

# **Bioecologia do bichado-da-fruta, *Cydia pomonella* L. e estudo de modelos de desenvolvimento para previsão do risco**

**Vanessa Santin Guerra**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do  
Grau de Mestre em Agroecologia no âmbito da dupla diplomação com a  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Orientação

**Prof.º Dr.º Albino António Bento -IPB**

Coorientação

**Prof.º Dr.º Idemir Citadin – UTFPR**

**Eng. Msc. Maria Eliza Cota e Souza - IPB**

**Bragança  
2023**



À minha família

Meus pais

E amigos.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e saúde.

À minha família, minha base, que sempre apoiou incondicionalmente o meu processo acadêmico, muito obrigada por todo amor e incentivo.

As pessoas muito especiais na minha vida, Igor, Francieli, Renan, Pedro, Maiara, Bruno e Magno, e outros bons amigos que Bragança me presenteou.

Ao Prof.º Dr. ° Jacinto Batista por conceder seu tempo e pela disponibilidade em ajudar.

Ao meu orientador Prof.º Dr. ° Albino António Bento pelo acolhimento e orientação na realização da dissertação.

A minha coorientadora Eng. Msc. Maria Eliza Cota e Souza por toda ajuda, apoio e incentivo.

Ao meu coorientador Prof.º Dr. ° Idemir Citadin pelo apoio e orientação durante a minha formação.

Também agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco e Instituto Politécnico de Bragança pela oportunidade de realizar a dupla diplomação.

Deixo aqui minha gratidão por todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação.

## RESUMO

Considerada praga-chave da macieira, *Cydia pomonella* L., popularmente conhecida como bichado-da-fruta, causa danos ao perfurar frutos e torná-los impróprios para comercialização. A abordagem convencional para o controle desta praga envolve o uso de pesticidas químicos. No entanto, devido às desvantagens associadas a essa prática, como o desenvolvimento de resistência e impactos negativos sobre insetos não-alvo, métodos de monitorização e estratégias alternativas, como a confusão sexual, têm sido adotados para reduzir de forma assertiva e sustentável a população da praga. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar a eficácia de duas estratégias de proteção no combate à *C. pomonella*, a proteção integrada (PI) e a confusão sexual (CS) através da avaliação de ataque aos frutos, em pomares localizados em Carrazeda Ansiães e Armamar em 2020 e 2021. Monitorizou-se a dinâmica populacional dos adultos de *C. pomonella* com recurso a armadilhas e a partir desta, ajustaram-se modelos de desenvolvimento com as temperaturas locais registadas. Paralelamente comparou-se o efeito das duas estratégias de proteção fitossanitária na abundância e diversidade funcional de artrópodes associados à macieira. Em Carrazeda de Ansiães, os resultados das capturas em armadilhas mostraram níveis populacionais superiores nos pomares em CS em relação aos pomares em PI. As taxas de desorientação masculina variaram de 67% a 100%, enquanto o número de gerações ao longo do período de monitorização variou de uma a duas. Já em Armamar, os pomares em PI registraram maior número médio total de capturas por armadilha comparado aos pomares em CS. Ambos os anos apresentaram duas gerações, com taxas de desorientação masculina variando de 14% a 100%. A estratégia CS reduziu os estragos em frutos provocados pela praga, entretanto, ambas as estratégias superaram o nível econômico de ataque de 1%, exceto na parcela em CS em Armamar, que não registrou danos em 2021. O modelo de desenvolvimento não apresentou consistência na previsão dos estágios de vida do bichado-da-fruta em várias datas. O pomar em PI apresentou uma abundância significativamente maior de artrópodes (2490 indivíduos) em comparação com o pomar em CS (1333 indivíduos), enquanto não houve diferença significativa na riqueza e no índice de Simpson entre os tratamentos. Os grupos mais abundantes em ambos os tratamentos foram Diptera, Afídeo, Aranea e Parasitoides (Hymenoptera). A interação significativa entre o tratamento e a data revelou a influência conjunta desses fatores nas populações de herbívoros, parasitoides, polinizadores e predadores em ambas as estratégias de proteção fitossanitária. Os resultados obtidos, demonstraram que o controlo da praga depende do conhecimento do seu comportamento em relação ao ambiente. Além disso, a fauna auxiliar pode desempenhar um papel importante na limitação natural do bichado-da-fruta, sendo necessário aprofundar o conhecimento para clarificar o papel de cada grupo na limitação natural de pragas da macieira.

**Palavras-chave:** Bichado-da-fruta, proteção integrada, confusão sexual, modelos de desenvolvimento, fauna auxiliar.

## ABSTRACT

Considered a key pest of apple trees, *Cydia pomonella* L., popularly known as the Codling moth, causes damage by penetrating into fruits, making them unsuitable for sale. The conventional approach in order to control this pest involves the use of chemical pesticides. Nevertheless, due to disadvantages associated with this practice, such as the development of resistance and negative impacts on non-target insects, monitoring methods and alternative strategies, such as mating disruption, have been adopted to reduce the pest population accurately and sustainably (to assertively and sustainably reduce the pest population). In this context, the aim of this work was to study the effectiveness of two protection strategies in combating *C. pomonella*, integrated protection (PI) and sexual confusion (CS), by evaluating fruit damage (through the evaluation of attacks upon fruits) in orchards located in Carrazeda de Ansiães and Armamar in 2020 and 2021. The population dynamics of *C. pomonella* adults were monitored using traps, and based on this data, development models were adjusted with the recorded local temperatures (the local temperatures recorded). Additionally, the impact of the two phytosanitary protection strategies on the abundance and functional diversity of arthropods associated with apple trees was compared. In Carrazeda de Ansiães trap capture results have shown higher population levels in CS orchards compared to PI orchards. Male disruption rates ranged from 67% to 100%, while the number of generations over the monitoring period varied from one to two. In Armamar, PI orchards recorded a higher average total trap capture compared to CS orchards. Both years have demonstrated two generations with male disruption rates ranging from 14% to 100%. The CS strategy reduced fruit damage caused by the pest; however, both strategies exceeded the economic damage threshold of 1%, except for the CS plot in Armamar, which showed no damage in 2021. The development model lacked consistency in predicting the life stages of the fruit borer on various dates. The PI orchard has shown significantly higher arthropod abundance (2490 individuals) compared to the CS orchard (1333 individuals), with no significant difference in richness and Simpson's index between treatments. The most abundant groups in both treatments were Diptera, aphid, Aranea, and parasitoids (Hymenoptera). The significant interaction between treatment and date have shown the combined influence of these factors on the populations of herbivore, parasitoids, pollinators, and predators in both phytosanitary protection strategies. The results obtained have demonstrated that pest control depends on the understanding of its behavior in relation to the environment. Furthermore, beneficial fauna can play a crucial role in the natural limitation of the Codling moth, necessitating further research to clarify the role of each group in the natural limitation of apple tree pests.

**Keywords:** Codling moth, integrated pest management, mating disruption, development models, auxiliary fauna.

## ÍNDICE

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE QUADROS .....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1 Macieira, <i>Malus domestica</i> Borkh.....	13
2.1.1 Principais problemas fitossanitários que ocorrem na macieira .....	15
2.2 Bichado-da-fruta, <i>Cydia pomonella</i> L.....	16
2.2.1 Sistemática e Morfologia.....	16
2.2.2 Distribuição Geográfica.....	18
2.2.3 Bioecologia e comportamento .....	19
2.2.4 Sintomatologia.....	21
2.2.5 Estragos e prejuízos .....	21
2.3 Proteção integrada em macieira.....	22
2.4 Luta química.....	23
2.5 Luta biotécnica .....	24
2.5.1 Confusão sexual.....	25
2.6 Luta biológica.....	26
2.6.1 Limitação natural .....	27
2.6.2 Diversidade trófica/ funcional de artrópodes.....	29
2.7 Temperatura e dinâmica populacional de <i>Cydia pomonella</i> L.....	31
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Localização e caracterização dos pomares .....	33
3.1.1 Tratamentos .....	36
3.1.2 Dados climáticos .....	37
3.4 Monitorização do voo de <i>Cydia pomonella</i> L.....	39
3.5 Controlo de <i>Cydia pomonella</i> L. através da confusão sexual.....	40
3.6 Avaliação da intensidade de ataque nos frutos.....	41
3.7 Modelo de previsão para <i>Cydia pomonella</i> L.....	42
3.8 Avaliação do impacto das estratégias de controlo na entomofauna .....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45

4.1 Monitorização do voo de <i>Cydia pomonella</i> L. ....	45
4.2 Avaliação da eficácia das estratégias de controlo .....	52
4.3 Modelos de previsão para as populações de <i>Cydia pomonella</i> L. ....	56
4.4 Avaliação do impacto das estratégias de controlo na entomofauna .....	60
4.4.1 Abundância e diversidade de Artrópodes .....	60
4.4.2 Efeito do tratamento e da data nos grupos tróficos/ funcionais.....	61
4.4.3 Efeito do tratamento e da data na diversidade de artrópodes .....	70
5 CONCLUSÕES .....	73
6 REFERÊNCIAS .....	73



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Produção (t) e área produtiva (ha) de macieira em Portugal entre 2010 e 2022. ....	14
Figura 2 - Produção (t) e área produtiva (ha) de macieira NUTS II em 2022. ....	15
Figura 3 - Distribuição geográfica de <i>Cydia pomonella</i> L. ....	19
Figura 4 - Ciclo de vida (adulto, ovo, lagarta e pupa) de <i>Cydia pomonella</i> L. ....	20
Figura 5 - Sintomas da presença de <i>Cydia pomonella</i> L., galeria até ao caroço (A); orifícios arredondados e de contorno escuro (B). ....	21
Figura 6 - Pomar com estratégia de proteção integrada. Carrazeda de Ansiães, 2020. ....	33
Figura 7 - Pomar com estratégia de confusão sexual. Carrazeda de Ansiães, 2021. ....	34
Figura 8 - Pomar com estratégia de proteção integrada. Armamar, 2020. ....	35
Figura 9 - Pomar com estratégia de confusão sexual. Armamar, 2021. ....	35
Figura 10 - Precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e humidade na Região de Carrazeda de Ansiães em 2020. ....	38
Figura 11 - Precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e humidade na Região de Carrazeda de Ansiães em 2021. ....	38
Figura 12 - Precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e humidade na Região de Armamar, 2020. ....	39
Figura 13 - Precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e humidade na Região de Armamar, 2020. ....	39
Figura 14 - Armadilha tipo Delta em macieira (A); Armadilha aberta com feromona e adultos de <i>Cydia pomonella</i> L. (B). ....	40
Figura 15 - Difusor CheckMate® Puffer® CM. ....	41
Figura 16 - Observação visual de um fruto com orifício de penetração ou saída de <i>Cydia pomonella</i> L. ....	42
Figura 17 - Recolha de artrópodes por meio da técnica das pancadas (A); Identificação dos artrópodes amostrados em lupa binocular (B). ....	44
Figura 18 - Média $\pm$ erro padrão de adultos de <i>Cydia pomonella</i> L. capturados nas armadilhas delta na parcela em confusão sexual e proteção integrada, datas de tratamentos ( $\downarrow$ ) e percentagem de desorientação masculina ( $\blacktriangle$ ). Carrazeda de Ansiães, 2020. ....	45
Figura 19 - Média $\pm$ erro padrão de adultos de <i>Cydia pomonella</i> L. capturados nas armadilhas delta na parcela em confusão sexual e proteção integrada, datas de tratamentos ( $\downarrow$ ) e percentagem de desorientação masculina ( $\blacktriangle$ ). Carrazeda de Ansiães, 2021. ....	47
Figura 20 - Média $\pm$ erro padrão de adultos de <i>Cydia pomonella</i> L. capturados nas armadilhas delta na parcela em confusão sexual e proteção integrada, datas de tratamentos ( $\downarrow$ ) e percentagem de desorientação masculina ( $\blacktriangle$ ). Armamar, 2020. ....	49
Figura 21 - Média $\pm$ erro padrão de adultos de <i>Cydia pomonella</i> L. capturados nas armadilhas delta na parcela em confusão sexual e proteção integrada, datas de tratamentos ( $\downarrow$ ) e percentagem de desorientação masculina ( $\blacktriangle$ ). Armamar, 2021. ....	51
Figura 22 - Percentagem média de ataque de frutos em Carrazeda de Ansiães, 2020. ....	52
Figura 23 - Percentagem média de ataque de frutos em Carrazeda de Ansiães, 2021. ....	53
Figura 24 - Percentagem média de ataque de frutos em Armamar, 2020. ....	53

Figura 25 - Percentagem média de ataque de frutos em Armamar, 2021. ....	54
Figura 26 - Número médio de captura de adultos de <i>Cydia pomonella</i> L., em armadilhas e estágio de desenvolvimento em graus-dias. Carrazeda de Ansiães, 2020. ....	57
Figura 27 - Número médio de captura de adultos de <i>Cydia pomonella</i> L., em armadilhas e estágio de desenvolvimento em graus-dias. Carrazeda de Ansiães, 2021. ....	58
Figura 28 - Número médio de captura de adultos de <i>Cydia pomonella</i> L., em armadilhas e estágio de desenvolvimento em graus-dias. Armamar, 2020. ....	59
Figura 29 - Número médio de captura de adultos de <i>Cydia pomonella</i> L., em armadilhas e estágio de desenvolvimento em graus-dias. Armamar, 2021. ....	60
Figura 30 - Abundância de artrópodes capturados em pomares de macieira em confusão sexual e proteção integrada em Carrazeda de Ansiães em 2021. ....	61
Figura 31 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito do tratamento confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em herbívoros. ....	63
Figura 32 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito da interação tratamento (confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI)) nas datas na abundância de herbívoros. ....	64
Figura 33 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito do tratamento confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em parasitoides. ....	65
Figura 34 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito da interação tratamento (confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI)) nas datas na abundância de parasitoides. ....	65
Figura 35 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito do tratamento confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em polinizadores. ....	66
Figura 36 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito da interação tratamento (confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI)) nas datas na abundância de polinizadores. ....	67
Figura 37 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito do tratamento confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em em predadores. ....	68
Figura 38 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito da interação tratamento (confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI)) nas datas na abundância de predadores. ....	68
Figura 39 - Efeito do tratamento de confusão sexual e proteção integrada na abundância (A), riqueza (B) e Índice de Simpson (C) em artrópodes na região de Carrazeda de Ansiães em 2021. ....	71

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação taxonómica do bichado-da-fruta, <i>Cydia pomonella</i> L. ....	17
Quadro 2 - Metodologia de estimativa do risco e níveis económicos de ataque a adotar em macieiras para <i>Cydia pomonella</i> L. ....	23
Quadro 3 - Produtos comerciais homologados para o controlo da <i>Cydia pomonella</i> L. em macieira em 2023.....	24
Quadro 4 - Difusores mais utilizados para a confusão sexual para <i>Cydia pomonella</i> L. em Portugal.....	26
Quadro 5 - Tratamentos realizados no pomar em proteção integrada. Carrazeda de Ansiães, 2020. ....	36
Quadro 6 - Tratamentos realizados no pomar em proteção integrada. Carrazeda de Ansiães, 2021. ....	36
Quadro 7 - Tratamentos realizados no pomar em proteção integrada. Armamar, 2020..	37
Quadro 8 - Tratamentos realizados no pomar em proteção integrada. Armamar, 2021..	37
Quadro 9 - Previsão do desenvolvimento de <i>Cydia pomonella</i> L. com o modelo graus-dias.....	43
Quadro 10 - Resultados do GLM para os parâmetros de regressão estimados e erros padrão da resposta dos grupos tróficos/ funcionais ao tratamento, a data e a sua interação. ....	62
Quadro 11 - Abundância e percentagem (%) de herbívoros capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021. ....	62
Quadro 12 - Abundância e percentagem (%) de parasitoides capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021. ....	64
Quadro 13 - Abundância e percentagem (%) de polinizadores capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021. ....	66
Quadro 14 - Abundância e percentagem (%) de predadores capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021. ....	67
Quadro 15 - Abundância e percentagem (%) de outros artrópodes capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021. ....	69
Quadro 16 - Estatísticas resumidas dos modelos desenvolvidos para avaliar o efeito do tratamento de confusão sexual e proteção integrada em interação com a data na diversidade de famílias artrópodes na região de Carrazeda de Ansiães. ....	70

## 1 INTRODUÇÃO

A macieira (*Malus domestica* Borkh) é uma espécie frutícola pertencente à família Rosaceae que tem sua origem na região do Cáucaso, cadeia de montanhas da Ásia e no leste da China (Petri & Leite, 2009). A partir de lá a macieira foi disseminada por diversas partes do mundo (Bleicher, 2002; Hancock et al., 2008) e atualmente a maçã é a segunda fruta mais produzida a nível mundial, superando 93,1 milhões toneladas em 2021, sendo a produção na União Europeia de 12,3 milhões toneladas (FAOSTAT, 2023). Em Portugal é uma das principais frutas frescas produzidas, em 2022 a produção excedeu 291 mil toneladas (INE, 2023), representando um importante contributo para a produção agrícola e desenvolvimento local.

Apesar da expressividade, vários fatores afetam a produtividade e aumentam os custos de produção nos pomares de macieira, dentre estes, o ataque de pragas. A borboleta *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae), comumente conhecida como bichado-da-fruta, é considerada a principal praga da cultura (Balaško et al., 2020; Fernández, 2012). Este inseto apresenta duas a três gerações por ano, dependendo das condições climáticas locais. A cada geração as larvas perfuram frutos gerando galerias em direção a semente, da qual se alimentam, depreciando colheitas qualitativa e quantitativamente (Sousa, 2020). Segundo Kovalski et al. (2015), quando não devidamente controlada, pode provocar prejuízos em até 80% da produção.

Nesse contexto, a confusão sexual destaca-se como uma alternativa sustentável e económica de controlo do bichado-da-fruta (Knight et al., 2022; Weddle et al., 2009). Inserido na proteção integrada, esse método pretende reduzir a incidência da praga, modificando o comportamento dos machos adultos mediante a saturação da atmosfera com feromona sintética da fêmea, a qual os desorienta e impede de localizar a fêmea, dificultando o processo de acasalamento e, portanto, a reprodução da espécie (Witzgall et al., 2008). Esse método é inócuo para o ambiente, não deixa resíduos e não prejudica a fauna auxiliar (Kutinkova et al., 2009a).

O fator abiótico temperatura influencia diretamente o ciclo biológico dos insetos, uma vez que são ectotérmicos, podendo acelerar ou retardar seu desenvolvimento (Cavaco, 2012). Dessa forma, com base no somatório de temperaturas médias diárias acima do limiar de desenvolvimento da praga e nos dados da monitorização local, é possível criar modelos de desenvolvimento fenológico e, conseqüentemente, garantir mais assertividade no controlo da praga (Buonadio, 2022; Scomparin, 2009).

Ademais, no ecossistema agrário, inimigos naturais contribuem para a regulação e limitação natural das populações de insetos pragas, com destaque a parasitoides e predadores que se alimentam das larvas, pupas e adultos da praga, reduzindo significativamente sua abundância e conseqüentemente, a necessidade de intervenção humana (Lacey et al., 2003; Lacey & Unruh, 2005). A preservação e manutenção desses inimigos naturais promovem o equilíbrio biológico do sistema agrícola, efeito da atuação e interação de todos os organismos úteis à agricultura, sendo um importante fator na proteção das culturas, reduzindo, assim, os custos de produção (Balaško et al., 2020).

O presente trabalho teve por objetivo estudar a bioecologia de *C. pomonella*, considerada praga-chave da macieira e avaliar a eficácia de duas estratégias de proteção fitossanitária: proteção integrada (PI) e confusão sexual (CS). Paralelamente, ajustar modelos de desenvolvimento aos locais estudados, a partir de dados climáticos locais e de monitorização do voo dos adultos de *C. pomonella*. Adicionalmente, identificar e comparar a fauna auxiliar presente nos pomares de macieira com os tratamentos de PI e CS e verificar se os tratamentos utilizados no pomar em PI impactaram na abundância e diversidade da fauna auxiliar.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo faz-se uma revisão de conteúdos bibliográficos para contextualizar o estudo, iniciando com uma abordagem geral da macieira, principal hospedeiro de *C. pomonella*. De seguida, aborda-se a importância, distribuição, morfologia, bioecologia, sintomas e estragos associados ao bichado. Também se abordam aspectos da PI com destaque para a luta biotécnica, por meio da estratégia de CS. Por fim, destacam-se os fatores bióticos e abióticos que limitam a população da praga, como inimigos naturais e condições climáticas, como a temperatura.

### **2.1 Macieira, *Malus domestica* Borkh.**

A macieira (*Malus domestica* Borkh) é um híbrido complexo pertencente à ordem Rosales, família Rosaceae, subfamília Pomoidae e género *Malus* (Vavilov, 1992). A espécie tem como centro de origem a região do Cáucaso, cadeia de montanhas da Ásia e o leste da China (Petri & Leite, 2009). Através de rotas comerciais e colonização foi introduzida em outros continentes, primeiramente na Europa, depois, na América, Oceânia e na África (Hancock et. al, 2008) e atualmente, é a segunda fruta mais produzida

a nível mundial (FAOSTAT, 2023).

De acordo com dados do FAOSTAT (2023) a produção mundial de maçã superou 93,1 milhões de toneladas em 2021, com aproximadamente metade dessa quantidade originando-se da China. A produção na União Europeia é de 12,4 milhões de toneladas e representa 13,34% da produção mundial. Dentre os países da União Europeia, a Polónia, Itália e França destacam-se somando cerca de 8,5% da produção mundial. Portugal representa apenas 0,4% da produção mundial, em 2021.

Ainda assim, a maçã é a espécie com maior peso na produção de frutos frescos em Portugal, em 2022 a produção, apesar de ser menor que a de 2021, ultrapassou 291 mil toneladas, em uma área de 13.730 hectares, atingindo uma produtividade próxima a 26,5 mil kg/ha (PORTADA, 2022) (Figura 1). O Norte e Centro de Portugal abrangem juntos mais de 13 mil hectares e uma produção de aproximadamente de 279 mil toneladas (Figura 2), representando assim, um importante setor na produção agrícola com grande aptidão de expansão, sobretudo nas regiões do Ribatejo, Oeste, Trás-os-Montes, Beira Litoral e Beira Interior (GPP, 2022; INE, 2022).

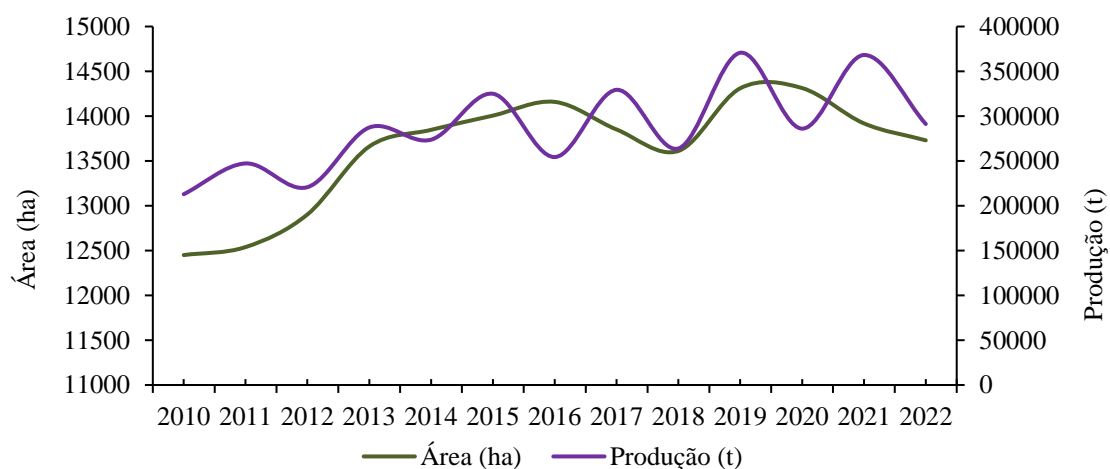


Figura 1 - Produção (t) e área produtiva (ha) de macieira em Portugal entre 2010 e 2022.  
Fonte: INE (2022).

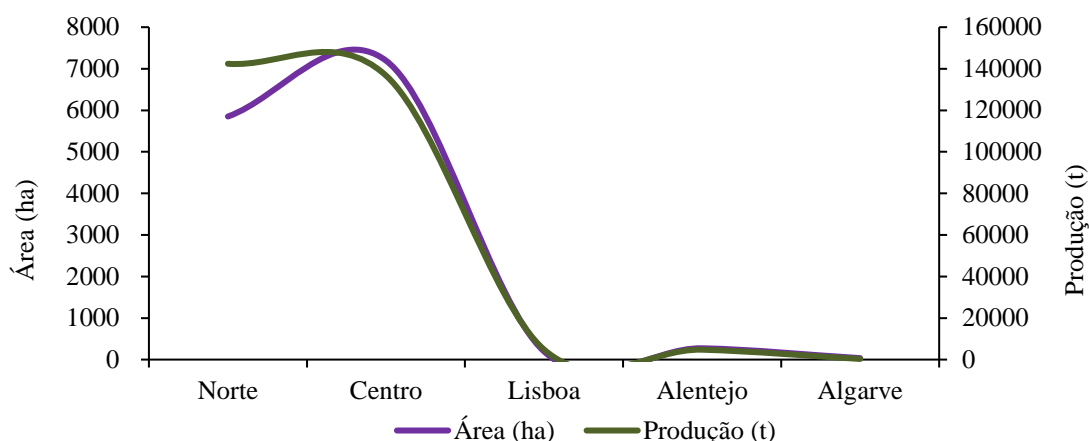


Figura 2 - Produção (t) e área produtiva (ha) de macieira NUTS II em 2022.  
Fonte: INE (2022).

### 2.1.1 Principais problemas fitossanitários que ocorrem na macieira

Um dos principais entraves à produção portuguesa é o ataque de doenças e pragas, que prejudicam o desenvolvimento dos frutos e aumentam os custos de produção (Bleicher et al., 1986; Karaca et al., 2010). As doenças de maior importância incluem o pedrado da macieira, causada pelo fungo *Venturia inaequalis* (Cooke) (Bowen et al., 2011), o cancro da macieira cuja o agente causal é o fungo *Neonectria ditissima* (Tul. & C. Tul) (Weber & Børve, 2021), o fogo bacteriano causada pelo fungo *Erwinia amylovora* (Burrill, 1882) (Norelli et al., 2007), o oídio da macieira causado pelo fungo *Podosphaera leucotricha* (Ellis & Everh) (Strickland et al., 2021). Também o fungo *Monilia fructigena* (Pers.) (COTHN, 2011), responsável pela doença moniliose. Há ainda as podridões, que podem ocorrer nas raízes, causada pelo fungo *Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) (Alexander & Stewart, 2001) ou pelo fungo *Armillaria mellea* (Vahl) (Devkota & Hammerschmidt, 2020).

