

O Varroa destructor e suas implicações nas abelhas Apis melliferas***Varroa destructor and its implications for Apis melliferas bees***

Athos Cardoso Pereira de Souza.

Rosilene Agra da Silva

Aline Carla de Medeiros

Jose Nunes de Oliveira Neto

Flávio Franklin Ferreira de Almeida²

Thyago Araujo Gurjao³

Geovergue Rodrigues Medeiros⁴

Daniel Santiago Pereira⁶

Patricio Borges Maracaja⁹

RESUMO: Com o passar dos anos, o franco desenvolvimento e evolução do sistema alimentar tem garantido o acesso à alimentação básica em todo o planeta e a apicultura tem exercido papel-chave neste processo. Por conta da polinização de plantações agrícolas e também do fornecimento de produtos derivados do mel, as abelhas têm sido cada vez mais estudadas na área de sistemas agroindustriais para que se garanta a sobrevivência e produtividade de suas colônias. Atualmente um dos principais desafios para garantir a saúde das colônias é o enfrentamento do ectoparasita *Varroa destructor*. Este ácaro tem sido o principal vilão para as abelhas melíferas ocidentais por conta de suas características parasitárias, seu ciclo de reprodução e principalmente por ser vetor de transmissão de diversas doenças. Os apicultores utilizam diversas técnicas e práticas para redução ou erradicação de ácaros, como métodos apícolas biotécnicas, acaricidas sintéticos e acaricidas orgânicos ou suaves, e novos desafios surgem de acordo com a abordagem escolhida para o tratamento. São frequentes os relatos de contaminação do mel, exposição das abelhas a acaricidas em doses subletais, evolução genética dos ácaros a determinados acaricidas, entre outras adversidades. A continuidade de estudos de campo e laboratoriais são determinantes para que as práticas dos apicultores quanto ao enfrentamento ao *Varroa* seja efetivo e não produza efeitos colaterais a longo ou a curto prazo.

Palavras-chave: *Varroa*, ácaro, acaricida, ectoparasita.

ABSTRACT: Over the years, the frank development and evolution of the food system has guaranteed access to basic food across the planet and beekeeping has played a key role in this process. Because of the pollination of agricultural crops and also the supply of products derived from honey, bees have been increasingly studied in the area of agro-industrial systems to ensure the survival and productivity of their colonies. Currently, one of the main challenges to ensure the health of colonies is facing the ectoparasite *Varroa destructor*. This mite has been the main villain for western honey bees because of its parasitic characteristics, its reproduction cycle and mainly because it is a transmission vector of several diseases. Beekeepers use various techniques and practices to reduce or eradicate mites, such as biotechnical beekeeping methods, synthetic acaricides and organic or mild acaricides, and new challenges arise according to the chosen approach for treatment. There are frequent reports of contamination of honey, exposure of bees to acaricides in sublethal doses, genetic evolution of mites to certain acaricides, among other adversities. The continuity of field and laboratory studies are crucial for the practices of beekeepers in terms of coping with *Varroa* to be effective and not produce side effects in the long or short term.

KEY WORDS: *Varroa*, mite, acaricide, ectoparasite.

¹ M. Sc. Pelo PPGGSA/CCTA/UFCEG – Pombal – PB., Brasil -E-mail: athosufcg@gmail.com;

² Prof. D. Sc. PPGGSA/CCTA/UFCEG – Pombal – PB E-mail: rosileneagra@hotmail.com;

³ Prof.D. Sc. Colaborador na Pós-graduação do PPGGSA –CCTA-UFCEG –Pombal –PB -https://orcid.org/0000-0002-0161-3541E-mail: alinecarla.edu@gmail.com;

⁴ Prof. D. Sc. UNIFIC – Iguatu – CE E-mail: professornunesneto@gmail.com

⁵ Prof.M.Sc.do Centro Universitário de Patos –UNIFIP e Faculdade Católica da Paraíba. E-mail: flavioalmeida@fiponline.edu.br2

⁶ Mestrando PPGGSA –CCTA –UFCEG –Pombal –PB. E-mail: thyagogurjaovp@gmail.com;

⁷ D. Sc. Pesquisador do Instituto Nacional do Semi-Árido , E-mail: geovergue.medeiros@insa.gov.br8

⁸ Pesq. D. Sc. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, Brasil. E-mail: daniel.pereira@embrapa.br;

⁹ D. Sc. Pesquisador Bolsista de Programa de Capacitação Institucional DC do CNPq/INSA –Instituto Nacional do Semiárido -Campina Grande –PB -E-mail: patricio.maracaja@insa.gov.br



INTRODUÇÃO

Insetos e animais são responsáveis pela polinização de aproximadamente 90% das flores, se tornando essenciais no ciclo da vida dos diversos tipos de plantas que compõem a atual botânica, sendo que as abelhas melíferas são os polinizadores de maior importância para plantas silvestres e que aproximadamente um terço de plantações agrícolas necessitam de polinização por abelhas. As abelhas são responsáveis, também, pelo processo de polinização de plantas nas florestas tropicais e cerrado, ultrapassando a porcentagem de 50% e 80% das espécies existentes em cada bioma, respectivamente. (ULLAH et al., 2021; NUNES-SILVA et al. 2014).

As abelhas fazem parte da ordem Hymenoptera e estão no planeta a aproximadamente 125 milhões de anos. Em território brasileiro é estimado que exista 2.500 espécies divididas em 5 famílias de nome Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae. (NUNES-SILVA et al., 2014)

Segundo Martinho et al. (2022), os principais produtos apícolas que possibilitam a geração de valor a partir da apicultura são, principalmente, o mel, cera, pólen, própolis e geleia real. As abelhas assumem considerável importância no cenário ecológico por auxiliar no processo de polinização, auxiliando na manutenção e conservação dos diversos ecossistemas existentes, garantindo uma maior diversidade genética vegetal.

Recentemente podemos verificar a existência de relatos de elevadas taxas de perda de colônias de abelhas em diversas partes do mundo, essas perdas podem ser resultado da exposição crônica e permanente de diversos agentes que implicam na redução da sobrevivência de colônias, como o ácaro *Varroa destructor*, defensivos agrícolas e patógenos diversos. (ZHU; YAO; WANG, 2022)

Os primeiros relatos do aparecimento do *Varroa destructor* se deu em 1949, com o nome de *Varroa jacobsoni*, a abelha oriental *Apis cerana* foi seu hospedeiro original e somente a partir do momento que o *Varroa destructor* migrou para abelhas ocidentais que o ácaro tornou-se um dos patógenos apícolas mais prejudiciais em todo o mundo, capaz de matar colônias inteiras, principalmente durante o inverno, por estes motivos o ácaro *Varroa* é considerado o principal fator para o declínio global das abelhas, enquanto os danos causados na *Apis cerana* são mínimos. (NORAIN SAJID et al., 2020)

Com o passar dos anos, espécies de abelhas e ácaros passaram por processos evolutivos que proporcionaram vantagens biológicas para sobrevivência. A redução do período de pós-capeamento, aumento do comportamento higiênico e comportamento de limpeza foram as principais

características estudadas na literatura recente. A virulência das cargas virais transmitidas pelos ácaros e o momento adequado para o ápice dos sintomas também foram objeto de evolução pelos ácaros e vírus. (KARIMI; MALEKIFARD; TAVASSOLI, 2022; MONDET et al., 2020)

Um dos principais usos de defensores agrícolas em abelhas são para reduzir seus agentes patológicos, como o ácaro ectoparasita *Varroa destructor*. Na apicultura é cada vez maior a preocupação de patógenos afetarem as colônias de abelhas, resultando em um crescente consumo de pesticidas, o que frequentemente pode resultar na contaminação dos produtos gerados pelas abelhas, como o mel, a cera e o própolis. Em estudos recentes, foram detectados 121 diferentes pesticidas e metabólitos em amostras de pólen, cera e amostras de colônias de abelhas nos Estados Unidos e no Canadá. (WOODFORD et al., 2022; ZULHENDRI et al., 2022)

Apicultura no Brasil

Há relatos de que, no atual estado do Rio Grande do Sul, no século XXVII, padres jesuítas introduziram abelhas *Apis mellifera* na região dos Sete Povos das Missões, a utilização das abelhas possuíam o intuito de apenas atender a demanda dos jesuítas para a produção de cera para velas, que eram utilizadas nas igrejas e também na utilização do mel como adoçante, já a introdução da apicultura comercial no Brasil viera a ocorrer somente em 1839, através do padre Antônio José Pinto Carneiro, que obteve autorização do Império Brasileiro, através do Decreto Nº 72 de 12 julho de 1839. (MIRANDA, 2016)

Após um ano de instalação do apiário, há relatos que havia 50 colmeias sob os cuidados do Padre Antônio Carneiro, passando para 200 colmeias no fim de 1841, dois anos após a concessão da licença para exploração. (MIRANDA, 2016)

DECRETO Nº 72 de 12 de julho de 1839

Autoriza o Governo a conceder ao Padre Antonio José Pinto Carneiro privilégio exclusivo pelo espaço de dez anos, a fim de importar abelhas da Europa ou Costa da África, para o Município da Côrte, Província do Rio de Janeiro.

O Regente em nome do Imperador o Senhor Don Pedro segundo tem sancionado e manda que se execute a Resolução seguinte da Assembléia Geral Legislativa:

Art. 1º - O Governo fica autorizado a conceder ao Padre Antonio José Pinto Carneiro, privilégio exclusivo pelo espaço de dez anos, a fim de importar abelhas da Europa ou da Costa da África para o Município da Côrte e Província do Rio de Janeiro.

Art. 2º - Este privilégio cessará, se dentro de um ano não tiver principio o estabelecimento das colméias no Município da Côrte.

Francisco de Paula de Almeida Albuquerque, Ministro e Secretário de Estado dos Negócios da Justiça, encarregado interinamente do Império, assim o tenha entendido e faça executar com os despachos necessários. Palácio do Rio de Janeiro, em doze de julho de mil oitocentos e trinta e nove décimo oitavo da Independência e do Império. (BRASIL, 1839).

Em 1956, em um experimento coordenado pelo professor Warwick Estevam Kerr, foi importado uma grande quantidade de abelhas-africanas com o intuito de experimentos de seleção e melhorias genéticas, entretanto, houve um acidente no início dos trabalhos que resultou na liberação de abelhas africanas sem qualquer tipo de controle, o que deu início ao processo de africanização das abelhas brasileiras. (MIRANDA, 2016)

No Brasil, os primeiro ácaros *Varroa* em abelhas foram detectados somente em 1978. (NORAIN SAJID et al., 2020).

A pesquisa foi realizada no banco de dados do sítio eletrônico ScienceDirect. Foi definido a utilização deste banco de dados em razão deste reunir as publicações das revistas científicas de maior relevância no cenário acadêmico. A parceria entre a UFCG e o ScienceDirect para que discentes matriculados na instituição de ensino possam ter acesso ilimitado aos artigos científicos também contribuiu para a escolha deste banco de dados.

A seleção dos artigos ocorreu através da pesquisa da palavra chave “*Varroa*”, de forma a selecionar todos as publicações produzidas sobre o ácaro que tenha o termo no corpo da publicação. Posteriormente, foram selecionados artigos de revisão

publicados nos anos de 2020, 2021, 2022 e 2023. Com estes critérios, foram obtidas 71 publicações para análise. Foi utilizado como critério de exclusão as produções acadêmicas que o ácaro *Varroa* foi brevemente citado, não tendo o ácaro como tema central da publicação, resultando em 27 publicações elegíveis para compor a presente dissertação. Pontualmente houvera a inclusão de produções acadêmicas referenciais na área de apicultura, publicações essas que podem estar fora dos filtros inicialmente estabelecidos.

O gênero *Varroa*, conforme Rosenkraz et al. (2010), inclui pelo menos quatro espécies de ácaros, sendo eles:

Varroa jacobsoni Oudemans, muito presente na *A. cerana* do continente asiático e *Apis nigrocincta* na Indonésia.

Varroa underwoodi, encontrado na *A. cerana* no Nepal *Varroa rinderer*, encontrado na *Apis koschevnikovi* em Bornéu

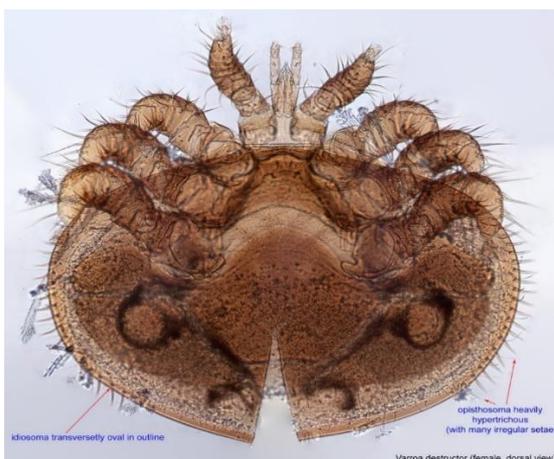
Varroa Destructor, presente tanto na *A. cerana* quanto na *A. mellifera*.

