legenda: F - Fêmeas; M - Machos; PA - Potenciais auxiliares; C - Cultivado; VS - Vegetação silvestre; U - Urbano

4.1. Capturas de *Drosophila suzukii*

Para a análise das capturas, foram identificados e contabilizados os machos e as fêmeas adultas *D. suzukii*. Na Tabela 9 encontram-se discriminados os resultados finais da identificação e contagem das capturas para cada exploração.

Tabela 9 - Capturas de *Drosophila suzukii* para cada exploração nos meses de janeiro, fevereiro e março.

Exploração	Capturas totais <i>D. suzukii</i>	Fêmeas		Machos	
		Capturas	%	Capturas	%
7	9658	4708	49	4950	51
6	1027	712	69	315	31
1	973	713	73	260	27
5	452	335	74	117	26
3	245	196	80	49	20
9	149	105	70	44	30
8	102	93	91	9	9
2	61	58	95	3	5
4	26	26	100	0	0

Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaçô, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões.

As capturas foram efetuadas durante cerca de 91 dias e foram capturados 12 693 indivíduos *D. suzukii*, dos quais foram identificadas 6 946 fêmeas (54%) e 5 747 machos (46%). No geral, registou-se um número superior de fêmeas comparativamente aos machos, às quais corresponderam valores percentuais iguais e superiores a 69%, à exceção da exploração 7 onde se observou uma percentagem de fêmeas inferior, correspondendo a 49% (Tabela 9).

Pela aplicação do teste de H de Kruskal-Wallis, foi possível observar que as capturas totais entre explorações foram significativamente diferentes ($H(108;8) = 77,491$, $p < 0,01$) e com base no teste de *post-Hoc* de Dunn, foi possível identificar estatisticamente essas diferenças, que se encontram representadas na Figura 12.

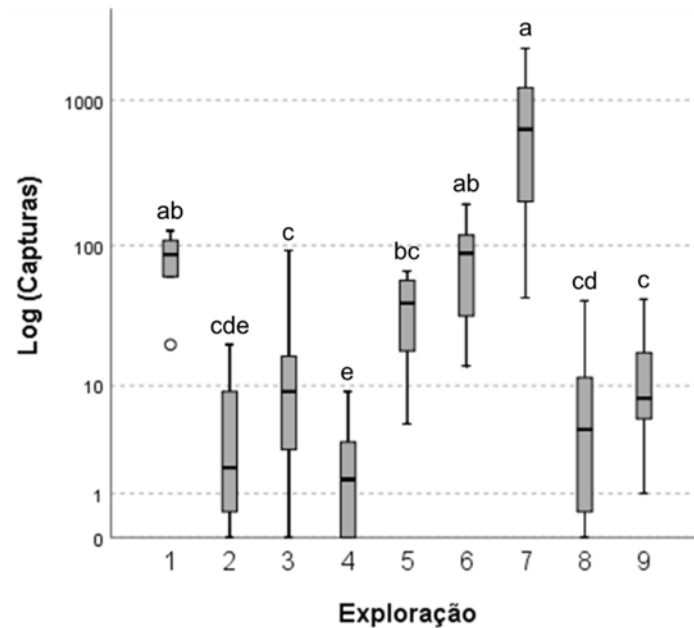


Figura 12 - Log₁₀ das capturas de *D. suzukii* recolhidas em 91 dias, em cada exploração. Cada diagrama de extremos e quartis associado à mesma letra, não apresentou diferenças significativas no teste de *post-Hoc* de Dunn ($\alpha=0,05$). Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaço, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões.

Com base na Figura 12 e na Tabela 9, as explorações 7 (9 658 capturas), 6 (1 027 capturas), 1 (973 capturas) e 5 (452 capturas) apresentam capturas totais de *D. suzukii* estatisticamente semelhantes, correspondendo às explorações com maiores densidades populacionais registadas. Do mesmo modo, é possível agrupar as explorações 3 (245 capturas), 9 (149 capturas) e 8 (102 capturas) às quais corresponderam valores médios de capturas e, com os menores valores registados, as explorações 2 (61 capturas) e 4 (26 capturas).

4.2. Caracterização e composição da paisagem

Pela análise dos mapas obtidos pela ferramenta *Google Earth Pro* (Figura 13) e da Tabela 6, é possível observar que as explorações apresentam entre si diversidade na composição paisagística, indicando que o valor ecológico para a manutenção e sobrevivência das populações de *D. suzukii* poderá ser diferente. É de esperar que paisagens com vegetação mais diversa e onde seja mais provável o aparecimento de mais infraestruturas benéficas para *D. suzukii* apresentem maiores capturas.

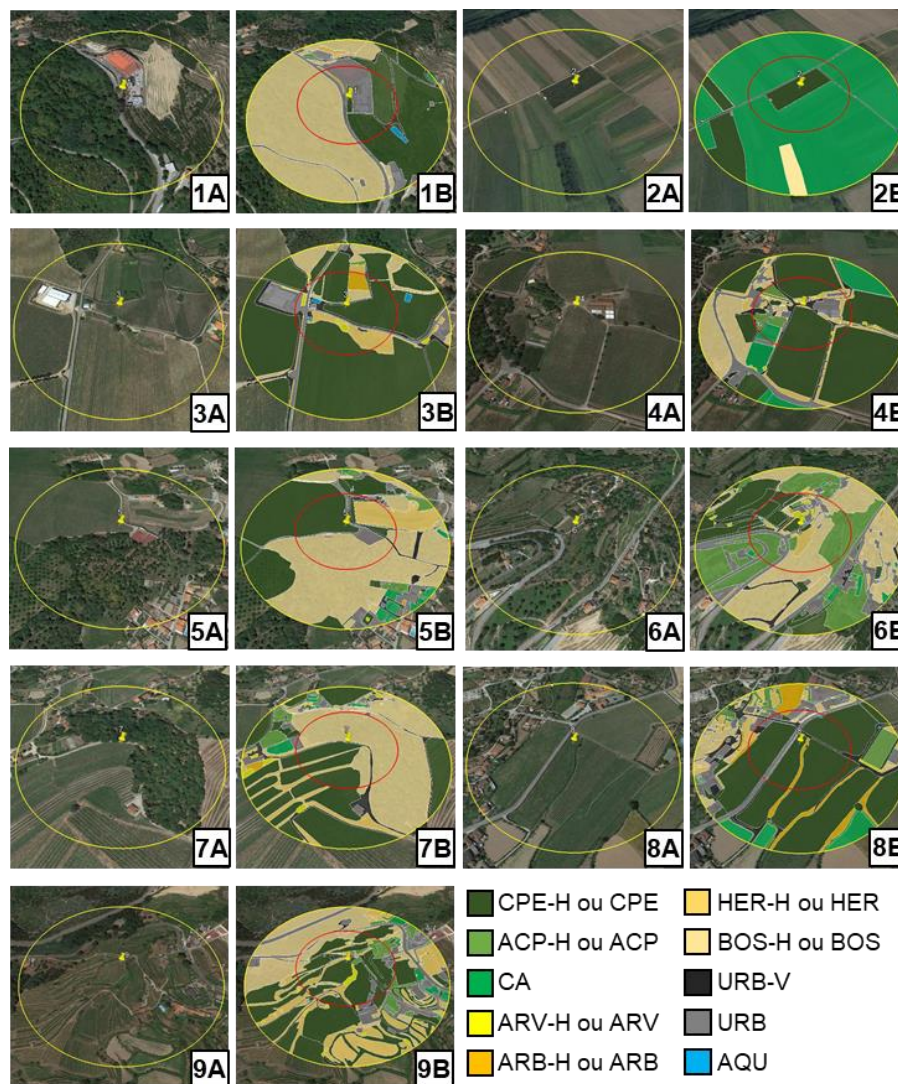


Figura 13 - Mapas de cada exploração sem subclassificação das infraestruturas ecológicas (A) e com subclassificação das infraestruturas ecológicas (B), com o respetivo código de cores. Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestação, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões, ACP - Associação de culturas perenes sem hospedeiros, ACP-H - Associação de culturas perenes com pelo menos um hospedeiro, ARB - Arbustos não hospedeiros, ARB-H - Arbustos hospedeiros, ARV - Árvores não hospedeiros, ARV-H - Árvores hospedeiras, AQU - Aquático, BOS - Bosque não hospedeiro, BOS-H - Bosque hospedeiro, CA - Culturas anuais, CPE - Culturas perenes estremes não hospedeiras, CPE-H - Culturas perenes estremes hospedeiras, HER - Herbáceas não hospedeiras, HER-H - Herbáceas hospedeiras, URB - Urbano sem vegetação, URB-V - Urbano com vegetação.

Relativamente à composição das paisagens em estudo, os valores das áreas ocupadas pelos indicadores e critérios respetivos a cada exploração encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 - Área total e respetiva percentagem de ocupação correspondentes aos indicadores e critérios de cada exploração. A negrito estão assinalados os valores mais altos correspondentes aos indicadores e critérios.

		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%
Indicadores	CPE-H	0,0	0,00	4784,3	3,81	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	115,8	0,09	0,0	0,00
	CPE	41158,0	32,77	8706,8	6,93	87754,5	69,87	70261,7	55,94	49917,3	39,74	25792,9	20,54	44688,4	35,58	61252,5	48,77	41495,4	33,04
	ACP-H	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	9,6	0,01	0,0	0,00	0,0	0,00
	ACP	508,0	0,40	0,0	0,00	324,0	0,26	2478,2	1,97	1827,0	1,45	32118,9	25,57	3963,9	3,16	9624,0	7,66	4829,9	3,85
	CA	219,0	0,17	108295,3	86,22	0,0	0,00	12299,0	9,79	2320,0	1,85	963,8	0,77	2172,0	1,73	2577,0	2,05	1843,6	1,47
	ARV-H	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00
	ARV	0,0	0,00	0,0	0,00	918,8	0,73	919,9	0,73	187,5	0,15	1037,1	0,83	1054,6	0,84	1220,7	0,97	1295,0	1,03
	ARB-H	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	60,3	0,05	0,0	0,00	86,9	0,07	773,3	0,62	467,2	0,37	212,1	0,17
	ARB	323,6	0,26	87,3	0,07	1563,9	1,25	367,7	0,29	70,3	0,06	604,4	0,48	663,6	0,53	4016,0	3,20	199,3	0,16
	HER-H	0,0	0,00	0,0	0,00	14,1	0,01	29,6	0,02	0,0	0,00	0,0	0,00	8,5	0,01	0,0	0,00	66,6	0,05
	HER	1228,0	0,98	106,7	0,08	6482,0	5,16	8833,7	7,03	13714,6	10,92	2991,5	2,38	5912,0	4,71	12969,7	10,33	22214,6	17,69
	BOS-H	749,6	0,60	356,0	0,28	0,0	0,00	0,0	0,00	137,9	0,11	0,0	0,00	20852,0	16,60	159,1	0,13	0,0	0,00
	BOS	61641,6	49,08	1424,0	1,13	11623,9	9,25	13886,0	11,06	45707,5	36,39	41397,2	32,96	34504,0	27,47	6663,0	5,30	34634,5	27,58
	URB-V	3187,2	2,54	1779,0	1,42	6389,2	5,09	6165,8	4,91	2866,8	2,28	3716,1	2,96	5228,0	4,16	8881,7	7,07	3060,1	2,44
	URB	16210,0	12,91	60,7	0,05	10052,9	8,00	10290,8	8,19	8787,3	7,00	16736,6	13,33	5770,1	4,59	17516,5	13,95	15703,4	12,50
	AQU	375,0	0,30	0,0	0,00	476,8	0,38	7,4	0,01	63,8	0,05	154,8	0,12	0,0	0,00	137,0	0,11	45,5	0,04
Critérios	C	41885,0	33,35	121786,3	96,96	88078,5	70,13	85038,9	67,71	54064,3	43,04	58875,6	46,88	50833,9	40,47	73569,2	58,57	48168,9	38,35
	VS	63942,8	50,91	1974,0	1,57	20602,7	16,40	24097,1	19,19	59817,8	47,63	46117,0	36,72	63768,0	50,77	25495,5	20,30	58622,1	46,67
	U	19772,2	15,74	1839,7	1,46	16918,9	13,47	16464,0	13,11	11717,9	9,33	20607,4	16,41	10998,1	8,76	26535,3	21,13	18809,0	14,98

Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaçõ, 6 - Quinta da Massõrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões, ACP - Associação de culturas perenes sem hospedeiros, ACP-H - Associação de culturas perenes com pelo menos um hospedeiro, ARB - Arbustos não hospedeiros, ARB-H - Arbustos hospedeiros, ARV - Árvores não hospedeiros, ARV-H - Árvores hospedeiras, AQU - Aquático, BOS - Bosque não hospedeiro, BOS-H - Bosque hospedeiro, CA - Culturas anuais, CPE - Culturas perenes estremes não hospedeiras, CPE-H - Culturas perenes estremes hospedeiras, HER - Herbáceas não hospedeiras, HER-H - Herbáceas hospedeiras, URB - Urbano sem vegetação, URB-V - Urbano com vegetação..