As principais pragas que afetam esta cultura são: bichado-da-fruta (*Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758)) (Sousa, 2020), o aranhão-vermelho (*Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Trombidiformes: Tetranychidae)) (Ferla & Botton, 2008), a cochonilha-de-São-José (*Quadraspidiotus perniciosus* Comstock (Hemiptera: Diaspididae)) (Richards, 1962), a mosca-do-mediterrâneo (*Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae)) (Baker et al., 1985), o tripses-da-macieira (*Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) (Thysanoptera: Thripidae)) (Herron & James, 2005), o pulgão-lanífero (*Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) (Hemiptera: Aphididae)), o piolho-verde-da-macieira (*Aphis pomi* (Vallot, 1802) (Hemiptera: Aphididae)) (Oatman & Legner, 1961), o piolho-cinzento-da-macieira (*Dysaphis plantaginea*

(Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae)) (Blommers et al., 2004) e outros afídeos (Mueller et al., 1988).

## **2.2 Bichado-da-fruta, *Cydia pomonella* L.**

Entre as pragas da macieira, *C. pomonella* é considerada praga-chave da cultura (Barnes, 1991), popularmente conhecida como bichado-da-fruta a espécie pertencente à ordem Lepidoptera e a família Tortricidae, uma família que inclui um grande número de pragas importantes para árvores frutíferas (Brunner, 1993a). Segundo Jiang et al. (2018) o bichado-da-fruta é uma das 100 piores espécies exóticas invasoras do mundo e é a praga mais destrutiva da maçã.

Os estragos ocasionados por este inseto resultam diretamente do processo alimentar das lagartas, que após eclodirem dos ovos, deslocam-se para o interior do fruto, abrindo uma galeria até ao caroço, onde consomem as sementes (Kovaleski et al., 2015). Grande parte da produção pode ser destruída pela abscisão prematura dos frutos ou inviabilidade dos mesmos, já que se tornam impróprios para comercialização, sendo no mercado, o limite de tolerância inferior a 0,5% de frutos com sintomas (Beers et al., 2016). Segundo Kovaleski et al. (2015) na ausência de controlo podem ocorrer prejuízos de até 80%.

Globalmente, o principal meio de controlo utilizado é o químico (Ju et al., 2021; Voudouris et al., 2011) entretanto, preocupações com segurança alimentar, resistência a moléculas químicas e desequilíbrios biológicos, principalmente pela eliminação de artrópodes auxiliares e pelo aumento populacional de espécies fitófagas tem levado a adoção de meios de luta e estratégias alternativas, como o uso da luta biotécnica, através da estratégia de confusão sexual e fomento ao controlo biológico exercido pela fauna auxiliar (Batalha et al., 2014; Lacey & Unruh, 2005).

### **2.2.1 Sistemática e Morfologia**

O inseto *C. pomonella* foi descrito pela primeira vez por Linnaeus em 1758 como *Phalaena Tinea pomonella* L. Entre 1830 e 1960, foi mencionado sobretudo como *Carpocapsa pomonella* L. Durante o período de 1960 a 1980, foi tratado como *Laspeyresia pomonella* L. e somente em 1997, por meio de uma petição à Comissão Internacional de Nomenclatura Zoológica, no género *Cydia*, resultando no nome científico atualmente válido, *Cydia pomonella* (Quadro 1) (Brown, 1979; Brown, 2006;



Wearing et al., 2001). Devido a sua história taxonômica com sinonímias e homonímias, os nomes mais comuns encontrados na literatura são: *Carpocapsa pomonella*, *Laspeyresia pomonella* e *Cydia pomonella* (Kovaleski et al., 2015).

Quadro 1 - Classificação taxonômica do bichado-da-fruta, *Cydia pomonella* L.

Taxonomia <i>Cydia pomonella</i> L.	
Classe	Insecta
Ordem	Lepidoptera
Subordem	Heteroneura
Superfamília	Tortricoidea
Família	Tortricidae
Subfamília	Olethreutinae
Gênero	<i>Cydia</i>
Espécie	<i>Cydia pomonella</i> L.

Fonte: (Pajač, 2011).

Os principais hospedeiros de *C. pomonella* são: macieira (*Malus domestica* Borkh), pereira (*Pyrus communis* L.), marmeleiro (*Cydonia oblonga* Mill.), nogueira européia (*Juglans regia* L.) e alguns hospedeiros com frutos de caroço do gênero *Prunus*, como a ameixeira (*Prunus domestica* L.) e o damasqueiro (*Prunus armeniaca* L.) (Barnes, 1991; Guermah, 2019), sendo assim classificada como inseto oligófago (Basoalto et al., 2020; López et al., 2022). Ademais, caracteriza-se como um inseto holometábolo, pois seu ciclo de vida é marcado por vários estágios de desenvolvimento, nomeadamente: ovo, larva, pupa e adulto (Wearing et al., 2001).

Os adultos são mariposas com 15 a 20 mm de envergadura e 10 a 12 mm de comprimento, sendo o macho menor que a fêmea. As asas anteriores têm uma coloração marrom-acinzentada, com listras transversais e uma mancha oval acobreada. As asas posteriores são triangulares, de cor cinza-claro a acastanhada (Balaško et al., 2020).

Os ovos são redondos, achatados e medem cerca de 1 mm de diâmetro. A cor varia com o estado de desenvolvimento, sendo esbranquiçado após a postura, adquirindo mais tarde uma tonalidade alaranjada com uma auréola avermelhada e na proximidade de eclosão, é visível um ponto negro, correspondente à cabeça negra da larva (Brunner, 1993a; Pajač et al., 2011).

A larva neónata apresenta coloração esbranquiçada com a cabeça escura e cerca de 1 a 2 mm, a medida que se desenvolve, adquire uma coloração rosada e 15 a 20 mm de comprimento, dividido em doze segmentos (Pajač et al., 2011; Wearing et al., 2001).

As pupas são de coloração castanho claro a castanho escuro, medindo de 10 a 12

mm (Sousa, 2020). Possuem 10 segmentos abdominais bem diferenciados e pode ser encontrada nas rugosidades da casca das árvores (Higbee et al., 2001)

### 2.2.2 Distribuição Geográfica

Embora seja uma espécie cosmopolita (Balaško et al., 2020) acredita-se que o bichado-da-fruta seja originário da Eurásia, próximo do Cazaquistão de onde teve uma rápida e extensa disseminação para muitos países devido ao aumento do cultivo de pomóideas e à dispersão acidental por humanos, principalmente pelo transporte de maçãs durante o século XIX (Barnes, 1991; Wearing et al., 2001). Thaler et al. (2008) citam *C. pomonella* como sendo uma das espécies de praga exótica invasora de maior sucesso conhecidas hoje.

Além disso, o bichado-da-fruta é uma espécie multivoltina, que adapta seu ciclo de vida a fenologia do hospedeiro, além de apresentar comportamento adaptativo, como diapausa facultativa e múltiplas gerações por estação reprodutiva (Franck et al., 2007, 2015; Wan et al., 2019). Embora sua capacidade de voo seja limitada, pode se espalhar em formas imaturas (ovos, larvas e pupas) por longas distâncias através do transporte de frutas infestadas (Kuyulu & Genc, 2020).

Sua adaptabilidade e poder de dispersão tornaram *C. pomonella* uma das pragas de maior relevância nos pomares de macieira das regiões temperadas do mundo (Basalto et al., 2020), estando presente em todos os continentes, com exceção da Antártida (Pajač et al., 2011). Jiang et al. (2018) apontam em seu mapeamento que as áreas adequadas ao bichado estão localizadas entre as latitudes de 30° e 60°, como notório na Figura 3. Na América do Norte tem sido a principal praga da maçã e da pera há mais de 200 anos (Brunner, 2018). É uma praga de quarentena em países onde não está presente, como Colômbia, Costa Rica, Japão, Panamá, Coreia do Sul e Taiwan (Neven, 2012). No Brasil, foi erradicada em 2014, depois de mais de 20 anos de esforços públicos e privados (Kovaleski & Carbonari, 2015).

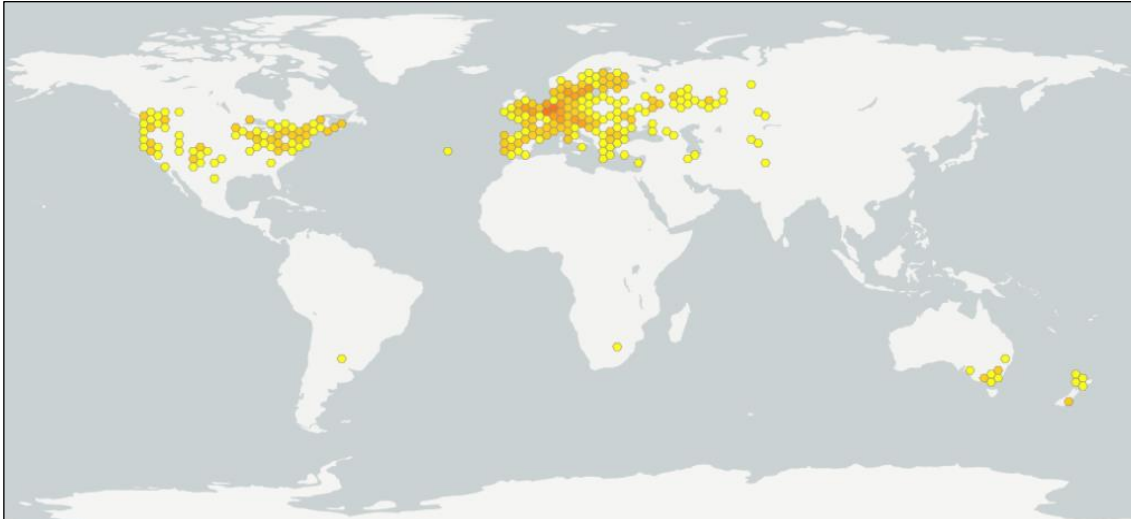


Figura 3 - Distribuição geográfica de *Cydia pomonella* L.  
Fonte: GBIF (2023).

Ademais, Barnes (1991) aponta que apesar da temperatura exigida pelo inseto limitarem sua distribuição natural em algumas regiões, o cultivo de hospedeiros em áreas de elevada altitude e variedades de baixa exigência de frio para a quebra da dormência ou nas quais se recorre a tratamento hormonal, possibilita o desenvolvimento de *C. pomonella* também nos trópicos e subtropicais.

### 2.2.3 Bioecologia e comportamento

De acordo com Balaško et al. (2020) *C. pomonella* pode apresentar de uma a quatro gerações anuais. Jiang et al. (2018) apontam que no Hemisfério Norte o número de gerações é maior quanto mais perto do Equador, estando diretamente relacionado ao clima. Por exemplo, os estados mais frios do noroeste do Pacífico têm duas a três gerações por ano, enquanto os estados mais quentes do sudoeste do Pacífico, como a Califórnia, têm três a quatro gerações (Lukehart, 2018).

Em Portugal, *C. pomonella* geralmente apresenta duas gerações anuais, podendo haver uma terceira, dependendo das condições termofotoperiódicas da região, além das características varietais e disponibilidade de hospedeiro. Em Portugal, uma geração completa requer aproximadamente 45 a 50 dias (Coutinho, 2011). Cada geração compreende quatro fases de desenvolvimento, conforme ilustrado na Figura 4.

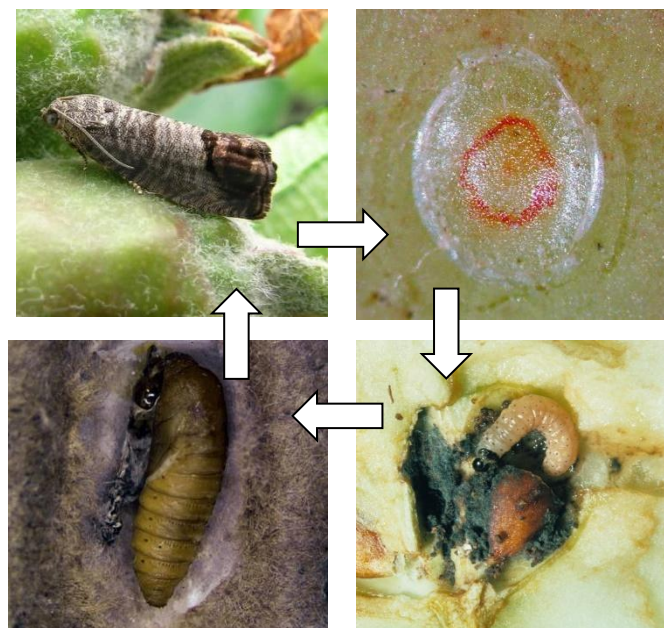


Figura 4 - Ciclo de vida (adulto, ovo, lagarta e pupa) de *Cydia pomonella* L.  
Fonte: Adaptado de Brunner (1993a).

A primeira geração ocorre entre meados de abril e início de junho, quando temperaturas acima de 10°C são atingidas por mais de 60 dias e as mariposas adultas emergem da diapausa (Neven, 2013). Após o acasalamento, as fêmeas efetuam a postura (cerca de 60 ovos/fêmea), depositando os ovos nas folhas próximas dos frutos jovens. O período de incubação dos ovos é de 7 a 15 dias, de acordo com as condições climáticas (Balaško et al., 2020; COTHN, 2011).

Dos ovos eclodem as lagartas que rapidamente procuram uma fonte alimentar, quando encontram o fruto, penetram a epiderme e vão em direção à semente, da qual se alimentam e garantem recursos benéficos, como albumina e gordura. Esse comportamento alimentar carpófago dura aproximadamente 20 dias, quando então a lagarta atinge o quinto e último instar e abandona o fruto, refugiando-se para se transformar em pupa (Pszczolkowski et al., 2002; Vargas, 2007).

Após a acumulação de aproximadamente 610°C - 700 graus-dia (Wildbolz, 1962), normalmente em meados de julho e agosto, ocorre o processo de ninfose e emergem dos casulos insetos adultos que darão início à segunda geração. As fêmeas, após o acasalamento realizam a postura dos ovos diretamente sobre os frutos, nos quais as lagartas penetram logo após a eclosão, dando sequência as fases do ciclo, idem a primeira geração (Balaško et al., 2020; Pasqualini, 2015). Nos casos em que haja mais de duas gerações, a terceira geração pode ocorrer em setembro (Coutinho, 2011).

No decorrer das estações de outono e inverno ou quando as condições são desfavoráveis, *C. pomonella* permanece em hibernação, na forma de pupa, normalmente em casulos que podem ser encontrados em troncos ou em detritos ao redor das bases das árvores (Higbee et al., 2001). Na primavera, quando as temperaturas excedem 10 °C, ocorre a emergência das pupas, surgindo os adultos que darão início a primeira geração da praga (Scomparin, 2009).

#### 2.2.4 Sintomatologia

Após eclosão, as larvas de *C. pomonella* penetram nos frutos para se alimentar das sementes, abrindo uma galeria até o caroço (Figura 5 (A)) (Lacey & Unruh, 2005). Assim, os principais sintomas visíveis são orifícios arredondados e de contorno escuro (Figura 5 (B)) decorrentes da entrada do inseto, além de excrementos liberados pela larva para o exterior do fruto através do orifício de penetração e acúmulo de fezes (Wearing et al., 2001).

Na polpa do fruto é possível encontrar galerias em direção às sementes ou mesmo a presença das larvas. A atividade carpófaga dura de 23 a 27 dias e nesse período a larva alimenta-se, em média, de um a dois frutos. Outro sintoma visível do ataque é a queda prematura de frutos no pomar (Cavaco et al., 2006).

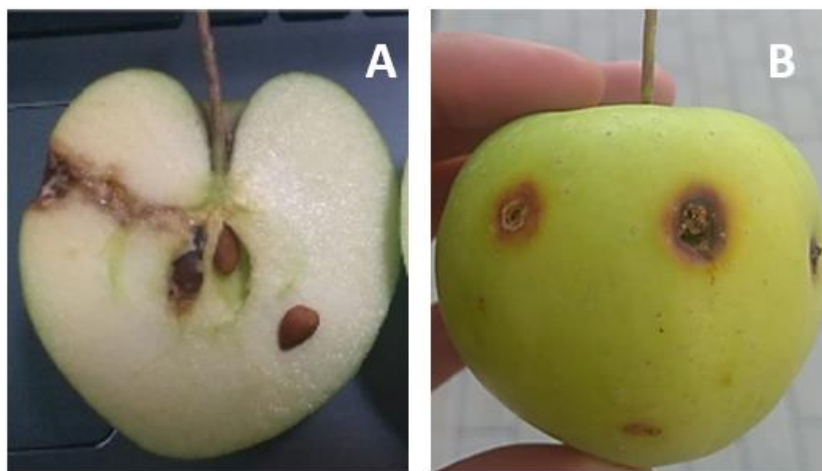


Figura 5 - Sintomas da presença de *Cydia pomonella* L., galeria até ao caroço (A); orifícios arredondados e de contorno escuro (B).

#### 2.2.5 Estragos e prejuízos

A larva de *C. pomonella* alimenta-se da polpa e das sementes dos frutos, o que acarreta a perda de valor comercial, ou até mesmo, a sua abscisão e perda prematura no pomar (Coutinho, 2011). Pajač et al. (2011) apontam que o estabelecimento da *C.*

*pomonella* como praga em pomares comerciais de maçã pode ocasionar uma diminuição de 30% a 50% na produção. Segundo Kovaleski et al. (2015) perdas superiores a 80% podem ser atingidas sob medidas de controlo inadequadas.

Além disso, frutas colhidas no final do ciclo de vida do bichado podem conter no seu interior larvas ou galerias vazias, propiciando a entrada e contaminação por fungos e resultando no apodrecimento dos frutos (Moreda, 2013). Nos pomares tratados de acordo com as regras da protecção integrada são toleradas infestações de 0,5 a 1% de frutos atacados (Balaško et al., 2020), caso esse valor seja ultrapassado, devem ser tomadas medidas de combate à praga (Coutinho, 2011; Lacey et al., 2003)

Em simulação realizada por Kovaleski e Mumford (2007) para avaliar o impacto económico do estabelecimento da praga em pomares, as perdas diretas da produção decorrente do prejuízo causado e do custo de controlo por meio do uso de diferentes métodos resultaram em um impacto económico de U\$ 113 milhões em quinze anos, considerando a situação da praga no Brasil em 2004-2005.

### **2.3 Protecção integrada em macieira**

A protecção integrada (PI) é uma estratégia agrícola que visa à sustentabilidade do sistema de produção através da utilização de técnicas integradas, como o acompanhamento do ciclo biológico dos inimigos das culturas, efetuando periodicamente técnicas de monitorização, como a estimativa do risco para cada potencial inimigo da cultura e a tomada de decisão de acordo com níveis económicos de ataque (NEA) e, assim, recorrendo a meios de protecção após uma quantificação (estimativa do risco) e quando atingido o NEA (DGADR, 2021).

A estimativa do risco compreende a determinação da intensidade de ataque de determinada praga da cultura através da amostragem e monitorização, por outro lado, o nível económico de ataque refere-se à intensidade de ataque a partir da qual se faz necessária a utilização de métodos de combate para impedir que o aumento da população atinja níveis que caracterizem prejuízos económicos (Amaro, 2003). Logo, inter-relacionando esses fatores, define-se os métodos de interferência, dando-se preferência aos métodos sustentáveis, como biológicos, biotécnicos e culturais (Félix & Cavaco, 2008).

As técnicas de amostragem adaptadas na estimativa do risco podem ser diretas ou

indiretas. Nas técnicas de amostragem diretas procede-se à observação de um certo número de órgãos vegetais, por meio do método de observação visual. Nas técnicas de amostragem indiretas efetua-se a captura de pragas e de auxiliares entomófagos através de dispositivos apropriados, como armadilhas. Posteriormente procede-se a sua identificação e quantificação (Amaro, 2003).

No Volume II das Normas Técnicas para a Produção Integrada de Pomóideas, Cavaco (2012) apresenta um quadro com a metodologia de estimativa do risco e os níveis económicos de ataque a serem adotados em macieiras para *C. pomonella* (Quadro 2), conforme estabelecido pela Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural de Portugal (DGADR).

Quadro 2 - Metodologia de estimativa do risco e níveis económicos de ataque a adotar em macieiras para *Cydia pomonella* L.

ESTIMATIVA DO RISCO			NÍVEL ECONÓMICO DE ATAQUE
Época de Observação	Método de Amostragem	Órgãos a Observar	
1ª geração (Maio-Junho)	Armadilha sexual (1 armadilha de 1 a 4 ha)	( $\Sigma$ 3 levantamentos) e temperaturas crepusculares de 15°C e HR $\geq$ 65%	2-3 machos/ha/semana (***)
	Observação visual	1000 frutos (20 frutosx50 árvores) (**)	0,5-1% frutos atacados ou presença (****)
2ª geração (Julho - meados de Agosto)	Armadilha sexual (1 armadilha de 1 a 4 ha)	Observações semanais	2-3 machos/ha/semana (***)
	Observação visual	1000 frutos (20 frutosx50 árvores) (**)	0,5-1% frutos atacados ou presença (****)
3ª geração (Meados de Agosto - Colheita)	Armadilha sexual (1 armadilha de 1 a 4 ha)	Observações semanais	2-3 machos/ha/semana (***)
	Observação visual	1000 frutos (20 frutosx50 árvores) (**)	0,5-1% frutos atacados ou presença (****)

Nota: (\*) 2 órgão x 50 árvores exceto em (\*\*) (20 frutos x 50 árvores);

(\*\*\*) Nível populacional a partir do qual as posturas já podem apresentar-se significativas;

(\*\*\*\*) Mercado de destino tolerância zero.

Fonte: Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural de Portugal (DGADR) (2012).

## 2.4 Luta química

O controlo químico de *C. pomonella* ainda é o principal método na proteção integrada de pomóideas. Os tratamentos são dirigidos para as fêmeas em época de oviposição, assim como para as lagartas neonatas antes da perfuração dos frutos (Sauphanor et al., 1998). Existem evidências de uma rápida adaptação evolutiva de *C. pomonella* aos produtos químicos aplicados, resultando em uma suscetibilidade reduzida

da praga (Balaško et al., 2020). Em Portugal, normalmente são recomendados três a cinco tratamentos anualmente, podendo gerar níveis de resistência e resíduos químicos nas frutas acima dos limites máximos permitidos (Batalha et al., 2014; Bento et al., 2022).

Assim, devem ser utilizadas substâncias homologadas, respeitando o número de aplicações e a rotação de produtos, a fim de evitar o desenvolvimento de resistência, resíduos na produção e problemas de saúde e segurança. Ademais, muitos pesticidas têm a tendência de atingir organismos não alvo, desequilibrando o ecossistema e permitindo o retorno rápido das pragas aos níveis prejudiciais. Isso ocorre porque seus predadores e parasitoides levam mais tempo para se recuperar (Sugonyaev et al., 2014; Weddle et al., 2019), podendo resultar em surtos de pragas secundárias devido a interrupções no controle natural (Epstein et al., 2000; Simon & Sauphanor, 2007). Deve-se assim, preferir inseticidas com maior seletividade a organismos não-alvos, como inimigos naturais de pragas e polinizadores (Costa et al., 2017).

O Quadro 3 apresenta lista dos produtos comerciais e substâncias ativas homologadas para o controlo de *C. pomonella* em Portugal em 2023, assim, como seu modo de ação e seu enquadramento no Modo de Produção Biológica (MPB), de acordo com o Sistema de Gestão de Autorizações dos Produtos Fitofarmacêuticos da Direção Geral de Alimentação e Veterinária de Portugal (DGAV).

Quadro 3 - Produtos comerciais homologados para o controlo da *Cydia pomonella* L. em macieira em 2023.

<b>Produtos Comerciais</b>	<b>Substância ativa</b>	<b>Modo de ação</b>
Voliam Targo	Abamectina + Clorantianiliprol	Contacto e ingestão
Starpride Max - Carnadine - Dardo	Acetamiprida	Contacto e ingestão
Align - Fortune Aza	Azadiractina	Contacto e ingestão
Vários	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Ingestão
Coragen – Voliam	Clorantianiliprol	Contacto e ingestão
Affirm Opti – Affirm - Luson	Emamectina	Contacto e ingestão
Exalt – Radiant SC	Espinetorame	Contacto e ingestão
Vários	Lambda-cialotrina	Contacto e ingestão
Prodigy	Metoxifenoazida	Ingestão
Spintor – Sucess - Tracer	Spinosade	Contacto e ingestão
Mavrik - Evure – Klartan	Tau-fluvalinato	Contacto e ingestão
Mimic – Sota	Tebufenozida	Ingestão
Carpovirusine - Madex Top	Vírus da granulose	Ingestão

Fonte: DGAV (2023).

## 2.5 Luta biotécnica

A luta biotécnica é um meio de luta direta que consiste na utilização de meios presentes no organismo ou no ambiente com o objetivo de interferir no funcionamento de



funções vitais da praga. A luta biotécnica abrange os semioquímicos, reguladores de crescimentos de insetos (RCI) e a luta autocida (Oliveira et al., 2014a).

Os semioquímicos são substâncias, ou misturas de substâncias sintéticas ou geradas por determinada espécie, que interferem no comportamento da mesma ou de outra espécie. Os semioquímicos são divididos em feromonas e aleloquímicos. Quando influenciam indivíduos da mesma espécie são designadas feromonas, e podem ser do tipo feromonas sexuais, de agregação, de alarme, entre outros. Já os aleloquímicos atuam na interação entre dois indivíduos pertencentes a espécies diferentes, por exemplo, a comunicação interespecífica entre inseto e planta (Silva et al., 2010).

Os reguladores de crescimento de insetos (RCI) são inseticidas utilizados com a finalidade de interferir no desenvolvimento normal dos insetos. Este tipo de substância imita a ação de hormonas, inibindo e interrompendo a metamorfose, como a muda da pele (ecdise) e o desenvolvimento das asas nos estágios juvenis (larvas e ninfas) (Charmillot et al, 2001). Os RCIs não matam diretamente o inseto, como fazem os inseticidas convencionais, mas perturbam seu processo de crescimento e maturação, impedindo que eles atinjam a fase adulta reprodutiva e, eventualmente, reduzindo a população da praga (Silva et al., 2011).

Já a luta autocida, também chamada de técnica do inseto estéril, consiste na introdução de insetos esterilizados no ambiente, normalmente machos, em quantidade suficiente para competirem com os machos férteis locais, gerando, a longo prazo, uma progressiva diminuição da população, já que as fêmeas não terão ovos fertilizados (Thistlewood & Judd, 2019).

### **2.5.1 Confusão sexual**

A confusão sexual é um mecanismo biotécnico que consiste no uso de difusores de feromona sexual sintética, semelhante à feromona que as fêmeas emitem para atrair os machos ao acasalamento. Essa substância satura a capacidade receptiva do sistema olfativo dos insetos machos, que, ao serem atraídos simultaneamente em várias direções, tornam-se incapazes de identificar o atrativo natural emitido pela fêmea, dificultando sua localização e impedindo o acasalamento (Witzgall et al., 2008). Desta forma, as fêmeas produzem ovos estéreis e a evolução da praga é interrompida (Guermah, 2019).

