

**Campus Colorado do Oeste**  
**Coordenação do Curso em Engenharia Agrônoma**

**DANILLO DE OLIVEIRA DORNELO**

**TAXAS DE INFESTAÇÃO, PERFIS REPRODUTIVO E GENÉTICO DO ÁCARO  
ECTOPARASITA *VARROA DESTRUCTOR* EM COLÔNIAS DE ABELHAS  
AFRICANIZADAS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

**COLORADO DO OESTE**

**2025**

**DANILLO DE OLIVEIRA DORNELO**

**TAXAS DE INFESTAÇÃO, PERFIS REPRODUTIVO E GENÉTICO DO ÁCARO  
ECTOPARASITA *VARROA DESTRUCTOR* EM COLÔNIAS DE ABELHAS  
AFRICANIZADAS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Artigo científico entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica, sob a orientação do professor Me. Anderson Puker.

**COLORADO DO OESTE**

**2025**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO,  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Dornelo, Danilo de Oliveira.

Taxas de infestação, perfis reprodutivo e genético do ácaro ectoparasita *Varroa destructor* em colônias de abelhas africanizadas no sudoeste da Amazônia brasileira / Danilo de Oliveira Dornelo, Colorado do Oeste-RO, 2025.

32 f. : il.

Orientador(a): Prof. Me. Anderson Puker.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste-RO, 2025.

1. Apicultura brasileira. 2. *Apis mellifera* africanizada. 3. Patologia das abelhas. 4. Sanidade apícola. 5. Varroatose. I. Puker, Anderson (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

**TAXAS DE INFESTAÇÃO, PERFIS REPRODUTIVO E GENÉTICO DO ÁCARO  
ECTOPARASITA *Varroa destructor* EM COLÔNIAS DE ABELHAS  
AFRICANIZADAS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

**INFESTATION RATES, REPRODUCTIVE AND GENETIC PROFILES OF THE  
ECTOPARASITE MITE *Varroa destructor* IN AFRICANIZED HONEYBEE  
COLONIES IN THE SOUTHWESTERN BRAZILIAN AMAZON**

Danillo de Oliveira Dorneles<sup>1</sup>

Anderson Puker<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Agrônoma, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Colorado do Oeste 76.993-000, Rondônia, Brasil. E-mail: danillo.dorneles@gmail.com

<sup>2</sup>Prof. Me., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Colorado do Oeste 76.993-000, Rondônia, Brasil. E-mail: anderson.puker@ifro.edu.br

## RESUMO

A varroatose, causada pelo ácaro ectoparasita *Varroa destructor*, é uma patologia responsável pela perda de colônias de abelhas melíferas em diversos países ao redor do mundo. A varroatose é desencadeada por uma complexa interação de fatores ambientais e biológicos que influenciam a dinâmica da relação entre o ácaro parasita e as abelhas hospedeiras. Contudo, a compreensão de como a sazonalidade afeta as taxas de infestação e os perfis reprodutivo e genético de *V. destructor* em abelhas africanizadas, especialmente no bioma Amazônia, ainda é incipiente. Portanto, neste estudo, temos como objetivos: 1) caracterizar as taxas de infestação, perfis reprodutivo e genético de *V. destructor* em apiários no sudoeste da Amazônia brasileira; e 2) investigar se existe um efeito da sazonalidade, contrastando tais parâmetros entre as estações seca e chuvosa. Considerando ambas as estações, a taxa média de infestação de *V. destructor* em abelhas adultas foi de 4,6%, sendo significativamente maior na estação seca (6,3%) em comparação com a estação chuvosa (2,7%). A taxa de infestação em crias operculadas foi de 11,5% ao longo das duas estações, sem diferença significativa entre as estações seca (16,5%) e chuvosa (6,2%). O número médio de descendentes por fêmea de *V. destructor* variou de 0,5 a 0,4 descendentes durante o estudo, apresentando semelhança entre as estações seca e chuvosa. No que diz respeito ao perfil genético do ácaro, todas as amostras foram positivas apenas para o haplótipo K (Coreano). Os nossos achados fornecem evidências de que o ácaro *V. destructor* está presente e amplamente disseminado nos apiários do sudoeste da Amazônia brasileira. Além disso, observou-se uma maior taxa de infestação em abelhas adultas durante a estação seca.

**Palavras-chave:** Apicultura brasileira. *Apis mellifera* africanizada. Patologia das abelhas. Sanidade apícola. Varroatose.

## ABSTRACT

Varroatosis, caused by the ectoparasitic mite *Varroa destructor*, is a disease responsible for the loss of honeybee colonies in several countries around the world. Varroatosis is triggered by a complex interaction of environmental and biological factors that influence the dynamics of the relationship between the parasitic mite and the host bees. However, the understanding of how the seasonality affects the infestation rates and reproductive and genetic profiles of *V. destructor* on Africanized honeybees, especially in the Amazon biome, is still incipient. Here we aimed: 1) to characterize the infestation rates, reproductive and genetic profiles of *V. destructor* in apiaries in the southwestern Brazilian Amazon; and 2) to investigate whether there is an effect of seasonality, contrasting such parameters between the dry and rainy seasons. Considering both seasons, the average infestation rate of *V. destructor* on adult bees was 4.6%, but it was significantly higher in the dry season (6.3%) than in the rainy season (2.7%). The infestation rate on capped brood was 11.5% considering both seasons, but there was not significantly different between dry (16.5%) and rainy seasons (6.2%). The average number of offspring per female of *V. destructor* varied from 0.5 to 0.4 offspring throughout the study, being similar between the dry and rainy seasons. Regarding the genetic profile, all samples were positive for the K (Korean) haplotype only. Our findings provide evidence that *V. destructor* is present and widely disseminated in the apiaries of the southwestern Brazilian Amazon. Furthermore, there is a higher infestation rate on adult bees during the dry season.

**Keywords:** Africanized *Apis mellifera*. Bee pathology. Beekeeping health. Brazilian beekeeping. Varroatosis.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) são afetadas por diversas doenças, resultando em problemas no desenvolvimento das abelhas, tanto em crias quanto em abelhas adultas, e interferindo negativamente na produtividade das colônias (Message; Texeira; De Jong, 2012). Uma das principais doenças de abelhas registradas no Brasil é a varroatose (Message; Texeira; De Jong, 2012; Castilhos *et al.*, 2023), atualmente considerada um dos mais significativos problemas globais na apicultura (DeGrandi-Hoffman *et al.*, 2016; Alattal *et al.*, 2017), sendo causada pelo ácaro *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) – um ectoparasita de abelhas (Anderson; Trueman, 2000). *Varroa destructor* parasita crias e abelhas adultas, perfurando o exoesqueleto ingerindo a hemolinfa, e especialmente o corpo gorduroso do hospedeiro (Ramsey *et al.*, 2019). Assim, sua ação parasitária provoca uma série de problemas diretos e indiretos às abelhas e à colônia, como a redução do peso de abelhas recém-emergidas (De Jong; De Jong; Gonçalves, 1982; Duay; De Jong; Engles, 2003), deformações nas asas e alterações em outros apêndices, principalmente nas pernas (Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010). Além disso, pode contribuir para a proliferação de outros organismos nocivos às colônias, atuando, por exemplo, como vetor dos vírus ABPV (*Acute Bee Paralysis Virus*) e WDV (*Wing Deforming Virus*), que afetam diretamente a saúde das abelhas e a produtividade das colônias (Ball, 1985; Wilfert *et al.*, 2016).