Analisando a Tabela 10, as explorações com maior área cultivada foram: 2, 3, 4, 8, enquanto as explorações 1, 7, 5, 9 e 6 apresentaram maior área de vegetação silvestre. Relativamente a áreas urbanas, apesar da sua presença ter sido consideravelmente baixa comparativamente às anteriores, os maiores valores registados corresponderam às explorações: 8, 6, 1 e 9. Quanto a áreas hospedeiras, observou-se maior abundância nas explorações 7, 2, 1 e 9, e menor nas explorações 3, 6, 4 e 5. É de esperar que a abundância de hospedeiros beneficie a permanência de *D. suzukii* nas explorações durante o inverno.

Relativamente à exploração 1 (Cermouros), detetaram-se principalmente áreas de vegetação silvestre (50,91%) e cultivadas (33,35%), onde houve, respetivamente, predominância de bosque não hospedeiro (49,08%) e culturas perenes estromes não hospedeiras (32,77%). Os menores valores foram associados a infraestruturas urbanas, dentro das quais se destacaram áreas sem vegetação. Importa referir que dentro do limite de paisagem considerado, 0,6% da área é composta por bosque hospedeiro (749,60 m²) (Tabela 10).

Na exploração 2 (Veiga da Correlhã), predominaram áreas cultivadas (96,96%), destacando-se as culturas anuais (86,22%). Nesta exploração infraestruturas de vegetação silvestre e urbanas foram escassas, correspondendo respetivamente apenas a 1,57 e 1,46% da paisagem analisada. Quanto aos hospedeiros, observaram-se tanto em culturas perenes estromes como em bosque, ocupando cerca de 4% da paisagem (5140,3 m²) (Tabela 10).

Na paisagem da exploração 3 (Quinta Sra. da Piedade), verificaram-se maioritariamente infraestruturas cultivadas (70,18%), principalmente culturas perenes estromes não hospedeiras (69,87%). Por outro lado, os menores valores foram associados a infraestruturas classificadas como vegetação silvestre e urbanas: 16,40 e 13,47% respetivamente. Relativamente aos hospedeiros, apenas se observaram herbáceas hospedeiras que ocuparam 0,01% da área analisada (Tabela 10).

Quanto à exploração 4 (Requião), cerca de 80% da exploração correspondeu a áreas cultivadas, onde predominaram as culturas perenes estromes com um total de 70261,7 m² (55,94%) Com menor representação, as áreas de vegetação silvestre e urbano apresentaram valores percentuais de 18,19 e 13,11% respetivamente. As áreas hospedeiras equivaleram apenas a 0,07% da paisagem, dos quais 0,05% eram arbustos e 0,02% herbáceas (Tabela 10).

Na exploração 5 (Gestaço), os valores das áreas de cultivado e vegetação silvestre foram muito semelhantes: 43,04 e 47,63%, respetivamente. Dentro das áreas cultivadas destacam-se as culturas perenes estremes não hospedeiras (39,74%), e na vegetação silvestre áreas de bosque não hospedeiro (36,39%). Quanto às infraestruturas urbanas, apenas corresponderam a 9,33% da paisagem. Relativamente aos hospedeiros, apenas foram observados bosque hospedeiro que constituiu cerca de 0,11% da área (137 m²) (Tabela 10).

Analisando a exploração 6 (Quinta da Massôrra) com base na Tabela 10 é possível observar que a paisagem é composta principalmente por áreas cultivadas (46,88%) e de vegetação silvestre (36,72%). Dentro da área cultivada, são de destacar as infraestruturas: associação não hospedeira (25,57%) e culturas perenes estremes não hospedeiras (20,54%). Em relação à vegetação silvestre, denota-se as áreas de bosque não hospedeiro que ocuparam cerca de 33% da paisagem (41397,2 m²). Por outro lado, as áreas de urbano tiveram menor expressão, correspondendo a 16,41% da área considerada. Importa também referir que a área de hospedeiros foi baixa, correspondendo a arbustos hospedeiros (86,9%).

Relativamente à exploração 7 (Santa Marinha do Zêzere), foi observada uma área superior de vegetação silvestre (50,77%), comparativamente à de cultivado (40,47%) e urbana (8,76%). Dentro da vegetação silvestre destacaram-se as infraestruturas: bosque não hospedeiro (27,47%) e bosque hospedeiro (16,6%), enquanto nas áreas cultivadas destacaram-se as culturas perenes estremes às quais corresponderam 35,58% da área delimitada. Nesta exploração, o total de hospedeiros compôs cerca de 17% da paisagem (Tabela 10).

Quanto à exploração 8 (Fermil), áreas cultivadas predominaram na paisagem (58,57%) comparativamente a áreas urbanas (21,13) e de vegetação silvestre (20,30%). Entre infraestruturas cultivadas, destacaram-se as culturas perenes estremes (33,04%). Relativamente aos hospedeiros, apenas constituem cerca de 0,6% da paisagem (Tabela 10).

Por fim, na exploração 9 (fundões), foram detetadas principalmente áreas de vegetação silvestre (46,67%) e cultivadas (38,35%), nomeadamente de bosque não hospedeiro (27,58%) e cultura perene estreme não hospedeira (33,04%), respetivamente. Os menores valores estão associados a infraestruturas urbanas, correspondendo a 14,98% da área total. Nesta exploração os hospedeiros apenas constituem cerca de 0,22% da área de estudo considerada (Tabela 10).

4.3. Modelo hierárquico de classificação das explorações

Foi construído, para cada exploração, o modelo hierárquico de classificação da paisagem e determinados dos respetivos Índices de Paisagem, permitindo a análise dos diferentes perfis de paisagens e a comparação entre estes. Assim primeiramente é apresentada uma análise mais detalhada de cada modelo hierárquico e no final uma análise mais geral onde são comprados os resultados obtidos entre explorações.

Analisando o modelo hierárquico aplicado para a exploração 1 (Tabela 11), é possível observar que após a ponderação das áreas dos respetivos indicadores, o critério VS destaca-se com um valor de 60,07, enquanto os critérios U e C obtiveram valores ponderados inferiores, mas próximos: 48,79 e 47,63 respetivamente. Após a ponderação dos mesmos, foi determinado um Índice de Paisagem no valor de 85,71.

Tabela 11 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 1 (Cermouros).

Índice de Paisagem	Critério*	Ponderação	Valor	Indicador*	Ponderação	Valor
85,71	C	2	47,63	CPE-H	5	0,00
				CPE	2	41158,00
				ACP-H	4	0,00
				ACP	3	508,00
				CA	1	219,00
	VS	3	60,07	ARV-H	7	0,00
				ARV	3	0,00
				ARB-H	6	0,00
				ARB	2	323,60
				HER-H	5	0,00
				HER	1	1228,00
				BOS-H	8	749,60
				BOS	4	61641,60
	U	1	48,79	URB-V	2	3187,20
				URB	1	16210,00
				AQU	1	375,00

*A terminologia utilizada para os critérios pode ser consultada na secção 3.2.3

Relativamente à exploração 2 (Veiga da Correlhã), através do modelo hierárquico (Tabela 12) verifica-se uma diferença considerável entre os valores ponderados dos critérios, onde C se destacou com um valor de 84,79, enquanto aos critérios U e VS corresponderam valores inferiores: 7,69 e 2,08, respetivamente. O índice de Paisagem obtido a partir dos valores ponderados dos critérios resultou no valor 48,50.

Tabela 12 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 2 (Veiga da Correlhã)

Índice de Paisagem	Critério*	Ponderação	Valor	Indicador*	Ponderação	Valor
48,50	C	2	84,79	CPE-H	5	4784,25
				CPE	2	8706,75
				ACP-H	4	0,00
				ACP	3	0,00
				CA	1	108295,30
	VS	3	2,08	ARV-H	7	0,00
				ARV	3	0,00
				ARB-H	6	0,00
				ARB	2	87,30
				HER-H	5	0,00
				HER	1	106,70
				BOS-H	8	356,00
				BOS	4	1424,00
	U	1	7,69	URB-V	2	1779,00
				URB	1	60,70
				AQU	1	0,00

*A terminologia utilizada para os critérios pode ser consultada na secção 3.2.3

Quanto à exploração 3 (Quinta Sra. da Piedade), é possível observar que após a ponderação das áreas dos respetivos indicadores, o critério C apresentou um maior valor ponderado (100) comparativamente ao critério U (49,53) e, principalmente, ao critério VS (13,91). O valor do Índice de Paisagem obtido foi de 76,99 (Tabela 13).

Tabela 13 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 3 (Quinta Sra. da Piedade)

Índice de Paisagem	Critério*	Ponderação	Valor	Indicador*	Ponderação	Valor
76,99	C	2	100	CPE-H	5	0,00
				CPE	2	87754,47
				ACP-H	4	0,00
				ACP	3	324,00
				CA	1	0,00
	VS	3	13,91	ARV-H	7	0,00
				ARV	3	918,80
				ARB-H	6	0,00
				ARB	2	1563,90
				HER-H	5	14,10
				HER	1	6482,00
				BOS-H	8	0,00
				BOS	4	11623,87
	U	1	49,53	URB-V	2	6389,20
				URB	1	10052,86
				AQU	1	476,80

*A terminologia utilizada para os critérios pode ser consultada na secção 3.2.3

Relativamente à exploração 4 (Requião) e analisando o modelo hierárquico (Tabela 14), o critério com maior valor ponderado foi o C (90,81), seguido dos critérios U (48,09) e VS (16,14). Após a ponderação destes valores, esta exploração obteve um Índice de Paisagem com o valor 73,51.

Tabela 14 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 4 (Requião)

Índice de Paisagem	Critério*	Ponderação	Valor	Indicador*	Ponderação	Valor
73,51	C	2	90,81	CPE-H	5	0,00
				CPE	2	70261,70
				ACP-H	4	0,00
				ACP	3	2478,20
				CA	1	12299,00
	VS	3	16,14	ARV-H	7	0,00
				ARV	3	919,92
				ARB-H	6	60,30
				ARB	2	367,71
				HER-H	5	29,55
				HER	1	8833,65
				BOS-H	8	0,00
				BOS	4	13886,00
	U	1	48,09	URB-V	2	6165,76
				URB	1	10290,79
				AQU	1	7,42

*A terminologia utilizada para os critérios pode ser consultada na secção 3.2.3

Com base no modelo hierárquico da exploração 5 (Gestação) apresentado na Tabela 15, é possível observar que após a ponderação das áreas dos respectivos indicadores, o critério com maior valor ponderado foi o C (60,99) seguido da VS (46,83) e U (30,99). Para esta exploração, o Índice de Paisagem obtido foi 77,56.

