MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

POPULAÇÃO E SAZONALIDADE DE *Apis mellifera* EM LAVOURA DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL, SOB MANEJO QUÍMICO

Mevim Mayerlin Ortuño Lijeron
Bióloga

Urutaí - GOIÁS
2023

MEVIM MAYERLIN ORTUÑO LIJERON

POPULAÇÃO E SAZONALIDADE DE *Apis mellifera* EM LAVOURA DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL, SOB MANEJO QUÍMICO

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí - GOIÁS
2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Lijeron, Mevim Mayerlin Ortuño
LM599p População e sazonalidade de Apis mellifera em lavoura de tomate para processamento agroindustrial, sob manejo químico / Mevim Mayerlin Ortuño Lijeron; orientador Alexandre Igor Azevedo Pereira. -- Urutaí, 2023.
32 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2023.

1. Apidae. 2. Solanaceae. 3. Amostragem. 4. Seletividade. 5. Isoxazolinas. I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo , orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
- ☑ Dissertação (mestrado)
- ☐ Monografia (especialização)
- ☐ TCC (graduação)
- ☐ Artigo científico
- ☐ Capítulo de livro
- ☐ Livro
- ☐ Trabalho apresentado em evento
- ☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor: Mevim Mayerlin Ortuño Lijeron

Matrícula: 2021101330540151

Título do trabalho: População e sazonalidade de Apis mellifera em lavoura de tomate para processamento agroindustrial, sob manejo químico

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☑ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 20/12/2023

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☑ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☑ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, Goiás, Brasil — Local

14/07/2023 — Data

Mevim Mayerlin Ortuño Lijeron

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 34/2023 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e sete dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e três, às dez horas, reuniram-se presencialmente os componentes da banca examinadora, para procederem à avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Mevim Mayerlin Ortuño Lijeron,** discente do **Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí,** com trabalho intitulado **"População e sazonalidade de Apis mellifera em lavoura de tomate para processamento agroindustrial, sob manejo químico".** A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu ao examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS,** na área de concentração em **Fitossanidade**, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á mediante ao depósito da dissertação definitiva no Repositório Institucional do IF Goiano, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira	IF Goiano Campus Urutaí	Presidente
Profª. Drª. Carmen Rosa Da Silva Curvêlo	IF Goiano Campus Urutaí	Membra interna
Profª. Drª. Luciana Barboza Silva	UFPI	Membra externa

Documento assinado eletronicamente por:

- Luciana Barboza Silva, Luciana Barboza Silva - 2030 - PESQUISADORES DAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - Fundacao Universidade Federal do Piaui (0617587000134), em 04/04/2023 15:51:56.
- Carmen Rosa da Silva Curvelo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/03/2023 20:51:25.
- Alexandre Igor de Azevedo Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/03/2023 14:29:33.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 481521
Código de Autenticação: 9a0056d8db

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, aos meus pais Jesús Ortuño e Neida lijeron, meu orientador Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, à direção e coordenação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiano e a todas as pessoas próximas a mim que me ajudaram a alcançar este objetivo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me acompanhado e guiado durante todo o mestrado, por ser minha força nos momentos de fraqueza e por ter me proporcionado uma vida repleta de aprendizados, experiências e por ter colocado pessoas boas em meu caminho que me ajudaram no caminho para cumprir esta meta, sou muito grata a todos. Muitas bênçãos na vida de cada um.

Agradeço aos meus pais Jesús Ortuño Arteaga e Neida Lijeron Ávila que sempre me deram seu apoio incondicional para conseguir alcançar todos os meus objetivos pessoais e acadêmicos. São eles que, com seu amor, sempre me incentivaram a perseguir meus objetivos e nunca os abandonar diante das adversidades. São eles também que me deram o apoio material e econômico para poder me concentrar nos meus estudos e nunca os abandonar.

Agradeço a minha irmã Ingri Yaquelin Ortuño Lijeron, que sempre me apoia e me motiva a alcançar meus objetivos, agradeço aos meus amigos e familiares que direta ou indiretamente ajudaram no desenvolvimento dos projetos.

Agradeço profundamente ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira pela dedicação e paciência, sem suas palavras e correções precisas eu não teria conseguido chegar a esta tão esperada instância. Obrigado por sua orientação e todos os seus conselhos, vou carregá-los para sempre na minha memória, em meu futuro profissional.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas que contribuíram, se dedicaram, mesmo em tempos tão difíceis da pandemia, se adaptaram com grande e notável esforço, todos contribuíram para meu aprendizado e com minha formação.

Quero agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação.

Agradeço a todos os meus colegas, mesmo não tendo muito contato devido as restrições da pandemia, mas conseguimos nos adaptar e nos ajudar, sou grata por toda a ajuda que me deram durante esses dois anos.

Por fim, gostaria de agradecer ao Instituto Federal Goiano, que tanto exigiu de mim, mas ao mesmo tempo permitiu que eu obtivesse o tão sonhado título de Mestrado. Agradeço a cada gestor pelo seu trabalho, sem os quais não haveria bases nem condições para o aprendizado do conhecimento.

SUMÁRIO

RESUMO..... ix
ABSTRACT..... x
INTRODUÇÃO..... 11
MATERIAL E MÉTODOS..... 12
RESULTADOS..... 17
DISCUSSÃO..... 23
CONCLUSÕES..... 27
AGRADECIMENTOS..... 28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 29

POPULAÇÃO E SAZONALIDADE DE *Apis mellifera* EM LAVOURA DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL, SOB MANEJO QUÍMICO

RESUMO

Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae) e abelhas nativas sem ferrão (tribo Meliponini) são relevantes para a agricultura brasileira e mundial pelo serviço prestado como polinizadores. Porém, estudos com foco na seletividade de inseticidas a esses organismos não-alvo ainda são incipientes. Avaliamos, sob condições de campo, a abundância espacial e temporal de *Apis mellifera* em plantas de tomateiro para processamento industrial submetidas à aplicação dos principais inseticidas recomendados no estado de Goiás. O maior produtor de tomate para processamento industrial do Brasil. O delineamento experimental foi em DBC com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a uma testemunha absoluta, um inseticida em fase de registro (avaliado sob duas dosagens) e cinco inseticidas já registrados pelo MAPA e amplamente utilizados nos sistemas de produção de tomate industrial no Brasil. Os tratamentos foram: (T1) controle, apenas água, (T2) plinazolin^{+} (150 ml ha^{-1}), descrito dessa forma por conter mistura de fábrica com benzoato de emamectina, (T3) plinazolin^{+} (200 ml ha^{-1}), (T4) lufenuron^{+} (que também teve mistura de fábrica com benzoato de emamectina), (T5) espinetoram, (T6) clorfenapir, (T7) indoxacarbe e (T8) ciantraniliprole^{++}, descrito assim por conter mistura de fábrica com abamectina. Todas as aplicações foram via foliar, após as 17:00 horas, e realizadas quatro vezes, mais precisamente aos 35, 45, 55 e 65 DAT (dias após o transplantio). Armadilhas adesivas amarelas foram utilizadas para amostragem das abelhas ocorrida aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 DAT. Aos 28 e 35 DAT houve maior pico na quantidade de abelhas amostradas. O plinazolin^{+} (200 ml) apresentou maior quantidade de abelhas aos 35 DAT e preservou 3,35 ± 0,27 colmeias por hectare em relação aos demais tratamentos. Nossos resultados indicaram inseticidas mais seletivos no ápice da presença das abelhas em campo, ou seja, no início da floração das plantas. E essa informação é valiosa por fornecer parâmetros técnicos importantes quanto à rotação de ingredientes ativos de inseticidas para controle de pragas em tomateiro com finalidade ao processamento industrial, mas levando em consideração formas de manejo de pragas mais sustentáveis.

Palavras-chave: Apidae, Solanaceae, Amostragem, Seletividade, Isoxazolinas, Inseticidas.