A obtenção de informações sobre a ocorrência e prevalência do ácaro *V. destructor* é fundamental para garantir a sanidade dos apiários brasileiros, prevenindo problemas maiores e irreversíveis. Neste sentido, pesquisas têm sido realizadas em diversas regiões do Brasil com o objetivo de levantar dados sobre as taxas de infestação de *V. destructor* (Peixoto *et al.*, 2021; Castilhos *et al.*, 2023). De forma geral, os resultados desses estudos demonstram que as taxas de infestação do ácaro estão abaixo dos níveis capazes de causar danos significativos às colônias (Peixoto *et al.*, 2021; Castilhos *et al.*, 2023). Essa situação pode ser atribuída principalmente às características de resistência e hábitos higiênicos das abelhas africanizadas (De Jong, 1996; De Jong; Gonçalves, 1998; Rosenkranz, 1999), além da baixa capacidade reprodutiva do haplótipo J (Japonês) do ácaro, considerado menos virulento

(Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010). Entretanto, após a primeira observação da predominância do haplótipo K (Coreano) em apiários brasileiros (estados de São Paulo e Santa Catarina) (Garrido *et al.*, 2003), surgiu uma situação alarmante para a apicultura nacional, uma vez que essa variação genotípica do ácaro é conhecida por ser mais virulenta devido à sua maior capacidade reprodutiva em comparação ao haplótipo J (Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010). Nesse contexto, o monitoramento das taxas de infestação e dos perfis reprodutivo e genético do ácaro nas diferentes regiões do Brasil é essencial para acompanhar qualquer possível crescimento populacional do parasita, além de constituir uma estratégia eficaz para evitar danos à apicultura nacional (Peixoto *et al.*, 2021; Castilhos *et al.*, 2023).

Apesar da reconhecida importância de *V. destructor* para a apicultura brasileira e mundial, as investigações sobre as taxas de infestação de ácaros (tanto em abelhas adultas quanto em crias operculadas) e seus perfis reprodutivo e genético realizadas no Brasil estão predominantemente concentradas nos biomas Cerrado e Mata Atlântica (Pinto *et al.*, 2011; Pinto *et al.*, 2012; Wielewski *et al.*, 2013; Carneiro *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2014; Pinto *et al.*, 2015; Guimarães-Cestaro *et al.*, 2017a), com os demais biomas brasileiros sendo considerados subamostrados (Castilhos *et al.*, 2023). Diversos fatores podem desencadear a varroatose, como as condições climáticas locais (Moretto *et al.*, 1991; Pinto *et al.*, 2011; Correia-Oliveira *et al.*, 2018), a nutrição das abelhas – diretamente dependente da flora apícola regional (Moretto; Gonçalves; De Jong, 1997) – e o comportamento higiênico das abelhas – caracterizado pela capacidade de detectar a presença do ácaro dentro das células de cria e removê-lo da colônia (Corrêa-Marques; De Jong, 1998; Boecking; Spivak, 1999; Pinto *et al.*, 2015; Spivak; Danka, 2021) – a grande diversidade de biomas brasileiros e as condições ambientais locais apontam a necessidade e a importância do desenvolvimento de estudos sobre as taxas de infestação e os perfis reprodutivo e genético do ácaro em todas as regiões do País.

O estado de Rondônia, situado no sudoeste da Amazônia brasileira, possui uma vasta extensão territorial (237.765 km<sup>2</sup>) que abriga uma rica diversidade paisagística e florística, típica do bioma Amazônia (IBGE, 2020). Entretanto, apesar do seu considerável potencial apícola (Souza *et al.*, 2016), há uma significativa escassez de estudos direcionados à sanidade apícola em Rondônia, especialmente em relação ao ácaro parasita *V. destructor*. Recentemente, Castilhos *et al.* (2023) realizaram uma meta-análise de estudos publicados e não publicados sobre as taxas

de infestação de *V. destructor* em abelhas africanizadas em todas as regiões do Brasil, desde 1977, quando o ácaro foi detectado pela primeira vez no País, até 2020. Os autores identificaram apenas um estudo realizado em Rondônia (Fogaça *et al.*, 2012) e ressaltam a carência de pesquisas sobre *V. destructor* para a região norte do Brasil como um todo. Fogaça *et al.* (2012) investigaram as taxas de infestação de *V. destructor* em abelhas adultas em uma única coleta, sem especificar a época do ano em que as amostras foram obtidas. Assim, até o presente momento, não se sabe, por exemplo, se as taxas de infestação de *V. destructor* em abelhas adultas variam entre as estações seca e chuvosa no sudoeste da Amazônia brasileira. Além disso, nenhum estudo examinou a taxa de infestação do ácaro em crias operculadas e seus perfis reprodutivo e genético (por exemplo, número de descendentes por fêmea e prevalência de haplótipos) em colônias de abelhas africanizadas no sudoeste da Amazônia brasileira.

Diante do exposto, existe uma necessidade urgente de caracterizar as taxas de infestação, bem como os perfis reprodutivo e genético do ácaro *V. destructor* em abelhas africanizadas criadas racionalmente em apiários no sudoeste da Amazônia brasileira – uma região ainda pouco explorada em termos de sanidade apícola (Peixoto *et al.*, 2021; Castilhos *et al.*, 2023). Essa caracterização será valiosa para monitorar qualquer aumento populacional do parasita (Garrido *et al.*, 2003) e constituirá em uma estratégia eficaz para prevenir danos à apicultura regional. Assim, para aprofundar nosso entendimento sobre a varroatose na Amazônia brasileira, o presente estudo tem como objetivos: 1) caracterizar as taxas de infestação, os perfis reprodutivo e genético do ácaro *V. destructor* em apiários produtores de mel no estado de Rondônia, norte do Brasil, sudoeste da Amazônia brasileira; e 2) investigar a existência de efeitos sazonais, contrastando tais parâmetros entre as estações seca e chuvosa.