Um importante fator relacionado à taxa de infestação de *Varroa destructor* é a ancestralidade da colônia: as abelhas com morfotipo de origem africana apresentam níveis consideravelmente menores de parasitismo em relação a abelhas de origem europeia, e esta superioridade de resistência das abelhas africanizadas ao ácaro ocorre através de diversos fatores, como uma menor atratividade da colmeia em ser ocupada pelo ácaro, redução do percentual de reprodução do ectoparasita e incidência superior de métodos de imunidade social através de comportamentos higiênicos. (RAMOS-CUELLAR et al., 2022). Figura 1 - Fêmea adulta de ácaro *Varroa destructor*, visão dorsal.

estágio pós-capeamento, ou seja, o processo de formação de novas abelhas possui menor duração. Podemos citar como exemplo o processo de pós-capeamento de duas subespécies de abelhas melíferas africanas, *Apis mellifera capensis* e *Apis mellifera scutellata*, que possuem estágios de pós-capeamento de menor duração que a *Apis mellifera carnica* e são mais capazes de resistir ao ácaro *Varroa*. (MARTINHO et al., 2022; MONDET et al., 2020)

A imunidade social de abelhas pode ser definida como os mecanismos coletivos utilizados pelas abelhas para proteção da colônia, como o uso das propriedades acaricidas da própolis para combate ao parasita, comportamentos de limpeza e/ou higiene e também a febre das abelhas, que consiste no aumento intencional da temperatura da colônia no intuito de redução da virulência da colônia. (MORFIN; ANGUIANO-BAEZ; GUZMAN-NOVOA, 2021)

Um dos instrumentos mais importantes de defesa contra o ácaro *Varroa* é o *grooming*, que pode ser definido como a autolimpeza e a remoção física de ácaros das pupas e abelhas adultas, nessas colônias que possuem elevada intensidade de limpeza pode ser observado maior remoção de ácaros *Varroa* que em



FONTE: GILLES SAN MARTIN, NAMUR, BELGIUM/VIA WIKIPEDIA - CC BY-SA 2.0

Uma colônia que possui a característica de ser tolerante ao ácaro *Varroa* possui algumas características consideradas como “desejadas”, como o comportamento higiênico (elevado índice de remoção de crias mortas e doentes), comportamento de limpeza, supressão da reprodução de *Varroa* e curta duração do

colônias não higiênicas, nestas limpezas há a remoção física dos ácaros do próprio corpo ou do corpo de um companheiro de ninho, geralmente causando lesões críticas aos ácaros que podem ocasionar sua morte. Neste processo, há a utilização das pernas e mandíbulas das abelhas para remoção de corpos estranhos grudados nas abelhas, incluído os ácaros, sendo possível citar 2 tipos principais de limpeza: o *autogrooming* e o *intergrooming*, que também pode ser denominado *allogrooming*. (BORBA et al., 2022; MORFIN; ANGUIANO-BAEZ; GUZMAN-NOVOA, 2021)

Segundo Morfin et al. (2021), o *autogrooming*, ou autolimpeza, é importante para a retirada de corpos estranhos nas abelhas, como pólen e ácaros, este processo é realizado de forma solitária pela própria abelha, sem o auxílio de outras abelhas, já o

Figura 2 - Célula contendo uma pupa danificada pelo *Varroa*, aberta por abelhas higiênicas. A fêmea *Varroa* está escapando da célula de criação aberta.



FONTE: ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMANN, B. Biology and control of *Varroa destructor*. Journal of Invertebrate Pathology, v. 103, n. SUPPL. 1, p. S96–S119, 1 jan. 2010.

A própolis produzida pelas abelhas concede importantes proteções para as abelhas, como proteção física, imunidade social e fornece funções fisiológicas importantes para a colônia. Além de possuir propriedades antimicrobianas, a própolis demonstra possuir propriedades antivirais contra o vírus da asa deformada (DWV), que é transportado pelo ácaro *Varroa*. (ZULHENDRI et al., 2022)

Alguns atributos em nível de colônia que possuem relação direta com a saúde das abelhas são

intergrooming pode ser definido como uma espécie de “dança da limpeza”, no qual as abelhas se auxiliam na remoção de sujeiras ou ácaros entre si. O autor destaca que já foram descobertos 27 genes que estão diretamente correlacionados ao comportamento de limpeza, dentre eles os genes ataxina, atlastina e neurexina, com predominância do último na capacidade de combate ao ectoparasita.

Em relação ao comportamento higiênico, Morfin et al (2021) define como a aptidão das abelhas-operárias em detectar crias doentes ou com parasitas, destapando a célula e removendo o conteúdo indesejado. Geneticamente, já foram identificados 6 ou 7 Locus de característica quantitativa (QTL) diretamente relacionados ao comportamento higiênicos.

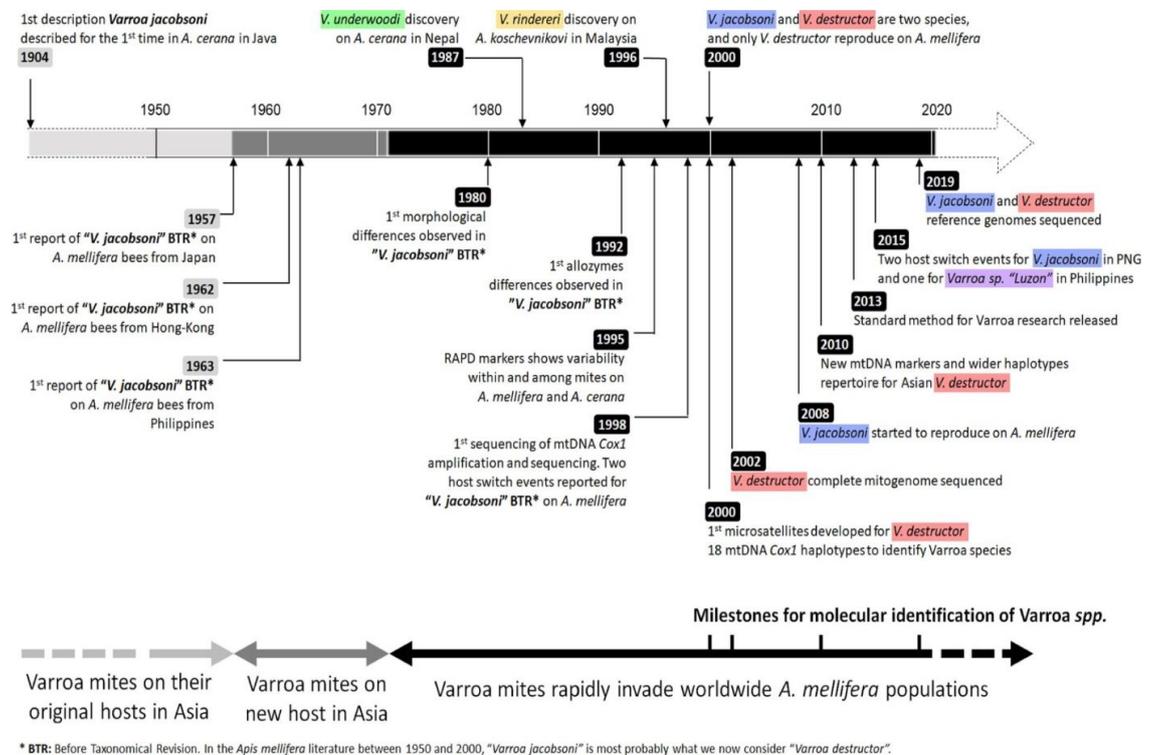
transmitidos hereditariamente, por exemplo, a característica de se ter um elevado índice de comportamento higiênico é um atributo que possui entre 20% e 65% de correlação com a herdabilidade genética, já a capacidade de produção de mel possui um percentual de herdabilidade entre 25% a 60%, enquanto o comportamento defensivo das abelhas possui o percentual de transmissão genética entre 13% e 43%. (TIWARI; ZAYED, 2021)

A estrutura genética das abelhas é extensivamente estudada, porém, pouco se sabe sobre a evolução do ácaro *Varroa* após a migração para a *Apis mellifera*, há evidências na literatura recente que ectoparasita possui o processo de evolução acelerado quando em contato com pesticidas, por isso, é importante possuir um amplo conhecimento dos marcadores genéticos do ácaro de acordo com o tempo, de forma a mapear os processos evolutivos e compreender as evoluções do ácaro. (MARTINHO et al., 2022)

Algumas observações importantes foram relatadas na literatura recente, como um maior índice de mudanças na estrutura genética de ácaros em colônias que possuem resistência ao *Varroa* em relação a colônias não resistentes, outro estudo observou a possibilidade de reversão da resistência a inseticidas quando a exposição é interrompida por alguns anos. (MARTINHO et al., 2022)

Ações para melhoria da saúde das abelhas podem ser aperfeiçoadas com o avanço do estudo genético e genômico destes insetos, porém, somente em 2006 ocorreu o primeiro sequenciamento de genoma de abelha, já em 2019 houve o lançamento de conjuntos de genoma mais contíguo, de leitura longa e leitura curta. (TIWARI; ZAYED, 2021)

Figura 3 – Marcos temporais nas descrições de espécies de *Varroa*, movimento global e grandes desenvolvimentos nos métodos de pesquisa de *Varroa*.



TRAYNOR, K. S. ET AL. *VARROA DESTRUCTOR*: A COMPLEX PARASITE, CRIPPLING HONEY BEES WORLDWIDE. *TRENDS IN PARASITOLOGY*, V. 36, N. 7, P. 592–606, 1 JUL. 2020.

Proliferação e reprodução do ácaro *Varroa Destructor*

Segundo Mendes (2017), o clima e umidade do local afeta diretamente na infestação do *Varroa*. Regionalmente, o sul do Brasil possui maior grau de

infestação do ectoparasita, variando de acordo com a estação do ano e se intensificando no inverno, enquanto em regiões com alta umidade relativa do ar há considerável redução no processo reprodutivo do *Varroa*, e nos locais que a umidade fora acima de 80%, não houve nenhuma reprodução do ectoparasita.

Figura 4 - Composição de uma família de *Varroa* 11 dias pós capeamento



FONTE: ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMANN, B. *Biology and control of Varroa*

destructor. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 103, n. SUPPL. 1, p. S96–S119, 1 jan. 2010. (imagem adaptada)

O processo de acasalamento se inicia através de feromônios sexuais femininos, as fêmeas jovens são mais atraentes do que as fêmeas mais velhas ou deutocrisálidas devido a maior capacidade de liberação destes feromônios (fato que garante a cópula com a fêmea mais jovem), importante ressaltar que os machos têm vida curta, e só podem ser encontrados dentro das células de cria ainda seladas. (ROSENKRANZ; AUMEIER; ZIEGELMANN, 2010)

Em estudos realizados por Traynor et al. (2020), o quantitativo de reprodução de ácaros nas abelhas *Apis mellifera* geralmente se dá entre 0,7 a 1,45 filhas femininas de *Varroa* em células de criação de operárias e 1,6 a 2,5 filhas de *Varroa* em células de zangões. Segundo o autor, no início do processo

reprodutivo há a emissão de caimônio, que são substâncias voláteis classificados como aleloquímicos, o que possibilita ao ácaro fazer uma espionagem química para selecionar e invadir as células larvais adequadamente envelhecidas, preferencialmente em células de zangões, onde existe maior potencial reprodutivo. Após a invasão da célula de cria, o ácaro se esconde e permanece imóvel na poça de alimento larval, respirando através do peritrema, que se estende entre o alimento líquido como um canudo. Esta estratégia de permanecer imóvel no interior da célula de cria minimiza a possibilidade de remoção do ácaro pelas abelhas-operárias que, após o fechamento da célula, o ácaro sobe durante a pré-pupa da abelha e perfura um orifício na cutícula da abelha, criando um local de alimentação para o ácaro e para sua prole, e este orifício permanece aberto por conta da supressão da cicatrização das feridas do hospedeiro e pela ação de anticoagulantes presente na saliva do ácaro. (TRAYNOR et al., 2020).

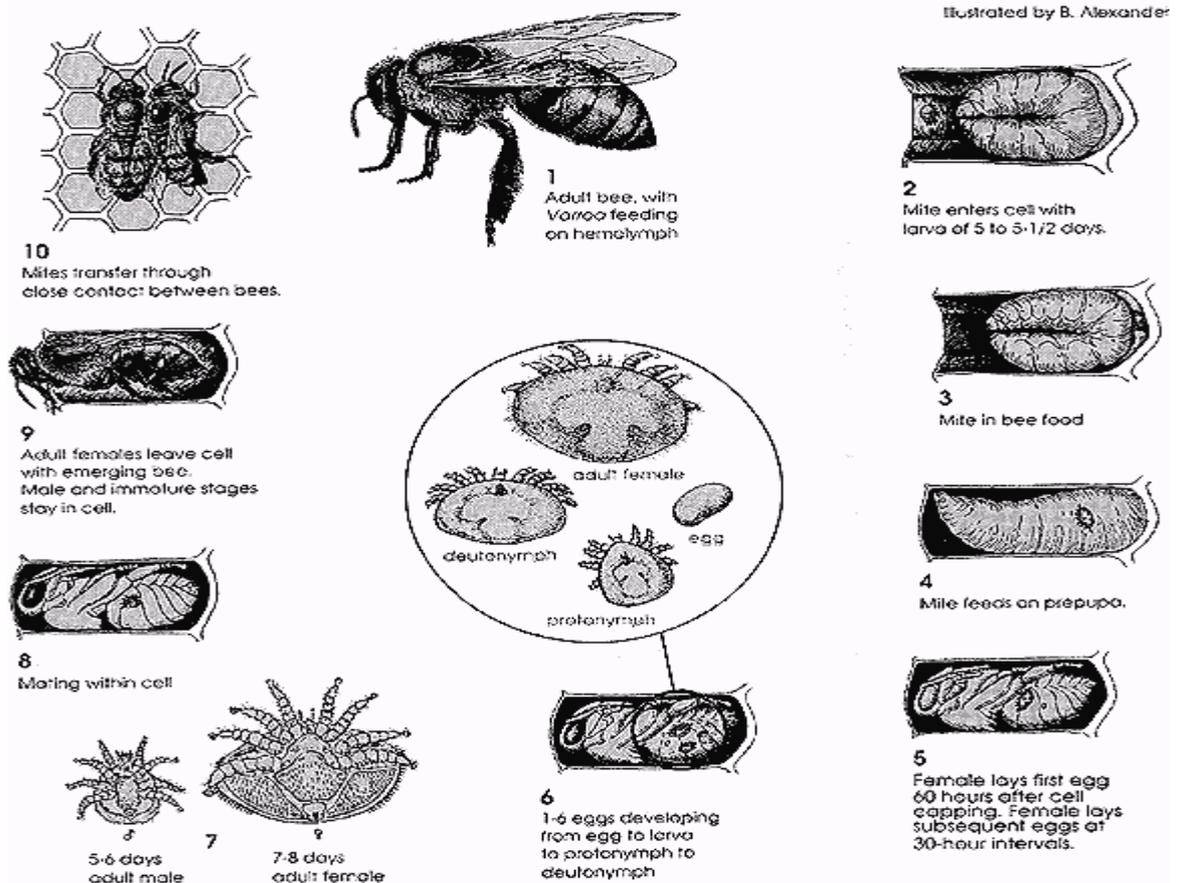
O início do processo de acasalamento ocorre quando o macho toca a fêmea com seu primeiro par de patas, sobe em seu dorso e desliza para o lado ventral, os ácaros fêmeas facilitam essa ação levantando seus

corpos, na posição ventre a ventre, e o macho retira o espermatóforo de sua abertura genital e o transfere para o gonóforo da fêmea por meio das quelíceras. Após dois dias em que a inseminação foi realizada, os espermatozoides migram para a espermateca e mudam para a forma fusiforme. (ROSENKRANZ; AUMEIER; ZIEGELMANN, 2010)

Existem diversas formas de proliferação do ácaro *Varroa Destructor*, tanto intracolônia como intercolônia, e pode ocorrer através da transmissão entre abelhas adultas, quando as abelhas praticam o roubo, durante o forrageamento (presença do ácaro nas flores), assim como nas ações do apicultor através de troca de equipamentos e quadros utilizados em outras colônias, ou até mesmo durante o processo de enxameação, ao iniciar uma nova colônia com abelhas infectadas. (KYLE; LEE; PERNAL, 2021)

A contaminação pelo ácaro *Varroa* em colônias saudáveis ocorre frequentemente de forma não natural, principalmente quando colônias infectadas próximas entram em colapso, oportunizando o roubo de mel pelas abelhas saudáveis, muito por conta da má defesa da colônia colapsada. (TRAYNOR et al., 2020)

Figura 5 – Ciclo de vida do *Varroa destructor*.