Tabela 15 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 5 (Gestação)

Índice de Paisagem	Critério*	Ponderação	Valor	Indicador*	Ponderação	Valor
77,56	C	2	60,99	CPE-H	5	0,00
				CPE	2	49917,30
				ACP-H	4	0,00
				ACP	3	1827,00
				CA	1	2320,00
	VS	3	46,83	ARV-H	7	0,00
				ARV	3	187,50
				ARB-H	6	0,00
				ARB	2	70,30
				HER-H	5	0,00
				HER	1	13714,60
				BOS-H	8	137,90
				BOS	4	45707,50
	U	1	30,99	URB-V	2	2866,80
				URB	1	8787,33
				AQU	1	63,77

*A terminologia utilizada para os critérios pode ser consultada na secção 3.2.3

Em relação à exploração 6 (Quinta da Massôrra), é possível observar pelo modelo hierárquico na Tabela 16 que o critério C apresentou o maior valor ponderado (70,31), seguido do critério U (51,68) e VS (40,94). Através destes valores, o Índice de Paisagem determinado para esta exploração foi 83,29.

Tabela 16 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 6 (Quinta da Massôrra)

Índice de Paisagem	Critério*	Ponderação	Valor	Indicador*	Ponderação	Valor
83,29	C	2	70,31	CPE-H	5	0,00
				CPE	2	25792,90
				ACP-H	4	0,00
				ACP	3	32118,85
				CA	1	963,80
	VS	3	40,94	ARV-H	7	0,00
				ARV	3	1037,10
				ARB-H	6	86,85
				ARB	2	604,36
				HER-H	5	0,00
				HER	1	2991,50
				BOS-H	8	0,00
				BOS	4	41397,20
	U	1	51,68	URB-V	2	3716,10
				URB	1	16736,58
				AQU	1	154,76

*A terminologia utilizada para os critérios pode ser consultada na secção 3.2.3

Quanto à exploração 7 (Santa Marinha do Zêzere), é possível observar pelo modelo hierárquico na Tabela 17 que o critério VS apresentou um maior valor (75,53), seguido do C (58,63) e do U (38,48). Através destes valores, o Índice de Paisagem determinado para esta exploração foi 100.

Tabela 17 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 7 (Santa Marinha do Zêzere)

Índice de Paisagem	Critério*	Ponderação	Valor	Indicador*	Ponderação	Valor
100,00	C	2	58,63	CPE-H	5	0,00
				CPE	2	44688,43
				ACP-H	4	9,58
				ACP	3	3963,92
				CA	1	2172,00
	VS	3	75,53	ARV-H	7	0,00
				ARV	3	1054,60
				ARB-H	6	773,30
				ARB	2	663,60
				HER-H	5	8,47
				HER	1	5912,03
				BOS-H	8	20852,00
				BOS	4	34503,97
	U	1	34,48	URB-V	2	5228,00
				URB	1	5770,10
				AQU	1	0,00

*A terminologia utilizada para os critérios pode ser consultada na secção 3.2.3

Em relação à exploração 8 (Fermil), é possível observar através dos resultados do modelo hierárquico na Tabela 18 que os critérios C e U obtivera os maiores valores ponderados: 87,56 e 75,26, respetivamente. Por outro lado, a VS apresentou um valor ponderado inferior: 13,08. Atendendo a estes valores, para esta exploração foi determinado um Índice de Paisagem de 76,55.

Tabela 18 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 8 (Fermil)

Índice de Paisagem	Critério*	Ponderação	Valor	Indicador*	Ponderação	Valor
76,55	C	2	87,56	CPE-H	5	115,80
				CPE	2	61252,47
				ACP-H	4	0,00
				ACP	3	9624,00
				CA	1	2576,96
	VS	3	13,08	ARV-H	7	0,00
				ARV	3	1220,65
				ARB-H	6	467,15
				ARB	2	4015,97
				HER-H	5	0,00
				HER	1	12969,65
				BOS-H	8	159,10
				BOS	4	6662,96
	U	1	75,26	URB-V	2	8881,70
				URB	1	17516,55
				AQU	1	137,04

*A terminologia utilizada para os critérios pode ser consultada na secção 3.2.3

Através do modelo hierárquico da exploração 9 (Fundões) apresentado na Tabela 19, observa-se que o critério C apresentou o maior valor ponderado (56,28), seguido dos critérios U (46,47) e VS (39,34). Nesta exploração o Índice de Paisagem determinado foi 73,23.

Tabela 19 - Modelo hierárquico para determinação do Índice de Paisagem correspondente à exploração 9 (Fundões)

Índice de Paisagem	Critério*	Ponderação	Valor	Indicador*	Ponderação	Valor
73,23	C	2	56,28	CPE-H	5	0,00
				CPE	2	41495,40
				ACP-H	4	0,00
				ACP	3	4829,90
				CA	1	1843,60
	VS	3	39,34	ARV-H	7	0,00
				ARV	3	1294,98
				ARB-H	6	212,10
				ARB	2	199,30
				HER-H	5	66,60
				HER	1	22214,58
				BOS-H	8	0,00
				BOS	4	34634,54
	U	1	46,47	URB-V	2	3060,10
				URB	1	15703,40
				AQU	1	45,50

*A terminologia utilizada para os critérios pode ser consultada na secção 3.2.3

Uma vez obtidos os valores dos critérios ponderados e dos índices, os dados foram resumidos na Tabela 20. Na generalidade das explorações, os índices paisagísticos obtidos foram na sua maioria superiores a 70 (escala de 0-100). Particularizando, a exploração com maior valor foi a 7 (100), em oposição à exploração 2 que obteve o menor (48,5).

O valor ponderado de infraestruturas ecológicas classificadas como C foi superior nas explorações 3, 4, 8 e 2, contrariamente às explorações 7, 1, e 5 que, por sua vez, apresentaram maior valor ponderado de infraestruturas classificadas como VS. Na exploração 6 e 9 foram registados elevados valores ponderados nos dois critérios. Quanto ao critério U, a exploração 2 (7,69) apresenta menor área ponderada comparativamente às restantes explorações, sendo que a 8 foi a que obteve maior valor (75,26) (Tabela 20).

Tabela 20 - Valores dos critérios e do Índice de Paisagem obtidos nos modelos hierárquicos de cada exploração

Exploração	Índice de Paisagem	Critério C ponderado	Critério VS ponderado	Critério U ponderado
7	100,00	58,63	75,53	34,48
1	85,71	47,63	60,07	60,07
6	83,29	70,31	40,94	51,68
5	77,56	60,99	46,83	30,99
3	76,99	100,00	13,91	49,53
8	76,55	87,56	13,08	75,26
4	73,51	90,81	16,14	48,09
9	73,23	56,28	39,34	46,47
2	48,50	84,79	2,08	7,69

Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaç, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil, 9 - Fundões, C - Cultivado, VS - Vegetação silvestre e U - Urbano.

A diferença entre os índices sugere diferentes composições nas paisagens a nível de infraestruturas ecológicas benéficas para esta praga durante o inverno (Tabela 20). É de esperar que quanto maior o Índice de Paisagem das explorações, maior o registo de capturas de *D. suzukii*.

4.4. Relação entre os Índices de Paisagem e as capturas de *Drosophila suzukii*

Através da elaboração de *rankings*, foi possível organizar as explorações com base nos melhores valores de Índice de Paisagem e capturas de *D. suzukii* registadas (Tabela 21).

Tabela 21 - Descrição das explorações com os Índices de Paisagem e as capturas de *Drosophila suzukii*, com os respetivos *rankings* de capturas e Índices de Paisagem.

Exploração	Ranking Índices de Paisagem	IP	Ranking capturas	Capturas
7	1º	100,00	1º	9658,00
1	2º	85,71	3º	973,00
6	3º	83,29	2º	1027,00
5	4º	77,56	4º	452,00
3	5º	76,99	5º	245,00
8	6º	76,55	7º	102,00
4	7º	73,51	9º	26,00
9	8º	73,23	6º	149,00
2	9º	48,50	8º	61,00

Legenda: 1 - Cermouros 2 - Veiga da Correlhã, 3 - Quinta Sra. da Piedade, 4 - Requião, 5 - Gestaçô, 6 - Quinta da Massôrra, 7 - Santa Marinha do Zêzere, 8 - Fermil e 9 - Fundões

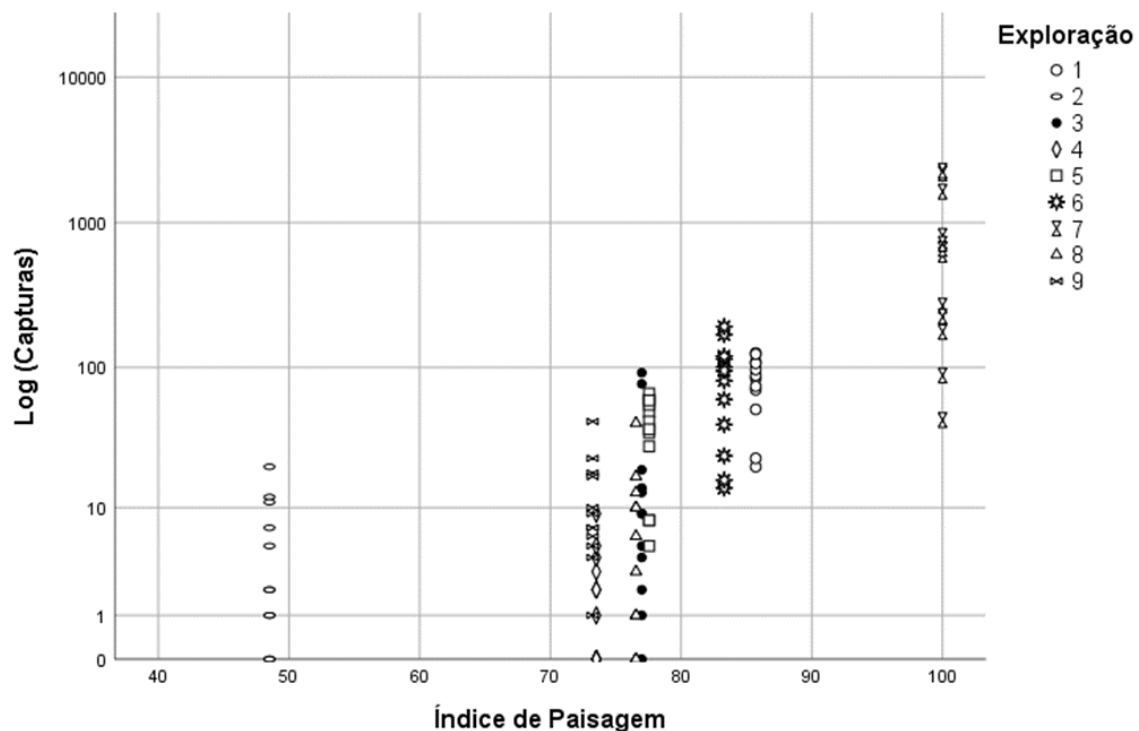
Com base na Tabela 21, é possível observar que os maiores valores de capturas registados estão associados às explorações com índices paisagísticos elevados, observando-se também que as menores capturas estão associadas a índices inferiores.

Para as explorações 7, 1, 6, 5, e 3 as primeiras posições no *ranking* dos índices corresponderam às primeiras posições no *ranking* de capturas, podendo observar-se que com o aumento dos índices de paisagem, há um provável aumento das capturas. Excecionalmente na exploração 4 apesar do índice elevado (73,51) apresenta o menor valor de capturas de *D. suzukii* (26 moscas). Contrariamente, a exploração 2 obteve valores baixos de índice (inferior a 50%) no entanto foram detetados mais indivíduos adultos do que na exploração 4, que teve um índice superior. Do mesmo modo, à exploração 8 correspondeu um índice mais elevado do que à exploração 9, contudo as capturas foram inferiores.