Feromonas sexuais sintetizadas quimicamente, como (E,E)-8,10-Dodecadien-1-

ol, são liberadas por dispensadores artificiais pendurados nas árvores (Audemard, 1979; Knight et al., 2022). Trata-se de um meio eficaz, seletivo, não tóxico, de custo acessível e de fácil realização que reduz gradualmente a população da praga, não deposita resíduos sobre os frutos, não origina fenómenos de resistência e não perturba a fauna auxiliar (Arioli et al., 2013). Sendo possível, na maioria das vezes, deixar o nível de ataque permitido abaixo do valor de 1%, conforme permitido em pomares comerciais (Angeli et al., 2007; Walder, 2005).

Entretanto, o método é mais adequado para instalações regulares e de grande dimensão (5-10 ha ou mais), que forneçam condições para uma homogênea e uniforme difusão da feromona. Além disso, há outros fatores que podem afetar o bom funcionamento da confusão sexual, como a alta densidade populacional da praga, a ocorrência de ventos intensos, as altas temperaturas, a imigração de fêmeas acasaladas de áreas não tratadas, a configuração e o isolamento da parcela (Oliveira et al., 2014b; Sousa, 2008).

Os difusores devem ser colocados no terço superior das árvores antes do início do voo da primeira geração ou logo que se verifiquem as primeiras capturas nas armadilhas de monitorização. Em condições climáticas moderadas os difusores libertam a feromona constantemente durante 150 a 210 dias, consoante as temperaturas médias e a velocidade média do vento no local. Há diferentes difusores no mercado (Quadro 4), as condições de utilização e quantidade difusores/ha devem ser consultadas no rótulo (DRAP, 2023).

Quadro 4 - Difusores mais utilizados para a confusão sexual para *Cydia pomonella* L. em Portugal.

Difusores Comerciais	Substância ativa	Fornecedor
Isomate C-Plus	(E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol + Dodecan-1 ol + Tetradecan-1-ol	BIOSANI
Isomate CTT	(E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol + Dodecan-1 ol + Tetradecan-1-ol	BIOSANI
CheckMate P. Pro	(E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol	SELECTIS
CheckMate XL	(E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol	SELECTIS
Sumitrak Combo	(E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol + etil-2E,4Z-decadienoato	KGSA

Fonte: DRAP (2023).

## 2.6 Luta biológica

A utilização de auxiliares na cultura de pomóideas pode ocorrer na forma de tratamento biológico, que consiste em introduzir, na cultura, um agente biológico para reduzir ou anular a atividade do inimigo, como o uso de o granulovírus (CpGV), *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1915) e *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill.. (Andermatt et

al., 1988; Liu et al., 2013; Sauer, 2017a; Sauer, 2017b; Vincent et al., 2007). Outra modalidade é a limitação natural, onde espécies de auxiliares naturalmente existentes no ecossistema agrário atuam na regulação de espécies fitófagas e manutenção do equilíbrio natural em ecossistemas agrários, como o uso de predadores e parasitoides (Lacey & Unruh, 2005; Saraiva, 2015).

### **2.6.1 Limitação natural**

A limitação natural de pragas agrícolas, como o bichado-da-fruta, é influenciada pela atuação de grupos tróficos/ funcionais no ecossistema. Grupos tróficos categorizam organismos com base em suas posições na cadeia alimentar, destacando relações de alimentação e transferência de energia. Por outro lado, grupos funcionais agrupam organismos com base em características ou funções ecológicas semelhantes, independentemente da sua posição na cadeia alimentar. Essas características podem incluir estratégias de forrageamento, papéis na decomposição, habilidades de polinização, entre outros (Simon et al., 2007; Sugonyaev et al., 2014).

Artrópodes auxiliares, como predadores e parasitoides, desempenham um papel crucial ao regular as populações da praga. Predadores como aves e insetos predadores predam as larvas da praga, enquanto parasitoides, como vespas especializadas, depositam ovos nas larvas, reduzindo efetivamente a população da praga. Compreender a dinâmica ecológica desses grupos torna-se essencial para desenvolver estratégias de manejo mais eficazes e sustentáveis (Coutinho, 2007; Oliveira et al., 2014a).

Os parasitoides são organismos móveis, de vida livre quando adultos e que se desenvolvem total ou parcialmente à custa de um hospedeiro vivo, provocando a sua morte (Lacey et al., 2003). Os parasitoides de ovos matam o hospedeiro antes que este inicie seu ataque sobre a plantação. Já os parasitoides de larvas e de pupas diminuem o tamanho das populações hospedeiras apenas nas gerações seguintes (Van Lenteren & Manzaroli, 1999). Assim, do ponto de vista do controle biológico, os parasitoides de ovos são mais eficientes que os demais (Nascimento, 2011).

Os parasitoides são encontrados de forma mais prevalente na ordem Hymenoptera. Esta ordem abriga cerca de 150.000 espécies, das quais mais de 30 têm como hospedeiro *C. pomonella*. As principais espécies de himenópteros parasitoides associados ao bichado-da-fruta pertencem às famílias: Trichogrammatidae, Braconidae,

Ichneumonidae, Perilampidae, Chalcididae e Pteromalidae (Alhaj, 2009; Almatni, 2003; Basheer et al., 2010). A família Ichneumonidae incluiu o maior número de espécies parasitoides, seguida pela família Braconidae (Basheer et al., 2016; Odendaal et al., 2015).

São exemplos de espécies de parasitoides da ordem Hymenoptera: *Bassus rufipes* (Nees, 1812) (Hymenoptera: Braconidae), *Dibrachys cavus* (Walker, 1835) (Hymenoptera: Pteromalidae), *Hyssopus pallidus* (Askew, 1964) (Hymenoptera: Eulophidae) (Häckermann et al., 2008). Parasitoides de ovos do género *Trichogramma* (Westwood, 1833) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Pristomerus vulnerator* (Panzer 1799), *Trichomma enecator* (Rossi, 1790) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Perilampus tritis* (Mayr, 1905) (Hymenoptera: Perilampidae). Com destaque para *Ascogaster quadridentata* (Brunner, 1999; Wesmael, 1835) (Hymenoptera: Braconidae) que possui seu ciclo biológico sincronizado com o de *C. pomonella* (Brunner, 1993b; Matar, 2013). *Mastrus ridibundus* (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Francisco, 2001; Torrén & Tortosa, 2008) e *Liotryphon caudatus* (Ratzeburg, 1848) (Hymenoptera: Ichneumonidae) também apresentaram controlo satisfatórios, principalmente quando foram usados em simultâneo com nematóides entomopatogénicos de *C. pomonella*, como por exemplo *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) (Rhabditida: Steinernematidae) (Lacey et al., 2003).

Já os predadores têm vida livre em todos os estádios do seu desenvolvimento (Amaro, 2003) e caracterizam-se por necessitarem de mais de uma presa para completarem o seu ciclo de vida, podem ser generalistas, quando se alimentam de tudo que possam capturar, ou especialistas, quando buscam determinadas espécies ou determinadas fases de insetos para se alimentar (Gibb, 2015; Silva, 2013).

Os predadores mais importantes associados a *C. pomonella* estão presentes nas ordens Araneae, Dermaptera, Opiliones, Hemiptera, Diptera, Hymenoptera, Neuroptera, da família Chrysopidae e Coleoptera (Gadino et al., 2013; Mathews et al., 2004). Segundo Unruh et al. (2016) os mais importantes predadores de ovos de *C. pomonella* são hemípteros das famílias Anthocoridae (*Anthocoris nemorum* (Linnaeus, 1761)) e Miridae, além de dermápteros da família Forficulidae (*Forficula auricularia* (Linnaeus, 1758)), thysanopteros da família Phlaeothripidae (*Leptothrips mali* (Fitch, 1855) e *Haplothrips faurei* (Hood, 1914)). Já Summerland & Steiner (1943) consideram os neurópteros da família Chrysopidae (*Chrysoperla* spp.) os principais predadores de ovos de *C.*

*pomonella*.

Já na ordem Coleoptera as famílias Staphylinidae, Carabidae, Coccinellidae e Cantharidae são considerados os maiores predadores de ovos de *C. pomonella* (Gadino et al., 2013). Entre os Carabidae, as principais espécies relatadas como predadoras de *C. pomonella* são: *Amara aenea* (De Geer), *Anisodactylus sanctaecrucis* (Fabricius); *Harpalus aeneus* (Fabricius), *Harpalus affinis* (Schrank), *Harpalus dimidiatus* (P. Rossi), *Harpalus pensylvanicus* (De Geer), *Pseudoophonus griseus* (Panzer, 1796), *Pseudoophonus rufipes* (De Geer), *Pterostichus chalcites* (Say), *Pterostichus cursor* (LeConte), *Pterostichus* spp. (Hypherpes), *Pterostichus lustrans* (LeConte), *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798) (de Roince et al., 2012; Hagley & Allen, 1988).

Várias espécies de formigas também foram relatadas alimentando-se de larvas do bichado-da-fruta (Schifani et al., 2023). Pássaros também atacam a praga, principalmente na fase larval (Mangan et al., 2018; Solomon et al., 1976).

### **2.6.2 Diversidade trófica/ funcional de artrópodes**

A diversidade de artrópodes desempenha um papel crucial na agricultura sustentável, abrangendo funções vitais como polinização por insetos da ordem Hymenoptera, controlo de crescimento vegetativo por herbívoros como coleópteros e hemípteros, além do controlo biológico de pragas executado por predadores e parasitoides, como insetos das ordens Neuroptera, Hymenoptera e Coleoptera (Simon et al., 2007; Sugonyaev et al., 2014; Unruh et al., 2016).

A avaliação da diversidade trófica/ funcional dos organismos vai além da simples contagem de espécies, focalizando as diferentes funções que cada espécie desempenha no ecossistema. Essa abordagem considera características biológicas específicas e os papéis ecológicos desempenhados pelas espécies no ambiente, oferecendo uma compreensão mais completa da complexidade dos ecossistemas e das interações entre as espécies, sendo assim uma métrica para avaliar o impacto das estratégias de gestão e a influência da biodiversidade no funcionamento do ecossistema (Laureto et al., 2015).

Dois aspectos fundamentais dessa diversidade são a riqueza de espécies, que reflete a variedade de organismos presentes, e a equitatividade de grupos tróficos/ funcionais, que avalia a uniformidade com que a biomassa ou a abundância desses grupos está distribuída, em outras palavras, é a medida de quão equitativamente os diferentes

níveis tróficos/ funcionais estão representados em um determinado ambiente (De'ath, 2012; Legendre & Legendre, 2012).

Uma alta equitatividade de grupos tróficos/ funcionais indica que a biomassa ou a abundância dos diferentes grupos tróficos/ funcionais são distribuídas de forma relativamente uniforme no ecossistema, o que sugere que a comunidade de organismos é bem equilibrada em termos de funções ecológicas. Por outro lado, uma baixa equitatividade de grupos tróficos/ funcionais indica que a biomassa ou a abundância está mais concentrada em alguns grupos tróficos/ funcionais, enquanto outros têm uma representação relativamente menor. Isso pode indicar um desequilíbrio na comunidade ecológica, onde um ou alguns grupos tróficos/ funcionais podem dominar, possivelmente levando a problemas ecológicos, como surtos de pragas (Bock et al, 2007; Caramaschi, 2010).

Uma das formas de compreender a organização e a estruturação das comunidades é o uso de índices de diversidade (Hurlbert, 1971). Os índices de diversidade são ferramentas fundamentais na caracterização dessa diversidade, com foco na riqueza de espécies e na equitatividade de grupos tróficos/ funcionais (Magurran, 1988). Existem vários índices de diversidade, entre eles o Índice de Simpson (D). Esse índice é uma métrica utilizada em ecologia para avaliar a diversidade em uma área ou comunidade biológica. Ele considera a abundância relativa das espécies, calculando um valor de diversidade com base na probabilidade de escolher duas vezes a mesma espécie ao acaso. Quanto maior o valor de D, menor a diversidade na comunidade (Stirling & Wilsey, 2001).

Uma variação do índice de Simpson tradicional é o índice de Simpson D-1, sendo calculado como  $1 - D$ , onde D é o próprio índice de Simpson. Ambos os índices variam de 0 a 1, representando diferentes níveis de diversidade. Um valor próximo de 1 indica baixa diversidade, indicando que uma ou algumas espécies dominam a comunidade, enquanto um valor próximo de 0 sugere alta diversidade, indicando uma distribuição mais uniforme das espécies (Morris et al., 2014, DeJong, 1975). Assim, a diferença entre o índice de Simpson e o índice de Simpson D-1 é matemática, não alterando a interpretação biológica (Bouza & Covarrubias, 2005).

## 2.7 Temperatura e dinâmica populacional de *Cydia pomonella* L.

Os insetos são organismos ectotérmicos, sua temperatura corporal varia com a temperatura ambiente e essa afeta a maioria das funções biológicas, entre elas, o período de desenvolvimento do organismo (El Iraqui & Hmimina, 2016). Modelos matemáticos descrevem a relação entre fatores bióticos, como o desenvolvimento de um inseto, com fatores abióticos, como a temperatura, o que possibilita o conhecimento da quantidade de energia, na forma de calor acumulado, requerida para mudança de cada estágio de desenvolvimento, para que complete seu ciclo fisiológico e inicie novas gerações (Boivin et al., 2004; Scomparin, 2009).

Este calor acumulado geralmente é expressado em graus-dia (Aguiar & Guissem, 2002). Um grau-dia, para um dado inseto, corresponderá então a um período de 24 horas com a temperatura média um grau acima da temperatura base deste inseto (Grelmann, 1991). A temperatura base, é definida como a temperatura na qual abaixo dela o desenvolvimento cessa, ou seja, é a temperatura mínima necessária para o inseto iniciar seu desenvolvimento, também chamada de “zero de desenvolvimento” (Juszczak et al., 2013).

Segundo Glenn (1922), primeiro autor a propor a metodologia, a temperatura base para todas as fases de desenvolvimento de *C. pomonella* é de 10°C. Sendo necessárias temperaturas superiores a essa para ocorrer os demais estágios de desenvolvimento. Com base no somatório das temperaturas médias diárias superiores ao zero de desenvolvimento da praga, em um dado local, é possível prever a data de início de emergência dos adultos, que ocorre por volta dos 90-100°C de temperatura média acumulada (Batalha et al., 2014; Wildbolz, 1962). Para completar a primeira geração, o inseto necessita acumular de 700 graus-dias (Audemard, 1992; Canals, 2010; DRAPC, 2011). Já Pajač et al. (2011) aponta que para que ocorra uma geração completa, da fase de ovo a adulto, é necessário que haja um somatório de graus dia iguais ou superiores a 610°C, o que leva aproximadamente 45 a 50 dias.

Assim, associando a temperatura local com padrões de emergência e da fenologia das pragas no campo é possível prever em que fase de vida se encontra a maioria da população, ou mesmo estimar a duração dos diferentes instares de desenvolvimento, e assim, determinar o período de risco e a melhor oportunidade de intervenção (DGAV, 2023; Howell & Schmidt, 2002).

Ademais, o voo dos machos do bichado-da-fruta inicia-se com uma temperatura média igual ou superior a 12,5°C e as fêmeas a 15°C, além de velocidade do vento inferior a 20 km/h. As fêmeas só iniciam a postura com temperaturas acima de 16°C (Rodrigues, 2011), humidade relativa superior a 60% e ausência de precipitação (Batalha et al., 2014). Ainda, Rock e Shaffer (1983) afirmam que os adultos de *C. pomonella* apresentam pleno desenvolvimento sob temperaturas aproximadas de 32°C, vinculado a conversão dos alimentos e ativação enzimática (Beck, 1983; Merkel, 1977).

Scomparin (2009) relatou um comportamento linear de *C. pomonella* com as temperaturas de 15 a 30°C e desaceleração na taxa de crescimento quando a temperatura foi de 32,5°C, ou seja, uma resposta linear do desenvolvimento sob temperaturas amenas e uma resposta não linear sob temperaturas extremas. De forma mais particular, Howell e Neven (2000) constataram que temperaturas acima de 35°C sob regime constante são consideradas prejudiciais para larvas de *C. pomonella*, decaindo significativamente a taxa de crescimento do inseto. Esses dados são resultados de estudos com temperaturas constantes, entretanto, em campo, o tempo de exposição a temperaturas elevadas é mais importante que o valor da temperatura em si (Howell & Schmidt, 2002).

Para os insetos da Ordem Lepidoptera, o termoperíodo pode afetar o ritmo biológico diário, taxa de crescimento, determinação de diapausa e resistência ao frio, mortalidade razão sexual, alimentação e oviposição (Brakefield & Mazzotta, 1995; Petavy et al., 2001). Assim, é de extrema importância conhecer a influência que a temperatura exerce sobre um inseto, visto que, modelos fenológicos de previsão são realizados baseados nestes estudos.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo decorreu no período de abril a setembro de 2020 e 2021, em pomares situados na região de Carrazeda de Ansiães, distrito de Bragança, região Nordeste de Portugal e Armamar, distrito de Viseu, região Centro de Portugal. Durante esse período a coleta de dados a campo foi realizada por colegas do Laboratório AgroBioTecnologia/Insetos localizado no Instituto Politécnico de Bragança e técnicos da Associação de Fruticultores e Viticultores do Planalto de Ansiães (AFUVOPA) e da Associação de Fruticultores do Concelho de Armamar (AFA).

#### 3.1 Localização e caracterização dos pomares

##### Carrazeda de Ansiães

Em 2020 e 2021 foram avaliados dois pomares de macieira, sendo um em modo de produção integrada ( $41^{\circ}13'16.28''\text{N}$ ;  $7^{\circ}16'31.77''\text{W}$ ) (Figura 6) e outro com a estratégia de confusão sexual ( $41^{\circ}13'36''\text{N}$ ;  $7^{\circ}19'08''\text{W}$ ) (Figura 7), com área de 9,2 hectares e 5,2 hectares respectivamente. Os pomares encontram-se a uma altitude entre 750 e 830 metros de altitude.

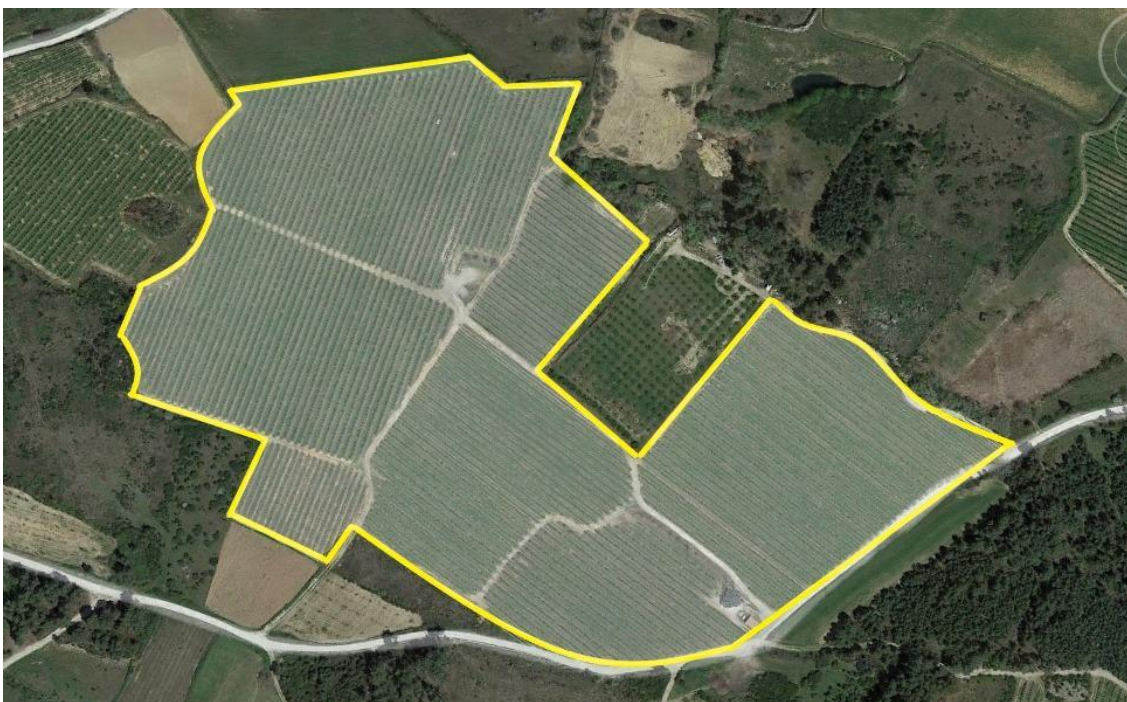


Figura 6 - Pomar com estratégia de proteção integrada. Carrazeda de Ansiães, 2020.  
Fonte: Google Earth, 2023.



Figura 7 - Pomar com estratégia de confusão sexual. Carrazeda de Ansiães, 2021.  
Fonte: Google Earth, 2023.

Em ambos os pomares as plantas eram conduzidas em eixo central e estavam dispostas em um compasso de plantação de 4 m x 1,70 m, possuindo sistema de rega gota-a-gota. As técnicas culturais utilizadas foram a poda de inverno, poda em verde e monda dos frutos. O combate à vegetação espontânea foi realizado através da aplicação de herbicidas na linha e utilização de destroçador na entrelinha. O controlo contra os inimigos da cultura, em conformidade com o modo de produção integrada, ocorreu conforme indicações dos técnicos da AFUVOPA.

Na parcela em produção de modo integrado, encontram-se as variedades Golden Smoothie no pomar com 15 anos. Na parcela usada para a estratégia de confusão sexual as árvores têm 22 anos e eram das variedades Jonagored, Royal-gala e Golden Smoothie.

### **Armamar**

Em 2020 e 2021 foram avaliados dois pomares de macieira, sendo um em modo de produção integrada ( $41^{\circ} 3'40.52''N$ ;  $7^{\circ}38'53.86''W$ ) (Figura 8) e outro com a estratégia de confusão sexual ( $41^{\circ} 4'20.33''N$ ;  $7^{\circ}40'31.64''W$ ) (Figura 9), com área de 0,55 e 1,74 hectares, respetivamente. Os pomares encontram-se a uma altitude entre 830 e 700 metros de altitude, respetivamente.





Figura 8 - Pomar com estratégia de proteção integrada. Armamar, 2020.  
Fonte: Google Earth, 2023



Figura 9 - Pomar com estratégia de confusão sexual. Armamar, 2021.  
Fonte: Google Earth, 2023.

As plantas estavam conduzidas em eixo central e eram dispostas em um compasso de plantação de 4 m x 2 m, possuindo sistema de rega gota-a-gota. As técnicas culturais utilizadas foram a poda de inverno, poda em verde e monda dos frutos. O combate à vegetação espontânea foi realizado através da aplicação de herbicidas na linha e utilização de destroçador na entrelinha. O controlo contra os inimigos da cultura, em conformidade com o modo de produção integrado, ocorreu conforme indicações dos técnicos da AFA.

Na parcela em produção de modo integrado, encontra-se a variedade Royal-gala

num pomar com 22 anos. Na parcela usada para a estratégia de confusão sexual, as árvores têm 22 anos e são das variedades Jonagored e Royal-gala.

### 3.1.1 Tratamentos

#### Carrazeda de Ansiães

Em Carrazeda de Ansiães no decorrer da campanha de produção de 2020 foram realizados no pomar em PI cinco tratamentos com os produtos listados no Quadro 5. No pomar em CS foi realizado apenas um tratamento para reduzir os níveis populacionais do bichado.

Quadro 5 - Tratamentos realizados no pomar em proteção integrada. Carrazeda de Ansiães, 2020.

Data	Substância ativa	
	PI	CS
09/05/2020	Metoxifenoazida	
12/05/2021		Tebufoenoazida
01/06/2020	Clorantraniliprol	
09/07/2020	Triflumurão	
31/07/2020	Tiaclopride	
14/08/2020	Indoxacarbe	
09/05/2020	Metoxifenoazida	

Durante a campanha de produção 2021 foram realizados no pomar em PI quatro tratamentos com os produtos listados no Quadro 6. No pomar em CS foi realizado apenas um tratamento para reduzir os níveis populacionais do bichado.

Quadro 6 - Tratamentos realizados no pomar em proteção integrada. Carrazeda de Ansiães, 2021.

Data	Substância ativa	
	PI	CS
12/05/2021	Triflumurão	Triflumurão
06/06/2021	Indoxacarbe	
08/07/2021	Clorantraniliprol	
27/07/2021	Indoxacarbe	

#### Armamar

Em Armamar no decorrer da campanha de produção de 2020 foram realizados no pomar em PI cinco tratamentos com os produtos listados no Quadro 7. No pomar em CS foi realizado apenas um tratamento para reduzir os níveis populacionais do bichado.

Quadro 7 - Tratamentos realizados no pomar em proteção integrada. Armamar, 2020.

Data	Substância ativa	
	PI	CS
09/05/2020	Metoxifenoazida	
12/05/2020		Tebufenozida
01/06/2020	Clorantraniliprol	
09/07/2020	Triflumurão	
31/07/2020	Tiaclopride	
06/08/2020	Indoxacarbe	

Durante a campanha de produção 2021 foram realizados no pomar em PI dois tratamentos com os produtos listados no Quadro 8. No pomar em CS foi realizado apenas um tratamento para reduzir os níveis populacionais do bichado.

Quadro 8 - Tratamentos realizados no pomar em proteção integrada. Armamar, 2021.

Data	Substância ativa	
	PI	CS
12/05/2020	Triflumurão	Triflumurão
06/06/2021	Indoxacarbe	

O combate contra os inimigos da cultura da macieira nos pomares é feito conforme as normas da PI. A determinação dos tratamentos e a data para a sua execução foi estabelecida com base na análise das capturas nas armadilhas e na observação do ataque nos frutos, em conformidade com as diretrizes estabelecidas para a PI.

### 3.1.2 Dados climáticos

#### Carrazeda de Ansiães

A região de Carrazeda de Ansiães apresenta clima mediterrâneo com influência subcontinental, característico por apresentar verões curtos, quentes e secos e invernos longos e frios no qual se concentra grande parte da precipitação anual (Weather Spark, 2023). Em 2020 apresentou uma média anual de precipitação de aproximadamente de 982 mm e uma temperatura média anual de 12,9°C. Já em 2021 a média anual de precipitação foi de aproximadamente 521 mm e a temperatura média anual de 12,1 °C. A Figura 10 e a Figura 11 mostram a distribuição da precipitação, temperatura e humidade ao longo do ano de 2020 e 2021, respectivamente. Os dados de temperatura, humidade e precipitação foram registados através de Estações Meteorológicas Automáticas instaladas nas proximidades dos pomares.