FONTE: ALLSOP, M. (2007). ANALYSIS OF VARROA DESTRUCTOR INFESTATION OF SOUTHERN AFRICAN HONEYBEE POPULATIONS. UPSPACE INSTITUTIONAL REPOSITORY.

A figura acima demonstra o ciclo de vida da fêmea do *Varroa destructor*, segundo Olinto (2014), as seguintes fases que compõem o ciclo de vida:

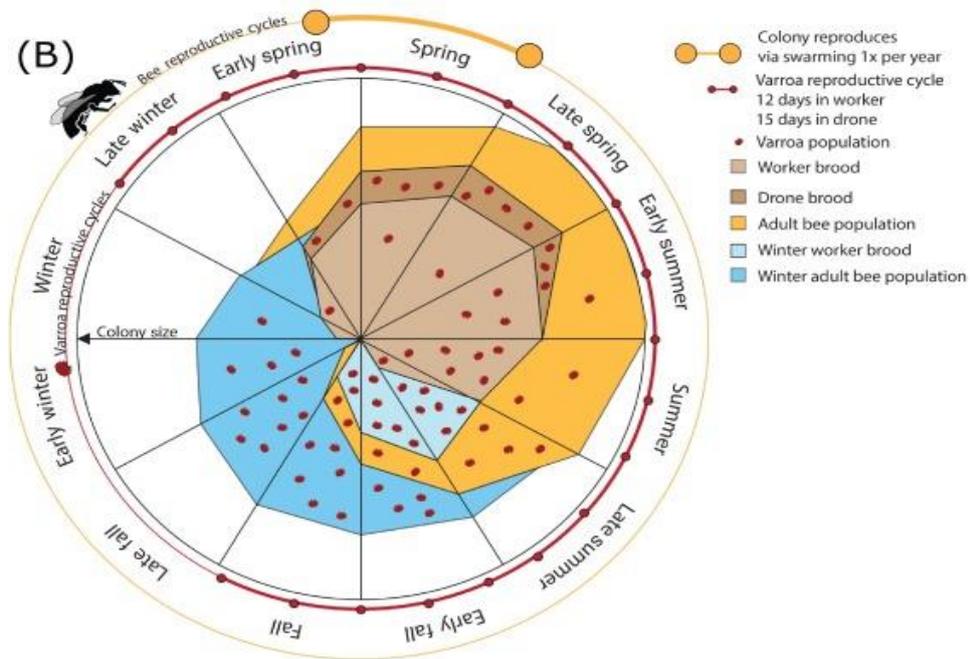
A primeira fase a forética, no qual o ácaro encontra-se ligado ao corpo de uma abelha adulta

- A segunda fase, no qual o ácaro possui o objetivo de entrar em células de cria e realizar postura, mantendo-se oculto entre a larva e o alimento; após o consumo do alimento pela larva de abelha, a postura do ovo é realizada, originando um ácaro macho e, em períodos de 30 horas, novos ovos serão postos, originando novos ácaros fêmeas que deverão copular com o ácaro macho e posteriormente haverá a saída da nova abelha da célula de favo, saindo também os ácaros fêmeas, aptas a se aderir a novas abelhas adultas.

Rosenkraz et al. (2010) afirma que o percentual de infestação de ácaros em crias de zangões é 8 a 10 vezes maior do que em crias de abelhas-

operárias, e tal fenômeno ocorre por diversos fatores, como o tempo para infestação da cria de zangões ser de 40 a 50 horas antes do capeamento, enquanto de operárias ocorrer entre 15 a 20 horas antes do capeamento. Outro fator que colabora para a maior incidência de ácaros nas crias de zangões é o cuidado mais intenso das larvas de zangões, o que ocasiona em visitas mais frequentes de abelhas nas células de cria, o que resulta na maior possibilidade de abelhas infectadas transportarem o ácaro para as células, há relatos, também, que larvas de rainha são menos atraentes do que larvas de zangões e operárias, e também já foi descoberto que a geleia real das larvas de rainhas possui efeito repelente

Figura 6 - Variação populacional de *Varroa* de acordo com as épocas do ano.

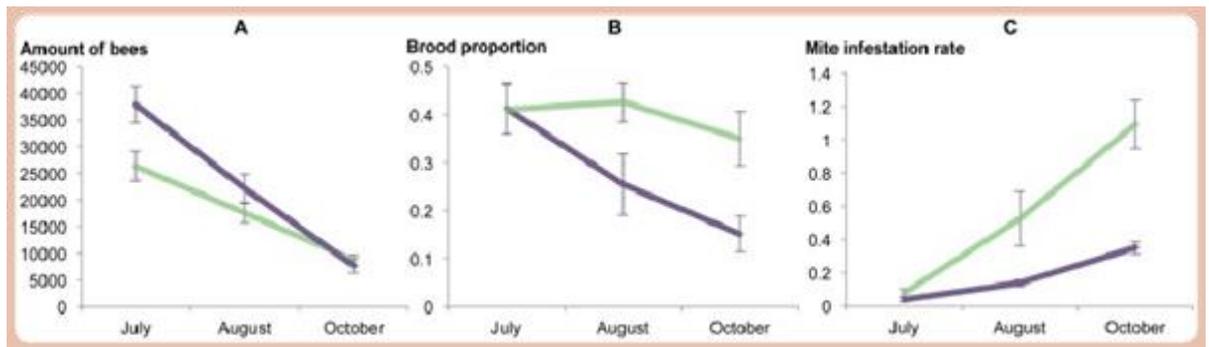


FONTE: TRAYNOR, K. S. et al. *Varroa destructor*: A Complex Parasite, Crippling Honey Bees Worldwide. Trends in Parasitology, v. 36, n. 7, p. 592–606, 1 jul. 2020.

Na imagem acima podemos observar o crescimento populacional de teórico de ácaro *Varroa* proposto por Traynor et al (2020), em uma colônia sem tratamentos, saudável e com um inverno de 3 meses, as colônias no inverno geralmente consistem em abelhas adultas de inverno (azul-escuro) com muito pouca cria operária (castanho) e baixas populações de *Varroa*, à medida que novas abelhas surgem, a colônia se desenvolve rapidamente em abelhas adultas (amarelas) e ninhada, enquanto no início da primavera, a colônia começa a criar ninhadas de zangões (marrom escuro), preferencialmente invadidas por ácaros *Varroa* (pontos

vermelhos) e após a estação do enxame, as abelhas param de criar zangões, forçando o ácaro *Varroa* a se reproduzir na ninhada de operárias. No fim do verão, a população de abelhas e a área do ninho de criação diminuem e as infestações de *Varroa*, iniciando a criação da ninhada de inverno (azul claro) que se torna as abelhas de inverno de vida longa (azul) com uma camada adicional de gordura, da qual os ácaros *Varroa* se alimentam. À medida que a colônia para de criar cria, os ácaros não têm mais um lugar para se reproduzir e sua população diminui.

Figura 7 - Gráfico de quantidade de abelhas x proporção de infestação de ácaros



FONTE: LOCKE, B.; FORSGREN, E.; DE MIRANDA, J. R. Increased tolerance and resistance to virus infections: a possible factor in the survival of *Varroa destructor*-resistant honey bees (*Apis mellifera*). *PLoS one*, v. 9, n. 6, 13 jun. 2014.

A figura acima representa os resultados de um experimento realizado em Gotland, na Suécia, correspondendo aos valores médios da quantidade total de abelhas (A), a proporção de produção de ninhada (B), a taxa de infecção de ácaros para colônias que apresentam resistência a ácaros (C), as linhas roxas representam as colônias resistentes aos ácaros (MR), ao passo que as linhas verdes representam as colônias suscetíveis ao ectoparasita (MS). Durante o mês de julho, as duas populações mantiveram sua produção de ninhadas na mesma taxa, à medida que o outono progrediu, houve redução considerável na produção de ninhadas na colônia MR, fator que pode estar diretamente ligado aos valores (C). Neste estudo, todas as colônias que possuíam resistência aos ácaros (MR) sobreviveram ao inverno após a realização da pesquisa, enquanto todas as colônias que possuíam alta suscetibilidade ao *Varroa* morreram ao decorrer do inverno por conta do elevado percentual de infestação de ácaros. (LOCKE; FORSGREN; DE MIRANDA, 2014a)

Principais métodos de contagem de ácaros *Varroa destructor*

Figura 8 - Demonstração do método de lavagem com álcool. Abelhas mortas despejadas em uma peneira e ácaros obtidos ao fim do processo, respectivamente. (imagem adaptada)



FONTE: HOPKINS, D. I.; KELLER, J. J. Honey Bee Diagnostics. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, v. 37, n. 3, p. 427–450, 1 nov. 2021.

“Shake” de açúcar

Os métodos mais utilizados por apicultoras para contagem de ácaros são os métodos de lavagem com álcool, “shake” de açúcar e placa adesiva.

A utilização destes métodos para definir o comportamento higiênico das abelhas possui grandes limitações, considerando que os ácaros danificados podem ter morrido naturalmente no interior de células de crias. (ROSENKRANZ; AUMEIER; ZIEGELMANN, 2010)

Lavagem com álcool

O objetivo de uma lavagem com álcool é determinar o número de ácaros em relação ao número de abelhas em uma colmeia. Segundo Hopkins et al. (2021), para obtenção de boa amostragem, devem ser obtidas abelhas adultas zangões ou abelhas recém-emergidas para inseri-las em um frasco com álcool 70% e posteriormente agitadas com força, para depois serem despejadas em uma peneira para contagem dos ácaros. Um quadro que pode ser considerado adequado para a realização da amostra são aqueles que possuem miscigenação de larvas maduras, pupas encapadas e abelhas maduras. O autor observa que quando se há a obtenção da amostra em um quadro com abundância de mel, é resultado em uma falsa leitura de ácaros.

O *shake* de açúcar pode ser considerado um método alternativo de contagem de ácaros, uma das principais vantagens deste método é que as abelhas podem ser devolvidas à colônia com vida. Neste processo, Hopkins et al. (2021) ensina que as abelhas devem colocadas em um tubo coletor e deve ser adicionado 2 colheres de sopa cheia de açúcar de confeitaria em pó, seguido pela a agitação do tubo para garantir que as abelhas estejam cobertas de açúcar, agindo como um agente irritante para incentivar o comportamento de limpeza e interferindo na capacidade de adesão do ácaro na abelha.

Figura 9 – Processo de contato de abelhas e açúcar de confeiteiro e ácaros obtidos ao fim do processo, respectivamente. (imagem adaptada)



FONTE: HOPKINS, D. I.; KELLER, J. J. Honey Bee Diagnostics. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, v. 37, n. 3, p. 427–450, 1 nov. 2021.

Placa adesiva

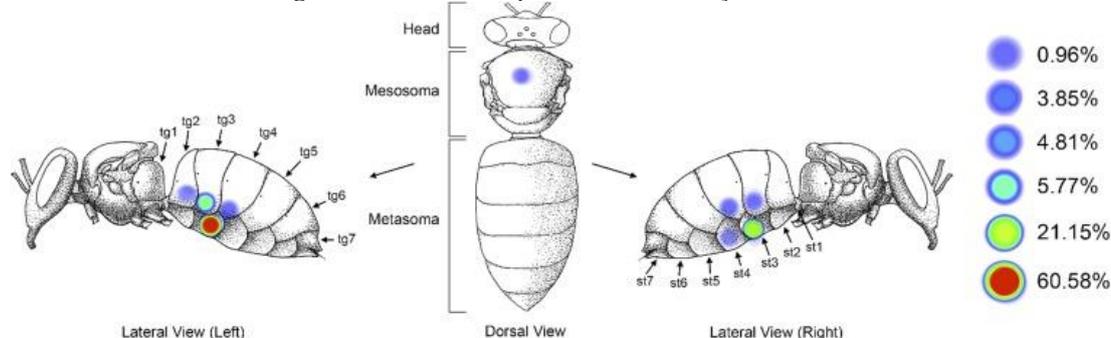
A placa adesiva possui características diferentes dos demais métodos de contagem apresentados até o momento por ser uma placa fina, com uma pequena camada de vaselina ou outro produto que seja pegajoso, que deve ser colocada na base da colmeia com uma tela logo acima, no intuito de monitorar a queda natural de ácaros em determinado período de tempo, entretanto, é importante ressaltar que este método não se assemelha os métodos anteriormente citados visto que não é possível obter o percentual de infestação de ácaros na colônia. (HOPKINS; KELLER, 2021)

Alimentação

A literatura recente relacionada a alimentação do ácaro *Varroa destructor* rompe com a crença de que o ácaro possui como alimentação a hemolinfa, sugerindo que os tecidos gordurosos das abelhas são a principal fonte de alimentação dos parasitas. (TRAYNOR et al., 2020)

Ramsey et al. (2019) afirma que 95,2% dos ácaros instalados nas abelhas foram encontrados em seu *metasoma*, encravados nas placas abdominais da abelha, abaixo do esternito ou tergito do terceiro segmento do metassoma, enquanto apenas 4,8% dos ácaros foram encontrados no *mesosoma* do hospedeiro (região torácica). Não foi identificado furos de alimentação no *mesosoma* das abelhas e os ácaros se moviam ativamente, sugerindo que estavam a procura de um novo hospedeiro. Os ácaros encontrados *metasoma* estavam imóveis e fixados, se movimentando somente após serem perturbados repetidamente. O autor sugere que a preferência de alimentação no *metasoma* decorre em razão da existência de maior tecido gorduroso no local quando comparado com a região dorsal. A preferência por se instalar no terceiro segmento também decorre por ser o segmento mais longo, possibilitando que o parasita se alimente enquanto esconde a maior parte do seu corpo.