POPULATION AND SEASONALITY OF *Apis mellifera* IN TOMATO CROP FOR AGROINDUSTRIAL PROCESSING, UNDER CHEMICAL MANAGEMENT

ABSTRACT

Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae) and native stingless bees (Meliponini tribe) are relevant to Brazilian and world agriculture for their service as pollinators. However, studies focusing on the selectivity of insecticides to these non-target organisms are still incipient. We evaluated, under field conditions, the spatial and temporal abundance of *Apis mellifera* in tomato plants for industrial processing submitted to the application of the main insecticides recommended in the state of Goiás. The largest tomato producer for industrial processing in Brazil. A randomized block design was explored with eight treatments and four replications. The treatments corresponded to an absolute control, an insecticide in the registration phase (evaluated under two dosages) and five insecticides already registered by MAPA and widely used in industrial tomato production systems in Brazil. The treatments were: (T1) control, only water, (T2) plinazolin^{+} (150 ml ha^{-1}), so called because it contains a factory mixture with emamectin benzoate, (T3) plinazolin^{+} (200 ml ha^{-1}), (T4) lufenuron^{+} (which also had a factory mixture with emamectin benzoate), (T5) spinetoram, (T6) chlorfenapyr, (T7) indoxacarb and (T8) cyantraniliprole^{++}, so named because its factory mixture with abamectin. All applications were leaf-based, after 5:00 pm, and performed four times, more precisely at 35, 45, 55 and 65 DAT (days after transplanting). Yellow sticky traps were used to sample the bees at 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 and 84 DAT. At the 28th and 35th DAT there was a higher peak in the number of bees sampled. The plinazolin^{+} (200 ml) showed a higher number of bees at 35 DAT and preserved 3.35 ± 0.27 hives per hectare in relation to the other treatments. Our results indicated more selective insecticides at the peak of the presence of bees in the field, that is, at the beginning of flowering. And this information is valuable for providing important technical parameters regarding the rotation of active ingredients of insecticides to control pests in tomato with the purpose of industrial processing, but taking into account more sustainable forms of pest management.

Key-words: Apidae, Solanaceae, Sampling, Selectivity, Isoxazolines, Insecticides.

INTRODUÇÃO

Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae) e abelhas nativas sem ferrão (tribo Meliponini) possuem grande relevância para a agricultura brasileira e mundial pelo serviço prestado como polinizadores (Giannini et al. 2020, Toni et al. 2020, Tanda 2022). Porém, estudos com foco na seletividade de inseticidas a esses organismos não-alvo ainda são incipientes. A polinização entomófila em tomateiro é capaz de aumentar em até 25% a produtividade dessa planta, sob condições de campo, como reportado por Kasina (2007) no Kenya (África). No Brasil, o uso de cultivares de tomateiro dependentes da polinização aberta predominavam, mas foram substituídas por cultivares híbridas F1 após o ano de 2002 (Silva et al. 2003). Nessas cultivares, a capacidade de polinização anemófila tem sido apontada como superior em relação à entomófila (Buchmann 1983). E esse fator, dentre outros, pode ter contribuído para a menor preocupação com a seletividade de inseticidas aos polinizadores em plantas de tomate para processamento industrial. Isso é imperativo se avaliarmos as razões para a abundância de híbridos F1 comercializados atualmente no mercado brasileiro. Tais como alto potencial de produção, tempo de maturação mais uniforme (para reduzir perdas e facilitar as operações de colheita mecanizada) e a resistência múltipla a doenças como foco dos programas de melhoramento genético no tomateiro nas últimas décadas no Brasil (Melo & Vilela 2004).

O presente estudo avaliou a abundância espacial e temporal de *Apis mellifera* em plantas de tomateiro para processamento industrial submetidas à aplicação foliar dos principais inseticidas recomendados para o controle de insetos-praga nessa planta no estado de Goiás. O maior produtor de tomate para processamento industrial do Brasil (Melo & Vilela 2004).

Dentre os inseticidas, o plinazolin® Technology uma mistura de fábrica entre dois grupos químicos: avermectinas (benzoato de emamectina) e isoxazolinas (isocicloseram) foi avaliado por estar em vias de regularização de uso pelo MAPA do Brasil. As isoxazolinas são um novo grupo químico lançado pela Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, do Grupo 30 segundo o *Insecticide Resistance Action Committee* (IRAC) e definido como um antagonista não competitivo do receptor GABA em invertebrados (Blythe et al. 2022). Essa união de duas moléculas com distintos modos de ação tem sido apontada como eficiente contra insetos-praga e, inclusive, importante para o manejo da resistência desses à inseticidas (Lietti et al. 2005, Sudo et al. 2017). Porém, ainda pouco se sabe sobre o potencial desse novo grupo químico quanto à seletividade perante polinizadores.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na estação experimental do Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Morrinhos, localizado na rodovia BR 153, km 633, zona rural do município de Morrinhos, estado de Goiás (Brasil) cujas coordenadas geográficas são 17º48’55” S de latitude e 49º12’18” O de longitude e 906 m de altitude. A cultivar de tomate utilizada foi a Heinz 9553 (H.J. Heinz Company, Pennsylvania, EUA) de 110 a 120 dias de maturação, índice de concentração de maturação dos frutos (ICM) de valor 2 na escala de 1 (alta concentração) a 4 (baixa concentração) e com resistência às doenças *Verticillium* raça 1, *Fusarium* raças 1 e 2, nematoides e *Stemphyllium* spp. (Silva et al. 2006). As mudas de tomate utilizadas foram oriundas do viveiro Brambilla Jardim Agro-Industrial Ltda (Morrinhos, GO, Brasil), certificado pelo MAPA, com produção em ambiente protegido. O transplantio das mudas de tomate, à uma profundidade média de 5 cm, foi realizado no mês de abril de 2022, com as parcelas experimentais mantidas em pleno desenvolvimento do tomateiro até próximo à colheita aos 90 DAT (dias após o transplantio). As médias de precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento durante todo o período experimental foram de 0,03 mm, 21 ºC, 51 % e 6 km h^{-1}, respectivamente.

A dessecação química da área no pré-plantio foi realizada com glifosato (registro nº 8912, MAPA do Brasil) (Sumitomo Chemical Brasil Indústria Química S.A., Maracanaú, CE, Brasil) na dose de 3 L ha^{-1} e volume de calda de 200 L ha^{-1}. Logo após, utilizou-se uma roçadeira mecanizada modelo Tritton 2300 (Implementos Agrícolas Jan s/a, Não-Me-Toque, RS, Brasil), além de gradagem, sem operação de subsolagem, modelo ASDA Multi, com 9 discos (Baldan Implementos Agrícolas S/A, Matão, SP, Brasil). Em seguida, ocorreu um nivelamento e destorroamento com enxada rotativa modelo 115-200 BTV (Rugeri Mec-Rul SA, Caxias do Sul, RS, Brasil).

O procedimento de adubação (com deposição de adubo entre 6 a 7 cm de profundidade) foi realizado manualmente, enquanto que a adubação de cobertura com auxílio do próprio sistema de irrigação via pivô central. A adubação nitrogenada seguiu dosagem de 120 kg ha^{-1}, sendo que 40 a 60 kg ha^{-1} foram aplicados no sulco de plantio e o restante na forma de nitrocálcio, em cobertura, 25 a 30 dias após o plantio. As adubações de fundação à base de fósforo e potássio foram realizadas no sulco, antes do transplantio, seguindo as doses de 300 kg ha^{-1} de PO_5 e 100 kg ha^{-1} de K_2O, devido aos teores já existentes de 40 e 61 ppm de P e K no solo, respectivamente. Juntamente com a adubação

de fundação utilizou-se 50 kg ha^{-1} de micronutrientes de liberação lenta (B, Cu, Mn, Zn e S). A irrigação por pivô central foi executada, periodicamente, a partir do plantio com deposição total, por ciclo, de cerca de 600 mm de água e turno de rega com média de 4 dias até a maturação dos frutos (cerca de 70 dias após o transplantio, DAT) e 6 dias após os 70 DAT até o final do ciclo.

O delineamento experimental utilizado foi em DBC com oito tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais tiveram dimensões de 5 m de comprimento por 6 m de largura, totalizando 30 m^2 por parcela. O espaçamento adotado no transplantio foi de 0,30 m entre mudas e 1,20 m entre fileiras duplas com distância, entre elas, de 0,60 m. Plantas de tomate para processamento industrial são conduzidas com esse arranjo espacial devido à necessidade de amontoar as linhas de plantio para posterior colheita mecanizada (Awas et al 2010). Um procedimento adotado pelas agroindústrias de atomatados no Brasil. Portanto, cada parcela experimental teve três fileiras duplas centrais de 1,20 m, espaçadas entre si por 0,60 m, incluindo as duas fileiras das bordaduras direita e esquerda, respectivamente. Um total de 133 mudas de tomate foram transplantadas por parcela experimental, totalizando 4266 mudas transplantadas em todo o estudo. Até o 15º DAT aquelas mudas sem pegamento adequado (murcha, clorose ou danos na parte aérea) foram substituídas por novas mudas mantidas em ambiente protegido para reposição. Dessa forma, aproximadamente 1,2% das mudas foram substituídas.