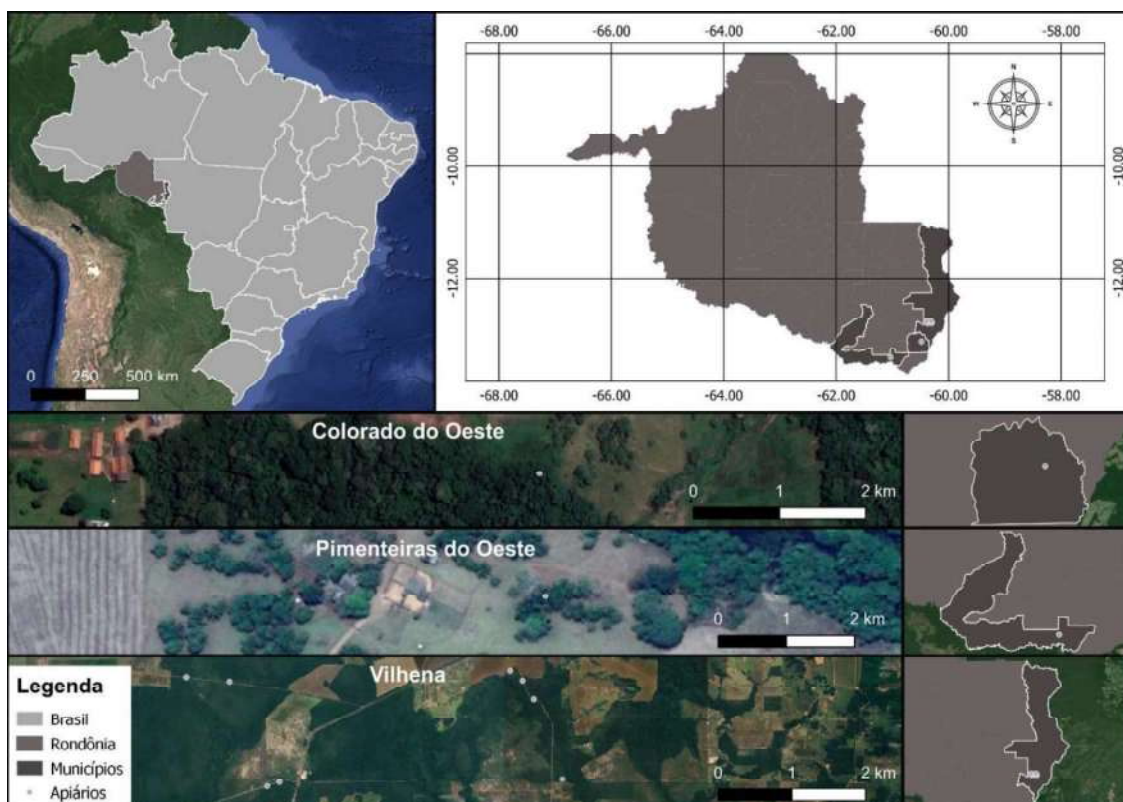
## 1. 2. MATERIAL E MÉTODOS

1.

### 2. 2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DAS COLÔNIAS AMOSTRADAS

No norte do Brasil, a apicultura passa por um dinâmico processo de desenvolvimento, com a região do Cone Sul do estado de Rondônia destacando-se na produção de mel (Souza *et al.*, 2016). Assim, o nosso foco foi obter amostras representativas da região do Cone Sul de Rondônia. Neste sentido, foram selecionados 10 apiários fixos destinados exclusivamente à produção de mel, incluindo um apiário no município de Colorado do Oeste (13°07'15"S, 60°32'42"W; 430 m acima do nível do mar), um apiário no município de Pimenteiras do Oeste (13°28'19"S, 61°02'48"W, 170 m) e oito apiários no município de Vilhena (12°44'18"S, 60°07'19"W, 602 m), com distâncias variando de 0,5 a 105,0 km entre si (Figura 1). Esses municípios estão situados na região do Cone Sul do estado de Rondônia, no sudoeste da Amazônia brasileira (Figura 1).

**Figura 1** – Localização geográfica dos apiários amostrados nos municípios de Colorado do Oeste, Pimenteiras do Oeste e Vilhena, região do Cone Sul do estado de Rondônia, norte do Brasil, sudoeste da Amazônia brasileira. Os círculos cinzas representam o número de apiários amostrados em cada município.



Fonte: Evangelista (2024).

A vegetação nativa é predominantemente caracterizada pela Floresta Ombrófila Submontana Densa, composta por árvores típicas do bioma Amazônia (IBGE, 2006). O clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo *Am* – tropical úmido (clima tropical de monções) (Alvares *et al.*, 2013), apresentando as maiores taxas de precipitação em janeiro (média de 305,4 mm), fevereiro (281,1 mm) e dezembro (272,9 mm), e com estação seca bem definida em junho (20,1 mm), julho (12,8 mm) e agosto (29,6 mm) (Franca, 2015). A temperatura média anual é de 24,3 °C (22,0–27,5 °C) e a precipitação média anual é de aproximadamente 2.250 mm (Franca, 2015).

Todos os apiários estavam situados em remanescentes da vegetação natural típica da região de estudo (IBGE, 2006), sendo a flora silvestre o principal recurso explorado pelas abelhas em todos os apiários amostrados (Figura 1). Os apiários possuem, em média, oito (6–12) colônias padrão Langstroth, instaladas predominantemente em cavaletes individuais, a uma distância que varia de 1,0 a 5,0 m entre si. As colônias consistem basicamente em uma caixa-ninho (10 quadros), e as melgueiras são colocadas conforme a demanda de produção de mel. As práticas de manejo realizadas são aquelas recomendadas para a criação racional e manejo de abelhas africanizadas em colmeias padrão Langstroth (Couto; Couto, 2006; Wiese, 2020), incluindo a substituição de quadros de cria, troca de quadros com lâminas de

cera alveolada, divisão de enxames, alimentação artificial (energética e proteica) na entressafra e, na maioria dos apiários, realiza-se a substituição anual da rainha, a qual é produzida nos próprios apiários. Além disso, nenhum dos apicultores utiliza medicamentos sintéticos ou naturais para controlar doenças nas colônias, nem emprega rainhas selecionadas para resistência a patógenos e/ou parasitas.

### 3. 2.2. OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

Todas as amostras foram coletadas, transportadas e armazenadas de acordo com as diretrizes estabelecidas no Manual Veterinário para coleta e envio de amostras (Teixeira; Message, 2010). Em cada um dos 10 apiários amostrados foram selecionadas aleatoriamente três colmeias contendo enxames populosos e presumivelmente sadios para a obtenção de amostras durante as estações seca (julho–agosto de 2022 e 2023) e chuvosa (fevereiro–março de 2023 e 2024) na região de estudo (Tabela 1). A amostragem foi realizada em ambas as estações para caracterizar adequadamente as taxas de infestação, bem como os perfis reprodutivo e genético de *V. destructor*, uma vez que a população de abelhas varia ao longo do tempo devido a diversos fatores, como as flutuações na disponibilidade da flora apícola (Costa *et al.*, 2007). Assim, foi possível identificar um potencial efeito da sazonalidade nas taxas de infestação e nos perfis reprodutivo e genético do ácaro. Cada colônia foi, portanto, identificada permanentemente para coleta de amostras nas estações seca e chuvosa. Contudo, durante a primeira estação chuvosa, todas as colônias de um dos apiários do município de Vilhena foram perdidas, impossibilitando a continuidade de coletas neste apiário (Tabela 1). Posteriormente, devido à enxameação, não foi viável amostrar mais uma colônia na segunda estação seca e outras duas colônias na segunda estação chuvosa (Tabela 1). Assim, foram obtidas um total de 108 amostras, sendo 56 na estação seca e 52 na estação chuvosa (Tabela 1).

**Tabela 1** – Número de apiários e colônias amostradas durante as estações seca (julho–agosto de 2022 e 2023) e chuvosa (fevereiro–março de 2023 e 2024) em três municípios da região do Cone Sul do estado de Rondônia, norte do Brasil, sudoeste da Amazônia brasileira.

Municípios	Estação Seca 1		Estação Chuvosa 1		Estação Seca 2		Estação Chuvosa 2	
	Apiários	Colônias	Apiários	Colônias	Apiários	Colônias	Apiários	Colônias
Colorado do Oeste	1	3	1	3	1	3	1	3

Pimenteiras do Oeste	1	3	1	3	1	3	1	3
Vilhena	8	24	7	21	7	20	7	19
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>9</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>26</b>	<b>9</b>	<b>25</b>

Fonte: Puker (2024).

Durante o período de amostragem nas estações seca e chuvosa, dados de precipitação média mensal e temperatura média mensal foram obtidos na estação meteorológica automática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) – *Campus* Colorado do Oeste, localizada entre 0,7 e 67,0 km de distância dos apiários amostrados. Durante este período, a precipitação média mensal foi de 6,4 mm na estação seca (0,0–17,2 mm) e 247,4 mm na estação chuvosa (227,6–277,4 mm), enquanto que a temperatura média mensal foi de 24,4 °C na estação seca (23,6–26,2 °C) e 24,7 °C na estação chuvosa (24,5–25,2 °C).