Atendendo a estes resultados, foi determinada a correlação entre estas duas variáveis através do Coeficiente de Correlação de Spearman. Desta análise resultou uma forte correlação positiva entre as capturas e os Índices de Paisagem para as duas extremidades com elevada significância estatística ($r_s(108) = 0,774$, $p < 0,01$). Ou seja,

em explorações com índices paisagísticos elevados ou baixos, é muito provável registar, respetivamente, elevadas ou baixas densidades populacionais de *D. suzukii*, logo é de esperar que explorações com índices semelhantes apresentem capturas também semelhantes.

Na Figura 14 encontra-se a representação gráfica das capturas de *D. suzukii* registadas durante o período do estudo (12 semanas) em função do Índice de Paisagem da respetiva exploração.



5. Discussão

Com base nos resultados, foi possível verificar que a quantidade (área) e a qualidade (valor ponderado) das infraestruturas ecológicas durante o inverno de 2019/2020 - traduzidos em Índices de Paisagem - tiveram uma forte correlação com a densidade populacional da praga neste período e região (Entre Douro e Minho), tal como já foi observado por Roque (2020). A nível geral, foram registados mais indivíduos de *D. suzukii* em explorações com maior quantidade (área) e qualidade (valor ponderado) de vegetação silvestre, comparativamente a explorações com valores inferiores. Os menores valores de capturas foram associados a explorações com maior quantidade de áreas cultivadas, tal como observou Burrack et al. (2013). Esta diferença pode ser devida à presença de áreas arborizadas que proporcionam abrigos e microclimas favoráveis à sobrevivência da praga (Santoiemma et al., 2019b), mas também pela disponibilidade de alimento, tal como reportou Wallingford et al. (2018), pela presença de frutos caídos e fungos (cogumelos) nas zonas adjacentes à cultura.

Relativamente aos casos analisados, as explorações 7, 6, 1 e 5 apresentaram não só os maiores valores de capturas, mas também os Índices de Paisagem mais elevados, tal como expectável. A área total de vegetação silvestre nestas explorações foi semelhante, contudo, através dos modelos hierárquicos, foi possível distinguir a qualidade das infraestruturas ecológicas existentes nestes locais. Particularizando a exploração 7, é possível que a abundância de indivíduos registados comparativamente às restantes explorações, seja devida à notória presença de hospedeiros, principalmente medronheiros (Rosa, 2016), que beneficiam a permanência da praga durante o inverno. Além disso, uma vez que este hospedeiro se encontra numa infraestrutura não intervencionada pelo Homem (bosque), é possível que exista uma grande disponibilidade de frutos não colhidos, e que, após a queda e quando danificados, potenciem as populações de *D. suzukii* (Tonina et al., 2018). Um dos riscos associados à falta de monitorização destas áreas, em conjunto com a temperatura, é a presença de hospedeiros favoráveis durante o inverno que, quando em condições ambientais não limitantes para a praga, permitem que esta se mantenha ativa e até a sua reprodução, tal como sugere Harris et al. (2014).

De salientar que a exploração 9 apresenta áreas de cultivado e vegetação silvestre semelhantes à exploração 7. Contudo, os valores tanto do índice como das capturas são muito diferentes. É provável que o menor valor ecológico traduzido pelo modelo, seja resultante da quantidade inferior de hospedeiros disponíveis para *D. suzukii*.

Por outro lado, foi possível observar que semelhanças entre capturas e Índices de Paisagem entre explorações, nem sempre espelham composições paisagísticas semelhantes, como é o caso das explorações 1 e 6. Esta última apresentou menor área e valor ponderado de infraestruturas correspondentes a vegetação silvestre e maiores valores para infraestruturas cultivadas, comparativamente à exploração 1. Deste modo, seria de esperar que na exploração 6 fossem registadas menos capturas. É possível que em paisagens heterogêneas o modelo seja pouco sensível às diferenças na presença de grandes áreas cultivadas pelo que, com base na ponderação, os Índices de Paisagem obtidos sejam semelhantes, sendo então necessário calibrar o modelo quando aplicado a zonas com zonas cultivadas mais extensas.

Além disso, é de referir que estes dois locais apenas distam cerca de 1 km, e por isso, segundo Gardiner et al. (2009), não são considerados espacialmente independentes. Atendendo à proximidade, a conexão entre as duas explorações através de infraestruturas ecológicas favoráveis - não consideradas neste estudo devido ao limite de 200 m - pode permitir o movimento da praga e por este motivo sejam registadas capturas com valores semelhantes, tal como sugere Harris et al. (2014). Deste modo, pode ser vantajoso estudar a influência da paisagem em *D. suzukii* considerando áreas superiores àquela considerada neste estudo, assim como o potencial efeito dos corredores ecológicos.

Tal como referido, em explorações com menores áreas de vegetação silvestre em detrimento de áreas cultivadas superiores (2, 3, 4, e 8) obtiveram os índices paisagísticos mais baixos, o que poderá indicar que explorações com menos vegetação silvestre e com infraestruturas de menor valor ecológico para *D. suzukii* (como espécies de menor densidade vegetativa,) não fornecem as melhores condições para a permanência da praga e, por isso, apresentam menor densidade populacional. Particularizando, as explorações 2 e 4 apresentaram os menores valores de capturas, porém diferem no Índice. Relativamente à exploração 2, é possível observar que apesar da predominância de culturas anuais, foram capturados mais indivíduos. Provavelmente, estas capturas devem-se à presença de framboesas remontantes como cultura e de bosque hospedeiro. Porém, é importante ter em conta a qualidade da cultura hospedeira uma vez que, geralmente, culturas comerciais são intervencionadas pelo Homem através de, por exemplo, tratamentos fitossanitários. Assim, a praga necessita de encontrar outros locais que sirvam de refúgio para se proteger, alimentar e/ou hibernar, procurando por hospedeiros alternativos (Arnó et al., 2016; Tonina et al., 2018). Atendendo que esta exploração carece de infraestruturas com vegetação

silvestre, na área estudada, é possível que a cultura principal seja insuficiente para manter a praga pela falta de abrigos. A este facto acrescenta-se a ausência de estruturas urbanas benéficas, como por exemplo aquecidas ou com vegetação, que proporcionem abrigos favoráveis para *D. suzukii* (Harris et al., 2014; Kimura, 2004). Deste modo, e considerando a pouca disponibilidade de refúgios na envolvente, o conjunto de todos estes fatores pode resultar numa diminuição da população, não obstante da existência de fruto no pomar.

Relativamente à exploração 4, as capturas foram inferiores para o elevado valor ecológico desta exploração para *D. suzukii*. Apesar da presença de hospedeiros (hera) e de infraestruturas classificadas como bosque sejam benéficas, outros fatores podem ter influenciado as capturas, como imprevistos que interferiram no desempenho da armadilha, ou até mesmo o local onde esta se encontrava, uma vez que a exposição direta ao sol diminui a sua eficiência. Segundo Drummond et al. (2019), a eficácia das armadilhas depende de muitos fatores ambientais, como chuva e ventos fortes, além disso a própria atratividade do líquido utilizado não é específica para esta praga. O conhecimento sobre o efeito do atrativo, o alcance e a própria estrutura da armadilha no campo poderá ser vantajoso na escolha dos atrativos e dos locais de monitorização para uma maior eficácia das mesmas.

Em todas as explorações, foram registados indivíduos de *D. suzukii* durante o inverno, o que mostra que apesar das temperaturas baixas registadas, esta praga esteve ativa na estação fria. Um dos motivos poderá dever-se ao facto de as temperaturas mínimas não terem sido limitantes, com base nos resultados observado em Winkler et al. (2020), contudo é muito provável que a heterogeneidade e complexidade das paisagens e infraestruturas ecológicas nas explorações permitam a sobrevivência e permanência da praga. Os Índices de Paisagem obtidos foram muito próximos, à exceção da exploração 7 que apresentava uma área considerável de hospedeiros, e da exploração 2 que por sua vez apresentou uma área agrícola muito extensa.

Na generalidade, à exceção da exploração 7, verificou-se maiores capturas de fêmeas relativamente aos machos, o que vai ao encontro do reportado por vários autores (Cloutier et al., 2021; Dalton et al., 2011; Shearer et al., 2016; Stockton et al., 2019; Zerulla et al., 2015). Tendo em conta que são as populações de fêmeas fecundadas no outono e resistentes à estação fria que, em condições ambientais favoráveis vão reinfestar as culturas na primavera, pode ser do interesse do produtor

adotar medidas de controlo contra esta população específica antes do início da maturação das culturas.

6. Conclusão

Neste trabalho foi desenvolvido um modelo hierárquico com base na composição da paisagem em nove explorações agrícolas da região de Entre Douro e Minho. Com este modelo foi possível avaliar a influência das infraestruturas ecológicas (num raio de 200 m), na manutenção das populações de inverno de *D. suzukii*, ao permitir a interpretação mais completa dos fatores que possibilitam a sua sobrevivência, essencial para uma boa gestão destas áreas através da adequação de estratégias de controlo da praga.

Foi possível explicar as capturas de *D. suzukii* nos meses de janeiro, fevereiro e março com base na paisagem envolvente, dos hospedeiros e da sua abundância e fenologia. Verificou-se que explorações agrícolas inseridas numa paisagem heterogénea e complexa são propícias à permanência de *D. suzukii* durante o inverno. Além disso, paisagens com maior área de vegetação silvestre e, principalmente, com hospedeiros silvestres, potenciam as populações sobreviventes ao inverno. Dentro destas áreas, são de destacar as infraestruturas com maior densidade vegetativa, como é o caso de bosques.

Com este estudo e com a ficha técnica que dele resulta, acredita-se ter contribuído para auxiliar a Estação de Avisos de Entre Douro e Minho (DRAPN) na sua missão de transmissão de conhecimento ao agricultor.

À luz deste conhecimento, sugere-se que durante o inverno sejam colocadas armadilhas atrativas para captura em massa em infraestruturas envolventes às explorações agrícolas, nomeadamente em bosques, privilegiando locais com hospedeiros suscetíveis. Estas armadilhas deverão ser substituídas semanalmente, diminuindo este período em caso de precipitação intensa. Além disso, é aconselhado remover os frutos que permaneçam no solo.

Para futuro seria interessante desenvolver estudos que abranjam outros fatores limitantes, assim como as práticas culturais aplicadas. Além disso, estudos que abranjam áreas maiores poderão permitir uma melhor perceção da dinâmica populacional desta praga, e se possível acompanhados de mais armadilhas atrativas limitando o risco de subestimação das populações.