Os tratamentos corresponderam a uma testemunha absoluta, um inseticida em fase de registro (avaliado sob duas dosagens) e cinco inseticidas já registrados pelo MAPA do Brasil e amplamente utilizados nos sistemas de produção de tomate industrial no Brasil. Dessa forma, os tratamentos foram: (T1) controle, apenas água, (T2) plinazolin^{+} (150 ml ha^{-1}), chamado dessa forma por conter mistura de fábrica com benzoato de emamectina, (T3) plinazolin^{+} (200 ml ha^{-1}), (T4) lufenuron^{+} (que também teve mistura de fábrica com benzoato de emamectina), (T5) espinetoram, (T6) clorfenapir, (T7) indoxacarbe e (T8) ciantraniliprole^{++}, chamado dessa forma por conter mistura de fábrica com abamectina.

O plinazolin® Technology (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP) possui um novo ingrediente ativo (Grupo IRAC 30) com intoxicação residual e por ingestão agindo no sistema nervoso através da neurotransmissão de impulsos nervosos, mediados pelo GABA, mantendo os canais inibitórios de contração muscular fechados causando paralisia muscular e morte em insetos (Blythe et al. 2022). No presente estudo foi utilizado na concentração de 200 g i.a. L^{-1} em mistura de fábrica com o benzoato de emamectina (grupo químico avermectina) na concentração de 50 g i.a. L^{-1} e formulação

suspensão concentrada (SC). Avaliamos o plinazolin^{+} nas doses de 150 ml ha^{-1} e 200 ml ha^{-1}, compreendendo aos tratamentos T2 e T3, respectivamente, com volume de calda de 300 L ha^{-1}. Este produto ainda não possui divulgado seu registro no MAPA, nem a classificação toxicológica e periculosidade ambiental.

O tratamento T4 lufenuron^{+} (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP), registro no MAPA nº 06221, compreendeu a uma mistura de fábrica entre os produtos benzoato de emamectina (avermectina) e lufenuron (benzoiluréias) na formulação grânulos dispersíveis em água (WG). É um inseticida de contato e ingestão e com concentração de 50 g kg^{-1} e 400 g kg^{-1} para o benzoato e lufenuron, respectivamente. Possui classificação toxicológica categoria IV (produto pouco tóxico) e classificação do potencial de periculosidade ambiental tipo II (produto muito perigoso ao meio ambiente). A dose utilizada do lufenuron^{+} foi de 150 g ha^{-1} com volume de calda de 300 L ha^{-1}.

O espinetoram (CTVA Proteção de Cultivos Ltda, Barueri, SP) possui registro no MAPA de nº 14414 e é um inseticida não sistêmico, de origem biológica, do grupo químico espinosinas na formulação WG. Possui concentração de 250 g kg^{-1} e foi utilizado na dose de 100 g ha^{-1} com volume de calda de 300 L ha^{-1}. Possui classificação toxicológica de categoria 5 (produto improvável de causar dano agudo) e classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental do tipo II (muito perigoso ao meio ambiente). O clorfenapir (BASF S.A, São Paulo, SP) tem ação inseticida e acaricida sob contato e ingestão e pertence ao grupo químico análogo de pirazol sendo utilizado no presente estudo na formulação suspensão concentrada (SC). Sua concentração foi de 240 g L^{-1}. Possui categoria de perigo 4 (produto pouco tóxico) e classificação do potencial de periculosidade ambiental do tipo II (produto muito perigoso ao meio ambiente). A dose utilizada do clorfenapir foi de 800 ml ha^{-1} com volume de calda de 300 L ha^{-1}.

O indoxacabe (FMC Química do Brasil Ltda, Campinas, SP) é um inseticida de contato e ingestão, do grupo químico oxadiazina e formulação do tipo concentrado emulsionável (EC). Possui concentração de 150 g L^{-1}, classificação toxicológica de categoria 4 (produto pouco tóxico) e classificação do potencial de periculosidade ambiental do tipo II (produto perigoso ao meio ambiente). No presente estudo foi utilizado na dose de 320 ml ha^{-1} e com volume de calda de 300 L ha^{-1}. E, por fim, o inseticida ciantraniliprole^{++} (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP) compreende a uma mistura de fábrica entre os produtos abamectina (avermectina) e ciantraniliprole (antranilamida) com concentrações de 18 g L^{-1} e 60 g L^{-1}, respectivamente. Possui ação inseticida e acaricida e sob formulação suspensão

concentrada (SC). Possui classificação toxicológica na categoria 3 (produto moderadamente tóxico) e classificação do potencial de periculosidade ambiental do tipo II (produto muito perigoso ao meio ambiente). No presente estudo, o ciantraniliprole[++] foi utilizado na dose de 720 ml ha^{-1} e com volume de calda de 300 L ha^{-1}.

Todos os tratamentos foram aplicados, via foliar, com pulverizador CO_2 pressurizado (2 L), com barra lateral de 3 m com seis pontas de pulverização cônicas (M 054) e pressão de trabalho de 30 libras pol^{-2}. As pulverizações dirigidas ao terço superior das plantas de tomate ocorreram no final do dia, após as 17:00 horas, e foram realizadas quatro vezes durante a safra de tomate industrial, mais precisamente aos 35, 45, 55 e 65 DAT. Os aplicadores utilizaram equipamentos de proteção individual (EPI), conforme legislação brasileira vigente. Adicionalmente, os princípios ativos azoxistrobina, difenoconazol, clorotalonil, pidiflumetofem e acibenzolar-S-metil foram utilizados de forma preventiva contra patógenos (fungos e bactérias).

Armadilhas adesivas amarelas de 15 cm (comprimento) e 10 cm (largura) foram utilizadas para amostragem das abelhas *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae) ocorrida dos 7 aos 84 DAT. Essa armadilha compreende um método passivo de coleta, com capacidade de coletar indivíduos em janelas temporais mais amplas e com menor mão-de-obra (Thongjua et al. 2015). Armadilhas adesivas amarelas refletem, quantitativamente, mais luz nos comprimentos RGB quando expostas à ação dos raios ultra-violeta (Natwick et al. 2007) ocasionando menor deterioração de pigmentos por fotodegradação. E isso contribui para persistirem atrativas por mais tempo no campo auxiliando na periodicidade das amostragens.

Cada unidade experimental teve uma armadilha adesiva mantida imediatamente acima do terço superior das plantas de tomate, periodicamente ajustada, com altura do solo variando de 0,2 a 1 m ao passo em que as plantas foram crescendo em altura. A substituição das armadilhas em uso, por outras novas, ocorreu a cada sete dias. Portanto, 384 amostras de armadilhas adesivas amarelas contendo abelhas capturados foram coletadas, independente dos tratamentos, em todo o ensaio. Abelhas sem ferrão da subfamília Meliponini também foram amostradas, mas, devido à sua baixa abundância (<2%), não analisadas estatisticamente. Insetos pertencentes a outros nichos ecológicos, como herbívoros, inimigos naturais e outros sem nicho definido também foram coletados pelas armadilhas, mas não considerados no presente estudo.

Logo após a substituição das antigas armadilhas, essas foram revestidas na frente e verso por um filme de PVC transparente para evitar que as abelhas capturadas se

desprendessem da armadilha. Com pincel marcador para quadro branco, as informações de qual tratamento, bloco e data de coleta foram anotadas por sobre o papel filme contendo a armadilha envelopada. Em laboratório, o número de abelhas por armadilha (frente e verso) foi quantificado com auxílio de um estereomicroscópio binocular com aumento até 80x com iluminação led.

A quantidade de espécimes de *Apis mellifera*, capturadas por armadilha, foi diagnosticada em função dos blocos, tratamentos e intervalos de dias após o transplantio (DAT) das mudas de tomate para processamento industrial. Esses dados foram plotados em gráficos do tipo boxplot para auxiliar na identificação de *outliers* e posterior eliminação deles. Adicionalmente, a normalidade foi verificada pelo teste de aderência de Lilliefors e, de forma complementar, pelo histograma obtido pelo software SigmaPlot®, versão 12.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA, EUA). De acordo com esse procedimento, a quantidade de abelhas capturas por armadilha apresentou distribuição normal e, portanto, sem necessidade de transformação dos dados.