Para quantificar a taxa de infestação do ácaro *V. destructor* em abelhas adultas foram coletadas em média 218,0 abelhas adultas (Erro Padrão:  $\pm 8,5$  abelhas) da área de cria de cada colônia (Figura 2), em um recipiente plástico (500 mL) contendo aproximadamente 200 mL de álcool a 70% (De Jong; Roma; Gonçalves, 1982). Os recipientes, devidamente identificados, foram mantidos à temperatura ambiente até o processamento em laboratório (Teixeira; Message, 2010).

**Figura 2** – Processo de coleta de abelhas adultas em favo de cria (esquerda); e abelhas acondicionadas em recipiente de plástico contendo álcool 70% (direita).



Fonte: Evangelista (2024).

Para mensurar a taxa de infestação do ácaro *V. destructor* em crias operculadas e analisar o seu perfil reprodutivo, foi realizado o seguinte procedimento:

em cada colônia, um pedaço de favo de cria (5 × 10 cm) com pupas operculadas foi removido do centro do ninho (Figura 3) (Medina; Martin, 1999; Guimarães-Cestaro *et al.*, 2017a). Cada amostra de favo foi acondicionada em saco de plástico etiquetado e, em seguida, congelada até o seu processamento em laboratório (Teixeira; Message, 2010).

**Figura 3** – Processo de coleta de pedaço de favo com crias operculadas.



Fonte: Dornelo (2024).

#### 4. 2.3. PROCESSAMENTO DE AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS

Para analisar a taxa de infestação de *V. destructor* em abelhas adultas, o recipiente com abelhas preservadas em álcool a 70% foi agitado vigorosamente durante 3 minutos para remover os parasitas (De Jong; Roma; Gonçalves, 1982). Em seguida, o conteúdo (abelhas + álcool) foi peneirado sobre uma bandeja branca, onde as abelhas foram retidas e os ácaros passaram pelos furos da peneira (Figura 4). Além disso, para facilitar a visualização de quaisquer ácaros ainda aderidos ao corpo das abelhas, estas foram dispostas lado a lado em uma superfície branca (folha de papel sulfite) e, posteriormente, o corpo de cada abelha foi inspecionado individualmente, permitindo a identificação dos ácaros que ainda estivessem aderidos ao corpo dos insetos (Figura 5). Essa análise minuciosa dos corpos das abelhas foi repetida duas vezes. Finalmente, o número total de ácaros e abelhas por amostra foi contabilizado. Assim, a taxa de infestação de *V. destructor* em abelhas adultas (%) foi obtida pela seguinte equação: (número de ácaros encontrados/número de abelhas analisadas) × 100. Os ácaros extraídos dos corpos das abelhas adultas foram transferidos para microtubos (2 mL) contendo álcool absoluto e, em seguida, preservados para análises moleculares do perfil genético.

**Figura 4** – Processamento das amostras de abelhas adultas.



Fonte: Dornelo (2024).

**Figura 5** – Abelhas inspecionadas e dispostas lado a lado sobre folha de papel sulfite para extração e quantificação dos ácaros *Varroa destructor*.



Fonte: Dornelo (2024).

Para mensurar a taxa de infestação de *V. destructor* em crias operculadas, foram selecionadas aleatoriamente 100 células de crias de operárias operculadas de cada colônia, retiradas do favo do ninho (Figura 6). As células foram abertas para remoção das pupas, permitindo a obtenção e contagem dos ácaros presentes em cada célula e/ou aderidos ao corpo da pupa (Figura 6) (Wielewski *et al.*, 2013). Assim, a taxa de infestação em crias operculadas (%) foi calculada pela seguinte equação: (número de ácaros encontrados/número de pupas examinadas)  $\times$  100.

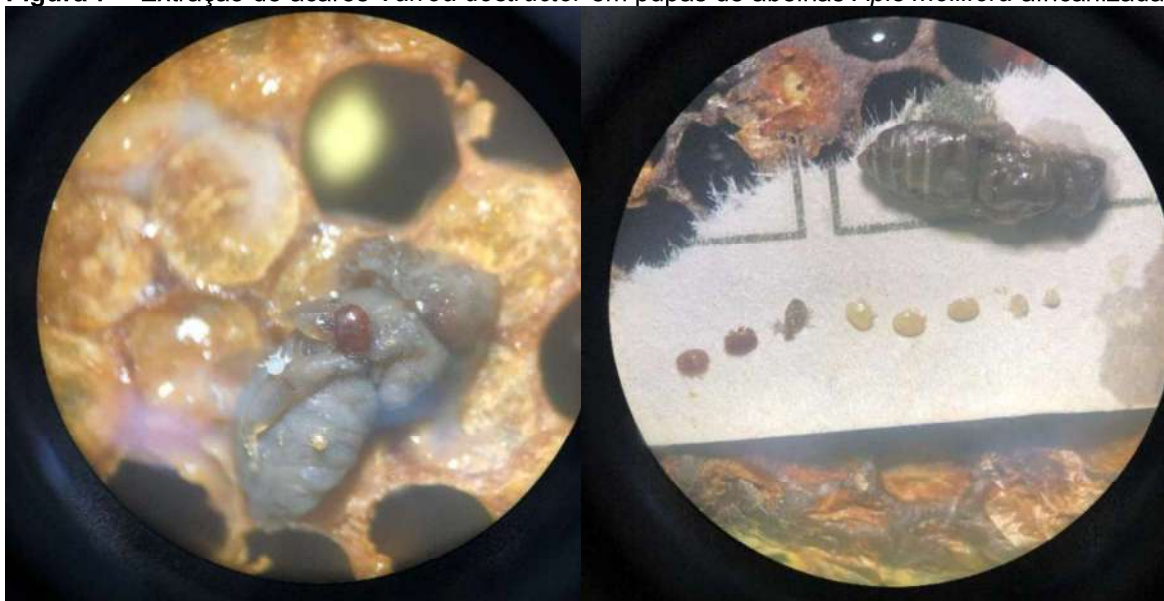
**Figura 6** – Processamento das amostras de favos com crias operculadas.



Fonte: Dornelo (2024), esquerda; Evangelista (2024), direita.

Para caracterizar o perfil reprodutivo de *V. destructor*, incluindo a sua taxa de reprodução total (ou seja, o número de descendentes por fêmea), os ácaros extraídos das 100 células de cria (conforme descrito anteriormente) foram examinados sob um estereomicroscópio para contabilizar o número total de imaturos (descendentes) e o número total de fêmeas adultas (Wielewski *et al.*, 2013; Guimarães-Cestaro *et al.*, 2017a). Assim, a taxa de reprodução total do ácaro foi calculada pela divisão do número total de descendentes pelo número total de fêmeas adultas (Figura 7).

**Figura 7** – Extração de ácaros *Varroa destructor* em pupas de abelhas *Apis mellifera* africanizadas.



Fonte: Dornelo (2024).