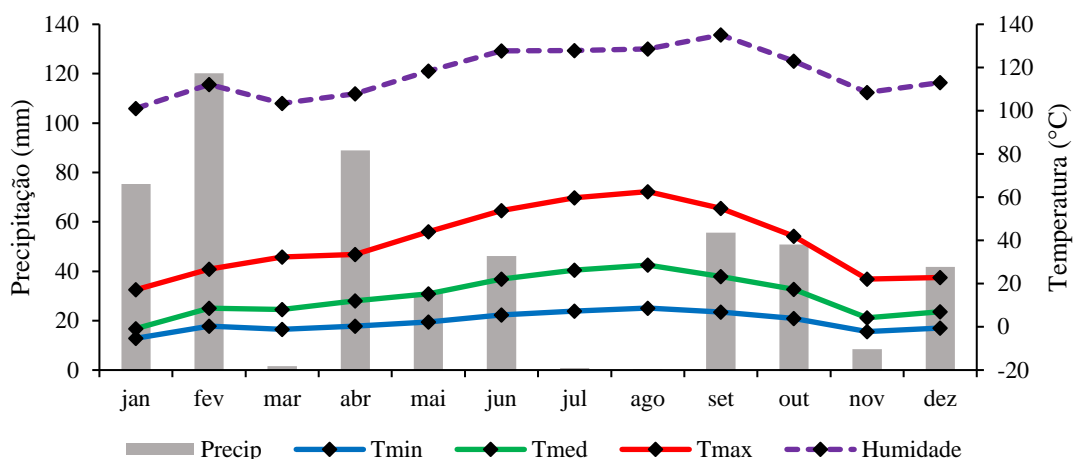


Figura 10 - Precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e humidade na Região de Carrazeda de Ansiães em 2020.  
Fonte: Adaptado de Weather Spark, 2023.

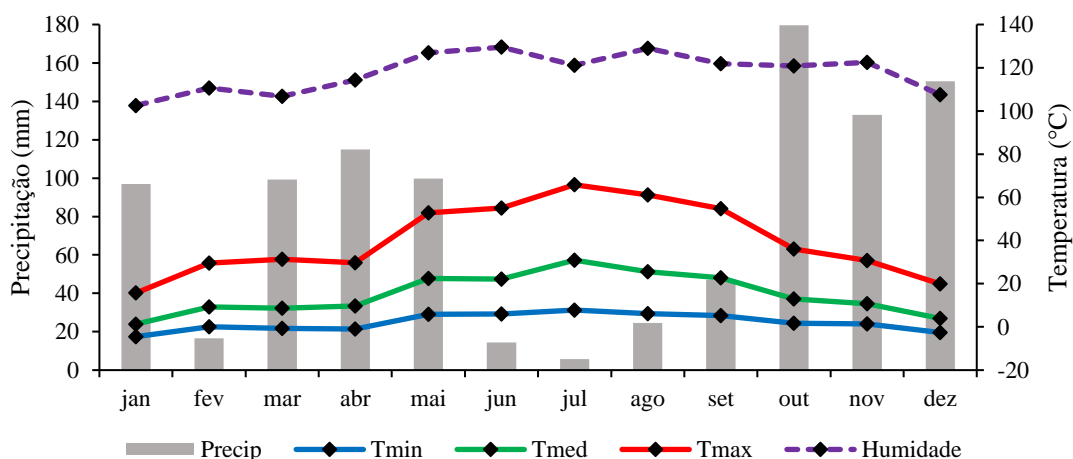


Figura 11 - Precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e humidade na Região de Carrazeda de Ansiães em 2021.  
Fonte: Adaptado de Weather Spark, 2023.

## Armamar

Em Armamar o verão é quente e seco e o inverno é bastante frio e concentra grande parte da precipitação ocorrida durante o ano. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 1 °C a 29 °C e raramente é inferior a -3 °C ou superior a 34 °C (Weather Spark, 2023). Em 2020 apresentou uma média anual de precipitação de aproximadamente de 620 mm e uma temperatura média anual de 12,5°C. Já em 2021 a média anual de precipitação foi de aproximadamente 729 mm e a temperatura média anual de 11,8°C. A Figura 12 e a Figura 13 apresentam a distribuição da precipitação, temperatura e humidade ao longo

do ano de 2020 e 2021, respectivamente. Os dados de temperatura, humidade e precipitação foram registrados através das Estações Meteorológicas AFA, nomeadamente Queimada, Santa Cruz e São Martinho e os dados apresentados são a média de ambas.

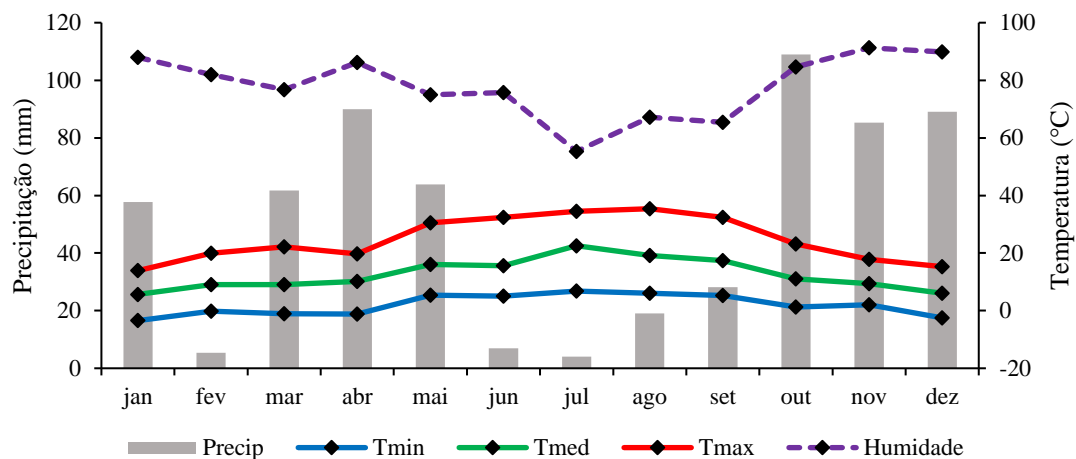


Figura 12 - Precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e humidade na Região de Armamar, 2020.  
Fonte: Adaptado de Weather Spark, 2023.

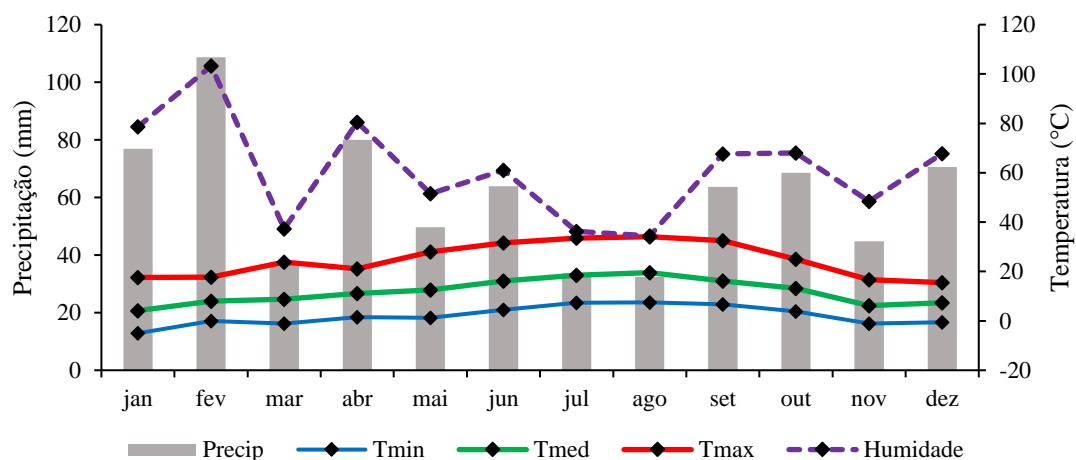


Figura 13 - Precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e humidade na Região de Armamar, 2021.  
Fonte: Adaptado de Weather Spark, 2023.

### 3.4 Monitorização do voo de *Cydia pomonella* L.

Para acompanhar o voo dos adultos de *C. pomonella* foram instaladas em cada pomar três armadilhas tipo delta com feromona sexual (Econex® 2 mg) (Figura 14). As armadilhas foram colocadas a 1,5 metros de altura do solo de forma aleatória na parcela, porém dispostas a um mínimo de 50 metros de distância entre si. A feromona foi



substituída mensalmente com auxílio de pinça entomológica, seguindo as recomendações do fabricante e a contagem dos adultos foi realizada semanalmente entre março e setembro em 2020 e entre abril e setembro em 2021. Para produzir a curva de voo de cada espécie utilizou-se a média das três armadilhas e o erro padrão.



Figura 14 - Armadilha tipo Delta em macieira (A); Armadilha aberta com feromona e adultos de *Cydia pomonella* L. (B).

### 3.5 Controlo de *Cydia pomonella* L. através da confusão sexual

Próximo ao início do voo dos adultos da 1ª geração procedeu-se à colocação dos difusores para a confusão sexual, nos dias 07/04/2020 e 08/04/2021 em Carrazeda de Ansiães e nos dias 10/05/2020 e 05/05/2021 em Armamar. Os difusores de feromona utilizados em ambos os pomares no combate ao bichado-da-fruta foram o CheckMate® Puffer® CM (Figura 15), inseriram-se 3 difusores/ha em dispositivos especiais de dispersão automática (Puffer Aerosol Cabinet) em postes próximos às árvores. Cada difusor contém a seguinte composição de feromona de *C. pomonella*: 18,05 % p/p de (E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol. O percentual de desorientação masculina foi calculado com base na redução da capacidade dos machos de localizar as fêmeas para o acasalamento, de acordo com a equação a seguir, de forma que quanto maior o percentual, maior a eficácia da estratégia CS.

$$\% \text{ Desorientação} = \frac{(N^\circ \text{ de captura em PI} - N^\circ \text{ de capturas em CS})}{(N^\circ \text{ de capturas em PI} + N^\circ \text{ de capturas em CS})} \times 100$$





Figura 15 - Difusor CheckMate® Puffer® CM.

### **3.6 Avaliação da intensidade de ataque nos frutos**

Para a avaliação de intensidade de ataque nos frutos foram escolhidas duas linhas do pomar que foram percorridas em zig-zag, selecionando uma árvore de cada lado da linha, conforme estipulado na metodologia de estimativa de risco (Cavaco, 2012).

Realizou-se a observação de 50 árvores e em cada árvore observaram-se 20 frutos de forma aleatória, totalizando, 1.000 frutos por parcela, conforme indicado na secção 2.3 (Quadro 2). Nos frutos foi observada a presença de orifícios de penetração ou saídas das lagartas (Figura 16).

A avaliação da intensidade do ataque ocorreu no dia 27 de agosto em 2020 e no dia 03 de setembro em 2021, datas próximas ao final da campanha em Carrazeda de Ansiães e Armamar.



Figura 16 - Observação visual de um fruto com orifício de penetração ou saída de *Cydia pomonella* L.

### 3.7 Modelo de previsão para *Cydia pomonella* L.

Como o desenvolvimento biológico de *C. pomonella* está diretamente relacionado à temperatura ambiente ao longo do tempo, para a elaboração dos modelos de previsão foram obtidos dados de monitorização do pomar em estratégia proteção integrada (ver secção 3.4) e dados de temperatura.

Os dados de temperatura de Armamar foram obtidos do site AFA e realizado a média das estações meteorológicas São Martinho, Queimada e Santa Cruz, estações próximas aos pomares em estudo. Os dados de temperatura de Carrazeda de Ansiães foram fornecidos pelos técnicos da AFUVOPA.

A partir dos dados de temperatura média foram calculados os graus-dia para cada dia individual, subtraindo a temperatura mínima para o desenvolvimento da praga, que para *C. pomonella* é 10°C e acumulado esses valores ao longo do tempo, de acordo com a equação a seguir. O resultado reflete a soma acumulada de graus-dia a partir de 1º de novembro.

$$GD = \sum_{i=1}^n \frac{T_{\max, i} + T_{\min, i}}{2} - T_{base}$$

Onde:

- $GD$  é a soma acumulada de graus-dia,
- $n$  é o número de dias considerados,
- $T_{max i}$  e  $T_{min i}$  são as temperaturas máxima e mínima, respectivamente, para o dia  $i$ ,
- $T_{Mínima}$  é a temperatura mínima para o desenvolvimento da praga.

As datas em que se observa a acumulação dos graus-dias para completar determinadas fases de desenvolvimento de *C. pomonella* seguiram o modelo de previsão de desenvolvimento por graus-dias apresentado por Sir (2010), conforme o Quadro 9.

Quadro 9 - Previsão do desenvolvimento de *Cydia pomonella* L. com o modelo graus-dias.

Graus-dias acumulados	Estágio de desenvolvimento de <i>Cydia pomonella</i>
100	Emergência dos adultos da primeira geração
150	Início da postura
220	Início da eclosão dos ovos
500	Fim da emergência dos adultos
575	Início da emergência dos adultos da segunda geração
700	Início eclosão de ovos da segunda geração
1140	Fim da emergência dos adultos da segunda geração
1160	Início da emergência dos adultos da terceira geração

Fonte: Adaptado de Sir (2010).

### 3.8 Avaliação do impacto das estratégias de controlo na entomofauna

A entomofauna foi recolhida quinzenalmente nos pomares com as estratégias de proteção fitossanitária proteção integrada (PI) e confusão sexual (CS) na região de Carrazeda de Ansiães entre 11 de maio e 20 julho de 2021, através da técnica das pancadas adaptada (Figura 17 (A)).

Em cada parcela foram recolhidos indivíduos de 26 árvores, selecionadas de forma aleatória, e em cada árvore foram selecionados dois ramos, situados em zonas opostas, e que foram abanados vigorosamente duas vezes. Em cada parcela obtiveram-se 13 subamostras, ou seja, duas árvores por subamostra. Os indivíduos capturados foram colocados em um saco plástico, congelados até identificação em ordem, família e grupo funcional (Figura 17 (B)).



Figura 17 - Recolha de artrópodes por meio da técnica das pancadas (A); Identificação dos artrópodes amostrados em lupa binocular (B).

A análise estatística foi conduzida utilizando o software estatístico R. Foi empregue um modelo de regressão generalizada linear (GLM) com distribuição de Poisson para investigar a relação entre as variáveis de interesse (dependentes) e os fatores Tratamento e Data (variáveis independentes). Os dados que não atendiam aos parâmetros de normalidade foram submetidos a transformações utilizando a função arcosseno ou a transformação logarítmica com adição de 1 ( $\log x + 1$ ) para atender às premissas do modelo. Posteriormente, a análise de variância (ANOVA) foi realizada para avaliar a significância das interações entre os fatores, seguida pelo teste de Tukey para comparações múltiplas, adotando um nível de significância de 5%.

Por fim foi calculado o Índice de Simpson como medida de diversidade por amostra. O índice de Simpson (Simpson, 1949) reflete a probabilidade de dois indivíduos capturados aleatoriamente na comunidade pertencerem à mesma espécie. Quanto maior for esta probabilidade, significa que esta comunidade apresenta um menor grau de diversidade. O índice varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior a probabilidade de os indivíduos pertencerem à mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor a diversidade. O índice foi calculado como:

$$D = \sum ni ((ni - 1)/N(N - 1))$$

Onde D equivale ao índice Simpson,  $ni$  indica a densidade de cada família e  $N$  representa o número total de indivíduos da amostra. Posteriormente o valor do índice foi transformado como  $1-D$  para facilitar a sua interpretação em termos de diversidade, assim, quanto mais próximo de 0, menor a diversidade e quanto mais próximo de 1, maior a diversidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussão dos itens abordados, os mesmos foram subdivididos em: monitorização de voo, avaliação da eficácia das estratégias de controlo, modelos de previsão para *C. pomonella* e por fim, avaliação da entomofauna.

### 4.1 Monitorização do voo de *Cydia pomonella* L.

#### Carrazeda de Ansiães

A Figura 18 apresenta o número médio e erro padrão de capturas de adultos de *C. pomonella* no pomar em estratégia confusão sexual (CS) e no pomar em estratégia proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães no período de monitorização em 2020. Também estão indicadas as datas dos tratamentos realizados em ambos os pomares (ver 3.1.1).

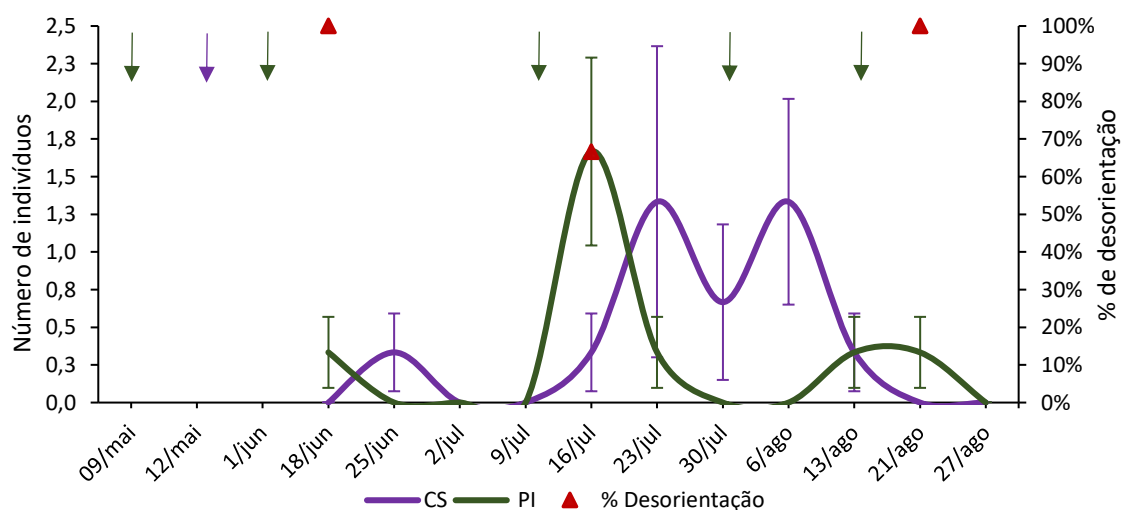


Figura 18 - Média  $\pm$  erro padrão de adultos de *Cydia pomonella* L. capturados nas armadilhas delta na parcela em confusão sexual e proteção integrada, datas de tratamentos ( $\downarrow$ ) e percentagem de desorientação masculina ( $\blacktriangle$ ). Carrazeda de Ansiães, 2020.

É possível perceber a existência de duas gerações de *C. pomonella*. A primeira iniciada em meados de junho e finalizada no início de julho. A segunda geração corresponde ao voo de adultos alguns dias após o fim da primeira geração, meados de julho até a terceira semana de agosto, totalizando aproximadamente 42 dias, período correspondente ao retratado por Coutinho (2011) para Portugal.

Na parcela com estratégia CS observam-se dois períodos com níveis de capturas

mais elevados, ambos referentes à segunda geração de *C. pomonella*. O máximo de capturas ocorreu no dia 23 de julho com uma média de  $1,3 \pm 1,03$  indivíduos por armadilha e no dia 06 de agosto, com captura média de  $1,3 \pm 0,68$  indivíduos por armadilha. A taxa de desorientação masculina, calculada conforme referido na metodologia, variou entre 67% e 100% no período que se seguiu à colocação dos difusores.

Também na parcela com estratégia PI é possível perceber a existência de duas gerações de *C. pomonella*. A primeira geração corresponde ao voo de adultos entre início de julho e final de julho. A segunda geração pode ser identificada no início de agosto até o final do mesmo mês. Entretanto, uma geração anterior pode ter ocorrido antes do período de monitorização (a postergação da monitorização decorreu do confinamento da pandemia de COVID-19), totalizando três gerações.

Um estudo desenvolvido na Croácia Pajač et al. (2012) confirmaram que existe a possibilidade de que uma (terceira) geração adicional da praga possa se desenvolver em anos em que a soma dos graus-dia seja superior à média. Em 2020, de acordo com o boletim climático do IPMA (2023), houve uma anomalia de  $+1,6^{\circ}\text{C}$  em relação à temperatura média anual normal (1981-2010) na Europa. Em Portugal Continental, 2020 foi o 4º ano mais quente dos últimos 90 anos, caracterizado por 4 ondas de calor na região Norte (três em julho e uma em agosto). O ano foi classificado como muito quente e seco (IPMA, 2023).

Da análise à curva de voo da parcela em PI observa-se um pico de captura mais acentuado no dia 16 de julho, correspondente à segunda geração de *C. pomonella*, com uma média de capturas de  $1,7 \pm 0,62$  indivíduos por armadilha. Apesar da parcela PI apresentar um maior pico de capturas do que a parcela em CS, a parcela em CS apresentou, ao longo do período de monitorização, maior número médio total de capturas por armadilha ( $4,33$  indivíduos  $\pm 0,41$ ) em relação ao mesmo período de avaliação na parcela em PI ( $3$  indivíduos  $\pm 0,27$ ).

Segundo Neven (2013) as mariposas adultas emergem após a diapausa dando origem à primeira geração quando temperaturas acima de  $10^{\circ}\text{C}$  são atingidas por mais de 60 dias. Assim, o início tardio e parcial da primeira geração de ambas as parcelas pode estar relacionado ao não atendimento dessa condição, já que a temperatura média de abril e maio foram de  $10,7^{\circ}\text{C}$  e  $16,5^{\circ}\text{C}$ , com mínimas de  $-1^{\circ}\text{C}$  e  $5,9^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, atingindo o ideal de temperatura em meados de junho (Weather Spark, 2023).

Ademais, o voo dos machos do bichado-da-fruta inicia-se com uma temperatura média igual ou superior a 12,5°C e as fêmeas a 15°C, além de velocidade do vento inferior a 20 km/h. As fêmeas só iniciam a postura com temperaturas acima de 16°C (Rodrigues, 2011) e humidade relativa superior a 60% e ausência de precipitação. Assim, além da temperatura, a baixa e tardia incidência de *C. pomonella* nos meses iniciais da geração pode estar relacionada com a precipitação elevada dos meses de abril (114,9 mm) e maio (99,7 mm). Segundo o boletim climático do IPMA (2023) o valor médio da quantidade de precipitação em abril e maio correspondeu a 148% e 76%, relativamente, do valor normal (1971-2000).

O número médio ( $\pm$ EP) de capturas de adultos de *C. pomonella* no pomar em estratégia confusão sexual (CS) e no pomar em estratégia proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães no ano de 2021 são apresentados na Figura 19. Também são indicadas as datas dos tratamentos realizados em ambos os pomares (ver 3.1.1).

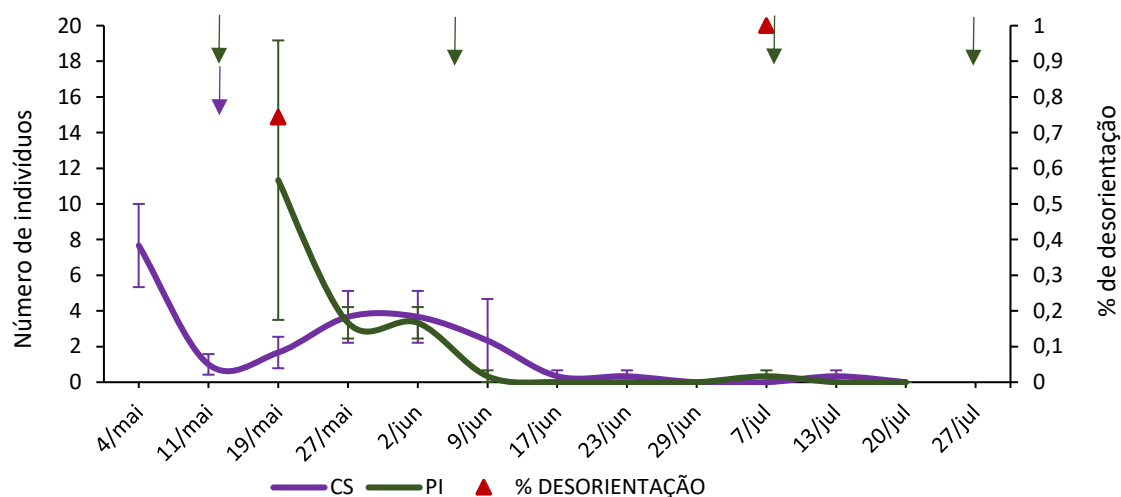


Figura 19 - Média  $\pm$  erro padrão de adultos de *Cydia pomonella* L. capturados nas armadilhas delta na parcela em confusão sexual e proteção integrada, datas de tratamentos ( $\downarrow$ ) e percentagem de desorientação masculina ( $\blacktriangle$ ). Carrazeda de Ansiães, 2021.

Apartir da curva de voo de *C. pomonella* na parcela em CS pode ser notada a possibilidade da existência de duas gerações. A primeira iniciada antes do período de monitorização (a postergação da monitorização decorreu do confinamento da pandemia de COVID-19) e finalizada em maio. A segunda geração corresponde ao voo de adultos entre o final de maio até meados de junho.

O máximo de capturas registradas no período ocorreu no dia 04 de maio com uma média de  $7,7 \pm 2,33$  indivíduos por armadilha e entre o dia 27 de maio e 02 de junho, com

captura média de  $3,7 \pm 1,45$  indivíduos por armadilha. A taxa de desorientação masculina, calculada conforme referido na metodologia, variou entre 74% e 100%.

Uma geração de *C. pomonella*, iniciada antes do período de monitorização, pode ser constatada na parcela em PI, e finalizada no início de junho. O máximo de capturas registadas ocorreu no dia 19 de maio com uma média de  $11,3 \pm 7,84$  indivíduos por armadilha.

Novamente, o número de adultos capturado em média no pico de voo foi superior na parcela em PI quando comparada a parcela com estratégia de CS, entretanto a parcela CS apresentou, ao longo do período de monitorização, maior número médio total de capturas por armadilha ( $21$  indivíduos  $\pm 1,59$ ) em relação ao mesmo período de avaliação na parcela em PI ( $18,7$  indivíduos  $\pm 2,84$ ).

A ocorrência de uma única geração na parcela PI e baixos índices de captura após meados de junho, em ambas as parcelas, poderia estar relacionados a um conjunto de fatores, entre eles a eficácia da estratégia CS (Angeli et al., 2007; Judd et al., 2005) e dos tratamentos na estratégia PI, ou mesmo, fatores ambientais (Maalouly et al., 2013; Pajač et al., 2012).

No entanto, altos índices de ataque aos frutos ocorreram neste ano e são evidenciados na secção 4.2. A equipe técnica que realiza acompanhamento no pomar afirmou que enfrentaram dificuldades relacionadas a ineficiência das armadilhas delta com feromona sexual no pomar.

## **Armamar**

O número médio ( $\pm EP$ ) de capturas de adultos de *C. pomonella* no pomar em estratégia confusão sexual (CS) e no pomar em estratégia proteção integrada (PI) em Armamar no período de monitorização que decorreu de 07 de abril a 14 de setembro de 2020 são apresentados na Figura 20. Também estão indicadas as datas dos tratamentos realizados em ambos os pomares (ver secção 3.1.1).