7. Referências Bibliográficas

- Altieri, M. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1999, 74, 19-31. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6).
- Amaro, F.; Gonçalves, C.; Duarte, S.; Costa, C.A.; Albano, S.; Salvado, E. and Mexia, A. Tomate para indústria : biodiversidade e infra-estruturas ecológicas. *Revista de Ciências Agrárias* 2008, 31, 43-49. DOI:<https://doi.org/10.19084/rca.15599>.
- Arnó, J.; Solà, M.; Riudavets, J. and Gabarra, R. Population dynamics, non-crop hosts, and fruit susceptibility of *Drosophila suzukii* in Northeast Spain. *Journal of Pest Science* 2016, 89, 713-723. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0774-3>.
- Asplen, M.K.; Anfora, G.; Biondi, A.; Choi, D.S.; Chu, D.; Daane, K.M.; Gibert, P.; Gutierrez, A.P.; et al. Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *Journal of Pest Science* 2015, 88, 469-494. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-015-0681-z>.
- Atallah, J.; Teixeira, L.; Salazar, R.; Zaragoza, G. and Kopp, A. The making of a pest: The evolution of a fruit-penetrating ovipositor in *Drosophila suzukii* and related species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 2014, 281, 20132840. DOI:<https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2840>.
- Baillod, A.; Tscharrntke, T.; Clough, Y. and Batáry, P. Landscape-scale interactions of spatial and temporal cropland heterogeneity drive biological control of cereal aphids. *Journal of Applied Ecology* 2017, 54, 1804-1813. DOI:<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12910>.
- Bal, H.; Adams, C. and Grieshop, M. Evaluation of Off-season Potential Breeding Sources for Spotted Wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii* Matsumura) in Michigan. *Journal of Economic Entomology* 2017, 110, 2466-2470. DOI:<https://doi.org/10.1093/jee/tox252>.
- Bianchi, F.J.J.A.; Booij, C.J.H. and Tscharrntke, T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 2006, 273, 1715-1727. DOI:<https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>.
- Binder, C. and Wiek, A. The role of transdisciplinary processes in sustainability assessment of agricultural systems. In *Proceedings of the First Symposium of the International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture (INFASA)*, Bern, Switzerland, 16 March, 2007; pp. 362-375. Available online:https://www.iisd.org/system/files/publications/infasa_common_principles.pdf (accessed on 25/03/2021).
- Bockstaller, C.; Guichard, L.; Makowski, D.; Aveline, A.; Girardin, P. and Plantureux, S. Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 2008, 28, 139-149. DOI:<https://doi.org/10.1051/agro:2007052>.
- Boller, E.F.; Hani, F. and Poehling, H.-M. (2004). *Ecological Infrastructures: Ideabook on Functional Biodiversity at the Farm Level: Temperate Zones of Europe* (1 ed.). Swiss Centre for Agricultural Extension and Rural Development (LBL).

Briem, F.; Dominic, A.R.; Golla, B.; Hoffmann, C.; Englert, C.; Herz, A. and Vogt, H. Explorative data analysis of *drosophila suzukii* trap catches from a seven-year monitoring program in Southwest Germany. *Insects* 2018, 9, 125. DOI:<https://doi.org/10.3390/insects9040125>.

Briem, F.; Eben, A.; Gross, J. and Vogt, H. An invader supported by a parasite: Mistletoe berries as a host for food and reproduction of Spotted Wing *Drosophila* in early spring. *Journal of Pest Science* 2016, 89, 749-759. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0739-6>.

Bruno, D. Comparação de dispositivos e iscos para monitorização de *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) em pequenos frutos. Master Thesis, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Repositório da Universidade de Lisboa, 2014. Available online:<http://hdl.handle.net/10400.5/7423> (accessed on 14/02/2021).

Bunce, R.; Borgers, M.; Roche, P.; Walczak, M.; Geijzendorffer, I. and Jongman, R. *Manual for Habitat and Vegetation Surveillance and Monitoring: Temperate, Mediterranean and Desert Biomes*; 2011; p. 106. Available online:<https://edepot.wur.nl/165600> (accessed on 26/04/2021).

Burrack, H.J.; Fernandez, G.E.; Spivey, T. and Kraus, D.A. Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), an invasive frugivore. *Pest Management Science* 2013, 69, 1173-1180. DOI:<https://doi.org/10.1002/ps.3489>.

Cai, P.; Song, Y.; Yi, C.; Zhang, Q.; Xia, H.; Lin, J.; Zhang, H.; Yang, J.; et al. Potential host fruits for *Drosophila suzukii*: olfactory and oviposition preferences and suitability for development. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 2019, 167, 880-890. DOI:<https://doi.org/10.1111/eea.12840>.

Calabria, G.; Máca, J.; Bächli, G.; Serra, L. and Pascual, M. First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology* 2012, 136, 139-147. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01583.x>.

Casimiro, P. Estrutura, composição e configuração da paisagem conceitos e princípios para a sua quantificação no âmbito da ecologia da paisagem. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais* 2009, 75-99. Available online:<http://www.apdr.pt/siterper/numeros/RPER20/20.6.pdf> (accessed on 17/01/2021).

Chen, Y.; Li, Q.; Li, J.; Pan, D.; Hu, W.; Liu, P. and Hu, H. Seasonal monitoring of *Drosophila suzukii* and its non-crop hosts in Wuhu, Eastern China. *Journal of Applied Entomology* 2021, 145, 1-9. DOI:<https://doi.org/10.1111/jen.12835>.

Chown, S.L.; Slabber, S.; McGeoch, M.A.; Janion, C. and Leinaas, H.P. Phenotypic plasticity mediates climate change responses among invasive and indigenous arthropods. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 2007, 274, 2531-2537. DOI:<https://doi.org/10.1098/rspb.2007.0772>.

Cini, A.; Anfora, G.; Escudero-Colomar, L.A.; Grassi, A.; Santosuosso, U.; Seljak, G. and Papini, A. Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe. *Journal of Pest Science* 2014, 87, 559-566. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-014-0617-z>.

Cini, A.; Ioriatti, C. and Anfora, G. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bulletin of Insectology* 2012, 65, 149-160. Available online: <https://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2012/20123199066.pdf> (accessed on 18/02/2021).

Cloutier, C.; Guay, J.F.; Champagne-Cauchon, W. and Fournier, V. Overwintering survival of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in temperature regimes emulating partly protected winter conditions in a cold-temperate climate of Québec, Canada. *Canadian Entomologist* 2021, 153, 259-278. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2021.6>.

Cohen, M.; Bilodeau, C.; Alexandre, F.; Godron, M.; Andrieu, J.; Grésillon, E.; Garlatti, F. and Morganti, A. What is the plant biodiversity in a cultural landscape? A comparative, multi-scale and interdisciplinary study in olive groves and vineyards (Mediterranean France). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2015, 212, 175-186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.023>.

Costa, C.A.; Correia, H.E.; Correia, P.; Costa, D.; Gaião, D.; Guiné, R.; Coelho, C.; Costa, J.M.; et al. (2016). *E-book - Agricultura biológica* Available online: <http://hdl.handle.net/10400.19/4071> (accessed on 20/03/2021).

Cunha, M. (2018). *Silvicultura Geral: Terminologia florestal.*, Material didático de apoio à unidade curricular de Silvicultura Geral Faculdade de Ciência da Universidade do Porto. Available online: <https://www.fc.up.pt/pessoas/mccunha/Silvicultura/AGII.htm> (accessed on 15/04/2021).

Dalton, D.T.; Walton, V.M.; Shearer, P.W.; Walsh, D.B.; Caprile, J. and Isaacs, R. Laboratory survival of *Drosophila suzukii* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trapping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. *Pest Management Science* 2011, 67, 1368-1374. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.2280>.

Deutsch, C.A.; Tewksbury, J.J.; Huey, R.B.; Sheldon, K.S.; Ghalambor, C.K.; Haak, D.C. and Martin, P.R. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2008, 105, 6668-6672. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0709472105>.

Diepenbrock, L.M. and Burrack, H.J. Variation of within-crop microhabitat use by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blackberry. *Journal of Applied Entomology* 2017, 141, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1111/jen.12335>.

Drummond, F.; Ballman, E. and Collins, J. Population Dynamics of Spotted Wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii* (Matsumura)) in Maine Wild Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton). *Insects* 2019, 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects10070205>.

Eben, A.; Reifenrath, M.; Briem, F.; Pink, S. and Vogt, H. Response of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to extreme heat and dryness. *Agricultural and Forest Entomology* 2018, 20, 113-121. DOI: <https://doi.org/10.1111/afe.12235>.

Enriquez, T. and Colinet, H. Basal tolerance to heat and cold exposure of the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *PeerJ* 2017. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.3112>.

EPPO (2012). First report of *Drosophila suzukii* in Portugal. Available online: <https://gd.eppo.int/reporting/article-2415> (accessed on 10/10/2020).

EPPO. PM 7/115 (1) *Drosophila suzukii*. EPPO Bulletin 2013, 43, 417-424. DOI:<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/epp.12059>.

EPPO (2021a). *Drosophila suzukii* (DROSSU). Available online: <https://gd.eppo.int/taxon/DROSSU> (accessed on 16/07/2021).

EPPO (2021b). *Drosophila suzukii* (DROSSU) distribution. Available online: <https://gd.eppo.int/taxon/DROSSU/distribution> (accessed on 22/09/2021).

EPPO (2021c). EPPO Datasheet: *Drosophila suzukii*. EPPO datasheets on pests recommended for regulation. Available online: <https://gd.eppo.int/> (accessed on 05/01/2021).

Fiedler, A.K.; Landis, D.A. and Wratten, S.D. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: The role of habitat management. *Biological Control* 2008, 45, 254-271. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.12.009>.

Fleskens, L.; Duarte, F. and Eicher, I. A conceptual framework for the assessment of multiple functions of agro-ecosystems: A case study of Trás-os-Montes olive groves. *Journal of Rural Studies* 2009, 25, 141-155. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.08.003>.

Franin, K.; Barić, B. and Kuštera, G. The role of ecological infrastructure on beneficial arthropods in vineyards. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2016, 14, 10-10. DOI:<https://doi.org/10.5424/sjar/2016141-7371>.

Frater, P. and Franks, J. Measuring agricultural sustainability at the farm-level: A pragmatic approach. *International Journal of Agricultural Management* 2013, 2, 207-207. DOI:<https://doi.org/10.5836/ijam/2013-04-04>.

Gardiner, M.M.; Landis, D.A.; Gratton, C.; Schmidt, N.; O'Neal, M.; Mueller, E.; Chacon, J.; Heimpel, G.E.; et al. Landscape composition influences patterns of native and exotic lady beetle abundance. *Diversity and Distributions* 2009, 15, 554-564. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00563.x>.

Gavriel, S.; Gazit, Y.; Leach, A.; Mumford, J. and Yuval, B. Spatial patterns of sterile Mediterranean fruit fly dispersal. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 2012, 142, 17-26. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01197.x>.

Grassi, A.; Giongo, L. and Palmieri, L. *Drosophila* (Sophophora) *suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), new pest of soft fruits in Trentino (North-Italy) and in Europe. *Integrated Plant Protection in Soft Fruits IOBC/WPRS Bulletin* 2011, 70, 121-128. Available online:<https://www.cabi.org/ISC/abstract/20113404813> (accessed on 08/01/2020).

Grassi, A.; Gottardello, A.; Dalton, D.T.; Tait, G.; Rendon, D.; Ioriatti, C.; Gibeaut, D.; Rossi Stacconi, M.V.; et al. Seasonal Reproductive Biology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Temperate Climates. *Environmental Entomology* 2018, 47, 166-174. DOI:<https://doi.org/10.1093/ee/nvx195>.

Green, C.; Moore, P. and Sial, A. Impact of heat stress on development and fertility of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae). *Journal of Insect Physiology* 2019, 114, 45-52. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2019.02.008>.

Haan, N.L.; Zhang, Y. and Landis, D.A. Predicting Landscape Configuration Effects on Agricultural Pest Suppression. *Trends in Ecology and Evolution* 2020, 35, 175-186. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.10.003>.

Hamby, K.A.; Bellamy, D.E.; Chiu, J.C.; Lee, J.C.; Walton, V.M.; Wiman, N.G.; York, R.M. and Biondi, A. Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. *Journal of Pest Science* 2016, 89, 605-619. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0756-5>.

Haro-Barchin, E.; Scheper, J.; Ganuza, C.; De Groot, G.A.; Colombari, F.; van Kats, R. and Kleijn, D. Landscape-scale forest cover increases the abundance of *Drosophila suzukii* and parasitoid wasps. *Basic and Applied Ecology* 2018, 31, 33-43. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.07.003>.