Para realizar a caracterização genética (haplótipos J e K) do ácaro *V. destructor*, as amostras de ácaros extraídas de abelhas adultas foram enviadas ao Laboratório Especializado em Sanidade Apícola (LASA) do Instituto Biológico – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (IB-APTA), situado em Pindamonhangaba (São Paulo, Brasil), onde foram analisadas pela Dra. Érica Weistein Teixeira, Diretora Técnica do LASA. As amostras de ácaros foram submetidas à extração de DNA, conforme Faza *et al.* (2013), e a reações de PCR utilizando *primers* sugeridos por Navajas *et al.* (2002). A programação da PCR seguiu o protocolo estabelecido por Guimarães-Cestaro *et al.* (2017b). Os haplótipos J e K foram identificados (Anderson; Fuchs, 1998).

A confirmação taxonômica de adultos e imaturos de *V. destructor* foi realizada com base na análise das características morfológicas do ácaro disponíveis em publicações científicas (Anderson; Trueman, 2000; Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010).

## 5. 2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

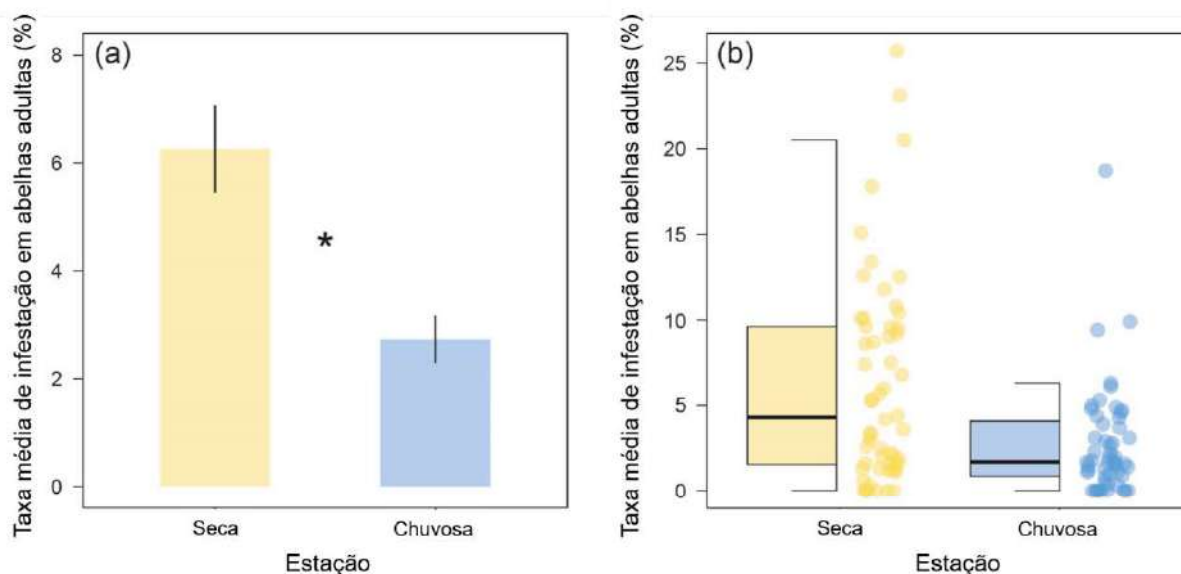
Os seguintes parâmetros do ácaro *V. destructor* foram mensurados ao longo do estudo: 1) taxa de infestação sobre abelhas adultas (%); 2) taxa de infestação em crias operculadas (%); e 3) perfil reprodutivo (ou seja, número de fêmeas, número de descendentes e número de descendentes por fêmea). Para testar as diferenças nesses parâmetros entre as estações seca e chuvosa, foram utilizados Modelos Lineares Generalizados de Efeitos Mistos (GLMMs) (Harrison; Donaldson; Correa-Cano, 2018), tratando as duas estações como variáveis explicativas e os parâmetros analisados como variáveis resposta em modelos separados. Como as mesmas colônias pertencentes ao mesmo apiário e município foram amostradas em períodos distintos, utilizamos essas variáveis como efeitos aleatórios aninhados, da seguinte forma: taxa de infestação em abelhas adultas [variável resposta] ~ estação [variável preditora] + (1 | município/apiário/colônias) [efeitos aleatórios aninhados]. Modelos semelhantes foram realizados para as outras variáveis resposta. Empregamos a distribuição beta com um *link logit* para taxas de infestação, distribuição binomial negativa com um *link log* para o número de fêmeas e descendentes, e a distribuição gaussiana com um *link identidade* para o número de descendentes por fêmea. Duas colônias apresentaram taxas de infestação de crias operculadas superiores a 100%

(135 e 122%); assim, para utilizar modelos de distribuição beta, esses valores foram transformados para unidade (1), evitando modelos superdispersos. Todas as variáveis medidas como porcentagens foram padronizadas entre 0–1 antes da execução das análises. Utilizamos a função “glmmTMB” do pacote R “glmmTMB” (Brooks; Kristensen; Van Benthem, 2017), para esses modelos e verificamos os resíduos quanto à normalidade e homogeneidade de variância utilizando os pacotes R “DHARMA” (Hartig, 2021) e “stats” (R Core Team, 2023). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2023).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ácaro *V. destructor* foi identificado em 86,1% dos apiários amostrados durante as estações seca e chuvosa. Considerando ambas as estações de amostragem, a taxa média de infestação de *V. destructor* em abelhas adultas foi de 4,6% (0,0–25,7%). Contudo, as taxas de infestação de abelhas adultas apresentaram uma variação significativa entre as duas estações, sendo superiores na estação seca ( $6,3 \pm 0,8\%$ ; média  $\pm$  Erro Padrão) em comparação com a estação chuvosa ( $2,7 \pm 0,4\%$ ) ( $\chi^2_{1,100} = 13,790$ ;  $P < 0,001$ ) (Figura 8a). Na estação seca, a taxa de infestação variou entre as colônias de 0,0 a 25,7%, com 23,2% das colônias ( $n = 13$ ) apresentando taxas de infestação superiores a 10,0% (Figura 8b). Em contrapartida, na estação chuvosa, as taxas de infestação oscilaram de 0,0 a 18,7%, com apenas uma colônia ultrapassando 10,0% de infestação (Figura 8b).

**Figura 8** – Média  $\pm$  Erro Padrão (a) e distribuição dos dados (b) da taxa de infestação do ácaro ectoparasita *Varroa destructor* sobre abelhas adultas em colônias de *Apis mellifera* africanizadas amostradas nas estações seca (julho–agosto de 2022 e 2023) e chuvosa (fevereiro–março de 2023 e 2024) na região do Cone Sul do estado de Rondônia, norte do Brasil, sudoeste da Amazônia brasileira. O asterisco (\*) indica diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ). Os *boxplots* mostram a distribuição dos dados e os valores observados são representados por círculos.