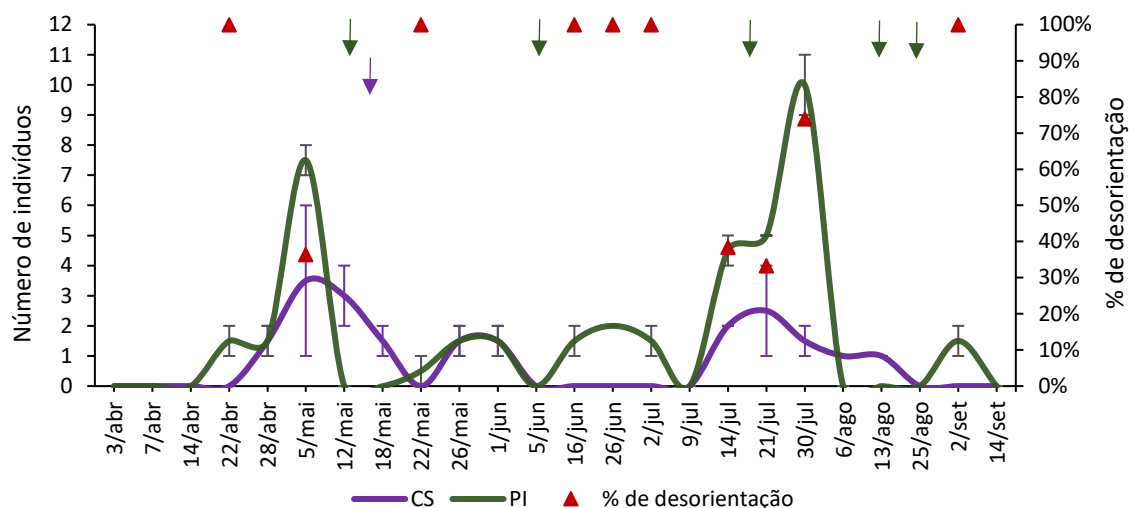


Figura 20 - Média  $\pm$  erro padrão de adultos de *Cydia pomonella* L. capturados nas armadilhas delta na parcela em confusão sexual e proteção integrada, datas de tratamentos ( $\downarrow$ ) e percentagem de desorientação masculina ( $\blacktriangle$ ). Armamar, 2020.

Na parcela com estratégia CS observam-se dois períodos com níveis de capturas mais elevados, o primeiro com início em meados de abril, tendo decorrido o voo até início de junho. A segunda geração identificada corresponde ao voo de adultos entre início de julho até meados de agosto, coincidindo com o início da apanha da maçã em Armamar.

O máximo de capturas na primeira geração ocorreu no dia 05 de maio com uma média de  $3,5 \pm 2,5$  indivíduos por armadilha, já na segunda geração teve seu pico de capturas no dia 21 de julho, com captura média de  $2,5 \pm 1,5$  indivíduos por armadilha.

Entretanto, após a instalação dos difusores da confusão sexual, no dia 10 maio, ocorreu uma redução notável de capturas nesta parcela, tendo a presença dos difusores da confusão sexual provavelmente provocando desorientação dos machos e estes não conseguiram encontrar as armadilhas. A taxa de desorientação masculina, calculada conforme referido na metodologia, variou entre 33% e 100%.

Dois períodos com níveis de capturas mais elevados foram evidentes na parcela em PI, o primeiro no início de maio e o segundo no final de julho, correspondendo a duas gerações de *C. pomonella*. A primeira iniciada em meados de abril tendo decorrido o voo até meados de maio. A segunda geração identificada corresponde ao voo de adultos entre o início de julho até início de agosto. O máximo de capturas na primeira geração ocorreu em 05 de maio com uma captura média de  $7,5 \pm 0,5$  indivíduos por armadilha, na segunda geração o pico de capturas ocorreu no dia 30 de julho com uma captura média de  $10 \pm 1,0$  indivíduos por armadilha.

Os resultados coincidem com os dados apresentados por Clemente et al. (2000), na qual cita que em Portugal, mais especificamente na região Oeste, o início do voo dos adultos da primeira geração é proveniente das lagartas hibernantes do ano anterior, ocorrendo no final de março e início de abril, prolongando-se durante maio e junho, enquanto a segunda geração acontece entre julho e setembro. Resultados semelhantes são reportados em pomares de macieira na Suíça (Graf, 2018), Bulgária (Kutinkova et al., 2009a), Grécia (Damos et al., 2018) na Síria (Mansour, 2007), na Roménia (Gheban et al., 2014) e no Canadá (Thistlewood & Judd, 2019).

A parcela PI apresentou um pico de capturas mais elevado do que a parcela em CS e também maior número médio total de capturas por armadilha (40 indivíduos  $\pm 1,90$ ) em relação ao mesmo período de avaliação na parcela em CS (20,5 indivíduos  $\pm 0,90$ ).

Rock e Shaffer (1983) afirmam que os adultos de *C. pomonella* apresentam pleno desenvolvimento sob temperaturas aproximadas de 32°C, e que 31°C é a temperatura máxima para ovos, larvas e pupas. De forma mais particular, Howell e Neven (2000) constataram que temperaturas acima de 35°C sob regime constante são consideradas prejudiciais para larvas de *C. pomonella*, decaindo significativamente a taxa de crescimento do inseto. Assim, a expressiva atividade de voo registrada neste ano, principalmente no pomar em PI, pode estar relacionada a condições climáticas ideais de desenvolvimento. Apenas no dia 06 de agosto a temperatura esteve acima do limiar prejudicial (35,6°C) e coincidiu com uma queda de capturas de 100% em relação ao registo da semana anterior.

O número médio ( $\pm EP$ ) de capturas de adultos de *C. pomonella* no pomar em estratégia confusão sexual (CS) e no pomar em estratégia proteção integrada (PI) em Armamar no período de monitorização que decorreu de 29 de abril a 02 de setembro de 2021 e as datas dos tratamentos realizados em ambos os pomares (ver 3.1.1) são apresentados na Figura 21.

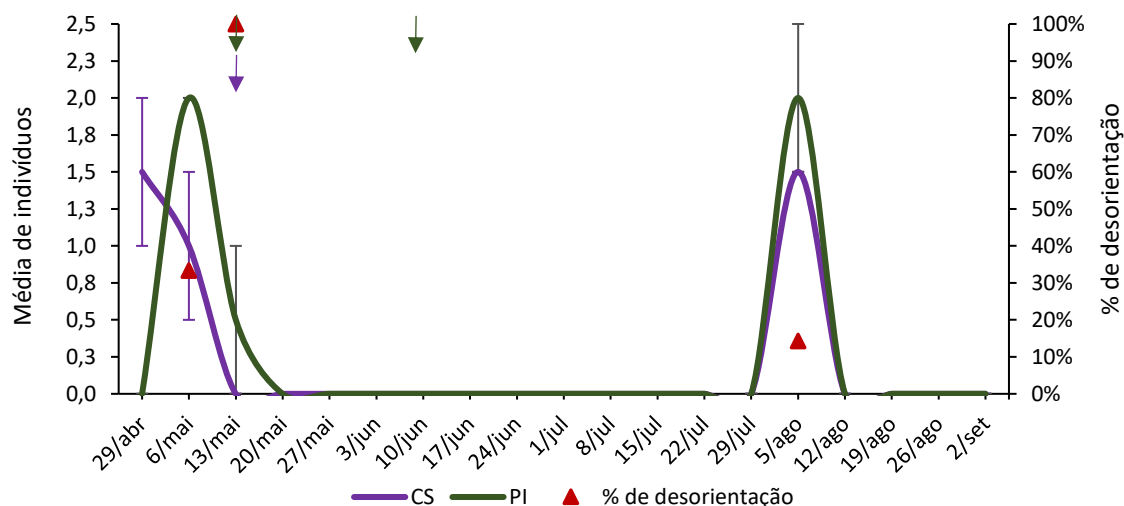


Figura 21 - Média  $\pm$  erro padrão de adultos de *Cydia pomonella* L. capturados nas armadilhas delta na parcela em confusão sexual e proteção integrada, datas de tratamentos ( $\downarrow$ ) e porcentagem de desorientação masculina ( $\blacktriangle$ ). Armamar, 2021.

Observam-se dois períodos com níveis de capturas mais elevados são evidenciados na parcela com estratégia CS, o primeiro no final de abril e o segundo no final de julho, indicando de forma bem marcada a existência de duas gerações de *C. pomonella*. O máximo de capturas na primeira geração ocorreu no dia 29 de abril com uma média de  $1,5 \pm 0,5$  indivíduos por armadilha, já na segunda geração teve seu pico de capturas no dia 05 de agosto, com captura média de  $1,5 \pm 0,5$  indivíduos por armadilha. A taxa de desorientação masculina, calculada conforme referido na metodologia, variou entre 14% e 100%.

Dois períodos com níveis de capturas mais elevados correspondentes a duas gerações de *C. pomonella* também são evidenciados na parcela com estratégia PI. O máximo de capturas na primeira geração ocorreu em 06 de maio com uma captura média de  $2 \pm 0,5$  indivíduos por armadilha, na segunda geração o pico de capturas ocorreu no dia 05 de agosto com uma captura média de  $2 \pm 0,5$  indivíduos por armadilha. A parcela PI apresentou um pico de capturas mais elevado que a parcela em CS, mas semelhante número médio total de capturas por armadilha ( $4,5$  indivíduos  $\pm 0,50$ ) em relação ao mesmo período de avaliação na parcela em CS ( $4$  indivíduos  $\pm 0,40$ ).

Além disso, o início e final do voo dos adultos de *C. pomonella* e variação do número de indivíduos capturados de cada uma das gerações foi coincidente nas duas parcelas. Também é possível perceber uma baixa incidência da praga em ambos os pomares em comparação ao ano anterior (2020), de forma que não foi atingido o nível

económico de ataque de 2 a 3 machos/ha/semana.

A abundância e distribuição espacial de *C. pomonella* não pode ser explicada por um único fator ecológico, já que o ciclo de vida do bichado pode ser afetado pela temperatura e duração do dia, competição interespecífica com predadores e parasitoides, características varietais das plantas hospedeiras, relevo e vegetação das áreas vizinhas (Audemard, 1979; Chafaa, 2008; Hmimina, 2007; Toubon, 2008).

#### 4.2 Avaliação da eficácia das estratégias de controlo

Os resultados apresentados na Figura 22 demonstram que em 2020 nos pomares em Carrazeda de Ansiães a estratégia CS reduziu os estragos provocados pela praga, tendo-se observado apenas 9,3% de frutos atacados, enquanto na parcela PI, a percentagem de frutos atacados foi de 21,8%, 12,5% a mais que a estratégia CS. Entretanto, em ambas as estratégias a percentagem de frutos atacados ultrapassou o nível económico de ataque afixado em 1% (Cichón et al., 2001).

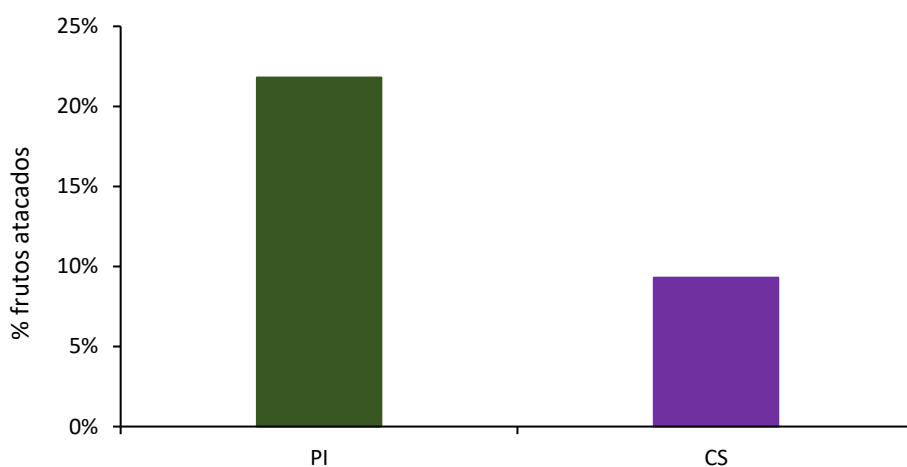


Figura 22 - Percentagem média de ataque de frutos em Carrazeda de Ansiães, 2020.

Em 2021, novamente a estratégia CS reduziu os estragos provocados pela praga, tendo-se observado apenas 5,4% de frutos atacados, enquanto na parcela PI, a percentagem de frutos atacados foi de 14,3%, 8,9% a mais que a estratégia CS (Figura 23). Entretanto, em ambas as estratégias a percentagem de frutos atacados ultrapassou o nível económico de ataque afixado em 1% (Cichón et al., 2001).

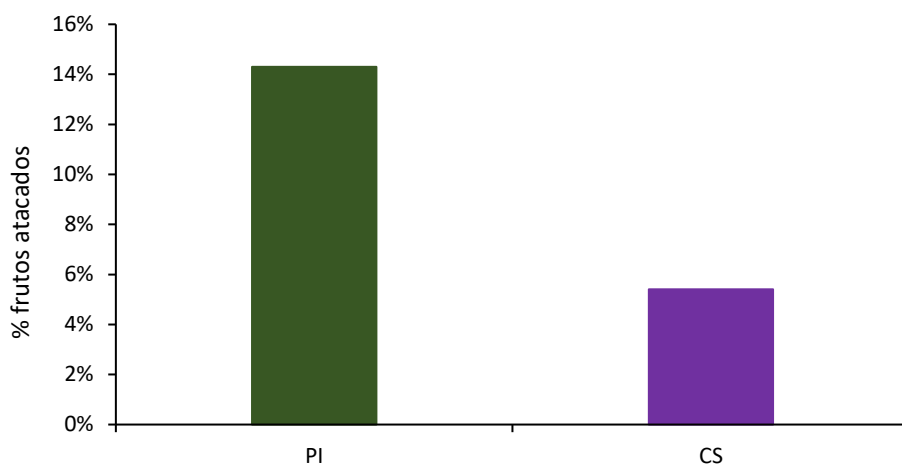


Figura 23 - Percentagem média de ataque de frutos em Carrazeda de Ansiães, 2021.

Em Armamar (2020) a estratégia CS reduziu os estragos provocados pela praga nos pomares, tendo-se observado apenas 5% de frutos atacados, enquanto na parcela PI, a percentagem de frutos atacados foi de 14%, 9% a mais que a estratégia CS (Figura 24). Entretanto, em ambas as estratégias a percentagem de frutos atacados ultrapassou o nível económico de ataque afixado em 1% (Cichón et al., 2001).

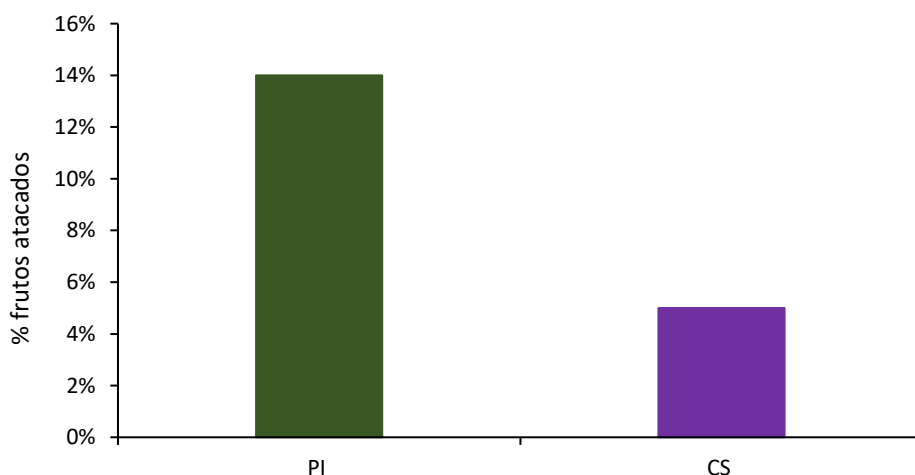


Figura 24 - Percentagem média de ataque de frutos em Armamar, 2020.

Já em 2021, nos pomares em Armamar com a estratégia CS não houve estragos provocados pela praga nos frutos, enquanto na parcela PI, a percentagem de frutos atacados foi de 3,0% (Figura 25). Apenas na estratégia PI a percentagem de frutos atacados ultrapassou o nível económico de ataque afixado em 1% (Cichón et al., 2001), entretanto o percentual foi menor que no ano anterior, de forma que foi possível reduzir a aplicação de tratamentos no pomar em PI durante a campanha de 2021.

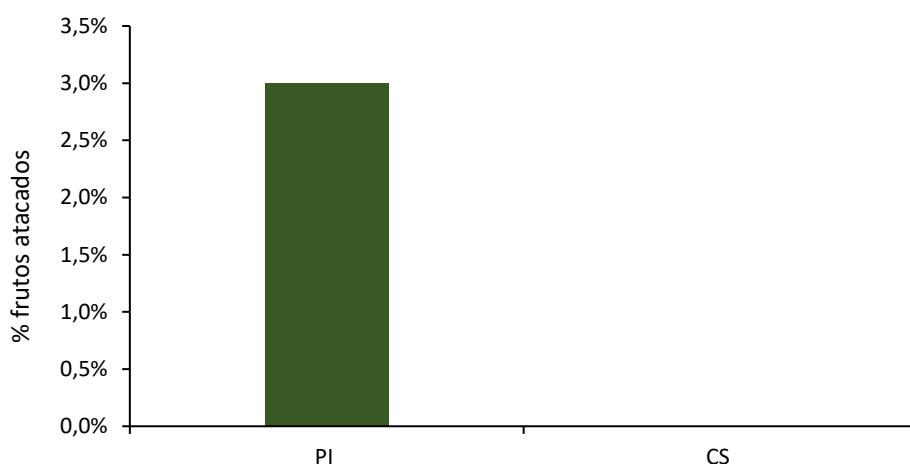


Figura 25 - Percentagem média de ataque de frutos em Armamar, 2021.

Da análise da Figura 22, Figura 23, Figura 24 e Figura 25 é possível verificar que na parcela com estratégia CS, onde foi realizado apenas um tratamento para reduzir os níveis populacionais iniciais, com Tebufenozida ou Triflumurão apresentou menos danos que na parcela em modo de produção integrada, aonde foram realizados tratamentos com Metoxifenoazida, Indoxacarbe, Tiaclopride, Tebufenozida e Triflumurão, conforme apresentado na secção 3.1.1.

Esses resultados podem ser atribuídos à eficiência da confusão sexual e/ ou a resistência de *C. pomonella* aos tratamentos empregados (Charmillot, 2007; Franck et al., 2007; Ju et al., 2021; Pajač et al., 2011). Reyes et al. (2007) apontam que 47 populações de capturadas em 5 países diferentes da Europa desenvolveram resistência a pelo menos um dos 10 inseticidas que investigaram. Charmillot et al. (2007), ao investigarem a resistência de *C. pomonella* a inseticidas, observaram cepas suíças altamente resistentes a diversas substâncias ativas, dentre elas a Tebufenozida, Metoxifenoazida, Indoxacarbe e Tiaclopride.

Mota-Sanchez et al. (2008) buscando determinar os níveis de resistência em larvas neonatas do bichado da fruta em Michigan observaram eficácia reduzida da Metoxifenoazida, correlacionada a um aumento no número de entradas em frutas sujeitas a esse tratamento. Apesar de a Metoxifenoazida ter sido utilizada esporadicamente, as populações desenvolveram resistência em um curto período. Também é suspeito de resistência cruzada com outros inseticidas (Bosch et al 2018; Ju, 2021).

O bloqueador do canal de sódio Indoxacarbe também apresentou casos de

resistência e baixa eficiência. Skenderasi et al. (2023), apontam que em 2009, após a proibição do Azinfosmetil, a maioria dos produtores utilizou Indoxacarbe (13 de 16 aplicações), passando a ser o inseticida mais utilizado durante 2010 (16 de 18 aplicações), contribuindo para o desenvolvimento de resistência. Populações de mariposas tolerantes a essa oxadiazina também foram detectadas por Mota-Sanchez et al. (2008) em Michigan. Na Áustria, Lethmayer et al. (2009) não obtiveram um controle abaixo do limiar de danos económicos com os quatro ingredientes ativos testados, entre eles o Metoxifenoazida e o Indoxacarbe, resultando na mortalidade de apenas 33% da população.

Pons et al. (1999) afirmam que, a toxicidade da Tebufenoazida diminui à medida que as larvas de *C. pomonella* envelhecem. Isso ocorre porque o comportamento alimentar dessas larvas geralmente envolve pouca ingestão de folhagem, uma vez que elas se enterram no núcleo da fruta, como resultado, a exposição aos inseticidas é bastante limitada. Isso sugere que, no campo, os efeitos na reprodução e ovicidas da Tebufenoazida podem ser mais significativos do que o efeito larvicida. Portanto, além da resistência, a aplicação em momentos não oportunos pode acarretar empasses de controle (Loriatti et al., 2007).

İşci e Ay (2017) destacam uma correlação entre os níveis de resistência ao inseticida Tiaclopride, utilizado em parcela comercial e aumento no nível de infestação. Este achado está em concordância com diversos estudos que indicam sensibilidade reduzida ao Tiaclopride, como mencionado por Cichón et al. (2013) e Voudouris et al. (2011). Reyes et al. (2007) observaram resistência Tiaclopride, atingindo níveis significativos, com mortalidade variando de 12,7% (Perigord, França) a 87% (Trentino, Itália). Em um estudo na área espanhola do Vale do Ebro, Bosch et al. (2018) demonstraram que aproximadamente 50% das populações eram resistentes ou tolerantes ao Tiaclopride.

Calegario et al. (2014) confirmam a hipótese de que os pomares submetidos a estratégia de confusão sexual, apresentam entre as principais vantagens a redução de estragos provocados pela praga, além de racionalizar, como consequência, os custos de produção e prejuízos ao ambiente.

Os resultados de Kutinkova et al. (2009b) evidenciaram a eficácia da técnica de confusão sexual contra a *C. pomonella* na Bulgária. Os danos aos frutos no pomar submetido à confusão sexual foram baixos, registrando 0,06% em 2006 e 0,5% em 2007. Em contrapartida, os pomares tratados de maneira convencional apresentaram danos mais

significativos, atingindo 3,4% e 5,2% nos mesmos anos.

Resultados semelhantes foram obtidos por Patanita et al. (2008) em estudo no Baixo Alentejo, os autores concluíram que os estragos em pomares em CS foram reduzidos, revelando uma boa eficiência do método, permitindo até eliminar as aplicações de inseticidas, em caso de vigilância rigorosa e frequente do pomar. Entretanto, em três dos quatro pomares estudados, a técnica não foi suficiente para reduzir os prejuízos a níveis economicamente aceitáveis, sendo necessária a combinação com outros métodos de controle.

Sciarretta e Trematerra (2011) sugerem que, em populações baixas da praga, a estratégia de confusão sexual pode reduzir a necessidade de tratamentos convencionais com inseticidas em pomares pequenos. No entanto, Angeli et al. (2007) alertam que, em níveis populacionais elevados de *C. pomonella*, o tratamento com confusão sexual pode ser mais eficaz quando combinado com inseticidas. Mansour e Mohamed (2000) utilizando armadilhas sexuais na Síria como meio de combater a *C. pomonella* obtiveram resultados positivos, reduzindo o número de intervenções de seis para dois para pesticidas.

Kutinkova et al. (2009a) corroboram que em pomares com altas populações de *C. pomonella*, a aplicação de produtos suplementares de baculovírus, como Madex®, Carpovirusine®, juntamente com saneamento intensivo, é essencial para reduzir a alta densidade populacional para níveis baixos o suficiente para alcançar um controle comercialmente aceitável (Judd et al., 2005).

#### **4.3 Modelos de previsão para as populações de *Cydia pomonella* L.**

Em Carrazeda de Ansiães em 2020 foi possível observar coincidências entre determinadas fases de desenvolvimento de *C. pomonella* prevista pelo modelo (ver Quadro 9) e o observado através das capturas em armadilhas (Figura 26), entretanto não foi totalmente correspondido pois a monitorização iniciou no dia 18 de junho, após os principais estágios da primeira geração, como a emergência dos adultos, a postura e eclosão dos ovos e assim, não sendo possível associar os graus-dias acumulados com estágios de desenvolvimento iniciais. O ciclo de emergência de adultos da primeira geração foi encerrado no dia 25 de junho, cinco dias antes de atingir 500 graus-dias, precedendo duas semanas sem capturas.



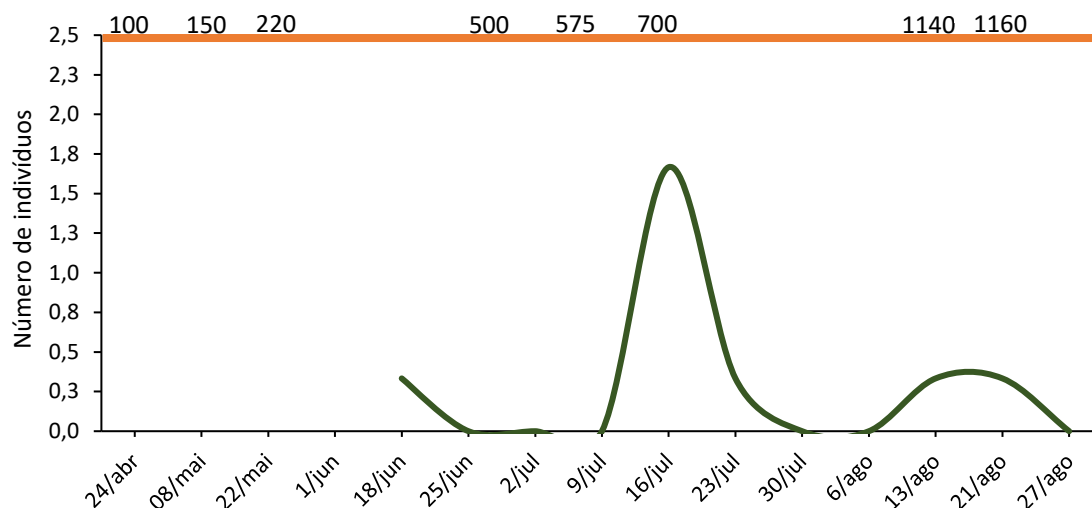


Figura 26 - Número médio de captura de adultos de *Cydia pomonella* L., em armadilhas e estágio de desenvolvimento em graus-dias. Carrazeda de Ansiães, 2020.

A emergência dos adultos da segunda geração de *C. pomonella* se deu no dia 05 de julho com a acumulação de 575 graus-dias e os primeiros registros apareceram a partir do dia 09 de julho. Esses resultados vão de acordo com Pajač et al. (2011), que aponta que a segunda geração aparece dez dias após a primeira e seu voo dura de meados de julho a meados de agosto, período em que os adultos voltam a pôr ovos e assim o ciclo de desenvolvimento se repete.

Já em Carrazeda de Ansiães em 2020 uma baixa coincidência entre determinadas fases de desenvolvimento de *C. pomonella* prevista pelo modelo (ver Quadro 9) e o observado através das capturas em armadilhas são notadas na Figura 27. Primeiramente, a monitorização no pomar em PI iniciou após o voo da primeira geração, no dia 19 de maio, período posterior à emergência dos adultos da primeira geração e o início das posturas, não sendo possível associar os GD acumulados com estágios iniciais de desenvolvimento.