Harris, D.W.; Hamby, K.A.; Wilson, H.E. and Zalom, F.G. Seasonal monitoring of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in a mixed fruit production system. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 2014, 17, 857-864. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.aspen.2014.08.006>.

Hauser, M. A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. *Pest Management Science* 2011, 67, 1352-1357. DOI:<https://doi.org/10.1002/ps.2265>.

Haye, T.; Girod, P.; Cuthbertson, A.G.S.; Wang, X.G.; Daane, K.M.; Hoelmer, K.A.; Baroffio, C.; Zhang, J.P.; et al. Current SWD IPM tactics and their practical implementation in fruit crops across different regions around the world. *Journal of Pest Science* 2016, 89, 643-651. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0737-8>.

Hennig, E.I.; Kuske, S. and Mazzi, D. Rôle des structures paysagères dans la propagation de la drosophile du cerisier. *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture* 2017, 49, 256-262. Available online:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087820> (accessed on 19/06/2021).

Hennig, E.I. and Mazzi, D. Spotted Wing *Drosophila* in Sweet Cherry Orchards Resource Availability. *Insects* 2018, 9. DOI:<https://doi.org/10.3390/insects9030118>.

IFAP. *Manual de conceitos e regras de delimitação*; Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas, I.P.: 2021. Available online:https://www.ifap.pt/documents/182/6687838/Conceitos_Regras+de+Delimita%C3%A7%C3%A3o_Fevereiro+2021.pdf (accessed on 19/06/2021).

Jakobs, R.; Garipey, T.D. and Sinclair, B.J. Adult plasticity of cold tolerance in a continental-temperate population of *Drosophila suzukii*. *Journal of Insect Physiology* 2015, 79, 1-9. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.05.003>.

Kamiyama, M.T.; Bradford, B.Z.; Groves, R.L. and Guédot, C. Degree day models to forecast the seasonal phenology of *Drosophila suzukii* in tart cherry orchards in the Midwest U.S. *PLoS ONE* 2020, 15. DOI:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227726>.

Kanzawa, T. Studies on *Drosophila suzukii* Mats. Kofu. *Review of Applied Entomology* 1939, 29, 622. Available online:<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19410501073> (accessed on 18/01/2021).

Keeseey, I.W.; Knaden, M. and Hansson, B.S. Olfactory Specialization in *Drosophila suzukii* Supports an Ecological Shift in Host Preference from Rotten to Fresh Fruit. *Journal of Chemical Ecology* 2015, 41, 121-128. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10886-015-0544-3>.

Kenis, M.; Tonina, L.; Eschen, R.; van der Sluis, B.; Sancassani, M.; Mori, N.; Haye, T. and Helsen, H. Non-crop plants used as hosts by *Drosophila suzukii* in Europe. *Journal of Pest Science* 2016, 89, 735-748. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0755-6>.

Kimura, M. Cold and heat tolerance of drosophilid flies with reference to their latitudinal distributions. *Oecologia* 2004, 140, 442-449. DOI:<https://doi.org/10.1007/s00442-004-1605-4>.

Kinjo, H.; Kunimi, Y. and Nakai, M. Effects of temperature on the reproduction and development of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Applied Entomology and Zoology* 2014, 49, 297-304. DOI:<https://doi.org/10.1007/s13355-014-0249-z>.

Kirkpatrick, D.M.; Gut, L.J. and Miller, J.R. Estimating Monitoring Trap Plume Reach and Trapping Area for *Drosophila suzukii* (Diptera : Drosophilidae) in. 2018, 111, 1285-1289. DOI:<https://doi.org/10.1093/jee/toy062>.

Kirkpatrick, D.M.; McGhee, P.S.; Gut, L.J. and Miller, J.R. Improving monitoring tools for spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 2017, 164, 87-93. DOI:<https://doi.org/10.1111/eea.12602>.

Kirschbaum, D.S.; Funes, C.F.; Buonocore-Biancheri, M.J.; Suárez, L. and Ovruski, S.M. (2020). The Biology and Ecology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). In Garcia, F.R.M. (Ed.), *Drosophila suzukii Management*. Springer. DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-030-62692-1_4

Klick, J.; Yang, W.Q.; Walton, V.M.; Dalton, D.T.; Hagler, J.R.; Dreves, A.J.; Lee, J.C. and Bruck, D.J. Distribution and activity of *Drosophila suzukii* in cultivated raspberry and surrounding vegetation. *Journal of Applied Entomology* 2016, 140, 37-46. DOI:<https://doi.org/10.1111/jen.12234>.

Košťál, V. Eco-physiological phases of insect diapause. *Journal of Insect Physiology* 2006, 52, 113-127. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2005.09.008>.

Landolt, P.J.; Adams, T. and Rogg, H. Trapping spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. *Journal of Applied Entomology* 2012, 136, 148-154. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01646.x>.

Lee, J.C.; Dreves, A.J.; Cave, A.M.; Kawai, S.; Isaacs, R.; Miller, J.C.; Timmeren, S.V. and Bruck, D.J. Infestation of wild and ornamental noncrop fruits by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Annals of the Entomological Society of America* 2015, 108, 117-129. DOI:<https://doi.org/10.1093/aesa/sau014>.

Little, C.M.; Little, C.M.; Chapman, T.W. and Hillier, N.K. Plasticity Is Key to Success of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) Invasion. *Journal of Insect Science* 2020, 20, 1-8. DOI:<https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa034>.

Mitsui, H.; Beppu, K. and Kimura, M.T. Seasonal life cycles and resource uses of flower- and fruit-feeding drosophilid flies (Diptera: Drosophilidae) in central Japan.

Entomological Science 2010, 13, 60-67. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2010.00372.x>.

Moczek, A.P. Phenotypic plasticity and diversity in insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 2010, 365, 593-603. DOI:<https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0263>.

Nava, D.E.; Botton, M.; Bernardi, D.; Andreazza, F. and Baronio, C.A. Bioecologia, monitoramento e controle de *Drosophila suzukii* na cultura do morangueiro. *Embrapa Agrobiologia - Documentos (INFOTECA-E)* 2015, 30-30. DOI:<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3120.7284>.

Neto, J. Desenvolvimento de indicadores da componente fauna- terrestre em contexto agrícola : reunião de uma metodologia de avaliação da sustentabilidade. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 2014. Available online:https://www.fc.up.pt/pessoas/ptsantos/teses/tese-JoanaNeto2014-indicadores_sustentabilidade_contexto_agricola.pdf (accessed on 10/01/2021).

Neto, J. and Cunha, M. Agricultural sustainability assessment using multicriteria indicators and hierarchical tools - A review. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics* 2020, 6, 381-400. DOI:<https://doi.org/10.1504/IJSAMI.2020.112849>.

Panel, A.D.C.; Zeeman, L.; van der Sluis, B.J.; van Elk, P.; Pannebakker, B.A.; Wertheim, B. and Helsen, H.H.M. Overwintered *Drosophila suzukii* are the main source for infestations of the first fruit crops of the season. *Insects* 2018, 9. DOI:<https://doi.org/10.3390/insects9040145>.

Pelton, E.; Gratton, C.; Isaacs, R.; Van Timmeren, S.; Blanton, A. and Guédot, C. Earlier activity of *Drosophila suzukii* in high woodland landscapes but relative abundance is unaffected. *Journal of Pest Science* 2016, 89, 725-733. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0733-z>.

Poyet, M.; Le Roux, V.; Gibert, P.; Meirland, A.; Prévost, G.; Eslin, P. and Chabrierie, O. The wide potential trophic niche of the asiatic fruit fly *Drosophila suzukii*: The key of its invasion success in temperate Europe? *PLoS ONE* 2015, 10. DOI:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142785>.

Pruess, K.P. Day-Degree Methods for Pest Management1. *Environmental Entomology* 1983, 12, 613-619. DOI:<https://doi.org/10.1093/ee/12.3.613>.

Rigby, D.; Woodhouse, P.; Young, T. and Burton, M. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics* 2001, 39, 463-478. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00245-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00245-2).

Roque, V.M. Determinação da influência dos fatores ambientais na dinâmica populacional de *Drosophila suzukii* (Matsumura) na Região Entre Douro e Minho. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 2020. Available online:<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/132155/2/442128.pdf> (accessed on 01/01/2020).

Ros, G.D.; Anfora, G.; Grassi, A. and Ioriatti, C. The potential economic impact of *Drosophila suzukii* on small fruits production in Trentino (Italy). *Integrated Plant Protection in Soft Fruits IOBC/wprs Bulletin* 2013, 91, 317-321. Available

online: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133302496> (accessed on 15/01/2021).

Rosa, P. Determinação da curva de voo e possíveis hospedeiros alternativos da praga *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) na cultura da framboesa na região do Algarve. Instituto Politécnico de Beja, 2016. Available online: <http://hdl.handle.net/20.500.12207/4543> (accessed on 16/01/2021).

Rosas-Ramos, N.; Baños-Picón, L.; Tobajas, E.; de Paz, V.; Tormos, J. and Asís, J.D. Value of ecological infrastructure diversity in the maintenance of spider assemblages: A case study of Mediterranean vineyard agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2018, 265, 244-253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.06.026>.

Rosas-Ramos, N.; Baños-Picón, L.; Tormos, J. and Asís, J.D. The complementarity between ecological infrastructure types benefits natural enemies and pollinators in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Annals of Applied Biology* 2019, 175, 193-201. DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12529>.

Rossi-Stacconi, M.V.; Kaur, R.; Mazzoni, V.; Ometto, L.; Grassi, A.; Gottardello, A.; Rota-Stabelli, O. and Anfora, G. Multiple lines of evidence for reproductive winter diapause in the invasive pest *Drosophila suzukii*: useful clues for control strategies. *Journal of Pest Science* 2016, 89, 689-700. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0753-8>.

Sales, F. (2007). Glossário de Termos Botânicos. Available online: https://www.uc.pt/herbario_digital/learn_botany/glossario/#top (accessed on 30/03/2021).

Santoiemma, G. Spatio-temporal dynamics of *Drosophila suzukii* : A landscape perspective. Available online: http://paduaresearch.cab.unipd.it/10804/1/Tesi_Giacomo_Santoiemma.pdf (accessed on 05/11/2020).

Santoiemma, G.; Fioretto, D.; Corcos, D.; Mori, N. and Marini, L. Spatial synchrony in *Drosophila suzukii* population dynamics along elevational gradients. *Ecological Entomology* 2019a, 44, 182-189. DOI: <https://doi.org/10.1111/een.12688>.

Santoiemma, G.; Mori, N.; Tonina, L. and Marini, L. Semi-natural habitats boost *Drosophila suzukii* populations and crop damage in sweet cherry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2018, 257, 152-158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.013>.

Santoiemma, G.; Trivellato, F.; Caloi, V.; Mori, N. and Marini, L. Habitat preference of *Drosophila suzukii* across heterogeneous landscapes. *Journal of Pest Science* 2019b, 92, 485-494. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1052-3>.

Scheffers, B.R.; Edwards, D.P.; Diesmos, A.; Williams, S.E. and Evans, T.A. Microhabitats reduce animal's exposure to climate extremes. *Global Change Biology* 2014, 20, 495-503. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12439>.

Schmidt, J.M.; Whitehouse, T.S.; Green, K.; Krehenwinkel, H.; Schmidt-Jeffris, R. and Sial, A.A. Local and landscape-scale heterogeneity shape spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*) activity and natural enemy abundance: Implications for trophic interactions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2019, 272, 86-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.11.014>.

Schmidt, M.H. and Tscharrntke, T. The role of perennial habitats for Central European farmland spiders. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2005, 105, 235-242. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.03.009>.