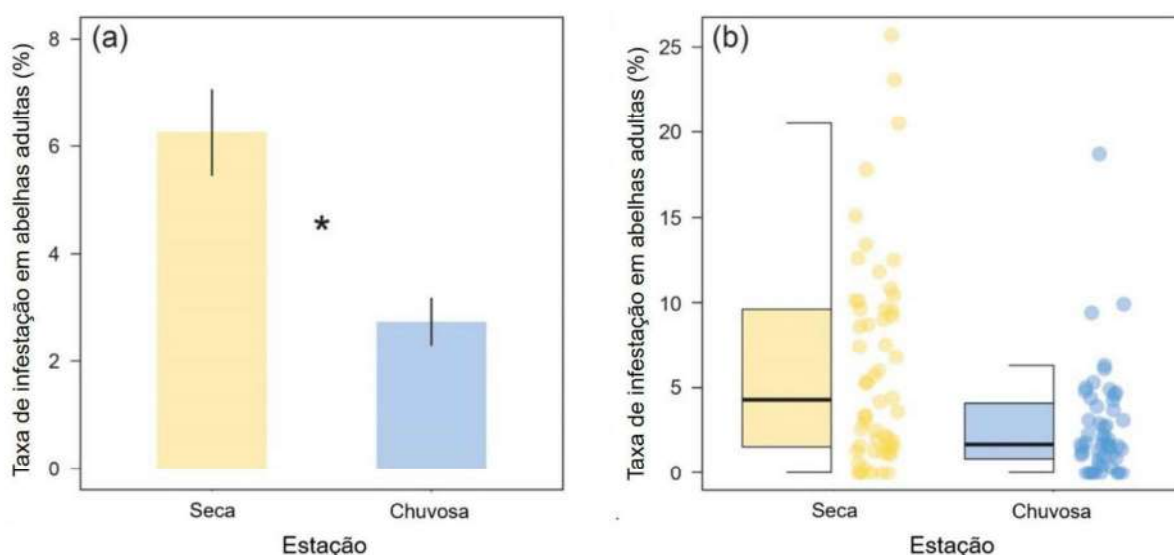


Fonte: Puker (2024).

Considerando ambas as estações, a taxa média de infestação de *V. destructor* em crias operculadas foi de 11,5% (0,0–135,0%). As taxas de infestação de ácaros em crias operculadas não apresentaram diferenças significativas entre as estações

seca (16,5%) e chuvosa (6,2%) ( $\chi^2_{1,100} = 2,713$ ;  $P = 0,099$ ) (Figura 9a). Na estação seca, a taxa de infestação variou entre as colônias de 0,0 a 135,0%, com 32,1% das colônias ( $n = 18$ ) apresentando taxas de infestação superiores a 10,0% (Figura 9b). Por outro lado, na estação chuvosa, as taxas de infestação variaram de 0,0 a 63,0%, com apenas 19,2% das colônias ( $n = 10$ ) apresentando infestações superiores a 10,0% (Figura 9b).

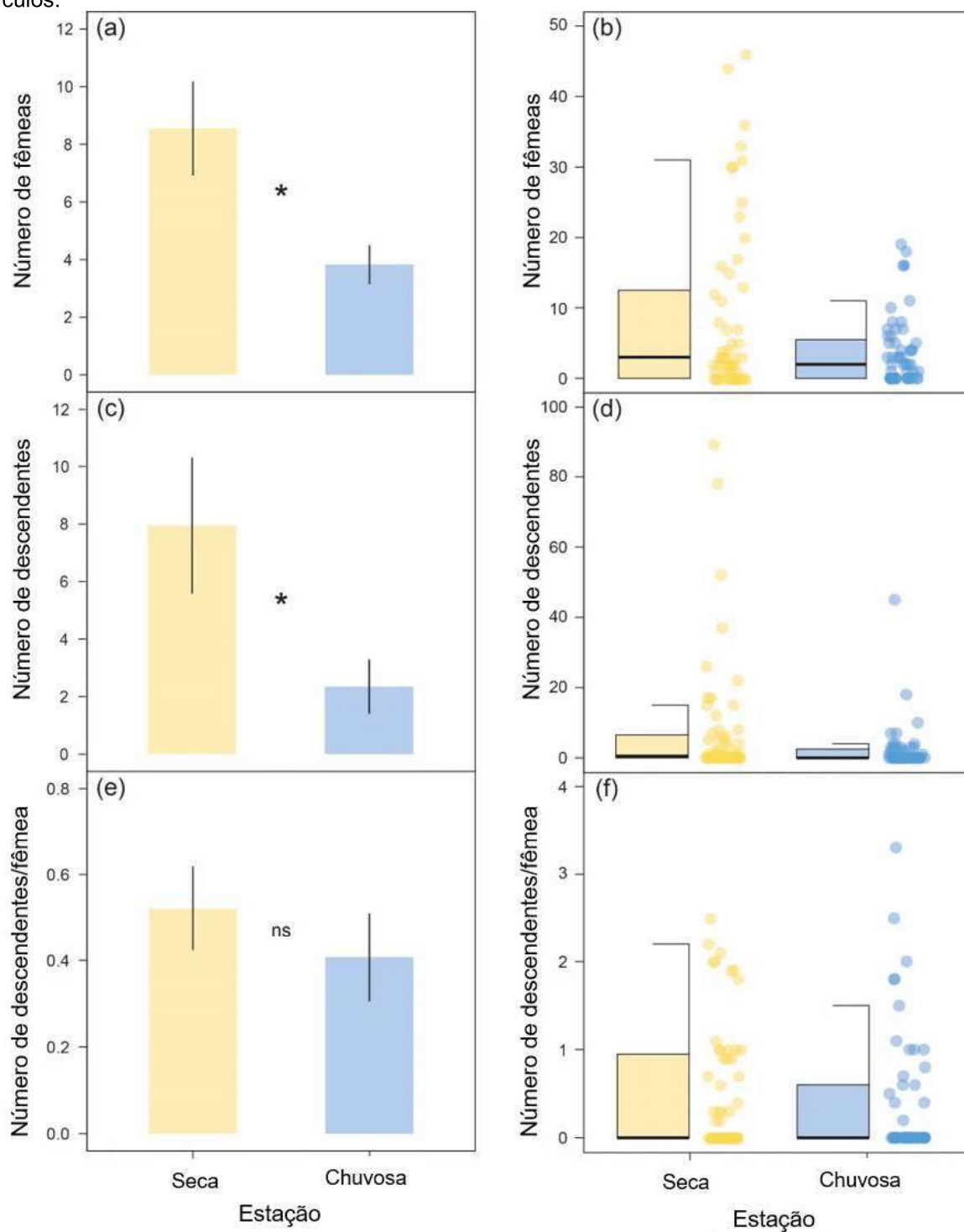
**Figura 9** – Média  $\pm$  Erro Padrão (a) e distribuição de dados (b) da taxa de infestação do ácaro ectoparasita *Varroa destructor* sobre crias operculadas em colônias de *Apis mellifera* africanizadas amostradas nas estações seca (julho–agosto de 2022 e 2023) e chuvosa (fevereiro–março de 2023 e 2024) na região do Cone Sul do estado de Rondônia, norte do Brasil, sudoeste da Amazônia brasileira. O “ns” indica que não há diferenças estatísticas ( $P > 0,05$ ). Os *boxplots* mostram a distribuição dos dados e os valores observados são representados por círculos.



Fonte: Puker (2024).

Em relação aos parâmetros reprodutivos de *V. destructor*, o número médio de ácaros fêmeas por colônia foi superior na estação seca ( $8,55 \pm 1,63$ ) em comparação com a estação chuvosa ( $3,83 \pm 0,68$ ) ( $\chi^2_{1,102} = 7,422$ ;  $P < 0,007$ ) (Figuras 10a–b). O número médio de descendentes por colônia também se revelou maior na estação seca ( $7,95 \pm 2,36$ ) do que na estação chuvosa ( $2,35 \pm 0,95$ ) ( $\chi^2_{1,102} = 6,629$ ;  $P = 0,01$ ) (Figuras 10c–d). O número médio de descendentes por fêmea de *V. destructor* foi de  $0,52 (\pm 0,10)$  na estação seca e  $0,41 (\pm 0,10)$  na estação chuvosa, apresentando semelhança estatística entre as estações ( $\chi^2_{1,102} = 0,658$ ;  $P = 0,417$ ) (Figuras 10e–f).