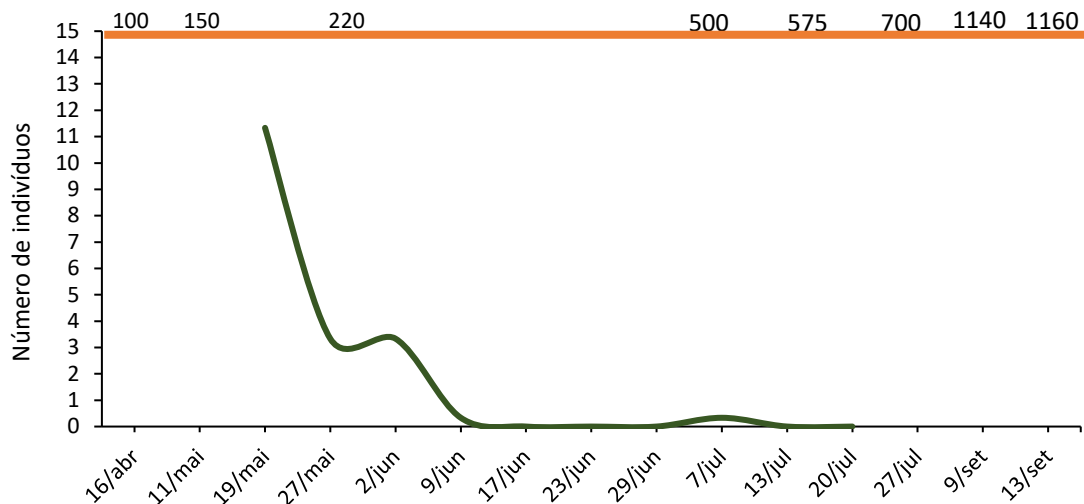


Figura 27 - Número médio de captura de adultos de *Cydia pomonella* L., em armadilhas e estágio de desenvolvimento em graus-dias. Carrazeda de Ansiães, 2021.

O ciclo de emergência de adultos da primeira geração foi encerrado próximo do dia 17 de junho, com 298 graus-dias, sendo que o modelo apresentado por Sir (2010) no Quadro 9 prevê a necessidade de 500 graus-dias para a finalização do voo da primeira geração. Também não houve correspondência com valores validados para a região da Beira Interior e para a Suíça (Cavaco et al., 2006). Portanto, a eficiência deste modelo de desenvolvimento na previsão da primeira geração do bichado-da-fruta foi baixa. Não houve ocorrência da emergência dos adultos da segunda geração de *C. pomonella*.

Da análise da Figura 28, podemos constatar alguma coincidência maior entre determinadas fases de desenvolvimento de *C. pomonella* prevista pelo modelo e o observado através das capturas em Armamar em 2020. No dia 2 de maio, atingiram-se os 100 graus-dias de temperatura superior a 10° C após o dia 1° de novembro. Entretanto as primeiras capturas em armadilhas foram registadas no dia 22 de abril, 10 dias após. Tardança que pode estar relacionada a diversas condições, como humidade relativa abaixo de 65%, temperatura crepuscular (18h-22h) menor que 15°C e velocidade do vento maior que 20 km/h (Rodrigues, 2011).

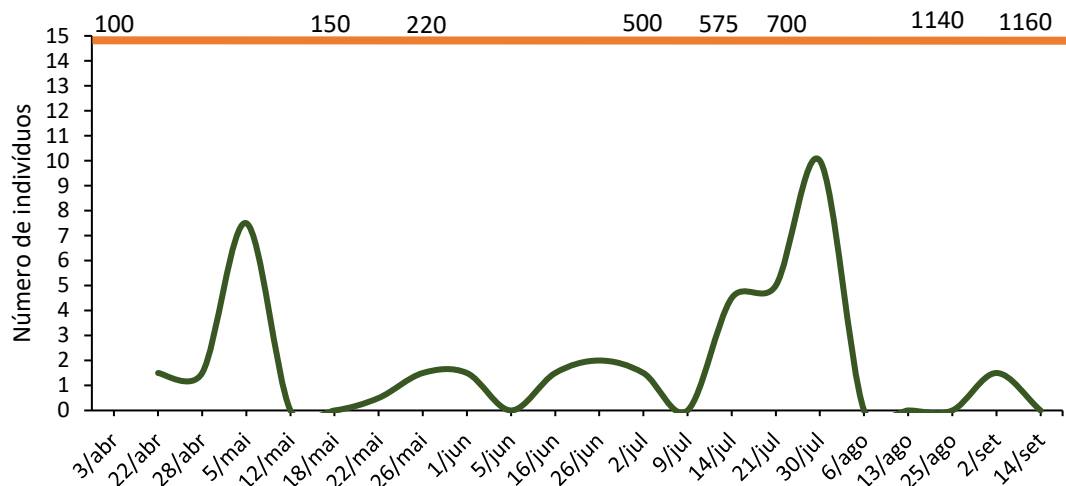


Figura 28 - Número médio de captura de adultos de *Cydia pomonella* L., em armadilhas e estágio de desenvolvimento em graus-dias. Armamar, 2020.

Já o fim da emergência dos adultos ocorreu no dia 05 de julho, resultado que vai de acordo com Audemard, (1992), citando que o inseto tem até 510 graus-dias para encerrar a primeira geração.

A ocorrência da emergência dos adultos da segunda geração de *C. pomonella* ocorreu no dia 10 de julho, com a acumulação de 575 graus-dias, essa foi a data em que na realidade se observaram capturas em armadilhas da segunda geração, demonstrando a eficácia deste modelo de desenvolvimento. O início da eclosão dos ovos da segunda geração se deu com aproximadamente 700 graus-dias, ocorrendo novamente às penetrações nos frutos.

Em Armamar, no dia 29 de abril de 2021, atingiram-se os 100 graus-dias de temperatura superior a 10° C após o dia 1° de novembro de 2020, data em que se observaram as primeiras capturas em armadilhas, demonstrando coincidência na emergência dos adultos da primeira geração de *C. pomonella* prevista pelo modelo e o observado através das capturas em armadilhas (Figura 29).

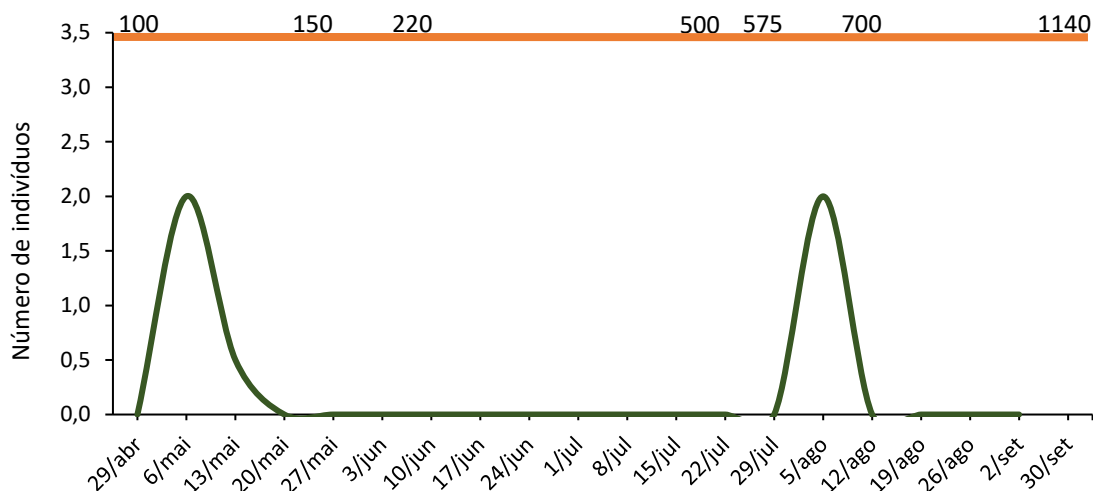


Figura 29 - Número médio de captura de adultos de *Cydia pomonella* L., em armadilhas e estágio de desenvolvimento em graus-dias. Armamar, 2021.

Os resultados vão de acordo com Ciglar (1998), que aponta que as larvas pupam dentro de seus casulos no início da primavera, geralmente em março, quando as temperaturas da primavera excedem 10°C. Dependendo da temperatura, o desenvolvimento das pupas leva de 7 a 30 dias. Para o desenvolvimento dos adultos é necessária a soma dos graus diários de 100, que geralmente ocorre no final de abril.

A ocorrência da emergência dos adultos da segunda geração de *C. pomonella* corresponde ao dia 21 de julho, com a acumulação de 575 graus-dias, de acordo com o modelo. Entretanto as primeiras capturas em armadilhas dos adultos da segunda geração foram registradas a partir do dia 29 de julho, 8 dias após a previsão. Os outros estágios de desenvolvimento de *C. pomonella* não coincidiram com o modelo apresentado por Sir (2010) (Quadro 9), tampouco com o modelo apresentado por Cavaco et al. (2006) para Portugal e Suíça.

#### 4.4 Avaliação do impacto das estratégias de controlo na entomofauna

##### 4.4.1 Abundância e diversidade de Artrópodes

Durante o período de avaliação foram capturados 3823 artrópodes. Destes, 1333 no pomar em confusão sexual e 2490 no pomar em proteção integrada, a abundância de cada grupo está ilustrada na Figura 30.

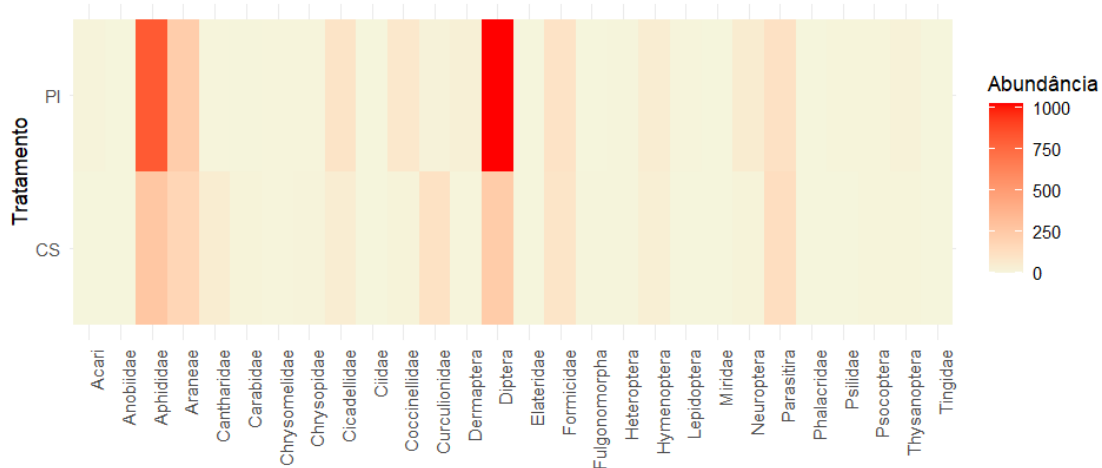


Figura 30 - Abundância de artrópodes capturados em pomares de macieira em confusão sexual e proteção integrada em Carrazeda de Ansiães em 2021.

No tratamento PI, a ordem mais abundante foi Diptera, com 1024 indivíduos, seguido por Afideo (818) e Araneae (227). Parasitoides (Hymenoptera) também contribuíram com 113 indivíduos. No tratamento CS, Diptera foi novamente a ordem mais abundante, totalizando 236 indivíduos, seguido pelos Afideos (265). Aranea e Parasitoides (Hymenoptera) também apresentaram números significativos, com 177 e 130 indivíduos, respectivamente. Embora haja variação nos números absolutos, a ordem de abundância relativa dos grupos permaneceu consistente nos dois tratamentos.

A distribuição taxonômica dos artrópodes capturados e separados em quatro grupos tróficos/ funcionais (herbívoro, polinizador, predador, parasitoide) inclui a classe Insecta, composta por nove ordens, duas subordens e 14 famílias e a classe Arachnida, representada por duas ordens.

#### 4.4.2 Efeito do tratamento e da data nos grupos tróficos/ funcionais

O Quadro 10 resume as estatísticas dos modelos desenvolvidos para avaliar o efeito do tratamento (confusão sexual e proteção integrada) e da data na diversidade de famílias de artrópodes na região de Carrazeda de Ansiães, em 2021. O teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) é utilizado para avaliar a significância estatística dos efeitos.

Quadro 10 - Resultados do GLM para os parâmetros de regressão estimados e erros padrão da resposta dos grupos tróficos/ funcionais ao tratamento, a data e a sua interação.

DV	IV	$\chi^2$	Df	Pr(> $\chi^2$ )
Herbívoro	Tratamento	1,302	1	0,254
	Data	184,557	5	<0,001
	Tratamento*Data	47,591	5	<0,001
Parasitóide	Tratamento	1,19	1	0,2753
	Data	171,85	5	<0,001
	Tratamento*Data	149,2	5	<0,001
Polinizador	Tratamento	1,346	1	0,246
	Data	86,214	5	<0,001
	Tratamento*Data	102,650	5	<0,001
Predador	Tratamento	37,573	1	<0,001
	Data	52,531	5	<0,001
	Tratamento*Data	26,744	5	<0,001

Nota: DV: Variável Dependente, IV: Variável Independente. df: Graus de Liberdade.

### Herbívoros

A análise dos herbívoros, agrupados nas ordens Acari, Coleoptera e Hemiptera revelou distintos padrões de abundância e frequência em resposta às estratégias de proteção fitossanitária, confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) (Quadro 11).

Quadro 11 - Abundância e porcentagem (%) de herbívoros capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021.

Artrópode	CS		PI	
	Abundância	%	Abundância	%
<b>Herbívoro</b>				
<b>Acari</b>				
Acari	1	0,08	9	0,36
<b>Coleoptera</b>				
Cantharidae	49	3,68	6	0,24
Carabidae	1	0,08	2	0,08
Chrysomelidae	6	0,45	6	0,24
Ciidae			1	0,04
Curculionidae	110	8,25	16	0,64
Elateridae	1	0,08	0	0,00
Phalacridae	1	0,08	0	0,00
<b>Hemiptera</b>				
Afídeo	265	19,88	818	32,85
Cicadellidae	47	3,53	96	3,86
Fulgoromorpha	3	0,23		0,00
Ninfa		0,00	12	0,48
Psila		0,00	7	0,28
Tingidae	1	0,08		0,00
<i>Herbívoro Total</i>	<i>485</i>	<i>36,38</i>	<i>973</i>	<i>39,08</i>

Na ordem Acari, a estratégia de PI apresentou uma maior abundância em

comparação com a CS. Já na ordem Coleoptera, observou-se uma maior abundância no tratamento CS, sugerindo que essa estratégia pode ser mais vantajosa para a preservação de determinadas famílias, como Cantharidae e Curculionidae.

No que diz respeito à ordem Hemiptera, os resultados indicaram que a estratégia de PI foi mais eficaz na preservação da entomofauna, especialmente de afídeo e na família Cicadellidae. Em contrapartida, a CS teve um impacto positivo apenas em algumas famílias, como Fulgoromorpha e Tingidae.

De maneira geral, a abundância e frequência total observada foi mais elevada no pomar em PI (973; 39,08%) em comparação ao pomar em CS (485; 36,38%). A diferença entre as estratégias foi de 488 indivíduos. Essa disparidade é principalmente atribuída ao grupo de afídeos, que apresentou uma abundância de 553 indivíduos a mais em PI em relação à CS, conforme ilustrado na Figura 30. Todavia, o grupo de afídeos apresentou a maior abundância de insetos capturados no pomar submetido à estratégia CS, consolidando-se como o grupo mais abundante em comparação com as demais nessa estratégia.

Os afídeos, apresentam implicações indiretas no controle da *C. pomonella* ao servirem como hospedeiros alternativos para inimigos naturais da praga, como predadores e parasitoides (Brabec et al, 2014). Além disso, a produção de melada pelos afídeos pode atrair formigas, que, ao interferirem nos ovos e larvas do bichado, desempenham um papel adicional no controle (Akyürek et al., 2016; Şahin et al., 2018).

O teste qui-quadrado para tratamento em herbívoro não foi significativo ( $\chi^2 = 1,302$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,254$ ), indicando que não há diferença significativa na variável dependente abundância de Herbívoro entre os tratamentos CS e PI (Figura 31).

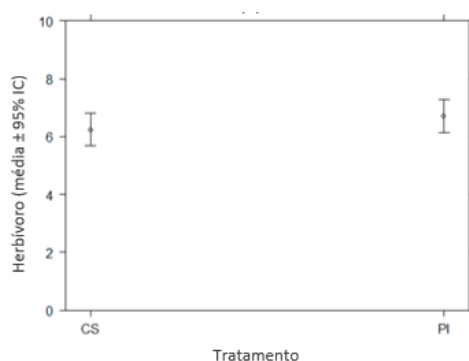


Figura 31 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito do tratamento confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em herbívoros.

O efeito da data foi altamente significativo ( $\chi^2 = 184,557$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ), sugerindo que a abundância de herbívoros varia ao longo do tempo. A interação Tratamento\*Data também foi significativa ( $\chi^2 = 47,591$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ), indicando que o efeito do tratamento na abundância de herbívoros varia significativamente em diferentes datas (Figura 32).

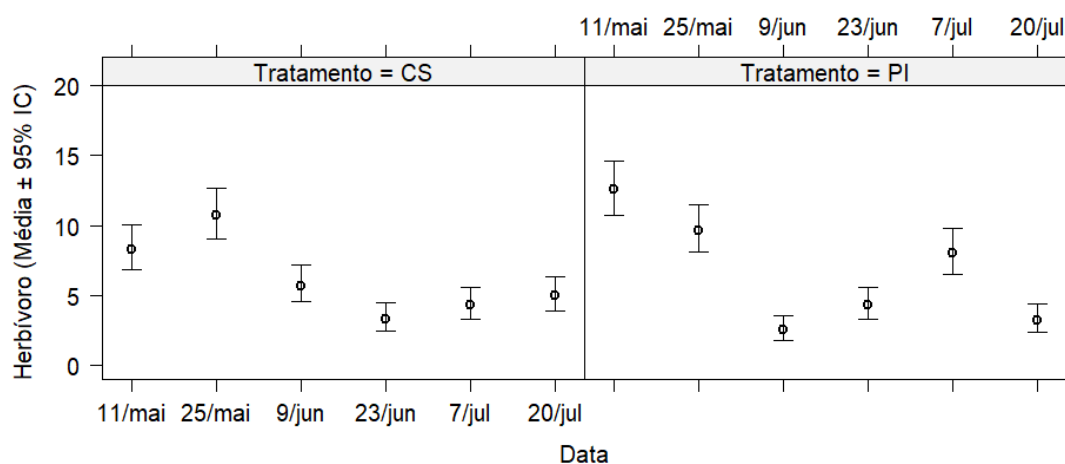


Figura 32 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito da interação tratamento (confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI)) nas datas na abundância de herbívoros.

### Parasitóides

Na análise dos artrópodes pertencentes ao grupo trófico parasitoide, especificamente na ordem Hymenoptera, apresentada no (Quadro 12), foi observada uma maior presença de parasitoides no pomar submetido à estratégia de CS, totalizando 130 indivíduos e frequência de 9,75%. Já o pomar sujeito à PI apresentou 113 indivíduos e frequência de 4,54%. A abundância de parasitoides em ambos os tratamentos foi elevada, como ilustrado na Figura 30, aspecto favorável, pois esses organismos são cruciais no controle biológico da *C. pomonella*, uma vez que depositam ovos nas larvas da praga, reduzindo diretamente sua população (Basheer et al., 2016).

Quadro 12 - Abundância e percentagem (%) de parasitoides capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021.

Artrópode	CS		PI	
	Abundância	%	Abundância	%
<b>Parasitoide</b>				
<b>Hymenoptera</b>				
Parasitoides	130	9,75	113	4,54



O teste qui-quadrado para o grupo de parasitoides o para o tratamento não foi significativo ( $\chi^2 = 1,19$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,2753$ ), indicando que não há diferença significativa na variável dependente parasitoide entre os tratamentos CS e PI (Figura 33).

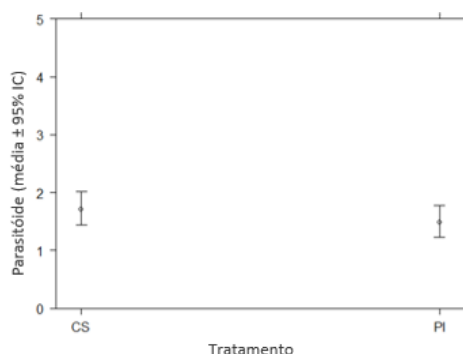


Figura 33 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito do tratamento confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em parasitoides.

O efeito da data foi altamente significativo ( $\chi^2 = 171,85$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ), sugerindo que a abundância de parasitoides varia ao longo do tempo. A interação Tratamento\*Data foi altamente significativa ( $\chi^2 = 149,2$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ), indicando que o efeito do tratamento na abundância de parasitoides varia significativamente em diferentes datas (Figura 34).

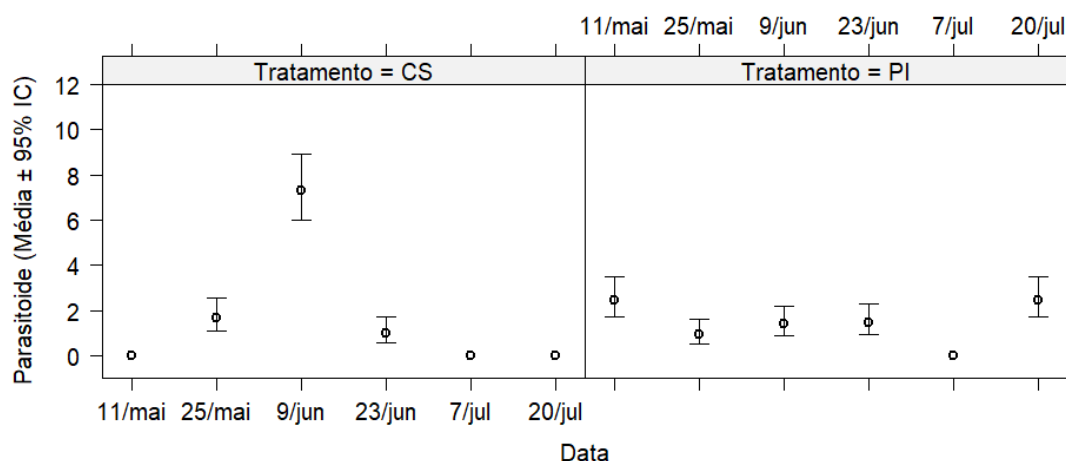


Figura 34 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito da interação tratamento (confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI)) nas datas na abundância de parasitoides.

### Polinizadores

Ao analisar os artrópodes do grupo trófico polinizador capturados nos pomares de macieira sob as estratégias de CS e PI e agrupados na ordem Hymenoptera, constatou-se uma maior abundância no pomar submetido à estratégia PI, com 46 indivíduos e

frequência de 1,85%, em comparação com o pomar sujeito à CS, que registou 37 indivíduos e frequência de 2,78% (Quadro 13). Polinizadores desempenham um papel indireto, pois atraem outros inimigos naturais para a área (Sargent & Ackerly, 2008).

Quadro 13 - Abundância e percentagem (%) de polinizadores capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021.

Artrópode	CS		PI	
	Abundância	%	Abundância	%
<b>Polinizador</b>				
<b>Hymenoptera</b>				
-	37	2,78	46	1,85

No grupo de polinizadores, teste qui-quadrado para o tratamento não foi significativo ( $\chi^2 = 1,346$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,246$ ), indicando que não há diferença significativa na variável dependente polinizador entre os tratamentos CS e PI (Figura 35).

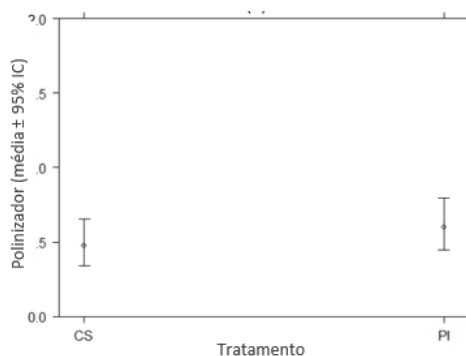


Figura 35 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito do tratamento confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em polinizadores.

O efeito da data foi altamente significativo ( $\chi^2 = 86,214$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ), sugerindo que a abundância de polinizadores varia ao longo do tempo. A interação Tratamento\*Data foi altamente significativa ( $\chi^2 = 102,650$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ), indicando que o efeito do tratamento na abundância de polinizadores varia significativamente em diferentes datas (Figura 36).

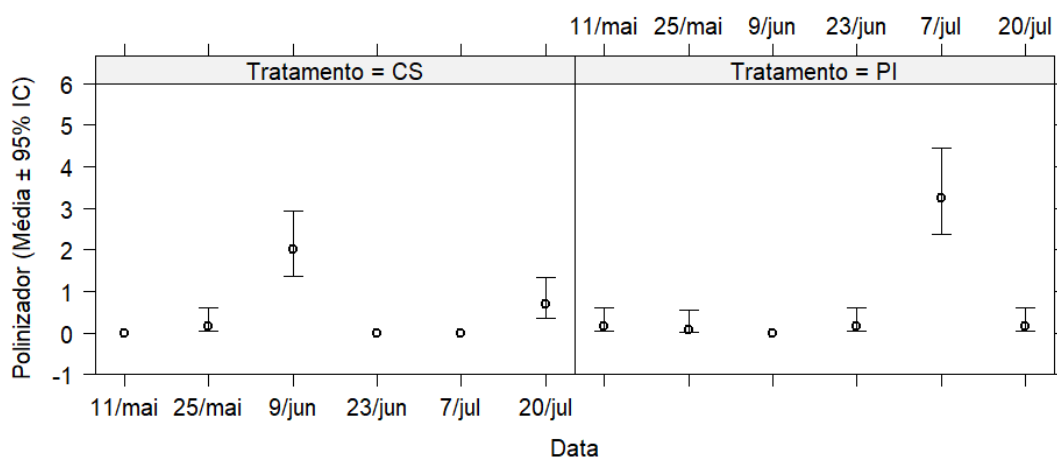


Figura 36 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito da interação tratamento (confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI)) nas datas na abundância de polinizadores.

### Predadores

Foi identificado maior abundância em aranhas (Aranea) e em algumas famílias de besouros (Coleoptera), como Carabidae e Coccinellidae no pomar em CS, no pomar em PI destacaram-se grupos como Formicidae (Hymenoptera) e Dermaptera (Quadro 14). De maneira geral, a maior abundância e frequência foi observada no pomar em PI (498; 20%) em comparação ao CS (326; 24,46%) e a ordem Aranea foi o predador mais abundante em ambas as classes, como ilustrado na Figura 30.

Quadro 14 - Abundância e percentagem (%) de predadores capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021.

Artrópode	CS		PI	
	Abundância	%	Abundância	%
<b>Predador</b>				
<b>Aranea</b>	177	13,28	227	9,12
<b>Coleoptera</b>				
Carabidae	12	0,90	2	0,08
Coccinellidae	12	0,90	75	3,01
<b>Dermaptera</b>				
-	6	0,45	28	1,12
<b>Hemiptera</b>				
Heteroptera	3	0,23	4	0,16
<b>Hymenoptera</b>				
Formicidae	93	6,98	103	4,14
<b>Neuroptera</b>				
Larvas	14	1,05	53	2,13
Chrysopidae	9	0,68	6	0,24
<i>Predador Total</i>	<i>326</i>	<i>24,46</i>	<i>498</i>	<i>20,00</i>

Aranhas são predadores generalistas abundantes em diversos ambientes, incluindo agrícolas e desempenham um papel crucial na regulação de populações de artrópodes,

como *C. pomonella*. Sua presença impacta o comportamento dos insetos podendo levá-los a adotar estratégias defensivas ou evitar certas áreas (Pekár & Kocourek, 2004). Além disso, uma forma de controle indireta pode se dar por meio de caça ativa ou construção de teias (Maloney et al., 2003; Riechert & Maupin, 1998).