As espécimes de *Apis mellifera*, capturadas por armadilha, foram quantificadas em função dos blocos, tratamentos e intervalos de dias após o transplantio (DAT) das mudas de tomate para processamento industrial. Dessa forma, analisamos se havia interação entre os fatores tratamentos (T) e dias (D) sobre a quantidade de abelhas amostradas, bem como observamos a significância de ambos os fatores de forma isolada através de uma ANOVA do tipo bidirecional. Após esse procedimento, observando as significâncias entre os fatores isolados ou sob interação, comparamos suas médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Adicionalmente, estimamos a quantidade de colmeias de abelhas preservadas através da quantidade de indivíduos capturados pelas armadilhas e considerando uma colmeia com 5 mil operárias. Para tanto, extrapolamos a quantidade de espécimes de abelhas coletadas por parcela experimental, somando-a em relação a todos DAT, mas preservando essa quantidade por bloco. Após isso, realizamos uma ANOVA unidirecional para avaliar o efeito dos tratamentos. E, posteriormente, realizamos um teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade para constatar as diferenças (ou não) entre tratamentos. Todas as análises estatísticas e figuras aqui apresentadas foram elaboradas através do SigmaPlot®, versão 12.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA, EUA).

RESULTADOS

A quantidade de abelhas amostradas nas parcelas tratadas (ou não) com inseticidas variou em função dos tratamentos (T), dias de amostragem (D) e bem como em função da interação entre esses dois fatores (T*D) (Tabela 1). Considerando o efeito dos tratamentos de forma isolada, uma menor quantidade de abelhas foi amostrada nas parcelas com o espinetoram (24,87 ± 4,12 abelhas por armadilha) e com maiores quantidades de abelhas amostradas nas parcelas com plinazolin^{+} (43,29 ± 5,23 abelhas por armadilha) na dosagem de 200 ml (Figura 1). Na testemunha (apenas água) 36,41 ± 5,42 abelhas por armadilha foram amostradas. Nos demais tratamentos a quantidade de abelhas amostradas apresentaram valores intermediários (Figura 1).

A flutuação populacional das abelhas apresentou diferenças significativas em função de cada um dos dias de amostragem 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 DAT avaliados, considerando o fator D de forma isolada (Figura 2). Aos 28 e 35 DAT houve maior quantidade de abelhas coletadas pelas armadilhas adesivas amarelas, com valores de 4,87 ± 0,20 e 6,65 ± 0,30, respectivamente (Figura 2). A menor quantidade coletada ocorreu aos 7 DAT com apenas 1,59 ± 0,34 abelhas. Aos 42 DAT houve uma redução de 46% na quantidade de abelhas amostradas, implicando em uma queda brusca quando comparado ao intervalo de tempo anterior, 35 DAT (Figura 2). Aos 49 DAT um aumento sutil de 3,98 ± 0,35 abelhas coletadas, com nova queda populacional aos 56 DAT (2,62 ± 0,42 abelhas) até os 70 DAT (2,12 ± 0,30 abelhas) e, após isso, tendência de aumento de 2,59 abelhas aos 77 DAT até 3,75 abelhas coletadas aos 84 DAT (Figura 2).

Aos 14, 21, 35, 42 e 84 DAT houve diferenças significativas na quantidade de abelhas amostradas em função dos tratamentos como reflexo da interação significativa entre os fatores tratamentos (T) e dias de amostragem (D). Nos demais dias após o transplantio não houve diferenças significativas entre a quantidade de abelhas amostradas e tratamentos. Aos 14 DAT o tratamento ciantraniliprole^{++} foi aquele onde a maior quantidade de abelhas foi amostrada (5 abelhas), enquanto que no tratamento plinazolin^{+} (200ml) apenas 0,25 abelhas. Aos 21 DAT, o tratamento testemunha apresentou 4,5 abelhas, enquanto que no tratamento plinazolin^{+} (150 ml) o de menor quantidade de abelhas amostradas (0,5 abelhas). O plinazolin^{+} (200 ml) pulverizado nas parcelas experimentais foi aquele onde a maior quantidade de abelhas foi amostrada (13,5 abelhas) aos 35 DAT em comparação com o espinetoram onde apenas 2,75 abelhas foram amostradas. Aos 42 DAT as parcelas pulverizadas com plinazolin^{+} (150 ml) foram

aquelas com a maior quantidade de abelhas (7,25 abelhas) e aos 84 DAT o tratamento com a maior quantidade de abelhas amostradas após a pulverização foi o plinazolin^{+} (200 ml) com 6,75 abelhas em comparação aos demais tratamentos (Figura 3).

A estimativa para o número de colmeias preservadas variou em função dos tratamentos avaliados, de acordo com a Tabela 2. O plinazolin^{+} (200 ml) preservou 3,35 ± 0,27 colmeias, enquanto que as pulverizações com espinetoram preservaram, apenas, 1,65 ± 0,18 colmeias (Figura 4). Nos demais tratamentos, incluindo a testemunha (apenas água) os valores para o total de colmeias preservadas foram de 2,81 (testemunha), 2,16 (plinazolin^{+} na dose de 150 ml), 2,02 (lufenuron^{+}), clorfenapir (2,23), indoxacarbe (2,12) e ciantraniliprole^{++} (2,26) (Figura 4).

Tabela 1. Resultado da ANOVA (bidirecional) para a quantidade de abelhas, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), atraídas por armadilhas adesivas amarelas em função dos tratamentos: (T1) controle, apenas água, (T2) plinazolin+benzoato de emamectina (150 ml), (T3) plinazolin+benzoato de emamectina (200 ml), (T4) lufenuron+benzoato de emamectina, (T5) espinetoram, (T6) clorfenapir, (T7) indoxacarbe e (T8) ciantraniliprole+abamectina ao longo dos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 dias após o transplantio (Dias)

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	*P*
Bloco	3	11.34397	3.781322	1.258	0.28910
Tratamentos (T)	7	135.6614	19.38020	6.448	0.00000*
Dias (D)	11	704.3307	64.03006	21.303	0.00004*
T*D	77	830.6259	10.78735	3.589	0.00002*
Resíduo	285	856.6352	3.005738		

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F). GL (graus de liberdade), SQ (soma de quadrados), QM (quadrado médio), F (valor teste F) e *P* (significância).