**Figura 10** – Média  $\pm$  Erro Padrão (a, c, e) e distribuição de dados (b, d, f) de parâmetros reprodutivos do ácaro ectoparasita *Varroa destructor* em colônias de *Apis mellifera* africanizadas amostradas durante as estações seca (julho–agosto de 2022 e 2023) e chuvosa (fevereiro–março de 2023 e 2024) na região do Cone Sul do estado de Rondônia, norte do Brasil, sudoeste da Amazônia brasileira. O asterisco (\*) indica diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ); e o “ns” indica nenhuma diferença estatística ( $P > 0,05$ ). Os *boxplots* mostram a distribuição dos dados, e os valores observados são representados por círculos.



Fonte: Puker (2024).

Por fim, no que diz respeito ao perfil genético do ácaro *V. destructor*, todas as 108 amostras analisadas (ou seja,  $n = 56$ , estação seca;  $n = 52$ , estação chuvosa) apresentaram resultados positivos para o haplótipo K (coreano).

Este é o primeiro estudo a caracterizar e analisar os efeitos da sazonalidade nas taxas de infestação, bem como nos perfis reprodutivo e genético do ácaro *V. destructor* em colônias de abelhas africanizadas criadas racionalmente em apiários na região do Cone Sul do estado de Rondônia, sudoeste da Amazônia brasileira – uma região ainda pouco estudada em termos de sanidade apícola (Castilhos *et al.*, 2023).

Considerando as duas estações de amostragem, a taxa média de infestação de *V. destructor* em abelhas adultas foi de 4,6% (aproximadamente cinco ácaros para cada 100 abelhas), variando de 6,3% na estação seca a 2,7% na estação chuvosa. Os resultados deste estudo demonstram que a taxa média de infestação de *V. destructor* em abelhas adultas é semelhante aos resultados de Castilhos *et al.* (2023), que relataram uma taxa média de infestação de 4,5%, considerando todas as regiões brasileiras. Peixoto *et al.* (2021) identificaram níveis de infestação variados entre as diferentes regiões do Brasil, mas a taxa média de infestação foi de 3,8% considerando todas as regiões do País. Especificamente para o estado de Rondônia, estudos anteriores foram realizados sobre as taxas de infestação de *V. destructor* em colônias de *A. mellifera* africanizadas em cinco apiários estacionários localizados no município de Novo Horizonte do Oeste (Fogaça *et al.*, 2012). Contudo, os autores realizaram este levantamento com uma única coleta, sem especificar a época do ano em que as amostras foram obtidas. Nos apiários de Novo Horizonte do Oeste, a taxa média de infestação encontrada foi de 2,4% (Fogaça *et al.*, 2012). De modo geral, esses níveis podem ser considerados baixos para causar danos severos às colônias de *A. mellifera* africanizadas no Brasil (De Jong; Gonçalves, 1998; Peixoto *et al.*, 2021; Castilhos *et al.*, 2023). Os baixos níveis de infestação em abelhas adultas registrados no presente estudo indicam, em primeiro lugar, que as colônias avaliadas podem ser geneticamente tolerantes ao ácaro parasita (De Jong, 1996; De Jong; Gonçalves, 1998; Rosenkranz, 1999).

As variações nas taxas de infestação em abelhas adultas observadas entre as estações seca e chuvosa podem ser atribuídas a uma interação complexa de fatores ambientais e biológicos que afetam a dinâmica da relação entre o ácaro parasita e as abelhas hospedeiras (Castilhos *et al.*, 2023). Contudo, pelo menos duas hipóteses

podem ser formuladas para explicar as elevadas taxas de infestação em abelhas adultas registradas durante a estação seca.

A primeira hipótese relaciona-se com o efeito da precipitação sazonal na interação entre abelhas hospedeiras e o ácaro parasita. Nesse contexto, Correia-Oliveira *et al.* (2018), ao avaliarem o impacto de diversas variáveis climáticas nas taxas de infestação de *V. destructor* em apiários no nordeste do Brasil (estado da Bahia), observaram que regiões com maior precipitação e temperaturas mais baixas apresentam níveis de infestação de ácaros mais elevados (Correia-Oliveira *et al.*, 2018). Contudo, os resultados do presente estudo indicam que a dinâmica de infestação de *V. destructor* nas condições climáticas da Amazônia difere significativamente daquelas observadas no nordeste do Brasil, com taxas de infestação em abelhas adultas mais baixas registradas durante a estação chuvosa. Em nossa área de estudo, no sudoeste da Amazônia brasileira, a temperatura mantém-se praticamente constante ao longo do ano, variando em média apenas 0,3 °C entre as estações seca e chuvosa. Em contrapartida, os índices de precipitação variaram consideravelmente entre as estações seca (6,4 mm) e chuvosa (247,4 mm) em nossa região de estudo. Em dias nublados e/ou chuvosos, as abelhas tendem a permanecer mais tempo dentro da colônia, o que lhes permite adotar comportamentos higiênicos e de *grooming* mais intensos, potencialmente contribuindo para a redução das taxas de infestação em crias operculadas e abelhas adultas, respectivamente (Corrêa-Marques; De Jong, 1998; Guzman-Novoa *et al.*, 2012; Pinto *et al.*, 2015; Invernizzi *et al.*, 2016). O comportamento de *grooming* refere-se à remoção de ácaros em sua fase forética, quando estes se encontram aderidos aos corpos das abelhas adultas (Guzman-Novoa *et al.*, 2012; Invernizzi *et al.*, 2016); enquanto o comportamento higiênico diz respeito à capacidade das abelhas de detectar a presença do ácaro nas células de cria e removê-lo da colônia (Corrêa-Marques; De Jong, 1998; Boecking; Spivak, 1999; Spivak; Danka, 2021). Assim, é razoável supor que as abelhas realizam menos atividades de *grooming* durante a estação seca na Amazônia, tornando-se mais vulneráveis ao ácaro *V. destructor* (Corrêa-Marques; De Jong, 1998; Guzman-Novoa *et al.*, 2012; Spivak; Danka, 2021; Invernizzi *et al.*, 2016). Entretanto, a hipótese de que abelhas africanizadas criadas sob as condições climáticas da Amazônia brasileira realizam mais atividades de *grooming* e/ou comportamento higiênico durante a estação chuvosa requer investigação em estudos futuros.

A segunda hipótese apresentada para explicar as elevadas taxas de infestação em abelhas adultas observadas na estação seca pode estar relacionada ao manejo das colônias durante este período do ano. No norte do Brasil, as colheitas de mel geralmente iniciam-se no final da estação chuvosa (maio) e prolongam-se até o final da estação seca (setembro). Durante este intervalo, os apicultores costumam realizar de duas a três colheitas de mel, com intervalos de 30 a 60 dias (Puker *et al.*, em prep.). As coletas efetuadas na estação seca coincidiram precisamente com o período de colheitas sucessivas de mel em praticamente todos os apiários amostrados. Assim, o aumento das taxas de infestação em abelhas adultas registradas neste período pode também refletir o intenso manuseio e o estresse a que as colônias são submetidas durante o processo de colheita de mel (Wiese, 2020). Colônias sujeitas a manipulação constante tendem a apresentar menores taxas de comportamento higiênico e, conseqüentemente, maiores taxas de infestação por *V. destructor* (Pinto *et al.*, 2015). Contudo, é crucial salientar que a infestação por *V. destructor* é um problema complexo e multifatorial, e que a interação entre fatores ambientais e biológicos pode variar em diferentes regiões e épocas do ano (Castilhos *et al.*, 2023).