No grupo de predadores o teste qui-quadrado para o tratamento foi altamente significativo ( $\chi^2 = 37,573$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,001$ ), indicando que há diferença significativa na variável dependente predador entre os tratamentos CS e PI, sendo PI mais eficaz (Figura 37).

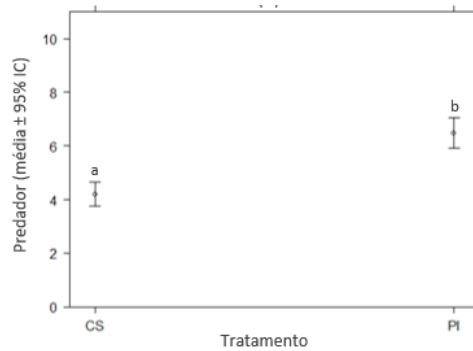


Figura 37 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito do tratamento confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em em predadores.

O efeito da data foi altamente significativo ( $\chi^2 = 52,531$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ), sugerindo que a abundância de predadores varia ao longo do tempo. A interação Tratamento\*Data foi altamente significativa ( $\chi^2 = 26,744$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ), indicando que o efeito do tratamento na abundância de predadores varia significativamente em diferentes datas (Figura 38).

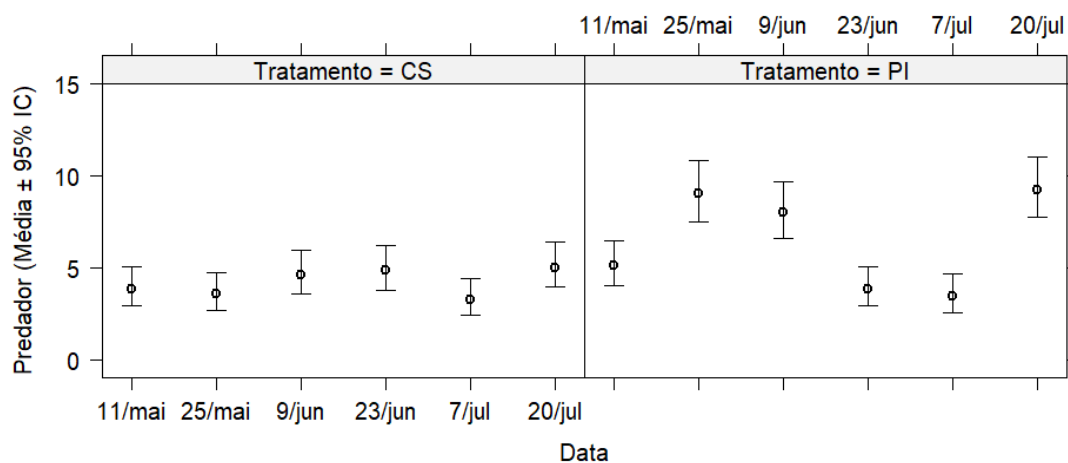


Figura 38 - Média (pontos) e erros padrões (barras) para o efeito da interação tratamento (confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI)) nas datas na abundância de predadores.

### *Outros artrópodes*

O Quadro 15 mostra padrões distintos de abundância e frequência de outros artrópodes capturados em pomares de macieira em CS. Em algumas ordens, como Coleoptera (família Anobidae), Diptera, Lepidoptera e Tysanoptera a estratégia PI demonstrou ser mais eficaz na preservação da entomofauna. Apenas a ordem Hemiptera (família Miridae) apresentou maior abundância no tratamento CS. De maneira geral, a maior abundância e frequência foi observada no pomar em PI (1058; 42,48%) em comparação ao CS (253; 18,99%).

Quadro 15 - Abundância e percentagem (%) de outros artrópodes capturados em pomares de macieira em confusão sexual (CS) e proteção integrada (PI) em Carrazeda de Ansiães em 2021.

Artrópode	CS		PI	
	Abundância	%	Abundância	%
<b>Outros</b>				
<b>Coleoptera</b>				
Larva	1	0,08	1	0,04
Anobidae			2	0,08
<b>Diptera</b>	236	17,70	1024	41,12
<b>Hemiptera</b>				
Miridae	2	0,15	0	0,00
<b>Lepidoptera</b>			6	0,24
<b>Psocoptera</b>	7	0,53	7	0,28
<b>Tysanoptera</b>	7	0,53	18	0,72
<i>Outros</i>	253	18,99	1058	42,48
<i>Total</i>				

Essa disparidade é principalmente atribuída à ordem Diptera, que apresentou uma abundância 788 indivíduos a mais que em PI do que em CS, conforme ilustrado na Figura 30. Adicionalmente, destaca-se que a ordem Diptera apresentou a maior abundância de insetos capturados no pomar submetido à estratégia PI, consolidando-se como a ordem mais abundante em comparação com as demais. Não foram encontradas informações específicas que destacam a atuação direta de insetos polinizadores no controlo de *C. pomonella*.

Em síntese, a interação entre o tratamento e a data é significativa em todas as categorias de grupos tróficos/ funcionais, demonstrando a influência conjunta desses fatores nas populações de herbívoros, parasitoides, polinizadores e predadores. As maiores capturas para o tratamento PI foram registradas em 11 de maio, atingindo 970 indivíduos, enquanto as maiores capturas para o tratamento CS foram observadas em 20 de julho, totalizando 629 indivíduos. Em contraste, as menores capturas para o tratamento

CS ocorreram em 23 de junho, com 145 indivíduos, e para o tratamento PI, em 20 de junho, com 125 indivíduos. Essas variações temporais nas capturas podem indicar influências sazonais e ressaltam a importância de considerar a dinâmica temporal ao avaliar a eficácia dos tratamentos nos pomares.

#### 4.4.3 Efeito do tratamento e da data na diversidade de artrópodes

O Quadro 16 resume as estatísticas dos modelos desenvolvidos para avaliar o efeito do tratamento (confusão sexual e proteção integrada) em interação com a data na diversidade de famílias de artrópodes na região de Carrazeda de Ansiães, em 2021. O teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) é utilizado para avaliar a significância estatística dos efeitos.

Quadro 16 - Estatísticas resumidas dos modelos desenvolvidos para avaliar o efeito do tratamento de confusão sexual e proteção integrada em interação com a data na diversidade de famílias artrópodes na região de Carrazeda de Ansiães.

DV	IV	$\chi^2$	df	Pr(> $\chi^2$ )
Abundância	Tratamento	302,92	1	<0,01
	Data	651,9	5	<0,01
	Tratamento*Data	444,85	5	<0,01
Riqueza	Tratamento	2,55	1	0,1104
	Data	5,41	5	0,36
	Tratamento*Data	8,99	5	0,11
SI	Tratamento	0,02	1	0,7134
	Data	0,19	5	P<0,001
	Tratamento*Data	0,02	5	0,8875

Notas: DV: variável dependente. IV: variável independente. SI: índice de Simpson. df: Graus de Liberdade.

Ao avaliar a abundância de artrópodes, observou-se uma diferença significativa entre os tratamentos, com uma maior abundância no tratamento PI em comparação com CS ( $\chi^2 = 302,92$ ; df = 1; p < 0,01), como ilustrado na Figura 39 (A). A interação entre Tratamento e Data também foi significativa ( $\chi^2 = 444,85$ ; df = 5; p < 0,01), indicando variação temporal no efeito do tratamento na abundância.

No que diz respeito à riqueza de famílias de artrópodes, o teste qui-quadrado para o tratamento não revelou diferença significativa ( $\chi^2 = 2,55$ ; df = 1; p = 0,1104), sugerindo similaridade na diversidade de famílias entre os tratamentos CS e PI (Figura 39 (B)). A interação entre Tratamento e Data na riqueza também não foi significativa ( $\chi^2 = 8,99$ ; df = 5; p = 0,11), indicando consistência temporal na riqueza, com padrões semelhantes ao longo do tempo para ambos os tratamentos.

Quanto ao Índice de Simpson (D-1), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ( $\chi^2 = 0,02$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,7134$ ). No entanto, o efeito da data foi significativo ( $\chi^2 = 0,19$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ), indicando variação temporal no índice de Simpson, ou seja, mudanças na diversidade das famílias de artrópodes ao longo do tempo, embora a interação entre Tratamento e Data não tenha atingido significância ( $\chi^2 = 0,02$ ;  $df = 5$ ;  $p = 0,8875$ ) o que sugere que essa variação não foi diferencialmente afetada pelos diferentes métodos de manejo (Figura 39 (C)).

Em síntese, a análise sugere que a abundância de artrópodes foi significativamente maior no tratamento PI em comparação com CS, enquanto não houve diferença significativa na riqueza e no índice de Simpson entre os tratamentos.

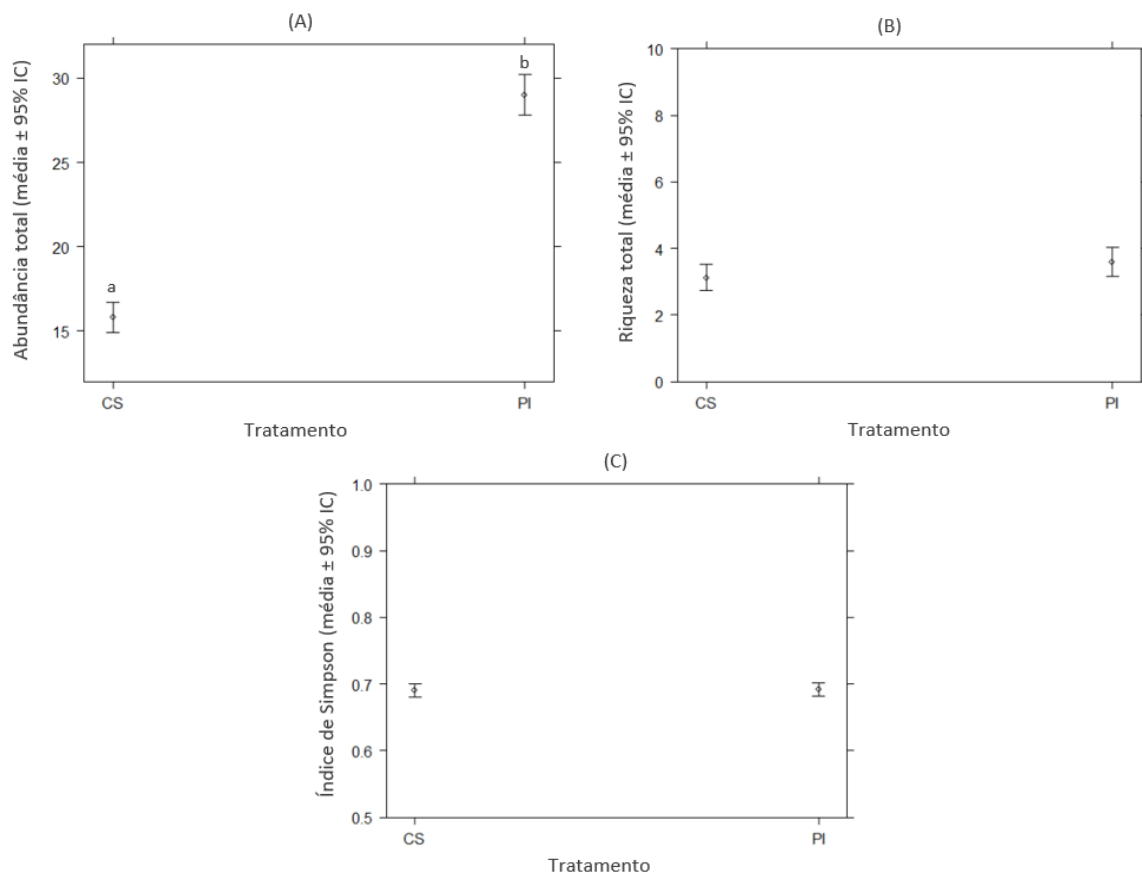


Figura 39 - Efeito do tratamento de confusão sexual e proteção integrada na abundância (A), riqueza (B) e Índice de Simpson (C) em artrópodes na região de Carrazeda de Ansiães em 2021.

A consistência temporal na riqueza taxonômica, apesar das diferenças na abundância, sugere que diferentes grupos de artrópodes respondem de maneiras distintas aos tratamentos, evidenciando a necessidade de considerar a diversidade de respostas das

espécies. Já a variação temporal e espacial significativa na abundância e no Índice de Simpson destaca a importância de contemplar fatores temporais e espaciais ao interpretar os resultados (Bouza & Covarrubias, 2005; Stirling & Wilsey, 2001).

No âmbito da PI, a diferença significativa na abundância de artrópodes entre os tratamentos pode ser atribuída ao efeito seletivo dos pesticidas, permitindo o crescimento de determinadas populações em detrimento de outras (Beers et al., 2016).

Ademais, a complexidade da resposta ecológica pode ser precedente para a disparidade na abundância de artrópodes entre os tratamentos, visto que diferentes métodos de manejo permeiam múltiplos fatores interativos. A consistência temporal na riqueza de famílias, apesar das diferenças na abundância, sugere que diferentes espécies de artrópodes respondem de maneiras distintas aos tratamentos, evidenciando a necessidade de considerar a diversidade de respostas das espécies (Lashkari-Bod & Zebitz, 2014).

O nível de abundância das espécies antagonicas em uma comunidade é influenciado por uma série de fatores, não se limitando apenas à densidade do hospedeiro ou à complexidade da cadeia alimentar, como destacado por Courchamp et al. (2003). Além dos fatores tróficos/ funcionais, como a relação entre predador e presa, outros elementos, como fatores abióticos, competição e interferência, desempenham um papel significativo (Connell, 1983; Schoener, 1983).

Um fator a ser considerado é a possível influência da abundância de hospedeiros alternativos não apenas dentro de um pomar, mas também na vegetação circundante. Adicionalmente, as interações dentro do mesmo nicho ecológico, como a relação entre parasitoides, podem desempenhar um papel crucial na determinação da abundância das espécies (Polis & Holt, 1992; Rosenheim et al., 1993).

Lashkari-Bod e Zebitz (2014) ao avaliarem a diversidade e abundância de parasitoides em agricultura biológica na Alemanha concluíram que a dinâmica das comunidades biológicas é afetada por uma rede complexa de fatores, e a resposta ecológica a diferentes estratégias de manejo reflete essa complexidade. Assim, ao buscar entender os padrões de abundância e as interações entre espécies, é imperativo adotar uma abordagem holística que leve em consideração os diversos fatores envolvidos.



## 5 CONCLUSÕES

Em síntese, os resultados desta pesquisa evidenciam que a eficácia das estratégias de controle do bichado-da-macieira varia significativamente entre diferentes locais (entre duas regiões). A implementação da CS em Carrazeda de Ansiães resultou em níveis populacionais mais altos da praga, enquanto, em Armamar, a PI mostrou uma média total de capturas por armadilha superior, apontando para a complexidade dinâmica do seu ciclo. Embora a CS tenha reduzido significativamente os danos nos frutos causados pela praga, ambas as estratégias ultrapassaram o nível económico de ataque, exceto em um caso específico. A alta taxa de ataque aos frutos no pomar em PI aponta para o desenvolvimento de resistência de *C. pomonella* aos tratamentos.

Os modelos de desenvolvimento do bichado-da-fruta revelaram inconsistências em prever com precisão todos os estágios de vida da praga. O pomar com PI teve mais artrópodes, mas sem diferenças na diversidade. Além disso, a análise da fauna auxiliar destacou a relevância da interação entre tratamento e data nas populações dos grupos tróficos/ funcionais, herbívoros, parasitoides, polinizadores e predadores em ambas as estratégias de proteção fitossanitária.

Esses achados ressaltam a importância de abordagens específicas para cada contexto agrícola e reforçam a necessidade de compreender profundamente o comportamento da praga frente às variações temporais e ambientais. Além disso, enfatizam o papel vital da fauna auxiliar na regulação natural das pragas da macieira, demandando pesquisas adicionais para elucidar as contribuições específicas de cada grupo nesse processo.

## 6 REFERÊNCIAS

Aguiar, A., Godinho, M. D. C., & Costa, C. A. D. (2005). *Produção integrada*. Sociedade Portuguesa de Inovação.

Aguiar, L. M., & Guissem, J. M. (2002). Graus-dia estimado com diferentes valores de temperatura base na cultura do milho. In *XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo*. EPAGRI, Florianópolis, Brasil.

Akyürek, B., Zeybekoğlu, Ü., Görür, G., & Karavin, M. (2016). Reported aphid (Hemiptera: Aphidoidea) and ant (Hymenoptera: Formicidae) species associations from Samsun province. *Journal of the Entomological Research Society*, 18(3), 97-106.

- Alexander, B. J. R., & Stewart, A. (2001). Glasshouse screening for biological control agents of *Phytophthora cactorum* on apple (*Malus domestica*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 29(3), 159-169.
- Alhaj, S. (2009). Studies on Codling moth *Cydia pomonella* L. parasitoids in Lattakia governorate, Syria. (Master thesis in agricultural engineering, department of plant protection, agricultural faculty, Damascus University. pp:106).
- Almatni, W. (2003). Survey and study of natural enemies of Codling moth, *Cydia pomonella* L., in As-Sweida and evaluation of some of Bio-Agent Measures. Ph.D thesis in agricultural engineering, Department of plant protection, agricultural faculty, Damascus University. p. 295.
- Amaro, P. (2003). A Protecção Integrada. *A Protecção Integrada*, 1-458.
- Andermatt, M., Mani, E., Wildbolz, TH, & Lüthy, P. (1988). Suscetibilidade de *Cydia pomonella* a *Bacillus thuringiensis* em condições de laboratório e de campo. *Entomologia experimentalis et applicata* , 49 (3), 291-295.
- Angeli, G., Anfora, G., Baldessari, M., Germinara, G. S., Rama, F., De Cristofaro, A., & Ioriatti, C. (2007). Mating disruption of codling moth *Cydia pomonella* with high densities of Ecodian sex pheromone dispensers. *Journal of applied entomology*, 131(5), 311-318.
- Arioli, C. J., Botton, M., Mafra-Neto, A., Molinari, F., Borges, R., & Pastori, P. L. (2013). Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado. *Florianópolis: Epagri. 58p. (Epagri. Boletim Técnico, 159)*.
- Audemard H., (1979). Le piégeage du carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) avec la phéromone sexuelle de synthèse E-8, E-10 DDol dans la lutte raisonnée en verger de pommier en France INRA. *Station de zoologie*, Avignon, pp: 565-585.
- Baker, R., Herbert, R. H., & Grant, G. G. (1985). Isolation and identification of the sex pheromone of the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied). *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, 12, 824.
- Balaško, M. K., Bažok, R., Mikac, K. M., Lemic, D., & Pajač Živković, I. (2020). Pest Management Challenges and Control Practices in Codling Moth: A Review. *Insects 2020, Vol. 11, Page 38, 11(1)*, 38.
- Barnes, M. M. (1991). Codling moth occurrence, host race formation, and damage. *Tortricid pests: their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands*, 313-328.
- Basheer, A. M., Alhaj, S. I., & Asslan, L. H. (2016). Parasitoids on codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in apple and walnut orchards in Syria. *EPPO*

Bulletin, 46(2), 295-297.

Basheer, A., Aslan, L. & Alhaj, S. (2010) Survey of parasitoids of codling moth *Cydia pomonella* L. in Eramo region in Lattakia governorate (Syria). *Arab Journal of Plant Protection*, 28, 91-95.

Basoalto, A., Ramírez, C. C., Lavandero, B., Devotto, L., Curkovic, T., Franck, P., & Fuentes-Contreras, E. (2020). Population genetic structure of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), in different localities and host plants in Chile. *Insects*, 11(5), 285.

Batalha, J. H., Caetano, M. F., Gonçalves, M. L., & Pinto, M. H. S. D. (2014). Pragas e Doenças da Macieira. Direccção Geral de Agricultura da Beira Litoral.

Beck, S. D. (1983) Insect thermoperiodism. *Annu. Rev. Entomol.*, Palo Alto, v. 28, p. 91-108.

Beers, E. H., Horton, D. R., & Miliczky, E. (2016). Pesticides used against *Cydia pomonella* disrupt biological control of secondary pests of apple. *Biological Control*, 102, 35-43.

Bento, A., Borges, D., Cortez, I., Guedes, J., Paiva, J., da Silva, L., Moura, L., Cota e Sousa, M. E., Pinto, M., Ribeiro, N., Morais, R., Rodrigues, R., Lopes, S., & Gomes, V. (2022). Manual Técnico Proteção Fitossanitária para a Produção Sustentável da Maçã. *Associação de Fruticultores Do Concelho De Armamar*.

Bleicher, J. (2002). História da macieira. *A Cultura da macieira*. Florianópolis: EPAGRI, 29-36.

Bleicher, J., Melzer, R., Berton, O., Boneti, J. I. S. & Driessen, A. C. (1986). Doenças da macieira. Manual da Cultura da Macieira. Florianopolis: Epagri, p. 380-441.

Blommers, L. H. M., Helsen, H. H. M., & Vaal, F. W. N. M. (2004). Life history data of the rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea* (Pass.) (Homopt., Aphididae) on plantain and as migrant to apple. *Journal of Pest Science*, 77(3).

Boivin, T., Bouvier, J.C., Beslay, D., Sauphanor, B. (2004). Variability in diapause propensity within populations of a temperate insect species: interactions between insecticide resistance genes and photoperiodism. *Biological Journal of the Linnean Society*, 83(3), 341-351.

Bosch, D., Rodríguez, M. A., & Avilla, J. (2018). Monitoring resistance of *Cydia pomonella* (L.) Spanish field populations to new chemical insecticides and the mechanisms involved. *Pest management science*, 74(4), 933–943.

Bouza, C. N., & Covarrubias, D. (2005). Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. *Investigación operacional*, 26(2).

- Bowen, J. K., Mesarich, C. H., Bus, V. G. M., Beresford, R. M., Plummer, K. M., & Templeton, M. D. (2011). *Venturia inaequalis*: the causal agent of apple scab. *Molecular Plant Pathology*, 12(2), 105-122.
- Brabec, M., Honěk, A., Pekár, S., & Martinková, Z. (2014). Population dynamics of aphids on cereals: digging in the time-series data to reveal population regulation caused by temperature. *PloS one*, 9(9), e106228.
- Brakefield, P. M., & Mazzotta, V. (1995). Matching field and laboratory environments: effects of neglecting daily temperature variation on insect reaction norms. *Journal of Evolutionary Biology*, 8(5), 559-573.
- Brown, J. W. (2006). Scientific Names of Pest Species in Tortricidae (Lepidoptera) Frequently Cited Erroneously in the Entomological Literature. *American Entomologist*, 52(3), 182-189.
- Brown, R. L. (1979). The Valid Generic and Tribal Names for the Codling Moth, *Cydia pomonella* (Olethreutinae: Tortricidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 72(4), 565-567.
- Brunner, J. F. (1993a). Codling Moth. *Tree Fruit Research & Extension Center – Orchard Pest Management Online*.
- Brunner, J. F. (1993b). *Ascogaster quadridentata* Wesmael. *Tree Fruit Research & Extension Center – Orchard Pest Management Online*.
- Brunner, J. F. (2018). *Codling Moth: WSU Tree Fruit*. Washington State University. <https://treefruit.wsu.edu/crop-protection/opm/codling-moth/>
- Buonadio, G. A. (2022). *Caracterização do risco de infestação da broca da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, com base em variáveis meteorológicas e técnicas de mineração de dados* [Universidade de São Paulo].
- Calegario, F. F., Iwassaki, L. A., Sato, M. E., Costa, H., & Zawadneak, M. A. C. (2014). Produção integrada. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 35(279), 11-21.
- Cavaco, M. (2012). Normas Técnicas para a Produção Integrada de Pomáceas. Lisboa: DGADR, 1, 86.
- Cavaco, M., Jordão, P. & Sousa, R. (2006). Métodos de previsão e evolução dos inimigos das culturas - Pomóideas - Edição em formato digital. Oeiras: DGPC, 2006. 167 p.
- Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional (COTHN). (2011). Proteção de Culturas: *Monilia fructigena* Pers. Moniliose.
- Chafaa, S. (2008). *Contribution à l'étude bioécologique d'un bio agresseur du pommier (Cydia pomonella L.)(Lepidoptera: Tortricidae) et estimation des dégâts dans la région*

de AinTouta (w. Batna) (Doctoral dissertation, INA).

Charmillot, P. J., Gourmelon, A., Fabre A. L & Pasquier, D. (2001). Ovicidal and larvicidal effectiveness of several insect growth inhibitors and regulators on the codling moth *Cydia pomonella* L.(Lep., Tortricidae). *Journal of Applied Entomology*, 125(3), 147-153.

Charmillot, P. J., Pasquier, D., Salamin, C., Briand, F., Ther-Hovannesyan, A., Azizian, A., & Velcheva, N. (2007). Detection of resistance in the codling moth *Cydia pomonella*. Insecticides tests on diapausing larvae from Switzerland, Armenia and Bulgaria. *Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture* (Switzerland).

Cichón, L. B., Soleno, J., Anguiano, O. L., Garrido, S. A. S., & Montagna, C. M. (2013). Evaluation of cytochrome P450 activity in field populations of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) resistant to azinphosmethyl, acetamiprid, and thiacloprid. *Journal of economic entomology*, 106(2), 939-944.

Cichón, L. I., Fernández, D. E. & Raffo, D. (2001). Manzanos y perales del Valle. Carpocapsa, la plaga clave. *Revista IDIA XXI*, 96-99.

Ciglar, I. (1998). Integrirana zaštita voćaka i vinove loze. Zrinski, Čakovec.

Clemente, J. (2000). Luta biotécnica para o combate a pragas chave dos pomares da região do oeste. *Coth*. 1-4.

Connell, J. H. (1983). On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. *American Naturalist*, 122, 661-696.

Costa, C. A. da, Godinho, M. do C., Figueiredo, E., & Mexia, A. (2017). Impacto das práticas agrícolas e do uso de pesticidas em proteção integrada, agricultura biológica e agricultura convencional, em vinha e pomóideas. *Revista de Ciências Agrárias*, 40 (spe), 95-102.

Courchamp, F., Chapuis, J. L., & Pascal, M. (2003). Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biological Reviews*, 78, 347-838.

Coutinho, C. (2011). O bichado (*Cydia pomonella*) em pomáceas. Ficha técnica 37 – DRAP Norte. 1 ed.

de Roince, C. B., Lavigne, C., Ricard, J. M., Franck, P., Bouvier, J. C., Garcin, A., & Symondson, W. O. (2012). Predation by generalist predators on the codling moth versus a closely-related emerging pest the oriental fruit moth: a molecular analysis. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(3), 260-269.

De'Ath, G. (2012), The multinomial diversity model: linking Shannon diversity to multiple predictors. *Ecology*, 93, 2286-2296.

DeJong, T. M. (1975). A comparison of three diversity indices based on their components of richness and evenness. *Oikos*, 222-227.

Devkota, P., & Hammerschmidt, R. (2020). The infection process of *Armillaria mellea* and *Armillaria solidipes*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 112, 101543.