Figura 10 – Locais de preferência de fixação do ácaro



FONTE: RAMSEY, S. D. et al. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 116, n. 5, p. 1792–1801, 15 jan. 2019.

Nos estudos realizados por Ramsey et al. (2019), foi possível justificar outras pesquisas que identificaram a preferência do ácaro em parasitar abelhas enfermeiras ao invés de abelhas forrageadoras ou abelhas novas. As abelhas enfermeiras possuem tecido gordo consideravelmente maior que abelhas forrageadoras ou abelhas novas, que possuem tecido corporal adiposo esgotado.

Doenças relacionadas a presença do *Varroa destructor*

Uma das principais características do ácaro nas abelhas é a capacidade de ser um vetor biológico para transmissão de vírus, e a alimentação do corpo gorduroso é o fator que torna o *Varroa* um eficiente vetor de transmissão de patógenos. (MONDET et al., 2020)

A eficácia de transmissão destes patógenos depende de algumas condições secundárias, como o tipo do patógeno, a sobrevivência do patógeno entre aquisição inicial e a transmissão final, a vulnerabilidade da abelha para o respectivo patógeno e se ele possui capacidade ou característica de replicação após a inserção (TRAYNOR et al., 2020)

De acordo com um estudo, 65,2% das colônias analisadas que apresentaram infestação de ácaros acima de 3% em setembro de 2017, morreram em maio de 2018, as colônias que morreram apresentaram média de 5,7% de ácaros, enquanto as que sobreviveram tinham média de 2% de ácaros em suas colônias. (PAYNE; WALSH; RANGEL, 2019)

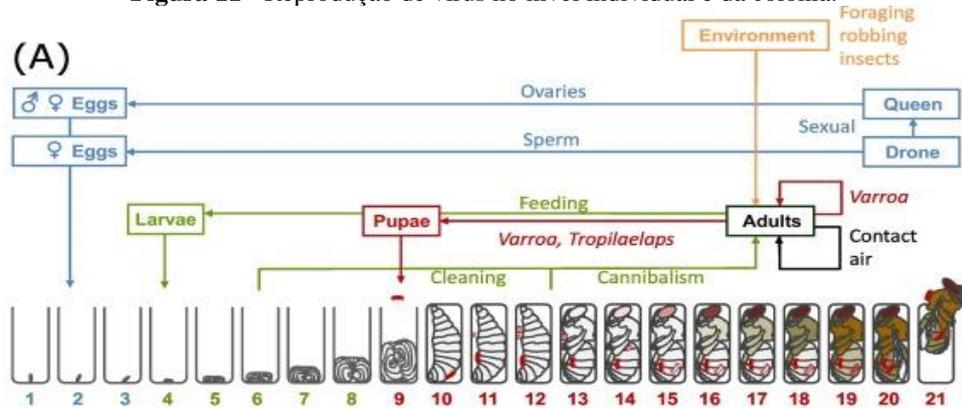
Segundo Traynor et al (2020) , uma grande diversidade de vírus podem ser detectados em abelhas, e a forma de propagação deles são semelhantes à forma como o *Varroa* se reproduz, inserindo-os na pupas ou em abelhas adultas. Entretanto, o autor afirma que somente em teoria estes vírus possuem como fator de propagação o ácaro, na prática apenas duas doenças possuem direta relação com o ácaro *Varroa destructor*, sendo o vírus da asa deformada (DWV) e o vírus da paralisia aguda das abelhas (ABPV).

A microbiota intestinal das abelhas é afetada de diversas formas durante a infecção pelo ácaro *Varroa*

por conta da transferência de bactérias do parasita para a microbiota, redução da imunidade do hospedeiro e fomento de espécimes oportunistas no domínio da microbiota, o que resulta em uma desregulação completa da atividade microbiana intestinal. Também já foi constatado que a presença do ácaro reduz três peptídeos antimicrobianos (abaecina, defensina e himenoptaecina) e quatro enzimas que possuem relação direta com a imunidade (fenol oxidase, glicose desidrogenase, glicose oxidase e lisozima). (DAISLEY et al., 2020; YANG; COX-FOSTER, 2005)

Segundo Traynor et al. (2020), as principais variantes de vírus transmitidos pelo *Varroa* possuem considerável capacidade de adaptação e mudança de virulência, e isso ocorre em parte porque variantes de vírus coexistentes podem agir cooperativamente, compartilhando e trocando seus recursos mais fortes para benefício mútuo. (TRAYNOR et al., 2020)

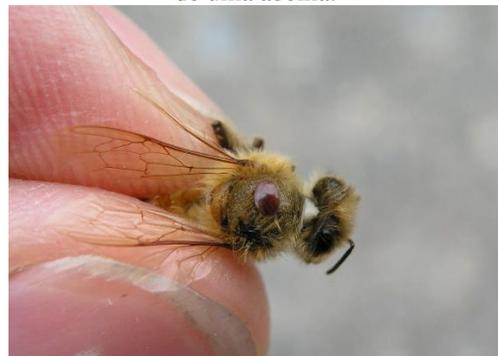
Figura 11 - Reprodução de vírus no nível individual e da colônia.



FONTE: TRAYNOR, K. S. et al. *Varroa destructor*: A Complex Parasite, Crippling Honey Bees Worldwide. Trends in Parasitology, v. 36, n. 7, p. 592–606, 1 jul. 2020.

Na imagem acima, há a representação da transmissão de vírus através da invasão celular, embora o *Varroa* transmita vírus para pupas e adultos de abelhas melíferas (setas vermelhas), há muitas outras vias de transmissão do vírus, como transmissão sexual e vertical por meio de ovos e esperma (setas azuis) ou transmissão oral e fecal horizontal via alimentação, limpeza celular, canibalismo (setas verdes), transmissão por contato entre adultos (setas pretas) e interações ecológicas com o ambiente e outros insetos (setas laranja). (TRAYNOR et al., 2020)

Figura 12 - Ácaro *Varroa destructor* no dorso de uma abelha.



FONTE: DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FOOD, WESTERN AUSTRALIA. (2015)

O DWV tem sido associado ao surgimento de abelhas adultas com asas malformadas e abdômen inchado, incapazes de voar e com expectativa de vida

reduzida. Atualmente existem duas variantes predominantes neste vírus, sendo denominada a DWV-A e DWV-B. A variante DWV-B possui maior

virulência individual em comparação com a DWV-A, o que resulta na maior deterioração neurológica da abelha e, em decorrência disso, as colônias higiênicas possuem maior preferência de identificação e eliminação da variante DWV-B, auxiliando a variante DWV-A a permanecer na colônia. (TRAYNOR et al., 2020)

O comportamento das abelhas pode ser alterado pelo DWV, e este fenômeno ocorre porque o vírus acomete diretamente o cérebro, principalmente na área que controla o olfato, o que influencia negativamente no comportamento de forrageamento das abelhas, prejudicar a capacidade de comportamento de limpeza das abelhas e reduzir a capacidade de identificação de pupas infectadas por *Varroa* e não infectadas. (ULLAH et al., 2021)

A interação entre o DWV e o ácaro acaba proporcionando um aumento da virulência do vírus e, consequentemente, em maior mortalidade das abelhas, estes efeitos ocorrem devido a uma relação simbiótica entre o vírus e o ácaro, no qual o segundo oportuniza a transmissão do vírus, enquanto a imunidade da abelha é

reduzida ao interferir na ativação do Fator Nuclear κ B. (DE GRAAF et al., 2020)

Figura 13 – Abelha com asa deformada e abdômen encurtado, presumivelmente devido a infecções por *Varroa* e Deformed Wing Virus (DWV) durante o desenvolvimento ontogenético.



FONTE: ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMANN, B. Biology and control of *Varroa Destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 103, n. SUPPL. 1, p. S96–S119, 1 jan. 2010

ABPV – Vírus da paralisia aguda

Segundo Mondet et al. (2020), diversos fatores tornam o ABPV um vírus de menor predominância entre as abelhas, características essas que não são compartilhadas pelo DWV, citamos a seguir:

- i. As abelhas conseguem identificar mais facilmente o ácaro localizado na pupa, contribuindo para um maior índice de comportamento higiênico;
- ii. A elevada virulência pode ser definida como um importante fator que reduz a capacidade de replicação do ácaro e do vírus, considerando que há maior mortalidade de abelhas no período do inverno, gerando consequentemente morte de ácaros;
- iii. Maior índice de mortes e sintomas virais, em nível de colônia, iniciar logo no começo do verão, período anterior à temporada de roubo de mel, reduzindo a capacidade dos ácaros invadirem colmeias saudáveis. Distúrbio do colapso das colônias (CCD)

O fenômeno do distúrbio do colapso das colônias – CCD – consiste, basicamente, na morte das abelhas-operárias repentinamente, esta doença tem sido cada vez mais relatada, e a presença do ectoparasita *Varroa* foi constatada em 98% das colônias que sofreram o CCD. Estes colapsos estão diretamente relacionados a infecções por vírus transmitidos pelo ectoparasita, resultando na progressiva mortalidade da colônia. (LOCKE; FORSGREN; DE MIRANDA, 2014b)

Principais formas de combate

Segundo Traynor et al. (2020), quando a virulência é dos ácaros é elevada, a maneira adequada de suprimir a proliferação do vírus é o abate das colônias e a destruição dos equipamentos que estiveram em contato com a colônia infectada. Quando o apicultor decide preservar as colônias fracas durante o inverno através de manejo ou combinando com colônias fortes,

há elevado estímulo na transmissão e sobrevivência das características virulentas do *Varroa* e do vírus, permitindo, também, a reprodução e continuação de uma linhagem de abelhas fracas no combate ao *Varroa*.

O enfrentamento ao ectoparasita deve ser tratado através de uma frente ampla de profissionais relacionados à apicultura, como os médicos veterinários, os apicultores e também o governo. Na Austrália, os principais agentes de combate ao *Varroa* foram convidados a participar de treinamentos sobre as melhores práticas para tratamento e redução destes ectoparasitas. (GATES; EARL; ENTICOTT, 2021)

Podemos dividir as formas de combate ao ácaro *Varroa* através de métodos apícolas biotécnicos, acaricidas sintéticos e acaricidas orgânicos/suaves. Os principais métodos apícolas biotécnicos consistem em ações não invasivas, como a inseminação artificial e controle genético, suplementação de *Lactobacillus salivarius*, utilização de óleos essenciais e termoterapia. Já os principais acaricidas sintéticos são utilizados para controle e/ou erradicação do *Varroa* são os coumafós, fluvalinato, flumetrina e amitraz, enquanto para acaricidas orgânicos/suaves, temos a predominância do timol, ácido oxálico e ácido fórmico.

Métodos apícolas biotécnicos

Inseminação artificial e controle genético

Segundo Khan et al. (2022), a inseminação artificial é uma ferramenta utilizada nos últimos anos para realizar o controle genético das abelhas e pode ser considerado uma prática capaz de solucionar os problemas que podem ocorrer no acasalamento natural. Este método de reprodução é utilizado para controlar o acasalamento e favorecer as características que melhor auxiliam na sobrevivência e produtividade da colônia,

como o acúmulo de pólen da colmeia, a resistência ao ácaro *Varroa* e o comportamento higiênico.

Suplementação de *Lactobacillus salivarius*

A suplementação da bactéria *Lactobacillus salivarius* A310b na alimentação de colmeias comerciais na Argentina resultou na redução de 50 a 80% na taxa de infestação do ácaro *Varroa* após o período de 2 anos. (DAISLEY et al., 2020)

Óleos essenciais

A utilização de óleos essenciais para o combate ao ectoparasita é utilizado por apicultores em razão de possuir características antiparasitárias, ser uma prática não invasiva e também de baixo custo. A

toxicidade de exposição de própolis através do ar tem se mostrado altamente eficaz na erradicação dos ectoparasitas ao manter uma baixa a toxicidade para a colônia de abelhas.