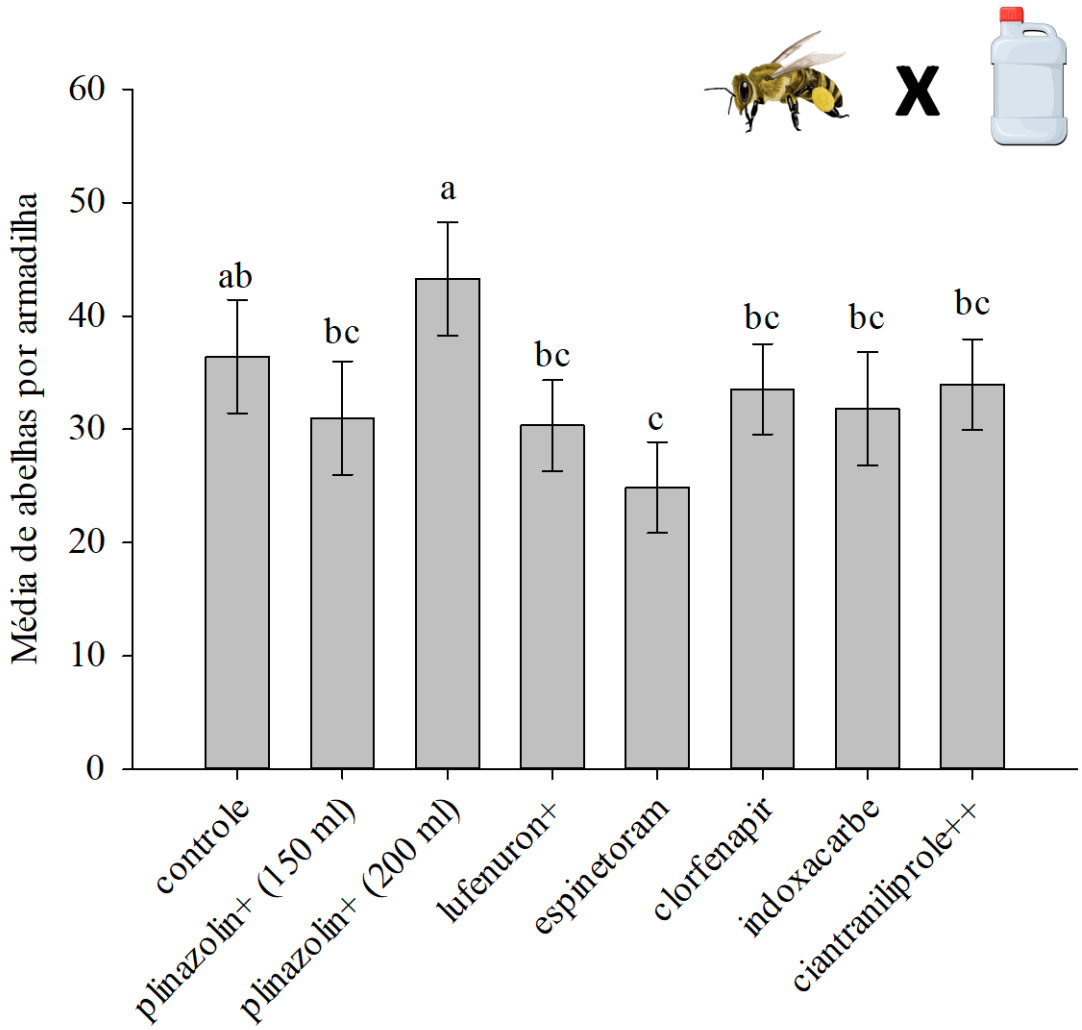

Figura 1. Quantidade (Média ± EP[1]) de abelhas, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), atraídas por armadilhas adesivas amarelas em tomate industrial (cv. Heinz 9553) com aplicação dos tratamentos: (T1) controle, apenas água, (T2) plinazolin+benzoato de emamectina (150 ml), (T3) plinazolin+benzoato de emamectina (200 ml), (T4) lufenuron+benzoato de emamectina, (T5) espinetoram, (T6) clorfenapir, (T7) indoxacarbe e (T8) ciantraniliprole+abamectina. [1]Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

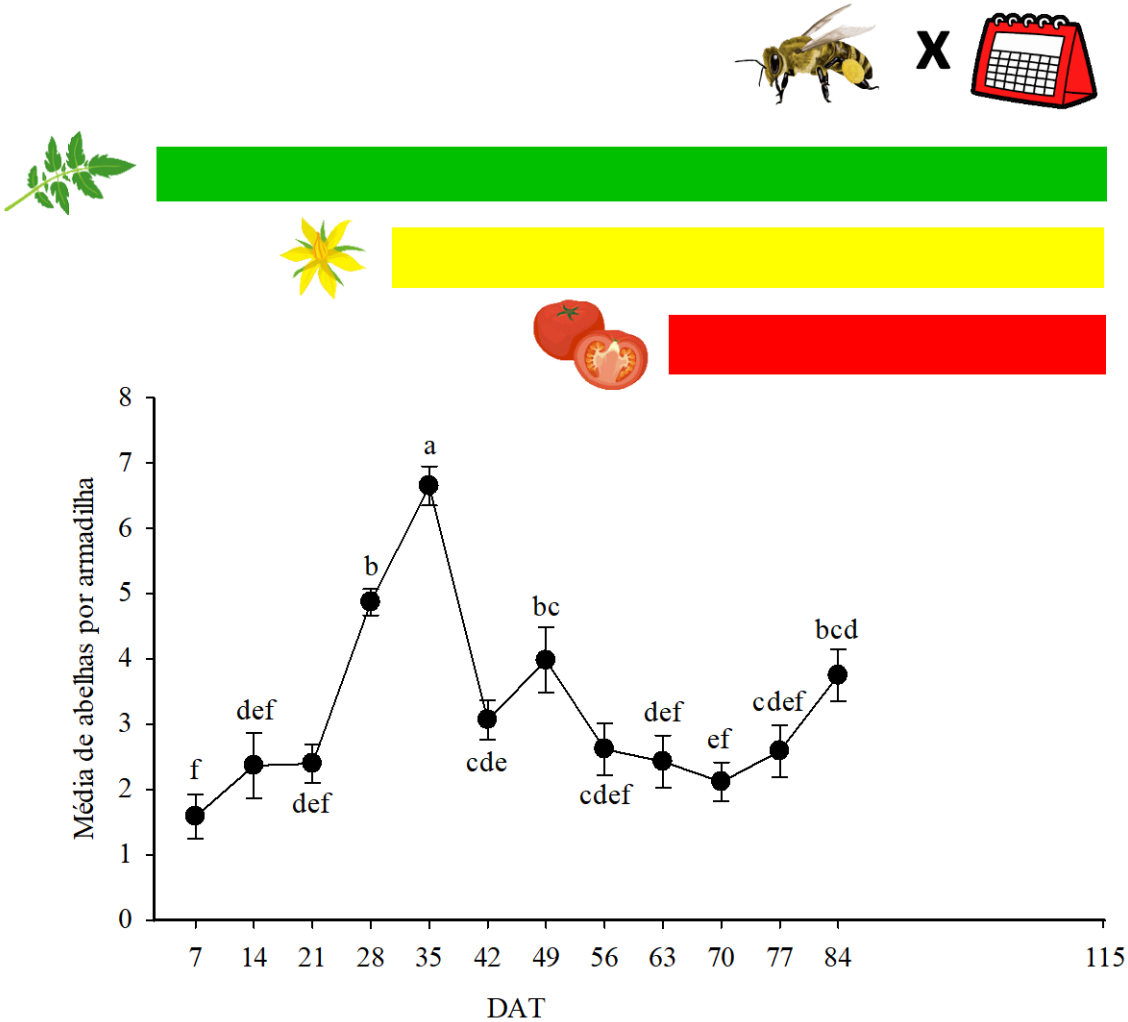

Figura 2. Quantidade (Média ± EP[1]) de abelhas, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), atraídas por armadilhas adesivas amarelas em tomate industrial (cv. Heinz 9553) em função de diferentes dias após o transplantio (DAT) das mudas. [1]Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