Schöneberg, T.; Arsenault-Benoit, A.; Taylor, C.M.; Butler, B.R.; Dalton, D.T.; Walton, V.M.; Petran, A.; Rogers, M.A.; et al. Pruning of small fruit crops can affect habitat suitability for *Drosophila suzukii*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2020, 294, 106860-106860. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106860>.

Shearer, P.W.; West, J.D.; Walton, V.M.; Brown, P.H.; Svetec, N. and Chiu, J.C. Seasonal cues induce phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* to enhance winter survival. *BMC Ecology* 2016, 16. DOI:<https://doi.org/10.1186/s12898-016-0070-3>.

Sheng, J.; Gao, F.; Andile, M.; Wang, L.; Sandhu, H.S.; Ouyang, F. and Zhao, Z.H. Crop diversity and land simplification effects on pest damage in northern China. *Annals of the Entomological Society of America* 2017, 110, 91-96. DOI:<https://doi.org/10.1093/aesa/saw058>.

Sivakoff, F.S.; Rosenheim, J.A.; Dutilleul, P. and Carrière, Y. Influence of the surrounding landscape on crop colonization by a polyphagous insect pest. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 2013, 149, 11-21. DOI:<https://doi.org/10.1111/eea.12101>.

Stefanucci, S.; Graça, A.; Novello, V.; Belda, I.; Carlos, C. and Gautier, J. (2018). *Functional biodiversity in the vineyard* (OIV, Ed.) Available online:www.oiv.int (accessed on 20/06/2021).

Stockton, D.; Wallingford, A.; Rendon, D.; Fanning, P.; Green, C.K.; Diepenbrock, L.; Ballman, E.; Walton, V.M.; et al. Interactions between biotic and abiotic factors affect survival in overwintering *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Environmental Entomology* 2019, 48, 454-464. DOI:<https://doi.org/10.1093/ee/nvy192>.

Tait, G.; Grassi, A.; Pfab, F.; Crava, C.M.; Dalton, D.T.; Magarey, R.; Ometto, L.; Vezzulli, S.; et al. Large-scale spatial dynamics of *Drosophila suzukii* in Trentino, Italy. *Journal of Pest Science* 2018, 91, 1213-1224. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-018-0985-x>.

Tait, G.; Mermer, S.; Stockton, D.; Lee, J.; Avosani, S.; Abrieux, A.; Anfora, G.; Beers, E.; et al. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): A Decade of Research Towards a Sustainable Integrated Pest Management Program. *Journal of Economic Entomology* 2021, 114, 1950-1974. DOI:<https://doi.org/10.1093/jee/toab158>.

Teets, N.M. and Denlinger, D.L. Physiological mechanisms of seasonal and rapid cold-hardening in insects. *Physiological Entomology* 2013, 38, 105-116. DOI:<https://doi.org/10.1111/phen.12019>.

Thistlewood, H.M.A.; Gill, P.; Beers, E.H.; Shearer, P.W.; Walsh, D.B.; Rozema, B.M.; Acheampong, S.; Castagnoli, S.; et al. Spatial analysis of seasonal dynamics and overwintering of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in the Okanagan-Columbia Basin, 2010–2014. *Environmental Entomology* 2018, 47, 221-232. DOI:<https://doi.org/10.1093/ee/nvx178>.

Tochen, S.; Dalton, D.T.; Wiman, N.; Hamm, C.; Shearer, P.W. and Walton, V.M. Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. *Environmental Entomology* 2014, 43, 501-510. DOI:<https://doi.org/10.1603/EN13200>.

Tochen, S.; Walton, V.M. and Lee, J.C. Impact of floral feeding on adult *Drosophila suzukii* survival and nutrient status. *Journal of Pest Science* 2016a, 89, 793-802. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0762-7>.

Tochen, S.; Woltz, J.M.; Dalton, D.T.; Lee, J.C.; Wiman, N.G. and Walton, V.M. Humidity affects populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberry. *Journal of Applied Entomology* 2016b, 140, 47-57. DOI:<https://doi.org/10.1111/jen.12247>.

Tonina, L.; Mori, N.; Giomi, F. and Battisti, A. Development of *Drosophila suzukii* at low temperatures in mountain areas. *Journal of Pest Science* 2016, 89, 667-678. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0730-2>.

Tonina, L.; Mori, N.; Sancassani, M.; Dall'Ara, P. and Marini, L. Spillover of *Drosophila suzukii* between noncrop and crop areas: implications for pest management. *Agricultural and Forest Entomology* 2018, 20, 575-581. DOI:<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/afe.12290>.

Tscharntke, T.; Karp, D.S.; Chaplin-Kramer, R.; Batáry, P.; DeClerck, F.; Gratton, C.; Hunt, L.; Ives, A.; et al. When natural habitat fails to enhance biological pest control – Five hypotheses. *Biological Conservation* 2016, 204, 449-458. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.001>.

Urbaneja-bernat, P.; Polk, D.; Sanchez-pedraza, F.; Benrey, B.; Salamanca, J. and Rodriguez-saona, C. Non-crop habitats serve as a potential source of spotted-wing drosophila (Diptera : Drosophilidae) to adjacent cultivated highbush blueberries (Ericaceae). *The Canadian Entomologist* 2020, 152, 474-489. DOI:<https://doi.org/10.4039/tce.2020.2>.

Vacas, S.; Primo, J.; Manclús, J.J.; Montoya, Á. and Navarro-Llopis, V. Survey on *Drosophila suzukii* natural short-term dispersal capacities using the mark-release-recapture technique. *Insects* 2019, 10. DOI:<https://doi.org/10.3390/insects10090268>.

Wallingford, A.K.; Lee, J.C. and Loeb, G.M. The influence of temperature and photoperiod on the reproductive diapause and cold tolerance of spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 2016, 159, 327-337. DOI:<https://doi.org/10.1111/eea.12443>.

Wallingford, A.K.; Rice, K.B.; Leskey, T.C. and Loeb, G.M. Overwintering Behavior of *Drosophila suzukii*, and Potential Springtime Diets for Egg Maturation. *Environmental Entomology* 2018, 47, 1266-1273. DOI:<https://doi.org/10.1093/ee/nvy115>.

Walsh, D.B.; Bolda, M.P.; Goodhue, R.E.; Dreves, A.J.; Lee, J.; Bruck, D.J.; Walton, V.M.; O'Neal, S.D.; et al. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *Journal of Integrated Pest Management* 2011, 2, 3-9. DOI:<https://doi.org/10.1603/IPM10010>.

Wang, X.; Kaçar, G. and Daane, K.M. Temporal dynamics of host use by *Drosophila suzukii* in California's San Joaquin valley: Implications for area-wide pest management. *Insects* 2019, 10. DOI:<https://doi.org/10.3390/insects10070206>.

Wang, X.G.; Stewart, T.J.; Biondi, A.; Chavez, B.A.; Ingels, C.; Caprile, J.; Grant, J.A.; Walton, V.M.; et al. Population dynamics and ecology of *Drosophila suzukii* in Central California. *Journal of Pest Science* 2016, 89, 701-712. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0747-6>.

Wiman, N.G.; Walton, V.M.; Dalton, D.T.; Anfora, G.; Burrack, H.J.; Chiu, J.C.; Daane, K.M.; Grassi, A.; et al. Integrating temperature-dependent life table data into a matrix projection model for drosophila suzukii population estimation. *PLoS ONE* 2014, 9. DOI:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106909>.

Winkler, A.; Jung, J.; Kleinhenz, B. and Racca, P. A review on temperature and humidity effects on *Drosophila suzukii* population dynamics. *Agricultural and Forest Entomology* 2020, 22, 179-192. DOI:<https://doi.org/10.1111/afe.12381>.

Xavier, A.; Costa Freitas, M.d.B.; Fragoso, R. and Rosário, M.d.S. A regional composite indicator for analysing agricultural sustainability in Portugal: A goal programming approach. *Ecological Indicators* 2018, 89, 84-100. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.048>.

Young, Y.A. Behavioral ecology of an invasive species : habitat and mate preference (s) in *Drosophila suzukii*. 2017. Available online:<https://scholars.wlu.ca/etd/1982/#:~:text=https%3A%2F%2Fscholars.wlu.ca%2Fetd%2F1982> (accessed on 03/12/2020).

Zerulla, F.; Schmidt, S.; Streitberger, M.; Zebitz, C.P. and Zelger, R. On the overwintering ability of *Drosophila suzukii* in South Tyrol. *Journal of Berry Research* 2015, 5, 41-48. DOI:<https://doi.org/https://doi.org/10.3233/JBR-150089>.

Anexo I - Lista de hospedeiros conhecidos de *Drosophila suzukii*

Lista de hospedeiros conhecidos de *Drosophila suzukii*

<i>Acca sellowiana</i> (Berg) Burret (Myrtaceae)	<i>Lonicera caerulea</i> L. (Caprifoliaceae)	<i>Ribes hudsonianum</i> var. <i>petiolare</i> (Douglas) Jancz. (Grossulariaceae)
<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. (Actinidiaceae)	<i>Lonicera caprifolium</i> L. (Caprifoliaceae)	<i>Ribes nigrum</i> L. (Grossulariaceae)
<i>Actinidia chinensis</i> Planch. (Actinidiaceae)	<i>Lonicera japonica</i> Thunb. (Caprifoliaceae)	<i>Ribes rubrum</i> L. (Grossulariaceae)
<i>Actinidia deliciosa</i> (Chev.) C.F.Liang & A.R.Ferguson (Actinidiaceae)	<i>Lonicera ferdinandii</i> Franch. (Caprifoliaceae)	<i>Ribes sanguineum</i> Pursh (Grossulariaceae)
<i>Alangium platanifolium</i> (Siebold & Zucc.) Harms (Cornaceae)	<i>Lonicera maackii</i> (Rupr.) Maxim. (Caprifoliaceae)	<i>Ribes uva-crispa</i> L. (Grossulariaceae)
<i>Amelanchier alnifolia</i> Nutt. (Rosaceae)	<i>Lonicera morrowii</i> Gray (Caprifoliaceae)	<i>Rosa acicularis</i> Lindl. (Rosaceae)
<i>Amelanchier x lamarckii</i> F.G.Schroed. (Rosaceae)	<i>Lonicera nigra</i> L. (Caprifoliaceae)	<i>Rosa canina</i> L. (Rosaceae)
<i>Amelanchier ovalis</i> Medik. (Rosaceae)	<i>Lonicera nitida</i> E.H.Wilson (Caprifoliaceae)	<i>Rosa glauca</i> Pourr. (Rosaceae)
<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>brevipedunculata</i> (Maxim.) Momiy. (Vitaceae)	<i>Lonicera sempervirens</i> L. (Caprifoliaceae)	<i>Rosa pimpinellifolia</i> Jacq. (Rosaceae)
<i>Arbutus unedo</i> L. (Ericaceae)	<i>Lonicera tatarica</i> L. (Caprifoliaceae)	<i>Rosa rugosa</i> Thunb. (Rosaceae)
<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott (Rosaceae)	<i>Lonicera xylosteum</i> L. (Caprifoliaceae)	<i>Rubus allegheniensis</i> Porter (Rosaceae)
<i>Arum italicum</i> Mill. (Araceae)	<i>Lonicera</i> sp. (Caprifoliaceae)	<i>Rubus armeniacus</i> Focke (Rosaceae)
<i>Arum maculatum</i> L. (Araceae)	<i>Lycium barbarum</i> L. (Solanaceae)	<i>Rubus caesius</i> L. (Rosaceae)
<i>Atropa belladonna</i> L. (Solanaceae)	<i>Mahonia</i> spp. (Berberidaceae)	<i>Rubus chamaemorus</i> L. (Rosaceae)
<i>Aucuba japonica</i> Thunb. (Garryaceae)	<i>Malpighia emarginata</i> DC. (Malpighiaceae)	<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge (Rosaceae)
<i>Basella alba</i> L. (Basellaceae)	<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh. (Rosaceae)	<i>Rubus fruticosus</i> L. (Rosaceae)
<i>Berberis aquifolium</i> Pursh (Berberidaceae)	<i>Malus domestica</i> Borkh. (Rosaceae)	<i>Rubus hedycarpus</i> subsp. <i>armeniacus</i> Focke (Rosaceae)
<i>Bryonia cretica</i> L. (Cucurbitaceae)	<i>Malus pumila</i> Kitam. (Rosaceae)	<i>Rubus idaeus</i> L. (Rosaceae)
<i>Butia eriospatha</i> (Mart. ex Drude) Becc. (Ericaceae)	<i>Malus sylvestris</i> Mill. (Rosaceae)	<i>Rubus laciniatus</i> Willd. (Rosaceae)
<i>Callicarpa americana</i> L. (Lamiaceae)	<i>Malus</i> spp. (Rosaceae)	<i>Rubus microphyllus</i> L.fil. (Rosaceae)
<i>Citrus x sinensis</i> (L.) Osbeck (Rutaceae)	<i>Magnifera indica</i> L. (Anacardiaceae)	<i>Rubus occidentalis</i> L. (Rosaceae)
<i>Cocculus carolinus</i> (L.) DC. (Menispermaceae)	<i>Morella rubra</i> Lour. (Myricaceae)	<i>Rubus parvifolius</i> L. (Rosaceae)
<i>Cornus alba</i> L. (Cornaceae)	<i>Morus alba</i> L. (Moraceae)	<i>Rubus phoenicolasius</i> Maxim. (Rosaceae)