Em estudos recentes, foi verificada a capacidade acaricida dos óleos essenciais das plantas *Melissa officinalis*, *Quercus infectoria* e *Ceratonia siliqua* e suas respectivas toxicidades para *A. mellifera*, garantindo a mortalidade de 100% dos ácaro *Varroa* após 25h de exposição e mortalidade de abelhas inferior a 2%, contudo, foi destacado pelo autor a necessidade de se realizar estudos complementares para avaliar os resíduos de óleos essenciais, assim como o desenvolvimento de novas formulações para aplicação. Também há relatos de atividade acaricida de diferentes populações de plantas *T. saturejoides* contra o ácaro *Varroa*. (EL YAAGOUBI et al., 2021; KARIMI; MALEKIFARD; TAVASSOLI, 2022)

Tabela 1 - Percentual de mortalidade (média±DP) de *A. mellifera* após exposição a diferentes concentrações dos óleos essenciais de *M. officinalis*, *Q. infectoria* e *C. siliqua*.

| Grupos | | 5 horas | 10 horas | 15h | 20 horas | 25 horas | valor p |
|----------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------|
| Ao controle (-) | | 00,00±0,0 ^{Hb} | 00,00±0,0 ^{Hb} | 1,50±1,29 ^{Ib} | 1,25±1,50 ^{Eb} | 3.75±1.70 ^{Da} | p <0,01 |
| <i>Melissa officinalis</i> | 5 µL/l de ar | 1,25±0,95 ^{GH_e} | 14,75±1,70 ^{Gd} | 27,50±2,08 ^{Hc} | 56,75±2,63 ^{Db} | 81,50±2,08 ^{Ca} | p <0,01 |
| | 10 µL/l de ar | 8,25±0,95 ^{Fe} | 24,50±2,08 ^{Fd} | 39,50±2,51 ^{Fc} | 65,00±1,82 ^{Cb} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| | 15 µL/l de ar | 15,50±2,08 ^{DEd} | 51,25±1,70 ^{DEc} | 71,25±2,98 ^{Eb} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| | 20 µL/l de ar | 31,75±2,63 ^{ABC} | 76,50±2,08 ^{ABb} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| | 25 µL/l de ar | 35,50±2,08 ^{Ac} | 81,00±2,16 ^{Ab} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| <i>Quercus infectoria</i> | 5 µL/l de ar | 00,00±0,0 ^{E_{le}} | 12,75±2,50 ^{Gd} | 28,25±1,70 ^{Hc} | 60,00±3,55 ^{Db} | 79,00±3,36 ^{Ca} | p <0,01 |
| | 10 µL/l de ar | 6,00±2,44 ^{eGFR} | 25,00±2,16 ^{Fd} | 35,50±2,08 ^{FGc} | 64,25±2,21 ^{CDb} | 97,25±2,21 ^{Aa} | p <0,01 |
| | 15 µL/l de ar | 17,25±3,09 ^{DEd} | 56,00±2,16 ^{CC} | 77,50±2,64 ^{Db} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| | 20 µL/l de ar | 29,50±1,29 ^{BCd} | 71,50±2,88 ^{aC} | 92,50±2,64 ^{Bb} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| | 25 µL/l de ar | 30,75±1,70 ^{ABCc} | 77,75±2,06 ^{ABb} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| <i>Vagens de Ceratonia</i> | 5 µL/l de ar | 0,00±0,0 ^{E_{le}} | 12,75±3,30 ^{Gd} | 27,50±2,64 ^{Hc} | 58,50±2,64 ^{Db} | 78,00±2,16 ^{Ca} | p <0,01 |
| | 10 µL/l de ar | 1,00±0,81 ^{GH_e} | 21,75±3,30 ^{FGd} | 32,25±2,50 ^{GHc} | 65,25±1,70 ^{Cb} | 92,50±2,08 ^{Ba} | p <0,01 |
| | 15 µL/l de ar | 14,25± ^{2,9SE} | 48,00±2,16 ^{Ed} | 67,00±3,55 ^{Ec} | 93,25±3,59 ^{Bb} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| | 20 µL/l de ar | 20,00±2,16 ^{Dd} | 64,25±2,50 ^{CC} | 84,50±2,88 ^{Cb} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| | 25 µL/l de ar | 26,00±2,16 ^{Cd} | 70,25±3,09 ^{BCc} | 91,25±1,25 ^{Bb} | 100,00±0,0 ^{Aa} | 100,00±0,0 ^{Aa} | p <0,01 |
| valor p | | p <0,01 | p <0,01 | p <0,01 | p <0,01 | p <0,01 | |

FONTE: EL YAAGOUBI, M. ET AL. A REVIEW ON MOROCCAN THYMUS SPECIES: TRADITIONAL USES, ESSENTIAL OILS CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL EFFECTS. JOURNAL OF ETHNOPHARMACOLOGY, V. 278, P. 114205, 5 OUT. 2021.



Tabela 2 - Percentual de mortalidade (média±DP) de *A. mellifera* após exposição a diferentes concentrações dos óleos essenciais de *M. officinalis*, *Q. infectoria* e *C. siliqua*.

| Grupos | | 5 horas | 10 horas | 15h | 20 horas | 25 horas | valor p |
|----------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------|
| Ao controle (-) | | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 ^{Aa} | 0,50±0,57 ^{Aa} | 0,50±0,57 Aa | p >0,05 |
| <i>Melissa officinalis</i> | 5 µL/l de ar | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 ^{Aa} | 0,25±0,50 ^{Aa} | 0,50±0,57 Aa | p >0,05 |
| | 10 µL/l de ar | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 ^{Aa} | 0,75±0,50 ^{Aa} | 1,00±0,00 Aa | p >0,05 |
| | 15 µL/l de ar | 00,00±0,0 Ab | 00,00±0,0 Ab | 1,25±0,50 ^{Aa} | 1,00±0,81 ^{Aa} | 1,25±0,95 Aa | p <0,01 |
| | 20 µL/l de ar | 00,00±0,0 Ab | 00,00±0,0 Ab | 1,00±0,81 ^{Aa} | 1,00±0,81 ^{Aa} | 1,50±1,00 Aa | p <0,01 |
| | 25 µL/l de ar | 00,00±0,0 Ab | 00,00±0,0 Ab | 0,75±0,95 Aab | 1,25±0,95 ^{Aa} | 1,75±0,95 Aa | p <0,01 |
| <i>Quercus infectoria</i> | 5 µL/l de ar | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 ^{Aa} | 00,00±0,0 ^{Aa} | 0,50±0,57 Aa | p >0,05 |
| | 10 µL/l de ar | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 ^{Aa} | 0,50±0,57 ^{Aa} | 0,75±0,50 Aa | p >0,05 |
| | 15 µL/l de ar | 00,00±0,0 Ab | 00,00±0,0 Ab | 1,00±0,81 ^{Aa} | 1,25±0,95 ^{Aa} | 1,25±0,95 Aa | p <0,01 |
| | 20 µL/l de ar | 00,00±0,0 Ab | 00,00±0,0 Ab | 1,25±0,95 ^{Aa} | 1,25±0,95 ^{Aa} | 1,75±1,25 Aa | p <0,01 |
| <i>Vagens de Ceratonia</i> | 5 µL/l de ar | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 ^{Aa} | 00,00±0,0 ^{Aa} | 0,50±0,57 Aa | p >0,05 |
| | 10 µL/l de ar | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 Aa | 00,00±0,0 ^{Aa} | 0,50±0,57 ^{Aa} | 0,50±0,57 Aa | p >0,05 |
| | 15 µL/l de ar | 00,00±0,0 Ab | 00,00±0,0 Ab | 0,50±0,57 Aab | 0,50±0,57 Aab | 1,25±0,95 Aa | p <0,01 |
| | 20 µL/l de ar | 00,00±0,0 Ab | 00,00±0,0 Ab | 1,00±0,81 ^{Aa} | 1,25±0,95 ^{Aa} | 1,50±0,57 Aa | p <0,01 |
| | 25 µL/l de ar | 00,00±0,0 Ab | 00,00±0,0 Ab | 1,25±0,50 ^{Aa} | 1,25±0,50 ^{Aa} | 2,00±0,81 Aa | p <0,01 |
| valor p | p >0,05 | p >0,05 | p >0,05 | p >0,05 | p >0,05 | | |

FONTE: EL YAAGOUBI, M. ET AL. A REVIEW ON MOROCCAN THYMUS SPECIES: TRADITIONAL USES, ESSENTIAL OILS CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL EFFECTS. JOURNAL OF ETHNOPHARMACOLOGY, V. 278, P. 114205, 5 OUT. 2021.

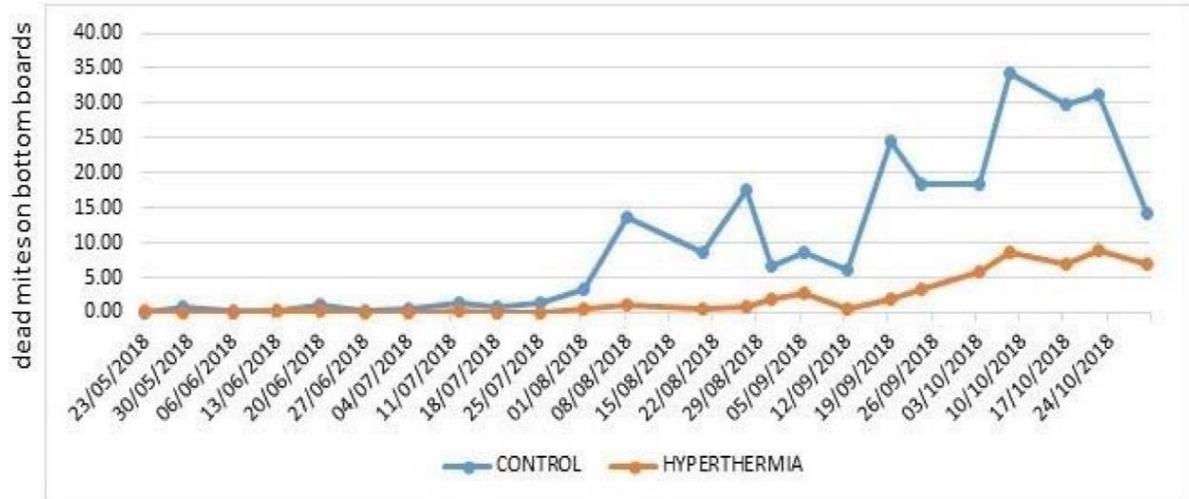
Termoterapia/hipertermia

A utilização de calor com o objetivo de realizar o controle do ectoparasita *Varroa* é denominado termoterapia/hipertermia, que consiste no aquecimento da colmeia em temperaturas controladas.

Diversos estudos demonstram que o calor pode matar ou lesionar o ácaro e ser inofensivo para as abelhas, visto que suas larvas possuem a capacidade de tolerar a temperatura entre 42° C a 43° C, enquanto as abelhas adultas possuem a capacidade de tolerância até 48° C, nos estudos, foi realizada a manutenção da temperatura da colônia entre 40° C e 42° C e resultou

efeitos positivos na erradicação do ectoparasita, assim como foi prolongada a vida útil de operárias. (PORPORATO et al., 2022)

Figura 14 – Proporção de ácaros mortos em grupo controle e teste de acordo com o tempo

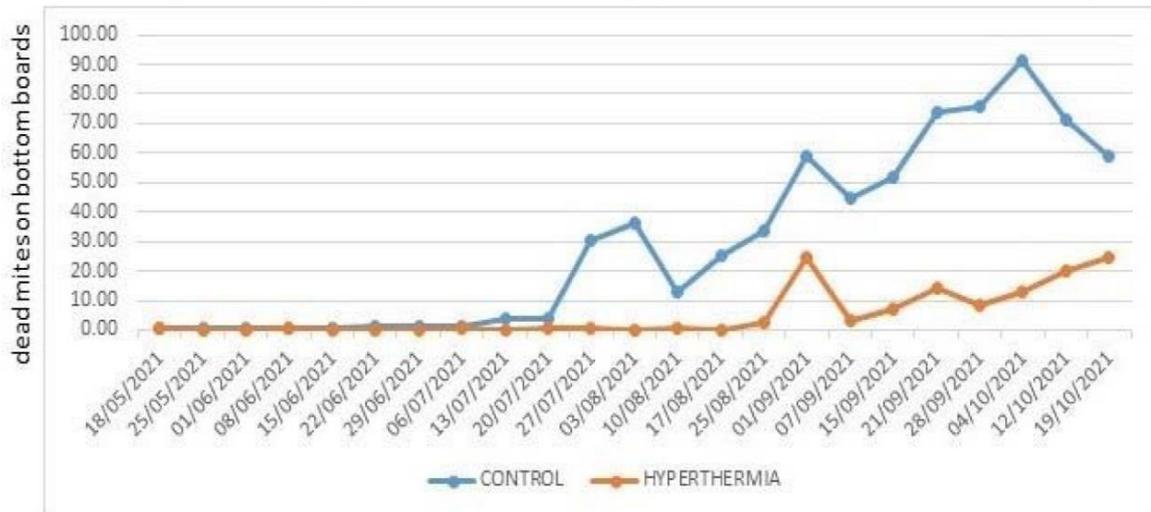


FONTE: PORPORATO, M. ET AL. VARROA CONTROL BY MEANS OF A HYPERTHERMIC DEVICE. APPLIED SCIENCES (SWITZERLAND), V. 12, N. 16, P. 8138, 1 AGO. 2022.

Conforme demonstrado no gráfico acima, foi realizado estudos por Porporato et al. (2022) sobre os efeitos da hipertermia em colônias de abelhas no ano de 2018. As colônias tratadas com hipertermia e controle possuíam baixo grau de infestação até o final de julho. Entre o fim de julho e o início de agosto, houve elevada infestação de *Varroa* nas colônias controle, no qual foi

necessário utilizar ácido oxálico durante três vezes no mês de agosto e introdução de amitraz em 12 de setembro, por sua vez nas colônias que foram realizadas a hipertermia houve o controle do ectoparasita do início ao fim dos estudos, não necessitando a utilização de acaricidas.

Figura 15 - Proporção de ácaros mortos em grupo controle e teste de acordo com o tempo



FONTE: PORPORATO, M. ET AL. VARROA CONTROL BY MEANS OF A HYPERTHERMIC DEVICE. APPLIED SCIENCES (SWITZERLAND), V. 12, N. 16, P. 8138, 1 AGO. 2022.

Em 2021, houve a manutenção de baixos níveis de infestação nas colônias submetidas ao tratamento até setembro, no qual houve um pico de ácaros que se mantiveram controlados até o fim dos estudos. Entretanto, nas colônias controle, houve

desequilíbrio da população de *Varroa* até o fim dos estudos, mesmo utilizando três tratamentos com ácido oxálico em julho e início de agosto. A efetividade do tratamento se deu em maior parte em ácaros que se

encontravam após o estágio larval, com grande proporção de protoninfas e deutoninfas.

Acaricidas sintéticos:

Os acaricidas sintéticos podem ser considerados uma categoria de produtos químicos que matam insetos e ácaros através da interrupção do seu processo de reprodução, da sua atividade neuronal ou atingindo pontos essenciais do metabolismo das pragas. (ANDREO-MARTÍNEZ et al., 2020)

As abelhas podem ser diretamente contaminadas pelos acaricidas por diversas formas, seja através do néctar de pólen em flores, na água que elas se alimentam ou através da pulverização do acaricida para controle de pragas nas colmeias, e esta contaminação pode ser mitigada quando se realiza a pulverização no período noturno, já que o forrageamento das abelhas ocorre somente no período diurno. (ANDREO-MARTÍNEZ et al., 2020)

Os acaricidas podem causar a contaminação do mel produzido pelas abelhas, o que pode gerar impactos negativos na comercialização do produto e também para a saúde do consumidor. (ANDREO-MARTÍNEZ et al., 2020)

A utilização de mais de um produto químico na colmeia para controle de pragas geralmente resulta em complexas misturas de pesticidas e diversos estudos de campo associam a saúde precária de colônia de abelhas com a exposição à estas fusões, por exemplo, misturas do fungicida piraclostrobina e o inseticida neonicotinóides podem ser considerados o principal

fator de estresse relacionado aos distúrbios de abelhas, por isso, é essencial que se haja estudos que investiguem os efeitos sinérgicos ou prejudiciais para a colônia, considerado que a exposição das abelhas a essas misturas podem ser considerados como a regra, e não a exceção. (KHAN et al., 2022).