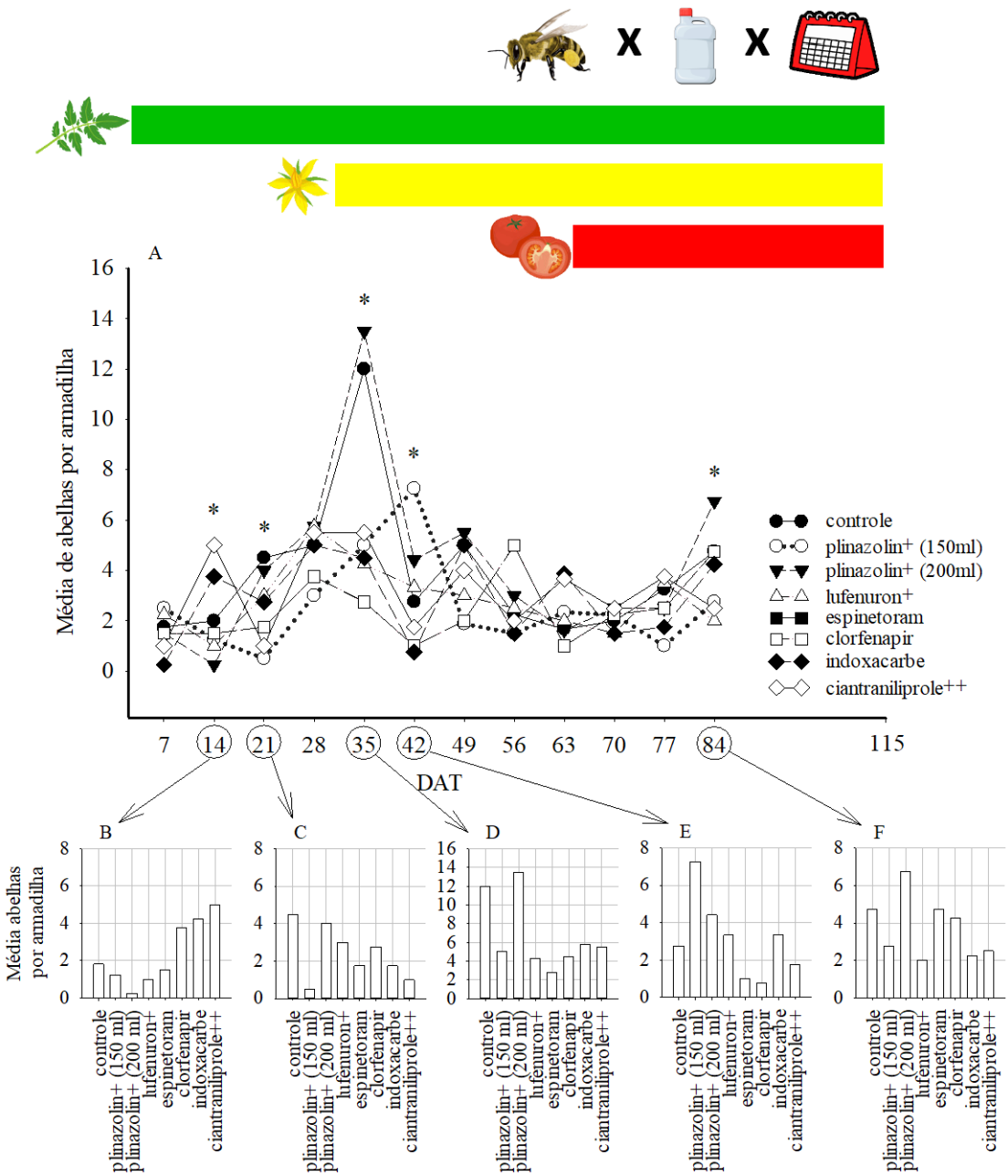

Figura 3. Resumo da interação significativa entre os tratamentos (T1) controle, apenas água, (T2) plinazolin+benzoato de emamectina (150 ml), (T3) plinazolin+benzoato de emamectina (200 ml), (T4) lufenuron+benzoato de emamectina, (T5) espinetoram, (T6) clorfenapir, (T7) indoxacarbe e (T8) ciantraniliprole+abamectina e dias após o transplantio (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 DAT) das mudas de tomate para processamento industrial (cv. Heinz 9553) sobre a quantidade (médias*) de abelhas, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), atraídas por armadilhas adesivas amarelas (Figura 3A). *Diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, com os desdobramentos aos 14, 21, 35, 42 e 84 DAT apresentados (Figuras 3B, C, D, E e F, respectivamente). +mistura de fábrica com benzoato de emamectina. ++mistura de fábrica com abamectina.

Tabela 2. Resultado da ANOVA[1] para o número de colmeias de abelhas, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) preservadas*, em tomate para processamento industrial (cv. Heinz 9553), de acordo com os tratamentos: (T1) controle, apenas água, (T2) plinazolin+benzoato de emamectina (150 ml), (T3) plinazolin+benzoato de emamectina (200 ml), (T4) lufenuron+benzoato de emamectina, (T5) espinetoram, (T6) clorfenapir, (T7) indoxacarbe e (T8) ciantraniliprole+abamectina

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	*P*
Bloco	7	7.629091	1.089870	5,069	0.00172
Tratamentos	3	2.122581	0.707527	3,291	0.04066
Resíduo	21	4.514885	0.214994		

[1]Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F). GL (graus de liberdade), SQ (soma de quadrados), QM (quadrado médio), F (valor teste F) e *P* (significância). *Estimativa para uma colmeia de 5 mil operárias. [+]mistura de fábrica com benzoato de emamectina. [++]mistura de fábrica com abamectina.

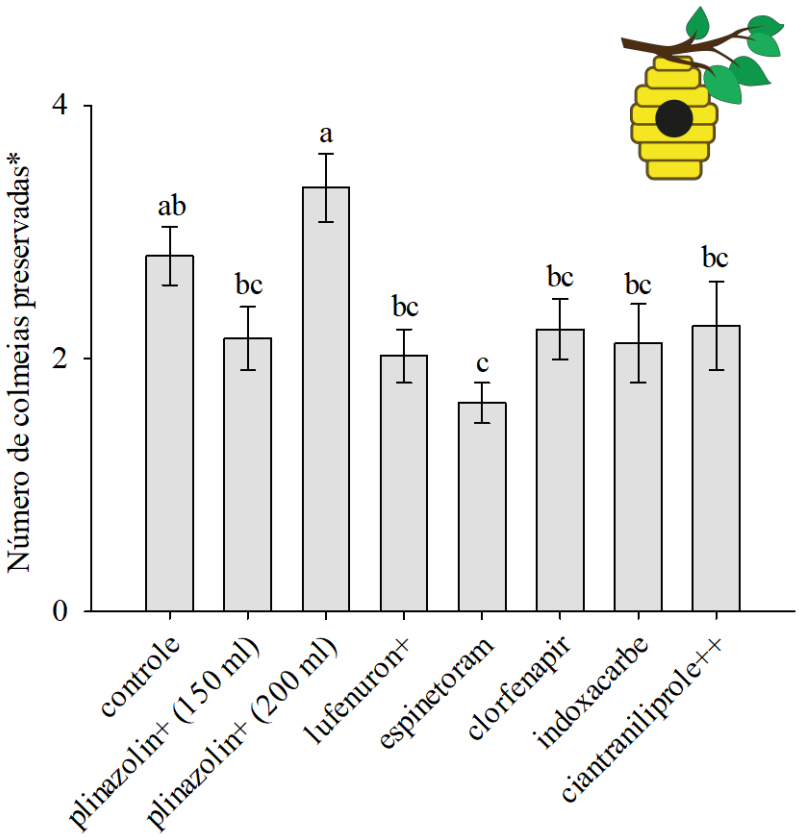

Figura 4. Número (Média ± EP[1]) de colmeias de abelhas, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) preservadas, em tomate para processamento industrial (cv. Heinz 9553), de acordo com os tratamentos: (T1) controle, apenas água, (T2) plinazolin+benzoato de emamectina (150 ml), (T3) plinazolin+benzoato de emamectina (200 ml), (T4) lufenuron+benzoato de emamectina, (T5) espinetoram, (T6) clorfenapir, (T7) indoxacarbe e (T8) ciantraniliprole+abamectina. [*]Estimativa para uma colmeia de 5 mil operárias. [1]Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. [+]mistura de fábrica com benzoato de emamectina. [++]mistura de fábrica com abamectina.

DISCUSSÃO

Resultados sobre a seletividade de inseticidas sintéticos utilizados no agroecossistema do tomate para processamento industrial com foco em organismos não-alvo como abelhas sejam elas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) ou, inclusive, aquelas nativas sem ferrão (tribo Meliponini) ainda são incipientes. Apesar da grande relevância desses polinizadores para a agricultura brasileira e mundial (Giannini et al. 2020, Toni et al. 2020, Tanda 2022). Primeiro pelo fato de as empresas de químicos sintéticos investirem mais recursos para comprovarem a eficiência de controle em uma dada praga-alvo. E, segundo, porque a genética vegetal e biologia floral das plantas de tomateiro com crescimento determinado, no Brasil, sofreu uma mudança brusca a partir do ano de 2002. Antes disso as cultivares dependentes da polinização aberta predominavam, mas foram substituídas por cultivares híbridas F1 (Silva et al. 2003). Nesses materiais híbridos, com flores constituídas por anteras do tipo poricidas (que necessitam ser vibradas para liberação dos grãos de pólen) e mais curtas que o estigma, a polinização anemófila é relatada como mais determinante que a entomófila (Buchmann 1983). Porém, deve-se salientar que a polinização entomófila em tomateiro podem aumentar em até 25% a produtividade dessa planta, sob condições de campo, como reportado no Kenya, África, por Kasina (2007). O que indica fortemente que a menor contribuição da polinização entomófila para a produtividade nessa planta se refira mais à falta de suscetibilidade dos inseticidas empregados no manejo de insetos-praga do que à sua própria eficiência em si. No estado de Goiás, um dos maiores produtores de tomate para processamento industrial do Brasil (Melo & Vilela 2004), as aplicações de inseticidas são sugeridas pelo menos uma vez por semana durante mais de 90% do tempo de desenvolvimento dessa planta em campo, com mudas previamente tratadas nos viveiros de produção, antes do transplantio.