Direção-Geral da Alimentação e Veterinária (DGAV) (2023). Serviço Nacional de Avisos Agrícolas: SNAA. Disponível em: <https://snaa.dgav.pt/>. Acedido em outubro de 2023.

Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) (2021). Normas técnicas necessárias ao exercício da Produção Integrada.

El Iraqui, S., & Hmimina, M. (2016). Impact of temperatures on the voltinism of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 109(5), 698-704.

Epstein, D. L., Zack, R. S., Brunner, J. F., Gut, L., & Brown, J. J. (2000). Effects of broad-spectrum insecticides on epigeal arthropod biodiversity in Pacific Northwest apple orchards. *Environmental Entomology*, 29(2), 340-348.

Félix, A. P. & Cavaco, M. (2008). Manual de Protecção Fitossanitária para Protecção Integrada e Agricultura Biológica de Prunóideas: Ameixeira, Cerejeira, Damasqueiro, Ginjeira, Pessegueiro. *Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas*. Lisboa: DGADR. p.149.

Ferla, N. J., & Botton, M. (2008). Ocorrência do ácaro vermelho europeu *Panonychus ulmi* (Koch) (Tetranychidae) associado à cultura da videira no Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, 38(6), 1758-1761.

Fernández, D. E. (2012). *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). Aspectos de sua taxonomía, comportamiento y monitoreo aplicados a programas de control en grandes áreas. *TDX (Tesis Doctorals En Xarxa)*.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). (2023). Crops. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acedido em outubro de 2023.

Francisco, J. A. (2001). The Effects of Egg Production on Longevity in the Parasitoid *Mastrus ridibundus* (Hymenoptera: Ichneumonidae).

Franck, P., Reyes, M., Olivares, J., & Sauphanor, B. (2007). Genetic architecture in codling moth populations: comparison between microsatellite and insecticide resistance markers. *Molecular Ecology*, 16(17), 3554-3564.

Gabinete de planeamento, políticas e administração geral (GPP). Ficha de internacionalização da maçã (2023). Disponível em: <https://www.gpp.pt/index.php/estatistica-agricolas-estruturais-e-de-producao/estatisticas-agricolas-estruturais-e-de-producao>. Acedido em setembro de

2023.

Gadino, A., Unruh, T. & Brunner, J. (2013). Codling moth: It's what's for dinner. *Enhanced Biocontrol*, 15(1), 14-16.

GBIF (2023), GBIF Home Page. Disponível em: <https://www.gbif.org>. Acedido em outubro de 2023.

Gheban, N., Diaconu, A., & Matieș, N. O. (2014). Biology and ecology of codling moth (*Cydia pomonella* L.) in local climatic conditions of Hunedoara County. *Annals of West University of Timisoara: Series of Biology*, 17(2).

Graf, B., Höhn, H., Höpli, H.U. & Kuske, S. (2018), Predicting the phenology of codling moth, *Cydia pomonella*, for sustainable pest management in Swiss apple orchards. *Entomol Exp Appl*, 166, 618-627.

Guermah, D. (2019). *Bioécologie du carpocapse du pommier Cydia pomonella L. (Lepidoptera: Tortricidae) et inventaire de la faune arthropodologique dans des vergers de pommier traités et écologique dans la région de Tizi-Ouzou (Sidi Nâamane et Draa Ben Khedda)* (Doctoral dissertation, Université Mouloud MAMMERY).

Häckermann, J., Rott, A. S., Tschudi-Rein, K., & Dorn, S. (2008). Cold stored ectoparasitoid of *Cydia* fruit moths released under different temperature regimes. *BioControl*, 53(6), 857–867.

Hagley, E. A. C., Holliday, N. J., & Barber, D. R. (1982). Laboratory studies of the food preferences of some orchard carabids (Coleoptera: Carabidae). *The Canadian Entomologist*, 114(5), 431-437.

Hancock, J. F. (Ed.). (2008). *Temperate fruit crop breeding: germplasm to genomics*. Springer Science & Business Media.

Herron, G. A., & James, T. M. (2005). Monitoring insecticide resistance in Australian *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) detects fipronil and spinosad resistance. *Australian Journal of Entomology*, 44(3), 299–303.

Higbee, B. S., Calkins, C. O., & Temple, C. A. (2001). Overwintering of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in apple harvest bins and subsequent moth emergence. *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1511-1517.

Higbee, B. S., Calkins, C. O., & Temple, C. A. (2001). Overwintering of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in apple harvest bins and subsequent moth emergence. *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1511-1517.

Hmimina, M. (2007). Protection Raisonnée contre les ravageurs des Arbres Fruitières, les ravageurs des arbres fruitiers: la carpocapse des pommes et des poires. *Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat*, 158.

- Howell, J. F., & Neven, L. G. (2000). Physiological development time and zero development temperature of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*, 29(4), 766-772.
- Howell, J. F., & Schmidt, R. (2002) Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae): development at Constant and Orchard temperatures. *J. Agric. Urban Entomol.*, v. 19, n. 1, p. 15-23, 2002.
- Howell, J. F., & Schmidt, R. S. (2002). Codling moth (Lepidoptera: Tortricidae): Development at constant and at orchard temperatures. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 19(1), 15-23.
- Hurlbert, S. H. (1971). The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52(4), 577-586.
- Instituto Nacional de Estatística, I.P (INE). (2023). Estatísticas Agrícolas 2020 - Edição de 2021. Disponível em: <http://www.ine.pt>. Acedido em outubro de 2023.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). (2023). Boletim Climático 2020. Disponível em: <<https://www.ipma.pt/pt>>. Acedido em outubro de 2023.
- İşci, M., & Ay, R. (2017). Determination of resistance and resistance mechanisms to thiacloprid in *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) populations collected from apple orchards in Isparta Province, Turkey. *Crop Protection*, 91, 82-88.
- Jiang, D., Chen, S., Hao, M., Fu, J., & Ding, F. (2018). Mapping the Potential Global Codling Moth (*Cydia pomonella* L.) Distribution Based on a Machine Learning Method. *Scientific Reports*, 8(1), 1-8.
- Ju, D., Mota-Sanchez, D., Fuentes-Contreras, E., Zhang, Y. L., Wang, X. Q., & Yang, X. Q. (2021). Insecticide resistance in the *Cydia pomonella* (L): Global status, mechanisms, and research directions. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 178, 104925.
- Judd, G. J., Gardiner, M. G., DeLury, N. C., & Karg, G. (2005). Reduced antennal sensitivity, behavioural response, and attraction of male codling moths, *Cydia pomonella*, to their pheromone (E, E)-8, 10-dodecadien-1-ol following various pre-exposure regimes. *Entomologia experimentalis et applicata*, 114(1), 65-78.
- Juszczak, R., Kuchar, L., Leśny, J., Olejnik, J., Kuchar, L. (2013). Climate change impact on development rates of the codling moth (*Cydia pomonella* L.) in the Wielkopolska region, Poland. *Int J Biometeorol* 57, 31-44.
- Karaca, G., Karaca, I., Yardimci, N., Demirözer, O., Aslan, B., & Kiliç, H. Ç. (2010). Investigations on pests, diseases and present early warning system of apple orchards in Isparta, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 9(6), 834-841.
- Knight, A. L., Preti, M., Basoalto, E., Mujica, V. M., Favaro, R., & Angeli, S. (2022).



Combining female removal with mating disruption for management of *Cydia pomonella* in apple. *Entomologia Generalis*, 42(2), 309-321.

Kovaleski, A., & Mumford, J. (2007). Pulling out the evil by the root: The codling moth *Cydia pomonella* eradication programme in Brazil. In *Area-Wide Control of Insect Pests: From Research to Field Implementation*. Dordrecht: Springer Netherlands, 581-590.

Kovaleski, A., Carbonari, J. (2015). A Erradicação de *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) no Brasil. Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável. – 1. ed. Florianópolis: CIDASC, 2020. p. 486 .

Kovaleski, A., Carbonari, J., & Albuquerque, M. (2015). Traça-da-maçã, *Cydia pomonella* (L.). In: Evaldo Ferreira Vilela & Roberto Antonio Zucchi, Pragas Introduzidas no Brasil: insetos e ácaros. Piracicaba: FEALQ. p. 980.

Kutinkova, H., Dzhuvinov, V., Kostadinov, R., Arnaudov, V., Terziev, I., Platon, I., & Roşu-Mareş, S. (2009a). *Control of codling moth by “attract and kill” formulation in Bulgaria*.

Kutinkova, H., Samietz, J., Dzhuvinov, V., Charmillot, P. J., & Veronelli, V. (2009b). Mating disruption of codling moth, *Cydia pomonella* L., using Isomate C plus dispensers in apple orchards of Bulgaria. *IOBC/wprs Bull*, 41, 27-32.

Kuyulu, A., & Genc, H. (2020). Genetic diversity of codling moth *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) populations in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 44(5), 462-471.

Lacey, L. A., & Unruh, T. R. (2005). Biological control of codling moth (*Cydia pomonella*, Lepidoptera: Tortricidae) and its role in integrated pest management, with emphasis on entomopathogens. *Vedalia*, 12(1), 33-60.

Lacey, L. A., Unruh, T. R., & Headrick, H. L. (2003). Interactions of two idiobiont parasitoids (Hymenoptera: Ichneumonidae) of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) with the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 83(3), 230-239.

Lashkari-Bod, A., & Zebitz, C. P. (2014). Diversity and abundance of parasitoids in organic apple orchards in Baden-Württemberg. In 16th International Conference on Organic Fruit-Growing, At Stuttgart-Hohenheim, Germany (pp. 195-199).

Laureto, L. M. O., Cianciaruso, M. V., & Samia, D. S. M. (2015). Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Natureza & Conservação*, 13(2), 112-116.

Lethmayer, C., Hausdorf, H., Altenburger, J., & Blümel, S. (2009). Trials of Alternative Codling Moth (*Cydia pomonella*) Control Strategies in Austria, *International Journal of*

Liu, X., Lei, C. & Sun, X. (2013). Eficácia no controle de *Bacillus thuringiensis* e de um novo isolado de granulovírus contra *Cydia pomonella* em pomares. *Ciência e Tecnologia de Biocontrole*, 23 (6), 691-700.

López, M. L., Gomez, M. P., Díaz, A., Barud, F. J., Camina, J. L., & Dambolena, J. S. (2022). Changes in the volatile profile of four cultivars of quince (*Cydonia oblonga*) produced by codling moth (*Cydia pomonella*) infestation. *Phytochemistry Letters*, 49, 187-191.

Loriatti, C., Tasin, M., Charmillot, P. J., Reyes, M., & Sauphanor, B. (2007). Early detection of resistance to tebufenozide in field populations of *Cydia pomonella* L.: methods and mechanisms. *Journal of Applied Entomology*, 131(7), 453-459.

Lukehart, R. M. (2018). Assessment of Granulovirus, Spinosad, and Mating Disruption for Controlling *Cydia Pomonella* L. [Lepidoptera: Tortricidae] in Organic Coastal California Apple Orchards. *Master's Theses*.

Luz, L. (2000). O método da confusão sexual no combate ao bichado em pomóideas na região Oeste. *Actas do 5º Encontro Rocha em Flor*, 38-46.

Maalouly, M., Franck, P., Bouvier, J. C., Toubon, J. F., & Lavigne, C. (2013). Codling moth parasitism is affected by semi-natural habitats and agricultural practices at orchard and landscape levels. *Agriculture, ecosystems & environment*, 169, 33-42.

Magurran, A. E. (1988). Ecological Diversity and its Measurement. *Groom Helm*, London, 179 pp.

Maloney, D., Drummond, F. A. & Alford, R. (2003). Spider predation in agroecosystems: can spiders effectively control pest populations?. *Mafes technical bulletin*, 190,1-32.

Mangan, A. M., Piaggio, A. J., Hopken, M. W., Werner, S. J., & Pejchar, L. (2018). A molecular analysis to assess codling moth *Cydia pomonella* L.(Lepidoptera: Tortricidae) predation by orchard birds. *Ecological Indicators*, 93, 1222-1225.

Mansour M. & Mohamed F., (2000). lutte contre *Cydia pomonella* L. en Syrie avec l'utilisation ds pièges sexuels. Les insectes économiques, septième Congrée arabe de la protection ds plantes. Amman, Jordan. p. 34.

Mansour, M. (2007). Biological characteristics of the codling moth, *Cydia pomonella* (L.), wild population from Southern Syria. *Polish Journal of Entomology*, 4(76).

Mathews, C. R., Bottrell, D. G., & Brown, M. W. (2004). Habitat manipulation of the apple orchard floor to increase ground-dwelling predators and predation of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Biological Control*, 30(2), 265-273.

- Merkel, G. (1997) The effects of temperature and food quality on the development of *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: gryllidae). *Oecologia*, Berlin, 30 (2), 129-140.
- Moreda, E. (2013). *Cydia pomonella* L. O bichado da Fruta – AGROTEC, n.7.
- Morris, E. K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S., ... & Rillig, M. C. (2014). Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. *Ecology and evolution*, 4(18), 3514-3524.
- Mota-Sanchez, D., Wise, J. C., Poppen, R. V., Gut, L. J., & Hollingworth, R. M. (2008). Resistance of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), larvae in Michigan to insecticides with different modes of action and the impact on field residual activity. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 64(9), 881-890.
- Mueller, T. F., Blommers, L. H. M., & Mols, P. J. M. (1988). Earwig (*Forficula auricularia*) predation on the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 47(2), 145-152.
- Nascimento, J. (2011). Fatores que afetam a liberação e a eficiência de parasitoides no controle biológico de insetos-praga. *Enciclopédia Biosfera*, 7(13).
- Neven L.G. (2013) Effects of short photoperiod on codling moth diapause and survival. *Journal of Economic Entomology* 106 (1):520-523.
- Neven, L. G. (2012). Fate of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in harvested apples held under short photoperiod. *Journal of economic entomology*, 105(2), 297-303.
- Norelli, J. L., Holleran, H. T., Johnson, W. C., Robinson, T. L., & Aldwinckle, H. S. (2007). Resistance of Geneva and Other Apple Rootstocks to *Erwinia amylovora*. 87(1), 26–32.
- Oatman, E. R., & Legner, F. E. (1961). Bionomics of the Apple Aphid, *Aphis pomi*, on Young Nonbearing Apple Trees. *Journal of Economic Entomology*, 54(5), 1034-1037.
- Odendaal, D., Addison, M. F., & Malan, A. P. (2015). Control of codling moth (*Cydia pomonella*) (Lepidoptera: Tortricidae) in South Africa with special emphasis on using entomopathogenic nematodes. *African Entomology*, 23(2), 259-274.
- Oliveira, A. B., Barata, A., Prates, A., Mendes, F., Bento, F. & Cavaco, M. (2014a). Proteção integrada das culturas: *Conceitos e princípios*. 1, 70.
- Oliveira, J. E. D. M., Fernandes, M. H. D. A., Gama, F. D. C., Botton, M., & Carvalho, A. N. M. D. (2014b). Uso da técnica de confusão sexual no manejo populacional de *Cryptoblabes gnidiella* (Lepidoptera: Pyralidae) em videira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49, 853-859.
- Pajač, I., Barić, B., Mikac, K. M., & Pejić, I. (2012). New insights into the biology and

ecology of *Cydia pomonella* from apple orchards in Croatia. *Bulletin of Insectology*, 65(2), 185-193.

Pajač, I., Pejić, I., & Barić, B. (2011). Codling Moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) – Major Pest in Apple Production: an Overview of its Biology, Resistance, Genetic Structure and Control Strategies. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 76(2), 87-92.

Patanita, M. I., Lourenço, I. C., Caeiro, S. & Vargas, E. (2008). O controlo do bichado da maçã *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: tortricidae) com recurso ao método da confusão sexual. *Boletim do museu municipal do Funchal (História natural)*, 14.

Pekár, S. & Kocourek, F. (2004), Spiders (Araneae) in the biological and integrated pest management of apple in the Czech Republic. *Journal of Applied Entomology*, 128, 561-566.

Petavy, G., David, J. R., Gibert, P., & Moreteau, B. (2001). Viability and rate of development at different temperatures in *Drosophila*: a comparison of constant and alternating thermal regimes. *Journal of thermal biology*, 26(1), 29-39.

Petri, J. L., & Leite, G. B. (2009). Macieira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(4).

Polis, G. A., & R. D. Holt. (1992). Intraguild predation: the dynamics of complex trophic interactions. *Trends in Ecology and Evolution* 5, 151-154.

PORTADA (2022). Superfície e Produção Agrícola. Disponível em: <https://www.pordata.pt/portugal>. Acedido em outubro de 2023.

Pszczolkowski, M. A., Matos, L. F., Brown, R., & Brown, J. J. (2002). Feeding and development of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) larvae on apple leaves. *Annals of the Entomological Society of America*, 95(5), 603-607.

R Core Team. (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

Reyes, M., Franck, P., Charmillot, P. J., Ioriatti, C., Olivares, J., Pasqualini, E., & Sauphanor, B. (2007). Diversity of insecticide resistance mechanisms and spectrum in European populations of the codling moth, *Cydia pomonella*. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 63(9), 890-902.

Richards, A. M. (1962). Damage to apple crops infested with San Jose scale, *Quadraspidiotus perniciosus* (Comst.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 5(5-6), 479-484.

Riechert, S. E. & Maupin, J. L., (1998). Spider effects on prey: tests for superfluous killing in five web-builders. In: Selden P. A. (ED). *Proceedings of the 17th European*

Colloquium of Arachnology, Edinburgh, 1997 Bucks. *British Arachnological Society*, 203-210.

Rock, G. C., & Shaffer, P. L. (1983). Developmental rates of codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) reared on apple at four constant temperatures. *Environmental Entomology*, 12(3), 831-834.

Rodrigues, R. (2011). Manual Bayfruta: A Fitossanidade das Pomóideas. Bayer Cropscience. DRAP Norte – Ficha Técnica.

Şahin, K. Ö. K., Aktaş, N., Özdemir, I., & Kasap, I. (2018). The new association records on ants (Hymenoptera: Formicidae) & aphids (Hemiptera: Aphididae) in the Central Province of Çanakkale. *Plant Protection Bulletin*, 58(1), 47-53.

Saraiva, M. T. L. C. D. (2015). *Boas práticas para a cultura da macieira em modo de produção biológica na região do Minho*. Dissertação de mestrado, Instituto Politécnico de Viana do Castelo. p.102.

Sargent, R. D., & Ackerly, D. D. (2008). Plant–pollinator interactions and the assembly of plant communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(3), 123-130.

Sauer, A. J., Fritsch, E., Undorf-Spahn, K., Nguyen, P., Marec, F., Heckel, D. G., & Jehle, J. A. (2017a). Novel resistance to *Cydia pomonella* granulovirus (CpGV) in codling moth shows autosomal and dominant inheritance and confers cross-resistance to different CpGV genome groups. *PloS one*, 12(6).

Sauer, A. J., Schulze-Bopp, S., Fritsch, E., Undorf-Spahn, K., & Jehle, J. A. (2017b). A third type of resistance of codling moth against *Cydia pomonella* granulovirus (CpGV) shows a mixture of a Z-linked and autosomal inheritance pattern. *Applied and Environmental Microbiology*, AEM-01036.

Sauphanor, B., Bouvier, J. C., & Brosse, V. (1998). Spectrum of Insecticide Resistance in *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in Southeastern France. *Journal of Economic Entomology*, 91(6), 1225-1231.

Schifani, E., Giannetti, D., & Grasso, D. A. (2023). Predatory Abilities of Two Mediterranean Ants on the Eggs and Larvae of the Codling Moth *Cydia pomonella*. *Insects*, 14(2), 97.

Schoener, T. H. (1983). Field experiments on interspecific competition. *American Naturalist*. 122, 240-285.

Sciarretta, A. & Trematerra, P. (2011). Auto-confusion trials and mating disruption of *Cydia pomonella* (L.) in small apple orchards. *Pheromones and other semio-chemicals*, 89-94.

Scomparin, A. L. X. (2009). Desenvolvimento de diferentes populações de *Cydia*

*pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) em temperaturas variáveis e consequências na modelagem fenológica.

Silva, A. D. C. (2013). *Guia para o reconhecimento de inimigos naturais de pragas agrícolas*. Brasília: Embrapa. p.47.

Silva, M. S., Lúcio, V. H. G., & Santos, A. F. dos. (2010). A importância da comunicação química para os insetos. *Revista Ambientale*, 2(2), 124–136.

Silva, O. A. B. N., Botton, M., Garcia, M. S., & da Silva, A. (2011). Efeito de inseticidas reguladores de crescimento sobre ovos, lagartas e adultos de *Grapholita molesta* (Busck) (Lep.: Tortricidae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(2), 420–428.

Simon, S., Defrance, H., & Sauphanor, B. (2007). Effect of codling moth management on orchard arthropods. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 122(3), 340-348.

Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688-688.

Sistema de Gestão de Autorizações dos Produtos Fitofarmacêuticos (SIFITO). DGAV. Disponível em: <<https://sifito.dgav.pt/divulgacao/usos>>. 23/03/2023

Skenderasi, B., Mero, G., Shahini, E., Karapançi, N., & Shahini, S. (2023). Codling moth (*Cydia Pomonella*) control using sex pheromones and environmentally friendly insecticides.

Solomon, M. E., Glen, D. M., Kendall, D. A., & Milsom, N. F. (1976). Predation of overwintering larvae of codling moth (*Cydia pomonella* (L.)) by birds. *Journal of applied ecology*, 341-352.

Sousa, H. I. B. (2008). *A técnica da confusão sexual como tática potencial de protecção integrada de citrinos para a cochonilha pinta-vermelha*. Dissertação de mestrado, Engenharia Agrónomica, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. p.78.

Sousa, M. L. de. (2020). Manual de Boas Práticas de Fruticultura - A Macieira. *Revista Frutas, Legumes e Flores, Em Parceria Com INIAV, I.P. (Estação Nacional de Fruticultura Vieira Natividade) e COTR*, 212(4).

Sterile Insect Release Program (SIR). (2010). Codling moth stage of development Disponível em <<http://www.oksir.org/lifecycle.asp>>. Acedido em julho de 2023.

Stirling, G., & Wilsey, B. (2001). Empirical relationships between species richness, evenness, and proportional diversity. *The American Naturalist*, 158(3), 286-299.

Strickland, D. A., Hodge, K. T., & Cox, K. D. (2021). An Examination of Apple Powdery Mildew and the Biology of *Podosphaera leucotricha* from Past to Present. *Plant Health Progress*, 22(4), 421-432.

- Sugonyaev, E. S., Balakhnina, I. V., Doroshenko, T. N., Yakovuk, V. A., Shevchenko, O. S., Vasilyeva, L. A., & Pastarnak, I. N. (2014). Species diversity and abundance of zoophages as a basic resource of the ecological pest management program for suppression of the codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera, Tortricidae) and secondary arthropod pests in the apple orchard agroecosystems of southern Russia. *Entomological Review*, 94, 1073-1090.
- Summerland, S. A., & Steiner, L. F. (1943). Codling moth oviposition and fate of eggs. *Journal of Economic Entomology*, 36(1), 72-75.
- Thaler, R., Brandstätter, A., Meraner, A., Chabicovski, M., Parson, W., Zelger, R., Dalla Via, J., & Dallinger, R. (2008). Molecular phylogeny and population structure of the Codling Moth (*Cydia pomonella*) in Central Europe: II. AFLP analysis reflects human-aided local adaptation of a global pest species.
- Thistlewood, H. M. A., & Judd, G. J. R. (2019). Twenty-five Years of Research Experience with the Sterile Insect Technique and Area-Wide Management of Codling Moth, *Cydia pomonella* (L.), in Canada. *Insects*, 10(9), 292.
- Torréns, J., & Tortosa, O. (2008). Redescrición de *Mastrus ridibundus* (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasitoide introducido en la Argentina para el control de *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 67(3-4), 109-112.
- Toubon F.J. (2008). Contrôler le carpocapse des pommes et des poires. Journées techniques nationales fruits et légumes biologiques. *Arb. Bio. Info.* (122) 6.
- Unruh, T. R., Miliczky, E. R., Horton, D. R., Thomsen-Archer, K., Rehfield-Ray, L., & Jones, V. P. (2016). Gut content analysis of arthropod predators of codling moth in Washington apple orchards. *Biological Control*, 102, 85-92.
- Van Lenteren, J. C., & Manzaroli, G. (1999). Evaluation and use of predators and parasitoids for biological control of pests in greenhouses. In *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. Springer Netherlands, 183-201.
- Vargas, H. A. (2007). Descripción de la larva de último instar y de la pupa de *Cydia largo* Heppner (Lepidoptera, Tortricidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 51, 263-266.
- Vavilov, N.I. (1992). Origin and geography of cultivated plants. V.F. Dorofeyev (ed.), translated by D. Léove. *Cambridge University Press*, Great Britain.
- Vincent, C., Andermatt, M., & Valéro, J. (2007). Madex® and VirosoftCP4®, viral biopesticides for codling moth control. *Biological control: a global perspective*. CABI, Wallingford, UK, 336-343.
- Voudouris, C. C., Sauphanor, B., Franck, P., Reyes, M., Mamuris, Z., Tsitsipis, J. A.,

Vontas, J., & Margaritopoulos, J. T. (2011). Insecticide resistance status of the codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) from Greece. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100(3), 229-238.

Walder, W. (2005). Constante monitoring enhances the success of pheromones in IFP.

Wan, F., Yin, C., Tang, R., Chen, M., Wu, Q., Huang, C., Qian, W., Rota-Stabelli, O., Yang, N., Wang, S., Wang, G., Zhang, G., Guo, J., Gu, L., Chen, L., Xing, L., Xi, Y., Liu, F., Lin, K., Guo, M., Liu, W., He, K., Tian, R., Jacquin-Joly, E., & Li, F. (2019). A chromosome-level genome assembly of *Cydia pomonella* provides insights into chemical ecology and insecticide resistance. *Nature Communications*, 10, article number 4237.

Wearing, C. H., Hansen, J. D., Whyte, C., Miller, C. E., & Brown, J. (2001). The potential for spread of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) via commercial sweet cherry fruit: a critical review and risk assessment. *Crop Protection*, 20(6), 465-488.

Weather Spark (2023). Disponível em:<<https://pt.weatherspark.com>>. Acedido em outubro de 2023.

Weber, R. W. S., & Børve, J. (2021). Infection biology as the basis of integrated control of apple canker (*Neonectria ditissima*) in Northern Europe. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2(1), 1–16.

Weddle, P. W., Welter, S. C., & Thomson, D. (2009). History of IPM in California pears - 50 years of pesticide use and the transition to biologically intensive IPM. *Pest Management Science*, 65(12), 1287-1292.

Wildbolz, T. (1962). Über Möglichkeiten der Prognose und Befallsüberwachung und Über Toleranzgrenzen bei der Integrierten Schädlingsbekämpfung im Obstbau. *Entomophaga*, 7, 273-283

Witzgall, P., Stelinski, L., Gut, L., & Thomson, D. (2008). Codling Moth Management and Chemical Ecology. *Annual Review of Entomology*, 53(1), 503-522.