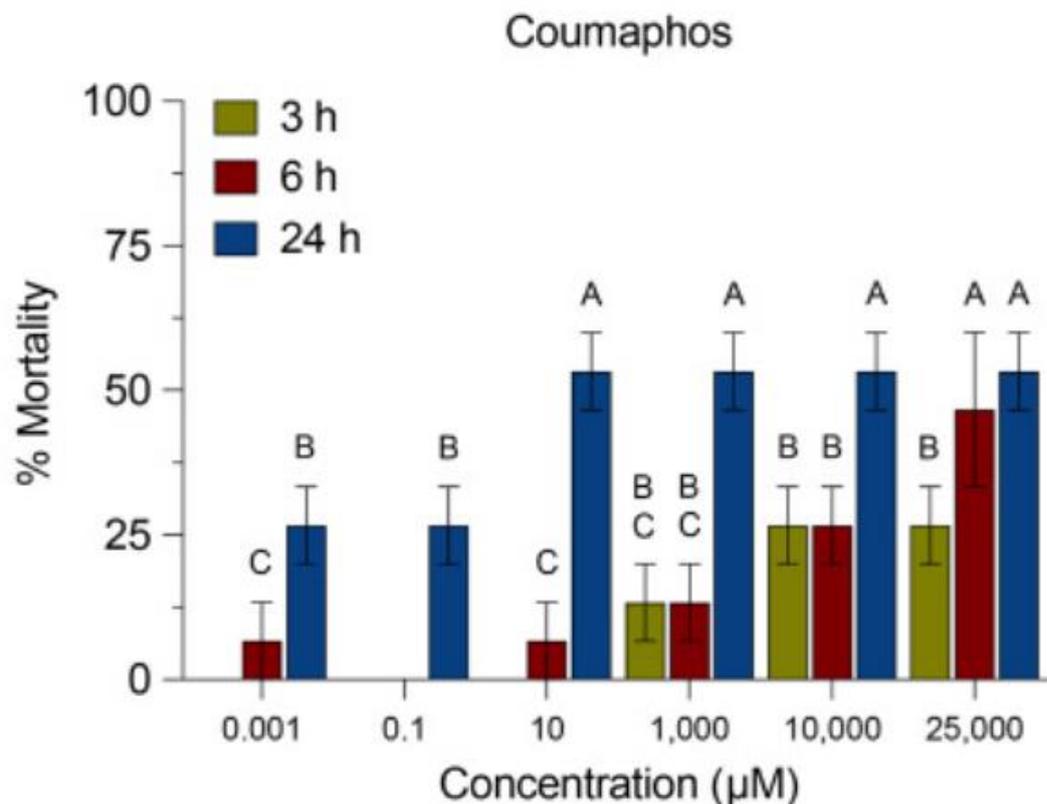
Coumafós

O coumafós é classificado como um organotiofosfato e age como um inibidor da atividade da acetilcolinesterase, que interfere na sinalização nervosa cerebral e resulta na hiperexcitação do sistema nervoso e neuromuscular. (VU et al., 2020)

O contato deste produto nas abelhas ocasiona diversos efeitos negativos, como a redução do aprendizado, a locomoção, o comportamento de limpeza, a viabilidade de espermatozoides dos zangões, a memória olfativa, além destes fatores, caso o coumafós não seja corretamente utilizado, é possível a contaminação do mel produzido pelas abelhas, ocasionando em riscos para os consumidores do produto. (ANDREO-MARTÍNEZ et al., 2020)

Em estudos realizados por VU et al. (2020), a exposição dos ácaros durante 24 horas ao amitraz resultou em eliminação de 80% dos ácaros na concentração máxima. Após 6 horas de exposição na concentração máxima o acaricida resultou o percentual de mortalidade de 40%. Após 3 horas de exposição na concentração máxima, o amitraz resultou o percentual de mortalidade de 26,67% dos ácaros, conforme pode ser observado na imagem abaixo:

Figura 16 - Mortalidade percentual de ácaros *Varroa* expostos a Coumafós após um período de exposição em laboratório de 3, 6 e 24 horas.



FONTE: VU, P. D. et al. Voltage-gated chloride channel blocker DIDS as an acaricide for *Varroa* mites. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 167, p. 104603, 1 jul. 2020.

Fluvalinato

Este composto é considerado um piretróide e age através dos canais de sódio controlados por sinais elétricos e estimulam descargas elétricas repetitivas ou uma despolarização prolongada da membrana, causando espasmo muscular, distúrbio de movimento e também morte dos ácaros. (NORAIN SAJID et al., 2020)

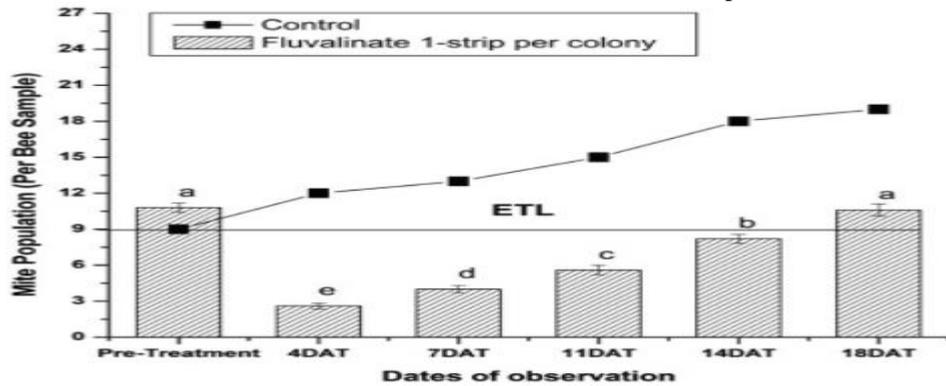
Em pesquisas realizada por Sabová et al. (2022), foi demonstrado que o contato com fluvalinato reduz consideravelmente a capacidade de retorno de

abelhas durante o forrageamento quando se há o distanciamento de 2km da colônia, principalmente quando os resíduos nas abelhas ultrapassaram 5mg/kg. Já quando os resíduos das abelhas foram superior a 50 mg/kg, o tempo de retorno para a colônia, o tempo de forrageamento e a taxa de retorno foram severamente afetados.

A repetição de tratamentos em baixas doses também afetam a imunidade das abelhas ao modificar a transcrição de genes, além de realizar danos significativos ao DNA das abelhas. (WU et al., 2022)

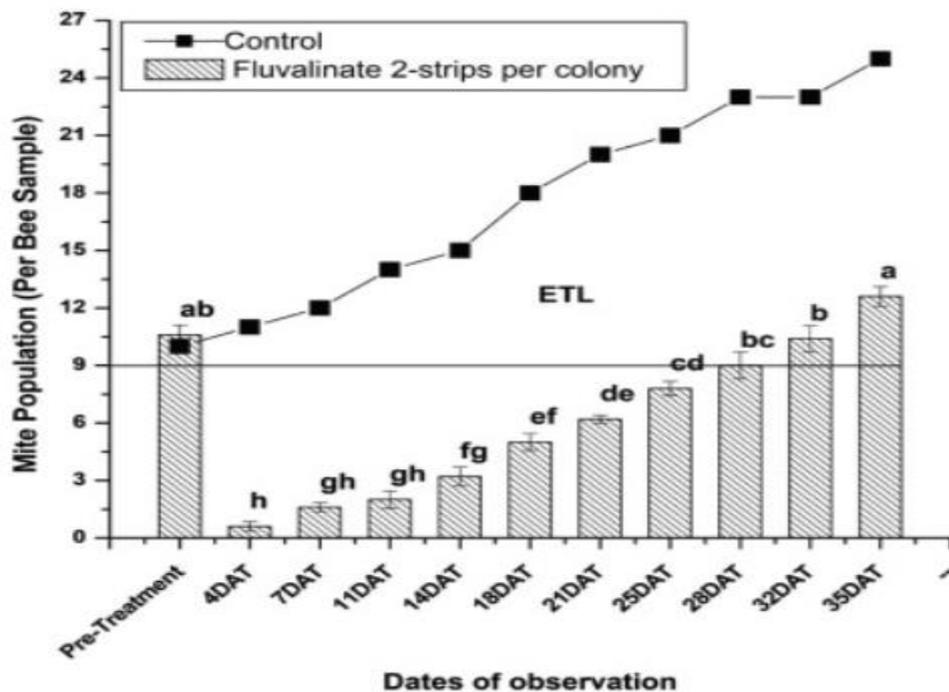
Apresentamos no gráfico abaixo a efetividade de aplicação de 1 tira e 2 tiras de Fluvalinato:

Figura 17 - População de ácaros *Varroa* por amostra de 300 abelhas (*Apis mellifera*) após aplicação de 1 tira de fluvalinato. ETL = Nível do Limiar Econômico; DAT = Dias após o tratamento.



FONTE: NORAIN SAJID, Z. et al. Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa* destructor mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 27, n. 1, p. 53–59, 1 jan. 2020.

Figura 18 - População de ácaros *Varroa* por amostra de 300 abelhas (*Apis mellifera*) após aplicação de 2 tiras de fluvalinato. ETL = Nível do Limiar Econômico; DAT = Dias após o tratamento.

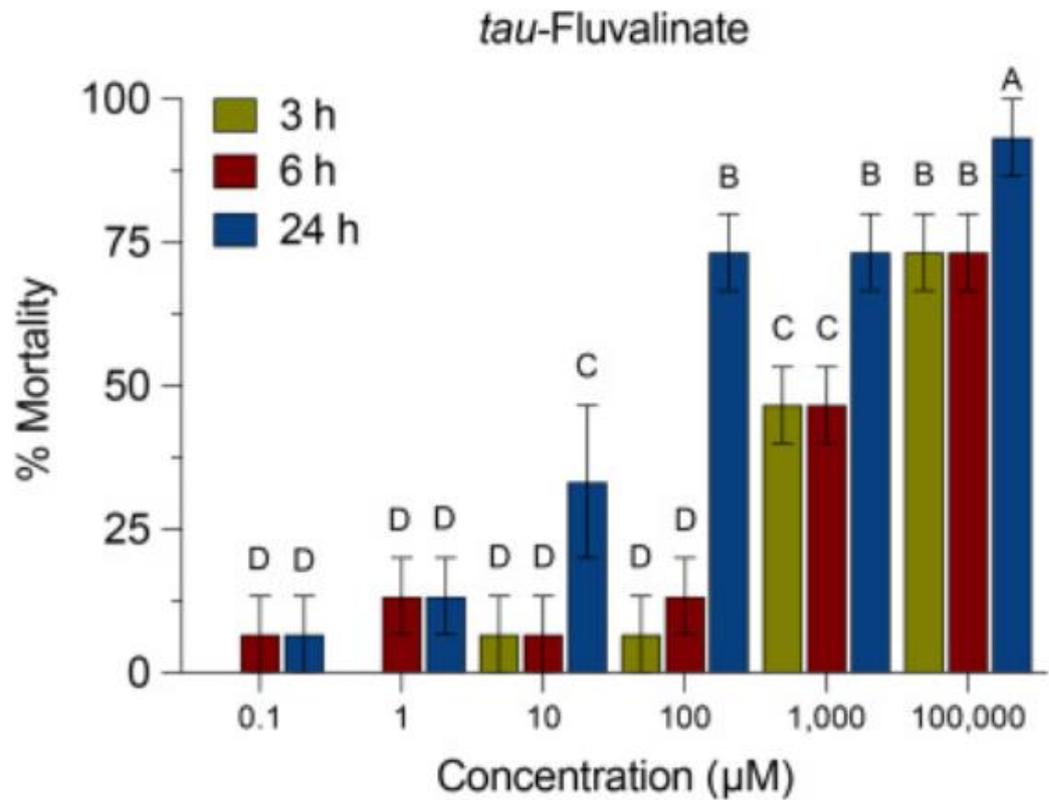


FONTE: NORAIN SAJID, Z. et al. Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa* destructor mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 27, n. 1, p. 53–59, 1 jan. 2020.

Em estudos realizados por VU et al. (2020), a exposição dos ácaros durante 24 horas ao tau-fluvalinato resultou em eliminação de 93,33% dos ácaros na concentração máxima. Após 6 horas de exposição na concentração máxima o acaricida resultou o percentual de mortalidade de 81,2%. Após 3 horas de

exposição na concentração máxima, o tau-fluvalinato resultou o percentual de mortalidade de 72,5% dos ácaros, conforme pode ser observado na imagem abaixo:

Figura 19 - Mortalidade percentual de ácaros *Varroa* expostos a tau-fluvalinato após um período de exposição em laboratório de 3, 6 e 24 horas.