Na verdade, a cadeia produtiva brasileira de tomates para processamento industrial tem aderido ao uso de híbridos F1 por outros motivos. Tais como alto potencial de produção, tempo de maturação mais uniforme para reduzir perdas e facilitar as operações de colheita mecanizada e resistência múltipla a doenças (Melo & Vilela 2004). Todavia, estudos sobre a seletividade de inseticidas sintéticos (já em uso ou em fase de liberação de registro) em organismos não-alvo, independentemente da sua importância ou não como reais polinizadores, devem ter atualizações rotineiras. E precisam estar conectados com os lançamentos mercadológicos de novos produtos para proteção de

plantas contra insetos-praga, patógenos e plantas daninhas. Nosso estudo atualiza informações sobre a seletividade dos inseticidas utilizados em plantas de tomate para processamento industrial, sob condições reais de campo, para *Apis mellifera*, e bem como de uma nova molécula em fase final de registro para uso no Brasil.

As diferenças observadas entre os tratamentos para a quantidade de abelhas amostradas por armadilhas adesivas amarelas foi esperado pela amplitude de ativos químicos utilizados (avermectina, isoxazolina, benzoiluréia, espinosina, análogo ao pirazol, oxadiazina e antranilamida). Discutiremos essas diferenças nos próximos dois parágrafos. Adicionalmente, o tempo como influenciador na quantidade de abelhas amostradas demonstrou a adaptação có-evolutiva que esses polinizadores possuem com angiospermas, mais especificamente com as flores do tomateiro (Vinícius-Silva et al. 2017, Toni et al. 2020). E fornece subsídios para acreditar que mesmo com a menor dependência de polinização por abelhas, as cultivares de tomateiro de crescimento determinado, atualmente cultivadas para processamento industrial no Brasil (como a cv. Heinz 9553) possuem capacidade de suportar uma diversidade importante de insetos. Além dos herbívoros (mastigadores e/ou sugadores) e inimigos naturais (Silva et al. 2018). A interação entre os fatores tratamentos (inseticidas) e tempo também releva a importância de se evitar aplicações nos períodos fenológicos de início do florescimento do tomateiro (no nosso caso, entre os 28 aos 35 DAT) o que está em sintonia com o maior forrageamento dos polinizadores. E, portanto, maior risco de exposição aos inseticidas seja por contato, ação residual ou por ingestão. Essa uma recomendação presente em bula em todos os produtos avaliados, porém que na prática ainda tem sido negligenciada. Muito devido ao fato de que na fase de floração do tomateiro, herbívoros tidos como pragas agrícolas utilizam os recursos florais (pólen e néctar) para sua manutenção em campo (Ssemwogerere et al. 2013).

No tratamento (T3) plinazolin^{+} (na dose de 200 ml ha^{-1}) a maior quantidade de abelhas foi amostrada sendo estatisticamente semelhante à testemunha, demonstrando maior seletividade do que todos os demais inseticidas avaliados. O plinazolin^{+} que avaliamos foi uma mistura de fábrica entre dois grupos químicos: avermectinas (benzoato de emamectina) e isoxazolinas (isocicloseram). Esse último um novo inseticida lançado pela Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, do Grupo 30 segundo o *Insecticide Resistance Action Committee* (IRAC) e definido como um antagonista não competitivo do receptor GABA em invertebrados (Blythe et al. 2022). As avermectinas atuam como moduladores nos canais de cloro mediados pelo glutamato (GluCl), ligando-se a um sítio secundário

do canal e ativando-o de forma ininterrupta (Clark et al. 1994). Essa união de duas moléculas com distintos modos de ação tem sido apontada como eficiente contra insetos-praga e, inclusive, importante para o manejo da resistência desses à inseticidas (Lietti et al. 2005, Sudo et al. 2017). Porém, geralmente, pouco seletivos à polinizadores pela sua própria ambiguidade nos modos de ação. Tanto que os outros dois tratamentos que aqui avaliamos com mistura pré-fabricada com avermectinas (T4: lufenuron^{+} e T8: ciantraniliprole^{++}) possuem classificação do potencial de periculosidade ambiental do tipo II, ou seja, muito perigoso a abelhas. Todavia, surpreendentemente, o plinazolin^{+} não apenas foi (*i*) mais seletivo às abelhas na maior dose de 200 ml ha^{-1} (em comparação à dose 150 ml ha^{-1}), mas bem como (*ii*) mais seletivo na comparação aos tratamentos T4 e T8, como já dito, que também continham mistura pré-fabricada com avermectinas. E (*iii*) mais seletivo do que os demais inseticidas avaliados (espinetoram, clorfenapir e indoxacarbe).

Ainda pouco se sabe sobre a capacidade das abelhas se detoxificarem frente à exposição por inseticidas. A limpeza das patas e aparelho bucal após uma provável contaminação à inseticidas e parasitas aparenta ser a forma mais elementar disso acontecer (Morfin et al. 2019). Porém, estudos recentes tem apontado que o próprio pólen coletado pelas abelhas e armazenado no interior das colmeias, por possuírem diversas substâncias biologicamente ativas (proteínas, aminoácidos, carboidratos, lipídios e ácidos graxos, compostos polifenólicos, enzimas, vitaminas e demais bioelementos) (Komosinska-Vassev et al. 2015), possam induzir o aumento de glicoproteínas que promovem a longevidade das abelhas, além da metabolização mais rápida de inseticidas e uma menor concentração do fitoquímico APC (ácido p-cumárico). Esse último, conhecido por regular as enzimas de desintoxicação de abelhas à inseticidas (Barascou et al. 2021). Não avaliamos no presente estudo se na dose de 200 ml ha^{-1} do plinazolin^{+} as abelhas investiram em um maior consumo de pólen com vistas à desintoxicação em comparação à dose de 150 ml ha^{-1}. O que poderia nos dar sinais para explicar o fato dessa dose maior ter desencadeado o comportamento de maior consumo de pólen, gerando maior detoxificação nas abelhas. E isso é intrigante, pois é sabido que o isocicloseram possui foto-estabilidade T_{50} de 19 a 20 horas (Cassayre et al. 2021). Ou seja, na maior dose certamente ele permaneceu mais tempo no ambiente do que na menor dose (150 ml ha^{-1}) aumentando o risco à exposição das abelhas.

Adicionalmente, nosso estudo também demonstrou baixa abundância de abelhas nativas sem ferrão associadas com plantas de tomate para processamento industrial.

Menos de 2% de um total de 1232 abelhas amostradas pelas armadilhas adesivas amarelas dos 7 aos 84 DAT foram Meliponini. Aqui representadas, apenas, pelas espécies *Melipona quadrifasciata*, *Trigona spinipes* e dois indivíduos do gênero *Exomalopsis* sp. Vinícius-Silva et al. (2017) relataram maior diversidade de polinizadores (15 espécies das famílias Andrenidae, Apidae e Halictidae) em tomate do tipo salada de crescimento indeterminado, conduzido por tutoramento, em condições de campo em Guiricema, sudeste de Minas Gerais, Brasil. Mesmo com aplicações de inseticidas realizadas duas vezes por semana. Porém, nesse estudo, áreas de mata nativa e de cultivo de plantas frutíferas estavam próximas ao local experimental, com distâncias de 200 m e 600 m, respectivamente. Essa condição é referenciada na literatura como importante para manutenção de abelhas sem ferrão em ambientes agrícolas (Costa et al. 2014, Reyes-González et al. 2020). No nosso estudo, áreas de mata nativa se situaram a cerca de 2 km de distância do local experimental e, além disso, houve baixa diversidade vegetal no próprio local experimental devido ao controle de ervas daninhas e arbustos invasores. Dessa forma, sugerimos que investigações mais específicas e considerando as escalas local e regional deverão melhor sustentar hipóteses com vistas a desvendar os reais motivos da baixa ocorrência das abelhas sem ferrão no agroecossistema do tomateiro para processamento industrial produzido no bioma Cerrado, estado de Goiás.