<i>Cornus amomum</i> Mill. (Cornaceae)	<i>Morus alba</i> × <i>Morus rubra</i> (Moraceae)	<i>Rubus saxatilis</i> L. (Rosaceae)
<i>Cornus canadensis</i> L. (Cornaceae)	<i>Morus australis</i> Poir. (Moraceae)	<i>Rubus spectabilis</i> Pursh (Rosaceae)
<i>Cornus controversa</i> Hemsl. (Cornaceae)	<i>Morus nigra</i> L. (Moraceae)	<i>Rubus strigosus</i> Michx. (Rosaceae)
<i>Cornus foemina</i> Mill. (Cornaceae)	<i>Morus rubra</i> L. (Moraceae)	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott (Rosaceae)
<i>Cornus kousa</i> Bürger ex Hance (Cornaceae)	<i>Morus</i> sp. (Moraceae)	<i>Rubus ursinus</i> Cham. & Schldl. (Rosaceae)
<i>Cornus mas</i> L. (Cornaceae)	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jacq. (Rutaceae)	<i>Rubus</i> × <i>loganobaccus</i> L.H.Bailey (Rosaceae)
<i>Cornus racemosa</i> Lam. (Cornaceae)	<i>Paris quadrifolia</i> L. (Melanthiaceae)	<i>Rubus</i> sp. (Rosaceae)
<i>Cornus sanguinea</i> L. (Cornaceae)	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. (Vitaceae)	<i>Sambucus canadensis</i> L. (Adoxaceae)
<i>Cornus sericea</i> L. (Cornaceae)	<i>Photinia beauverdiana</i> C.K.Schneid. (Rosaceae)	<i>Sambucus ebulus</i> L. (Adoxaceae)
<i>Cornus</i> spp. (Cornaceae)	<i>Photinia villosa</i> (Thunb.) DC. (Rosaceae)	<i>Sambucus nigra</i> L. (Adoxaceae)
<i>Cotoneaster apiculatus</i> Rehder & E.H.Wilson (Rosaceae)	<i>Photinia prunifolia</i> (Hook. & Arn.) Lindl. (Rosaceae)	<i>Sambucus racemosa</i> L. (Adoxaceae)
<i>Cotoneaster bullatus</i> Bois ex Bilm. & Bois (Rosaceae)	<i>Phytolacca americana</i> L. (Phytolaccaceae)	<i>Sarcococca confusa</i> Sealy (Buxaceae)
<i>Cotoneaster franchetii</i> Boiss. (Rosaceae)	<i>Phytolacca esculenta</i> Van Houtte (Phytolaccaceae)	<i>Skimmia japonica</i> Thunb. (Rutaceae)
<i>Cotoneaster lacteus</i> W.W.Sm. (Rosaceae)	<i>Physalis alkekengi</i> L. (Solanaceae)	<i>Solanum carolinense</i> L. (Solanaceae)
<i>Cotoneaster rehderi</i> Pojark. (Rosaceae)	<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All. (Liliaceae)	<i>Solanum chenopodioides</i> Lam. (Solanaceae)
<i>Cotoneaster</i> × <i>watereri</i> Exell (Rosaceae)	<i>Prunus armeniaca</i> L. (Rosaceae)	<i>Solanum dulcamara</i> L. (Solanaceae)
<i>Crataegus chrysocarpa</i> Ashe (Rosaceae)	<i>Prunus avium</i> L. (Rosaceae)	<i>Solanum lycopersicum</i> L. (Solanaceae)
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq. (Rosaceae)	<i>Prunus buergeriana</i> Miq. (Rosaceae)	<i>Solanum nigrum</i> L. (Solanaceae)
<i>Curcubita pepo</i> L. (Cucurbitaceae)	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. (Rosaceae)	<i>Solanum tuberosum</i> L. (Solanaceae)
<i>Daphne mezereum</i> L. (Thymelaeaceae)	<i>Prunus cerasus</i> L. (Rosaceae)	<i>Solanum villosum</i> Mill. (Solanaceae)
<i>Diospyros kaki</i> L.f. (Ebenaceae)	<i>Prunus domestica</i> L. (Rosaceae)	<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz (Rosaceae)
<i>Duchesnea indica</i> (Andr.) Focke (Rosaceae)	<i>Prunus donarium</i> Siebold (Rosaceae)	<i>Sorbus aucuparia</i> L. (Rosaceae)
<i>Elaeagnus multiflora</i> Thunb. (Elaeagnaceae)	<i>Prunus japonica</i> Thunb. (Rosaceae)	<i>Sorbus sitchensis</i> M.Roem. (Rosaceae)
<i>Elaeagnus</i> × <i>ebbingei</i> Boom (Elaeagnaceae)	<i>Prunus laurocerasus</i> L. (Rosaceae)	<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) C.Koch (Caprifoliaceae)
<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb. (Elaeagnaceae)	<i>Prunus lusitanica</i> L. (Rosaceae)	<i>Tamus communis</i> L. (Dioscoreaceae)
<i>Elaeagnus</i> spp. (Elaeagnaceae)	<i>Prunus mahaleb</i> L. (Rosaceae)	<i>Taxus baccata</i> L. (Taxaceae)
<i>Empetrum nigrum</i> L. (Ericaceae)	<i>Prunus nipponica</i> Matsum. (Rosaceae)	<i>Torreya nucifera</i> (L.) Siebold & Zucc. (Taxaceae)

<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl. (Rosaceae)	<i>Prunus padus</i> L. (Rosaceae)	<i>Vaccinium angustifolium</i> Aiton (Ericaceae)
<i>Eugenia involucrata</i> DC. (Myrtaceae)	<i>Prunus persica</i> (L.) Stokes (Rosaceae)	<i>Vaccinium ashei</i> Reade (Ericaceae)
<i>Eugenia uniflora</i> L. (Myrtaceae)	<i>Prunus pensylvanica</i> L.fil. (Rosaceae)	<i>Vaccinium corymbosum</i> L. (Ericaceae)
<i>Ficus carica</i> L. (Moraceae)	<i>Prunus salicina</i> Lindl. (Rosaceae)	<i>Vaccinium macrocarpon</i> Aiton (Ericaceae)
<i>Ficus</i> spp. (Moraceae)	<i>Prunus sargentii</i> Rehder (Rosaceae)	<i>Vaccinium myrtilloides</i> Michx. (Ericaceae)
<i>Fragaria vesca</i> L. (Rosaceae)	<i>Prunus serotina</i> Ehrh. (Rosaceae)	<i>Vaccinium myrtillus</i> L. (Ericaceae)
<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> (Weston) Rozier (Rosaceae)	<i>Prunus spinosa</i> L. (Rosaceae)	<i>Vaccinium oldhamii</i> Miq. (Ericaceae)
<i>Fragaria</i> spp. (Rosaceae)	<i>Prunus virginiana</i> L. (Rosaceae)	<i>Vaccinium ovatum</i> Pursh (Ericaceae)
<i>Frangula alnus</i> Mill. (Rhamnaceae)	<i>Prunus</i> × <i>yedoensis</i> Matsum.(Rosaceae)	<i>Vaccinium praestans</i> Lamb. (Ericaceae)
<i>Frangula caroliniana</i> (Walter) A.Gray (Rhamnaceae)	<i>Prunus</i> spp. (Rosaceae)	<i>Vaccinium uliginosum</i> L. (Ericaceae)
<i>Frangula purshiana</i> (DC.) J.G.Cooper (Rhamnaceae)	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine (Myrtaceae)	<i>Vaccinium virgatum</i> Aiton (Ericaceae)
<i>Fuchsia</i> spp. (Onagraceae)	<i>Psidium guajava</i> L. (Myrtaceae)	<i>Vaccinium vitis-idea</i> L. (Ericaceae)
<i>Gaultheria adenothrix</i> (Miq.) Maxim. (Ericaceae)	<i>Punica granatum</i> L. (Punicaceae)	<i>Vaccinium</i> sp. (Ericaceae)
<i>Gaultheria shallon</i> Pursh (Ericaceae)	<i>Pyracantha</i> sp. (Rosaceae)	<i>Viburnum cassinoides</i> L. (Adoxaceae)
<i>Gaultheria</i> × <i>wisleyensis</i> D.J.Middleton (Ericaceae)	<i>Pyrus calleryana</i> Decne. (Rosaceae)	<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb. (Adoxaceae)
<i>Hedera helix</i> L. (Araliaceae)	<i>Pyrus communis</i> L. (Rosaceae)	<i>Viburnum lantana</i> L. (Adoxaceae)
<i>Hippophae rhamnoides</i> L. (Elaeagnaceae)	<i>Pyrus sinensis</i> Hemsl. (Rosaceae)	<i>Viburnum opulus</i> L. (Adoxaceae)
<i>Ilex mucronata</i> (L.) M.Powell, Savol. & S.Andrews (Aquifoliaceae)	<i>Pyrus pyrifolia</i> (Burm.fil.) Nakai (Rosaceae)	<i>Viburnum rhytidophyllum</i> Hemsl. (Adoxaceae)
<i>Iris</i> spp. (Iridaceae)	<i>Pyrus</i> spp. (Rosaceae)	<i>Viscum album</i> L. (Santalaceae)
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton (Oleaceae)	<i>Rhamnus caroliniana</i> Walter (Rhamnaceae)	<i>Vitis labrusca</i> L. (Vitaceae)
<i>Ligustrum vulgare</i> L. (Oleaceae)	<i>Rhamnus cathartica</i> L. (Rhamnaceae)	<i>Vitis rotundifolia</i> Michx. (Vitaceae)
<i>Lindera benzoin</i> (L.) Meisn. (Lauraceae)	<i>Rhamnus fallax</i> Boiss. (Rhamnaceae)	<i>Vitis vinifera</i> L. (Vitaceae)
<i>Lonicera alpigena</i> L. (Caprifoliaceae)	<i>Ribes aureum</i> Pursh (Grossulariaceae)	<i>Vitis</i> spp. (Vitaceae)

Adaptado de: (Kenis et al., 2016; Little et al., 2020; Walsh et al., 2011)