FONTE: VU, P. D. et al. Voltage-gated chloride channel blocker DIDS as an acaricide for *Varroa* mites. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 167, p. 104603, 1 jul. 2020

Flumetrina

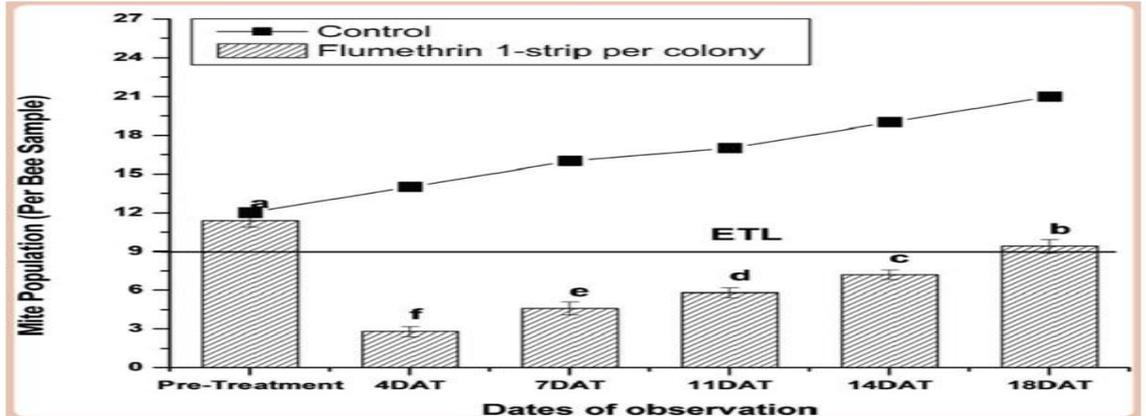
A flumetrina é considerado um piretróide e possui sua ação semelhante ao fluvalinato por atuar diretamente nos canais de sódio dos parasitas. O contato

de abelhas com doses subletais de flumetrina pode causar o enfraquecimento da imunidade, reduzir a capacidade de forrageamento e redução do tempo de vida. (WU et al., 2023)

Apresentamos nas tabelas abaixo a efetividade de aplicação de 1 tira e 2 tiras de Flumetrina:

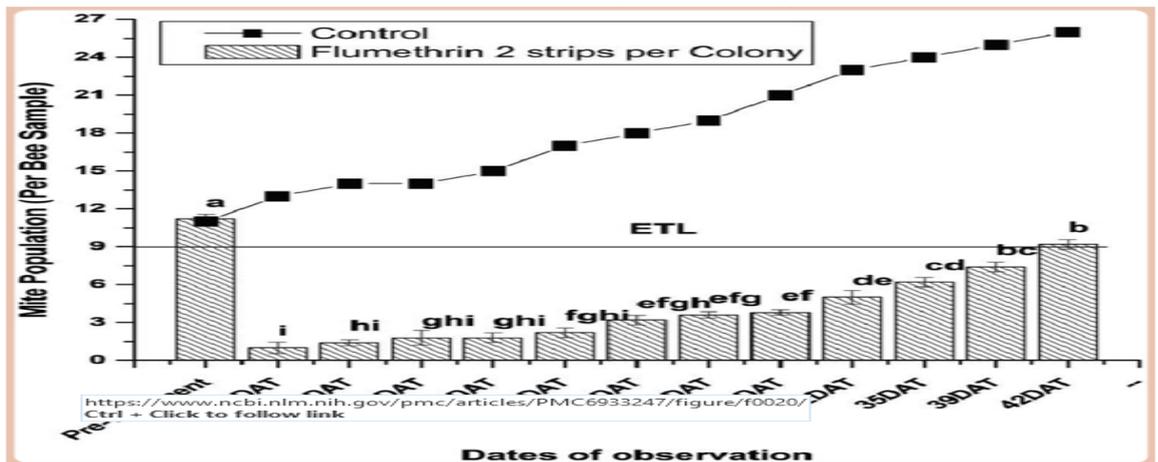


Figura 20 - População de ácaros *Varroa* por amostra de 300 abelhas (*Apis mellifera*) após aplicação de 1 tira de Flumetrina. ETL = Nível do Limiar Econômico; DAT = Dias após o tratamento.



FONTE: NORAIN SAJID, Z. et al. Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa* destructor mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 27, n. 1, p. 53–59, 1 jan. 2020.

Figura 21 - População de ácaros *Varroa* por amostra de 300 abelhas (*Apis mellifera*) após aplicação de 2 tiras de Flumetrina. ETL = Nível do Limiar Econômico; DAT = Dias após o tratamento.



FONTE: NORAIN SAJID, Z. et al. Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa* destructor mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 27, n. 1, p. 53–59, 1 jan. 2020.

Amitraz

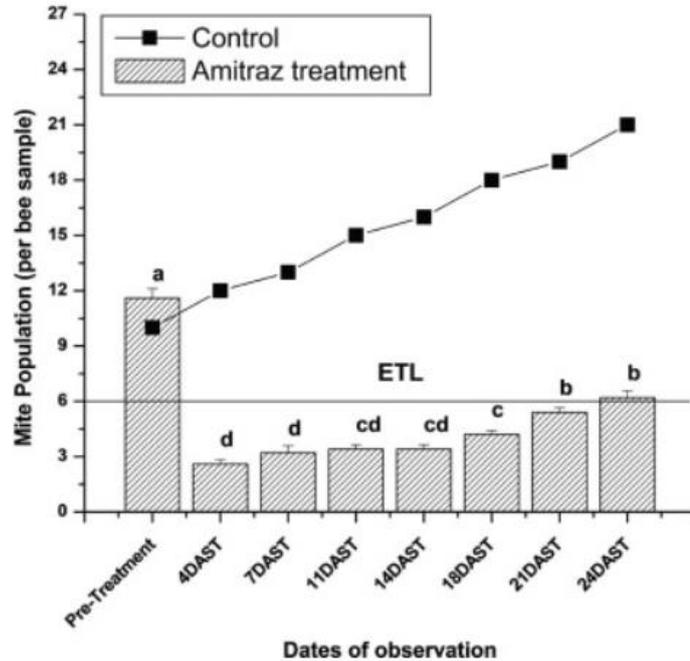
O amitraz atua diretamente como um antagonista do receptor de octopamina (OAR), sendo um acaricida do tipo formamidina. É considerado um composto altamente volátil, instável no mel e se

degrada completamente em 10 dias. (DE LA CANAL et al., 2021; NORAIN SAJID et al., 2020)

Apresentamos nas tabelas abaixo a efetividade de aplicação de 1 tira e 2 tiras de Flumetrina segundo estudos realizados por NORAIN SAJID, Z. et al. (2020):



Figura 22 - População de ácaros *Varroa* por amostra de 300 abelhas (*Apis mellifera*) após aplicação de 2 mL de Amitraz por 1,5L de água. ETL = Nível do Limiar Econômico; DAST = Dias após o início do tratamento.



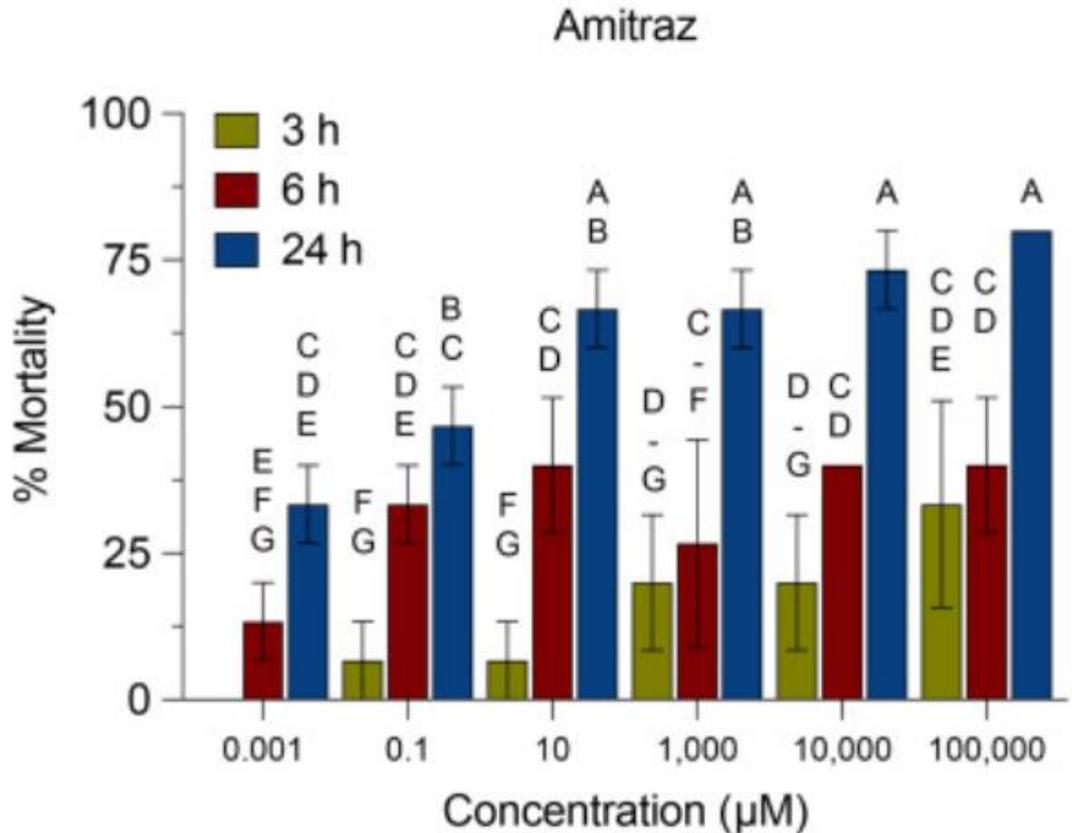
FONTE: NORAIN SAJID, Z. et al. Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa destructor* mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 27, n. 1, p. 53–59, 1 jan. 2020.

Em estudos realizados por VU et al. (2020), a exposição dos ácaros durante 24 horas ao amitraz resultou em eliminação de 80% dos ácaros na concentração máxima. Após 6 horas de exposição na concentração máxima o acaricida resultou o percentual

de mortalidade de 40%. Após 3 horas de exposição na concentração máxima, o amitraz resultou o percentual de mortalidade de 33,33% dos ácaros, conforme pode ser observado na imagem abaixo.



Figura 23 - Mortalidade percentual de ácaros *Varroa* expostos a Amitraz após um período de exposição em laboratório de 3, 6 e 24 horas.



FONTE: VU, P. D. et al. Voltage-gated chloride channel blocker DIDS as an acaricide for *Varroa* mites. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 167, p. 104603, 1 jul. 2020

Acaricidas orgânicos/suaves:

Em razão da crescente resistência desenvolvida pelos ácaros aos acaricidas sintéticos, tem-se buscado soluções mais naturais para tratamento do ectoparasita, como os ácidos orgânicos naturais, que possuem atividade antiparasitária e causam estresse reduzido em abelhas em comparação com os acaricidas sintéticos. (MANZANO SÁNCHEZ et al., 2021)

Podemos citar o ácido oxálico, ácido fórmico e o timol como os principais componentes que compõem os acaricidas orgânicos/suaves.

Timol

Timol e misturas de timol são frequentemente utilizados com óleos essenciais para tratar o ectoparasita *Varroa* e, apesar de grande parte dos estudos indicarem que o timol não é tóxico para as espécies-alvo, há relatos que a utilização prolongada ou em altas concentrações de timol e suas misturas

aumentaram a mortalidade de abelhas-operárias, por isso, especialistas recomendam suspensões periódicas do tratamento para desintoxicação das abelhas, mesmo que possa haver a redução da efetividade no combate ao ectoparasita. O crescente acúmulo de Timol residual nos produtos apícolas pode ocasionar considerável alteração no sabor do mel. (ESCOBAR et al., 2020; MANZANO SÁNCHEZ et al., 2021)

Este composto é considerado menos tóxico que outros acaricidas sintéticos, como o amitraz, tau-fluvalinato ou o coumafós, e garante a erradicação de quase 100% do ácaro *Varroa* e causa menos estresse nas abelhas em comparação com os acaricidas sintéticos. (MANZANO SÁNCHEZ et al., 2021)

Os principais fatores negativos relacionados a utilização de Timol é a redução da resposta imune das abelhas, alteração do comportamento higiênico das abelhas e também aumento de mortalidade da rainha. (MANZANO SÁNCHEZ et al., 2021)

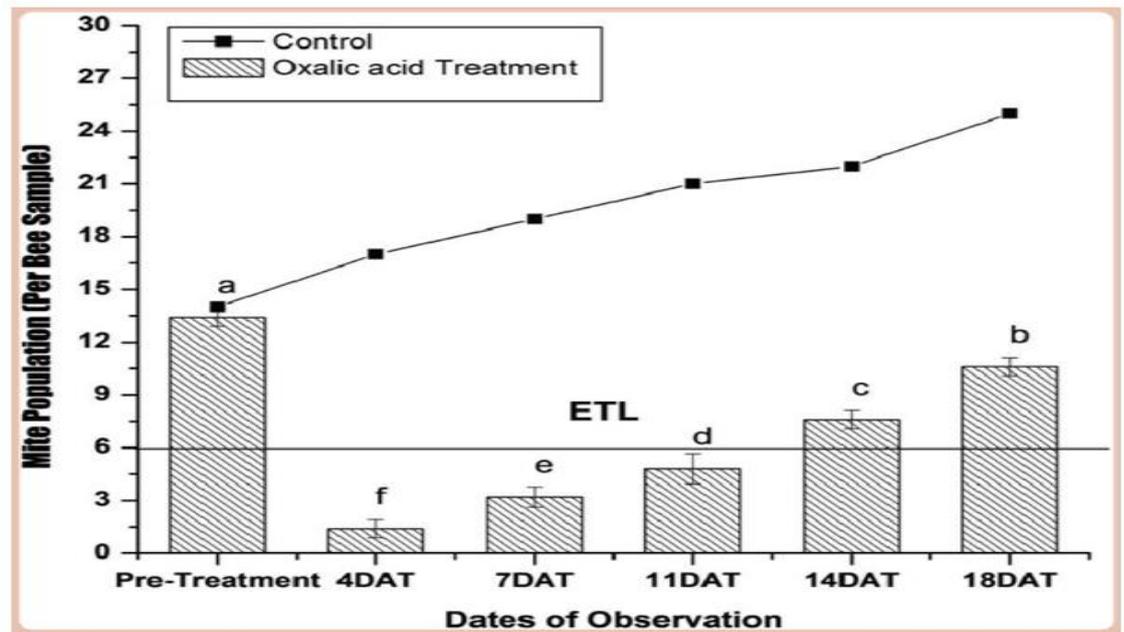
Ácido oxálico



O ácido oxálico pode ser considerado um dos mais fortes ácidos orgânicos e é um dos constituintes naturais de espécies animais e também alimentos, tendo demonstrado em pesquisas mortes celulares em ventrículos de abelhas e redução de longevidade de

vida. O ácido afeta também a função mitocondrial das abelhas, e sua efetividade se restringe às abelhas adultas, não afetando as células de cria. (NANETTI et al., 2015; NORAIN SAJID et al., 2020)

Figura 24 - População de ácaros *Varroa* por amostra de abelhas em diferentes datas de observação após aplicação de 7,2 mL de ácido oxálico por colônia. ETL = Nível do Limiar Econômico; DAT = Dias após o tratamento.