Por fim, salientamos que as comparações entre os inseticidas aqui testados quanto à sua seletividade para abelhas *Apis mellifera* devam ser interpretadas com cautela. Pois, nossas quatro pulverizações realizadas aos 35, 45, 55 e 65 DAT coincidiram com o período de maior ocorrência das abelhas no tomateiro. E com forte sincronia com os períodos de floração dessa Solanaceae, como já comentamos. Esse manejo de aplicação não é recomendado pela bula de todos os inseticidas menos seletivos que avaliamos. Por outro lado, nossos resultados indicaram a existência de inseticidas mais seletivos no ápice da presença das abelhas em campo, ou seja, na floração das plantas de tomate. E essa informação é valiosa por fornecer parâmetros técnicos importantes quanto à rotação de ingredientes ativos de inseticidas para controle de pragas em tomateiro com finalidade ao processamento industrial. O manejo intercalando diferentes ingredientes ativos não apenas torna-se uma importante ferramenta temporal de seletividade de inseticidas à organismos não-alvo, mas bem como deverá servir como uma forma de retardar a evolução da resistência aos inseticidas e que tem sido desenvolvida por importantes pragas agrícolas que utilizam o próprio tomateiro como recurso alimentar.

CONCLUSÕES

Aos 28 e 35 DAT (Dias Após o Transplantio) houve maior pico na quantidade de abelhas amostradas. O plinazolin^{+} (200 ml) apresentou maior quantidade de abelhas aos 35 DAT e preservou 3,35 ± 0,27 colmeias por hectare em relação aos demais tratamentos. Nossos resultados indicaram inseticidas mais seletivos no ápice da presença das abelhas em campo, ou seja, no início da floração das plantas. E essa informação é valiosa por fornecer parâmetros técnicos importantes quanto à rotação de ingredientes ativos de inseticidas para controle de pragas em tomateiro com finalidade ao processamento industrial, mas levando em consideração formas de manejo de pragas mais sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e ao IF Goiano (Campus Urutaí) pela concessão de apoio financeiro em forma de bolsas de estudo. A equipe de alunos do curso Técnico em Agropecuária e Bacharelado em Agronomia do Campus Urutaí que auxiliaram na execução das atividades de campo. Ao IF Goiano Campus Morrinhos pelo suporte e disponibilidade de estrutura física para execução do presente estudo. Ao Renato Garcia, Desenvolvimento Técnico de Mercado da Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, pelo incentivo ao desenvolvimento de ensaios na cultura do tomate para processamento industrial. Ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, pelo incentivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Awas G, T Abdisa, K Tolosa & A Chali. 2010. Effect of inter-row spacing with double row arrangement on yield and yield component of tomato (*Lycopersicon esculuntum* Mill.) at Adami Tulu Agricultural Research Center (Central Rift Valley of Oromia, Ethiopia). African Journal of Agricultural Research. 6: 2978-2981.

Barascou L, D Sene, A Barraud, D Michez, V Lefebvre, P Medrzycki, G Di Prisco, V Strobl, O Yañez, P Neumann, Y Le Conte & C Alaux. 2021. Pollen nutrition fosters honeybee tolerance to pesticides. Royal Society Open Science. 8: 210818.

Blythe J, FGP Earley, K Piekarska-Hack, L Firth, J Bristow, EA Hirst, JA Goodchild, E Hillesheim & AJ Crossthwaite. 2022. The mode of action of isocycloseram: A novel isoxazoline insecticide. Pesticide Biochemistry and Physiology. 187: 105217.

Buchmann SL. 1983. Buzz pollination in angiosperms. Handbook of Experimental Pollination Biology, New York, p. 73-113.

Cassayre J, T Smejkal, J Blythe, P Hoegger, P Renold, T Pitterna, CS Prasanna, H Smits, E Godineau, T Luksch, G Berthon, G Rawal, R Patre, M Lal, M Boussemghoune, S Masala, F Barreteau, M Flaeschel, J Vogt & ME Qacemi. 2021. The discovery of isocycloseram: a novel isoxazoline insecticide. 165-212p. *In*: Maienfisch P & S Mangelinckx. 2021. Recent highlights in the discovery and optimization of crop protection products. Academic Press. Elsevier Inc. 619p.

Clark JM, JG Scott, F Campos & JR Bloomquist. 1994. Resistance to avermectins: extent, mechanisms, and management implications. Annual Review of Entomology. 40:1-30.

Costa L, RM Franco, LF Guimarães, A Vollet-Neto, FR Silva & GD Cordeiro. 2014. Rescue of stingless bee (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) nests: an important form of mitigating impacts caused by deforestation. Sociobiology. 61: 554-559.

El-Ballal SS, HA Amer, EA Tahoun, NB El-Borai & MAA Zahra. 2019. Bee pollen alleviates fipronil and emamectin benzoate induced-hepatorenal toxicity in rats. Assiut

Veterinary Medical Journal. 65: 164-173.

Giannini TC, DA Alves, R Alves, GD Cordeiro, AJ Campbell, M Awade, JMS Bento, AM Saraiva & VL Imperatriz-Fonseca. 2020. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. Apidologie. 51:406-421.

Hu S, DL Dilcher, DM Jarzen & DW Taylor. 2008. Early steps of angiosperm–pollinator coevolution. PNAS. 105: 240-245.

Kasina JM. 2007. Bee pollinators and economic importance of pollination in crop production: case of Kakamega, western Kenya (PhD dissertation). Germany: University of Bonn, 150p.

Komosinska-Vassev K, P Olczyk, J Kafmierczak, L Mencner & K Olczyk. 2015. Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. ID 297425.

Lietti MMM, E Botto & RA Alzogaray. 2005. Insecticide resistance in argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotropical Entomology. 34:113-119.

Melo PCT & NJ Vilela. 2004. Desempenho da cadeia agroindustrial brasileira do tomate na década de 90. Horticultura Brasileira. 22: 154-160.

Morfin N, PH Goodwin, GJ Hunt & E Guzman-Novoa. 2019. Effects of sublethal doses of clothianidin and/or *V. destructor* on honey bee (*Apis mellifera*) self-grooming behavior and associated gene expression. Scientific Reports. 9:5196.

Natwick ET, JA Byers, CC Chu, M Lopez & TJ Henneberry. 2007. Early detection and mass trapping of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* in vegetable crops. Southwestern Entomologist. 32: 229-238.

Reyes-González A, A Camou-Guerrero, E del-Val, MI Ramírez & L Porter-Bolland.

2020. Biocultural diversity loss: the decline of native stingless bees (Apidae: Meliponini) and local ecological knowledge in Michoacán, Western México. Human Ecology. 48: 411-422.

Silva Ap, BB Santos, AFA Netto, CM Silva, CRS Curvêlo, LL Ferreira, JMQ Luz & AIA Pereira. 2018. Sweet corn, explored as a companion plant, mitigates sucking insects in industrial tomato plants, pre-flowering stage. Journal of Agricultural Science. 10: 451-460.

Silva JBC, LB Giordano, O Furumoto, LS Boiteux, FH França, GL Villas Bôas, M Castelo Branco, MA Medeiros, W Marouelli, WLC Silva, CA Lopes, AC Ávila, WM Nascimento & W Pereira. Cultivo de tomate para industrialização. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2003. (Sistemas de Produção 1). Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/cultivares.htm Acesso em: 13 de julho de 2023.

Ssemwogerere C, MKN Ochwo-Ssemakula, J Kovach, S Kyamanywa & J Karungi. 2013. Species composition and occurrence of thrips on tomato and pepper as influenced by farmers' management practices in Uganda. Journal of Plant Protection Research. 53: 158-164.

Sudo M, D Takahashi, DA Andow, Y Suzuki & T Yamanaka. 2018. Optimal management strategy of insecticide resistance under various insect life histories: heterogeneous timing of selection and interpatch dispersal. Evolutionary Applications. 11: 271-283.

Tanda AS. 2022. Why insect pollinators important in crop improvement? Indian Journal of Entomology. 84: 223-236.

Thongjua T, J Thongjua, J Sriwareen & J Khumpairun. 2015. Attraction effect of thrips (Thysanoptera: Thripidae) to sticky trap color on orchid greenhouse condition. Journal of Agricultural Technology. 11: 2451-2455.

Toni HC, BA Djossa, MAT Ayenan & O Teka. 2020. Tomato (*Solanum lycopersicum*) pollinators and their effect on fruit set and quality. The Journal of Horticultural Science

and Biotechnology. 96: 1-13.

Vinícius-Silva R, DF Parma, RB Tostes, VM Arruda & MV Werneck. 2017. Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) in open-field of the Southeast of Minas Gerais State, Brazil. Hoehnea. 44: 349-360.