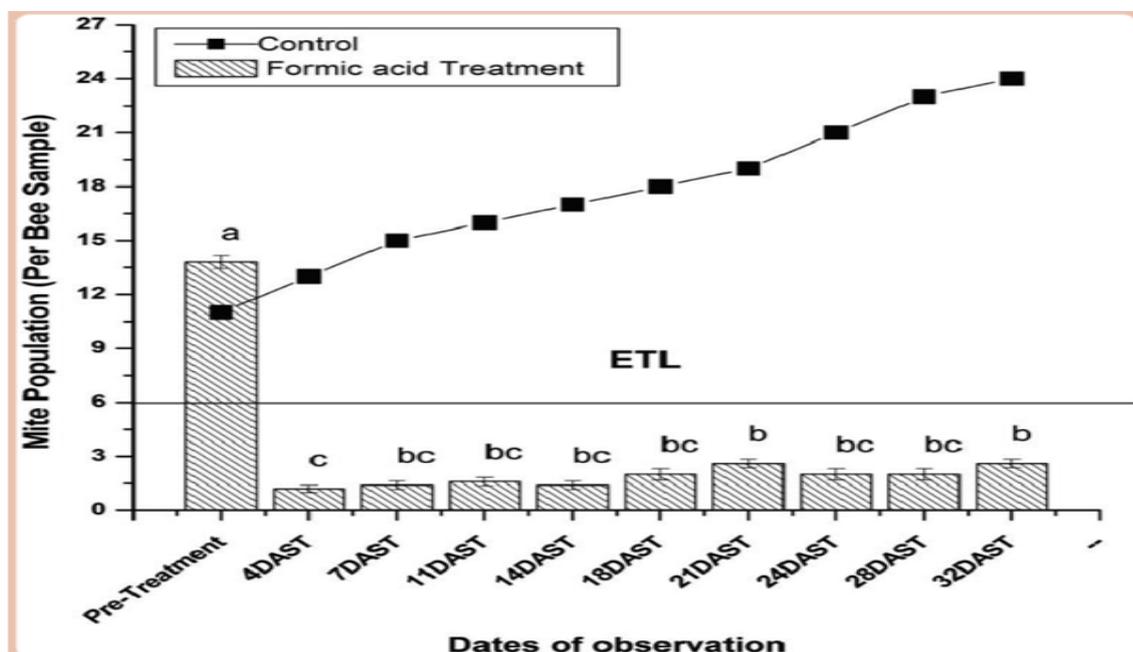
FONTE: NORAIN SAJID, Z. et al. Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa destructor* mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 27, n. 1, p. 53–59, 1 jan. 2020.

Ácido fórmico

O ácido metanoico, também chamado de ácido fórmico, é um líquido incolor e corrosivo com odor pungente. É miscível com água e com outros solventes polares, mas apenas parcialmente miscível com hidrocarbonetos.

Em estudos realizados por Underwood et al. (2005), foi verificado que o ácido fórmico quando aplicado em alta concentração em curto prazo e de média concentração em médio prazo mataram os ácaros *Varroa*, com médias de 93 e 83% de mortalidade, respectivamente, porém ambos tratamentos também foram associados a um aumento na mortalidade de abelhas-operárias e abelhas rainhas. A fumigação de baixa concentração a longo prazo teve menor eficácia (60% de mortalidade do ácaro), mas não aumentou a mortalidade das operárias ou rainhas. (NORAIN SAJID et al., 2020)

Figura 25 - População de ácaros *Varroa* por amostra de abelhas em diferentes datas de observação após aplicação de 70% de ácido fórmico, 10 mL, por colônia. ETL = Nível do Limiar Econômico; DAST = Dias após o início do tratamento.



FONTE: NORAIN SAJID, Z. et al. Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa destructor* mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 27, n. 1, p. 53–59, 1 jan. 2020.

Em estudos realizados por Norain et al. (2020), conforme pode ser observado acima, o ácido fórmico manteve a população de ácaros abaixo do Nível do Limiar Econômico de 6 ácaros em 300 abelhas, comprovando a eficácia na aplicação de 10 mL a cada 2 dias para controle do ácaro *Varroa destructor*.

CONCLUSÕES

Em razão de ser um vetor de transmissão de diversas doenças, a efetividade do controle populacional do ectoparasita *Varroa destructor* pode ser considerado um dos principais fatores para o sucesso ou fracasso de uma colônia de abelhas. Apesar de existirem diversos métodos de tratamento para redução ou erradicação do ectoparasita, cada um destes métodos podem possuir restrições de ordem técnica, social e econômica. O desconhecimento de práticas por parte de apicultores, a descrença ou o elevado custo de tratamentos têm sido fatores limitantes para o sucesso do tratamento do ácaro *Varroa destructor*. Por isso, é de grande importância a continuidade de estudos de campo e laboratoriais para identificar novos compostos e combinações de tratamentos que possibilitem o controle ou erradicação do ectoparasita com baixo custo e com efeitos colaterais reduzidos, como a exposição das abelhas a doses subletais de produtos tóxicos, a contaminação dos produtos ou subprodutos gerados e o desenvolvimento de resistência do *Varroa* ao tratamento realizado. Em relação aos pequenos e

médios produtores, identificamos a necessidade de realizar ações de conscientização e transmissão de conhecimento acerca das principais abordagens para o tratamento efetivo do *Varroa destructor*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREO-MARTÍNEZ, P. et al. Science production of pesticide residues in honey research: A descriptive bibliometric study. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 79, p. 103413, 1 out. 2020.
- BORBA, R. S. et al. Phenomic analysis of the honey bee pathogen-web and its dynamics on colony productivity, health and social immunity behaviors. *PLOS ONE*, v. 17, n. 1, p. e0263273, 1 jan. 2022.
- DAISLEY, B. A. et al. Missing Microbes in Bees: How Systematic Depletion of Key Symbionts Erodes Immunity. *Trends in Microbiology*, v. 28, n. 12, p. 1010–1021, 1 dez. 2020.
- DE GRAAF, D. C. et al. Heritability estimates of the novel trait ‘suppressed in ovo virus infection’ in honey bees (*Apis mellifera*). *Scientific Reports* 2020 10:1, v. 10, n. 1, p. 1–10, 31 ago. 2020.
- DE, U.; FFCLRP, P.; ENTOMOLOGIA, A. O. E. M. Universidade de são paulo ffclrp – departamento de biologia programa de pós-graduação em entomologia “.

2009.

EL YAAGOUBI, M. et al. A review on Moroccan Thymus species: Traditional uses, essential oils chemical composition and biological effects. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 278, p. 114205, 5 out. 2021.

ESCOBAR, A. et al. Thymol bioactivity: A review focusing on practical applications. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 12, p. 9243–9269, 1 dez. 2020.

GATES, M. C.; EARL, L.; ENTICOTT, G. Factors influencing the performance of voluntary farmer disease reporting in passive surveillance systems: A scoping review. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 196, p. 105487, 1 nov. 2021.

HOPKINS, D. I.; KELLER, J. J. Honey Bee Diagnostics. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 37, n. 3, p. 427–450, 1 nov. 2021.

KARIMI, P.; MALEKIFARD, F.; TAVASSOLI, M. Medicinal plant essential oils as promising Anti-Varroa agents: Oxidative/nitrosative screens. **South African Journal of Botany**, v. 148, p. 344–351, 1 ago. 2022.

KHAN, K. A. et al. Instrumental insemination: A nontraditional technique to produce superior quality honey bee (*Apis mellifera*) queens. **Journal of King Saud University - Science**, v. 34, n. 5, p. 102077, 1 jul. 2022.

KYLE, B.; LEE, K.; PERNAL, S. F. Epidemiology and Biosecurity for Veterinarians Working with Honey bees (*Apis mellifera*). **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 37, n. 3, p. 479–490, 1 nov. 2021.

LOCKE, B.; FORSGREN, E.; DE MIRANDA, J. R. Increased tolerance and resistance to virus infections: a possible factor in the survival of Varroa destructor-resistant honey bees (*Apis mellifera*). **PloS one**, v. 9, n. 6, 13 jun. 2014.

MANZANO SÁNCHEZ, L. et al. Presence, persistence and distribution of thymol in honeybees and beehive compartments by high resolution mass spectrometry. **Environmental Advances**, v. 5, p. 100085, 1 out. 2021. MARTINHO, C. et al. Apicultura: revisão de literatura. **Revista Lusófona de Ciência e Medicina Veterinária**, v. 12, p. 1–17, 2022.

MIRANDA, R. C. DE. Apicultura: Uma Alternativa Para a Promoção Do Desenvolvimento Rural Sustentável. p. 11, 2016.

MONDET, F. et al. Honey bee survival mechanisms against the parasite Varroa destructor: a systematic review of phenotypic and genomic research efforts.

International Journal for Parasitology, v. 50, n. 6–7, p. 433–447, 1 jun. 2020.

MORFIN, N.; ANGUIANO-BAEZ, R.; GUZMAN-NOVOA, E. Honey Bee (*Apis mellifera*) Immunity. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 37, n. 3, p. 521–533, 1 nov. 2021.

NANETTI, A. et al. Effect of oxalic acid on *Nosema ceranae* infection. **Research in Veterinary Science**, v. 102, p. 167–172, 1 out. 2015.

NORAIN SAJID, Z. et al. Efficacy assessment of soft and hard acaricides against Varroa destructor mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 53–59, 1 jan. 2020.

NUNES-SILVA, C. I. DA S. K. P. A. B.; IMPERATRIZ-FONSECA, B. M. F. V. L. **Guia ilustrado de Abelhas Polinizadoras do Brasil**. [s.l.: s.n.].

OLINTO, F. A. COMPORTAMENTO HIGIÊNICO E IDENTIFICAÇÃO DE PATÓGENOS EM COLMEIAS DE *Apis mellifera* L. AFRICANIZADAS NO SERTÃO PARAIBANO. **Universidade Federal de Campina Grande**, p. 60, 2014.

PAYNE, A. N.; WALSH, E. M.; RANGEL, J. Initial Exposure of Wax Foundation to Agrochemicals Causes Negligible Effects on the Growth and Winter Survival of Incipient Honey Bee (*Apis mellifera*) Colonies. **Insects 2019, Vol. 10, Page 19**, v. 10, n. 1, p. 19, 8 jan. 2019.

PORPORATO, M. et al. Varroa Control by Means of a Hyperthermic Device. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 12, n. 16, p. 8138, 1 ago. 2022.

RAMOS-CUELLAR, A. K. et al. Genotype, but Not Climate, Affects the Resistance of Honey Bees (*Apis mellifera*) to Viral Infections and to the Mite Varroa destructor. **Veterinary Sciences 2022, Vol. 9, Page 358**, v. 9, n. 7, p. 358, 15 jul. 2022.

RAMSEY, S. D. et al. Varroa destructor feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 116, n. 5, p. 1792–1801, 29 jan. 2019.

ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMANN, B. Biology and control of Varroa destructor. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 103, n. SUPPL. 1, p. S96–S119, 1 jan. 2010.

SABOVÁ, L. et al. The adverse effects of synthetic acaricide tau-fluvalinate (tech.) on winter adult honey bees. **Environmental Toxicology and Pharmacology**,

v. 92, p. 103861, 1 maio 2022.

TIWARI, T.; ZAYED, A. Practical Applications of Genomics in Managing Honey bee Health. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 37, n. 3, p. 535–543, 1 nov. 2021.

TRAYNOR, K. S. et al. Varroa destructor: A Complex Parasite, Crippling Honey Bees Worldwide. **Trends in Parasitology**, v. 36, n. 7, p. 592–606, 1 jul. 2020.

ULGEZEN, Z. N.; VAN DOOREMALEN, C.; VAN LANGEVELDE, F. Understanding social resilience in honeybee colonies. **Current Research in Insect Science**, v. 1, p. 100021, 1 jan. 2021.

ULLAH, A. et al. Viral impacts on honey bee populations: A review. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 1, p. 523–530, 1 jan. 2021.

UNDERWOOD, R. M.; CURRIE, R. W. Effect of Concentration and Exposure Time on Treatment Efficacy Against Varroa Mites (Acari: Varroidae) During Indoor Winter Fumigation of Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) with Formic Acid. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, n. 6, p. 1802–1809, 1 dez. 2005.

VU, P. D. et al. Voltage-gated chloride channel blocker DIDS as an acaricide for Varroa mites. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 167, p. 104603, 1 jul. 2020.

WOODFORD, L. ; et al. Quantitative and Qualitative

Changes in the Deformed Wing Virus Population in Honey Bees Associated with the Introduction or Removal of Varroa destructor. **Viruses** **2022**, Vol. **14**, Page **1597**, v. 14, n. 8, p. 1597, 22 jul. 2022.

WU, X. et al. Sublethal fluvalinate negatively affect the development and flight capacity of honeybee (*Apis mellifera* L.) workers. **Environmental Research**, v. 203, p. 111836, 1 jan. 2022.

WU, X. et al. The adverse impact on lifespan, immunity, and forage behavior of worker bees (*Apis mellifera* Linnaeus 1758) after exposure to flumethrin. **Science of The Total Environment**, v. 858, p. 160146, 1 fev. 2023.

YANG, X.; COX-FOSTER, D. L. Impact of an ectoparasite on the immunity and pathology of an invertebrate: evidence for host immunosuppression and viral amplification. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 21, p. 7470–7475, 24 maio 2005.

ZHU, Y. C.; YAO, J.; WANG, Y. Varroa mite and deformed wing virus infestations interactively make honey bees (*Apis mellifera*) more susceptible to insecticides. **Environmental Pollution**, v. 292, p. 118212, 1 jan. 2022.

ZULHENDRI, F. et al. Propolis of stingless bees for the development of novel functional food and nutraceutical ingredients: A systematic scoping review of the experimental evidence. **Journal of Functional Foods**, v. 88, p. 104902, 1 jan. 2022.