Considerando as estações de amostragem, a taxa média de infestação de *V. destructor* em crias operculadas foi de 11,5%, o que pode ser classificado como uma infestação moderada. Além disso, a taxa média de infestação em crias operculadas variou de 16,5% na estação seca a 6,2% na estação chuvosa. Em geral, a infestação média de *V. destructor* em crias operculadas foi superior à registrada em outras regiões brasileiras, onde é inferior a 5,0% (Castilhos *et al.*, 2023). Normalmente, taxas de infestação superiores a 10,0%, como as notavelmente registradas na estação seca (16,5%), seriam consideradas perigosas em outras partes do mundo, onde as abelhas não são africanizadas (Genersch *et al.*, 2010; Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010). Isso se deve ao fato de que altas taxas de infestação em crias operculadas representam uma ameaça potencial à reprodução e ao desempenho da colônia (Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010). Essas pupas fortemente infestadas pelo ácaro constituirão a próxima geração de abelhas, e uma infestação severa neste estágio crítico do ciclo de vida das abelhas pode acarretar sérias implicações para a saúde e vitalidade dos enxames (Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010), como a redução do peso corporal de operárias e zangões (De Jong; Roma; Gonçalves, 1982; Duay; De Jong; Engles, 2003), bem como deformações em apêndices locomotores, como pernas e asas (Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010), o que interfere

drasticamente no desempenho de suas funções (Wells *et al.*, 2016). Contudo, os danos resultantes da infestação de *V. destructor* a nível individual ou de colônia não foram avaliados no presente estudo.

Nossos resultados indicam que várias colônias não foram infestadas ou apresentaram baixa infestação por *V. destructor* durante a estação seca. Dado que os mecanismos de interação entre o ácaro parasita e as abelhas hospedeiras não estão completamente elucidados, é importante ressaltar a necessidade de investigar, por exemplo, o comportamento higiênico das colônias nas estações seca e chuvosa na Amazônia, incluindo períodos que coincidem com a colheita do mel. Assim, do ponto de vista prático, durante a estação seca, os apicultores, além de monitorarem suas colônias com maior frequência para detectar e evitar problemas relacionados ao aumento da infestação por *V. destructor*, poderão selecionar colônias (rainhas) com características que conferem maior resistência ao ácaro (Boecking; Spivak, 1999; Rinderer *et al.*, 2010; Spivak; Danka, 2021). Isso pode prevenir a utilização de tratamentos químicos que, além de elevar os custos de produção, podem também contaminar o mel e outros produtos apícolas.

Quanto ao perfil reprodutivo de *V. destructor*, os resultados apresentados indicam que alguns parâmetros reprodutivos variaram entre as estações seca e chuvosa. Na estação seca, o número de fêmeas e o número de descendentes por colônia foram significativamente superiores aos da estação chuvosa. Contudo, é importante salientar que a média do número de descendentes por fêmea de *V. destructor* foi de 0,52 na estação seca e 0,41 na estação chuvosa, apresentando-se estatisticamente semelhantes entre as estações. A capacidade reprodutiva das fêmeas de *V. destructor* em colônias de abelhas africanizadas na Amazônia brasileira é comparável à de outras regiões do Brasil (Guimarães-Cestaro *et al.*, 2017a; Pinto *et al.*, 2022). Embora o número de fêmeas e o total de descendentes tenham variado sazonalmente, a capacidade reprodutiva individual de cada fêmea não foi afetada pelas estações seca e chuvosa na área de estudo. Assim, as maiores taxas de infestação em abelhas adultas observadas na estação seca aparentemente não se devem a um aumento na capacidade reprodutiva das fêmeas nessa estação, mas sim, provavelmente, a menores taxas de *grooming* e/ou comportamento higiênico das abelhas hospedeiras durante a estação seca (Corrêa-Marques; De Jong, 1998; Guzman-Novoa *et al.*, 2012; Spivak; Danka, 2021; Invernizzi *et al.*, 2016). Entretanto, essa hipótese ainda requer investigação futura para compreender melhor os

mecanismos interligados dessa relação parasita-hospedeiro sob as condições ambientais da Amazônia.

Em relação à análise genética de *V. destructor*, todas as amostras examinadas em ambas as estações revelaram-se positivas para o haplótipo K (Coreano), conhecido por sua maior virulência devido à capacidade reprodutiva superior em comparação ao haplótipo J (Japonês) (Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010). Estudos sobre o perfil genético de *V. destructor* indicaram que a maioria dos ácaros encontrados em diversas regiões do mundo pertence aos haplótipos J e K (Anderson; Trueman, 2000; Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010). No Brasil, até meados da década de 1990, o haplótipo J era predominante (Anderson; Trueman, 2000), especialmente em áreas com baixas taxas de infestação por *V. destructor* (Garrido *et al.*, 2003). Contudo, na pesquisa realizada por Garrido *et al.* (2003), que analisaram amostras de *V. destructor* obtidas em Ribeirão Preto (São Paulo) e Florianópolis (Santa Catarina) em 1996 e 2001, constataram que o haplótipo J presente em uma amostra de 1996 havia sido completamente substituído pelo haplótipo K nas amostras de 2001. Em um estudo genético recente que abrangeu diferentes regiões do Brasil, Pinto *et al.* (2022) documentaram a presença dos haplótipos J e K em apiários brasileiros, com predominância do haplótipo K. Além disso, Guimarães-Cestaro *et al.* (2017b) e Octaviano-Salvadé *et al.* (2017) relataram apenas o haplótipo K em amostras coletadas nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul. Assim, os resultados deste estudo são consistentes com investigações recentes realizadas em várias regiões do território brasileiro, que também evidenciaram a prevalência do haplótipo K em populações de *V. destructor* (Guimarães-Cestaro *et al.*, 2017b; Octaviano-Salvadé *et al.*, 2017; Pinto *et al.*, 2022). Por fim, embora o haplótipo K seja reconhecido por sua maior virulência em relação ao haplótipo J (Rosenkranz; Aumeier; Ziegelmann, 2010), sua predominância em apiários do sudoeste da Amazônia brasileira sugere que as abelhas africanizadas criadas racionalmente na região podem ser tolerantes a esse genótipo de ácaro, uma vez que até o momento não foram observadas perdas de colônias devido à infestação por *V. destructor*.

## 2. 4. CONCLUSÃO

Os nossos resultados demonstram que, embora o ácaro *V. destructor* esteja amplamente disseminado em apiários no sudoeste da Amazônia brasileira, sua taxa de infestação em abelhas adultas pode ser considerada suficientemente baixa para causar danos severos às colônias. Além disso, os achados deste estudo revelam que existe uma maior taxa de infestação em abelhas adultas durante a estação seca do que na estação chuvosa na região estudada. Portanto, dado que os mecanismos de interação parasita–hospedeiro não estão completamente esclarecidos, é necessário investigar, por exemplo, o comportamento higiênico das colônias nas estações seca e chuvosa da Amazônia. Isso permitirá selecionar colônias (rainhas) com características que conferem maior resistência ao ácaro parasita.

Com relação ao perfil reprodutivo de *V. destructor*, os resultados deste estudo demonstram que o número de fêmeas e o número de descendentes por colônia são superiores na estação seca em comparação com a estação chuvosa. Entretanto, o número médio de descendentes por fêmea do parasita é semelhante entre as estações, indicando que a capacidade reprodutiva individual de cada fêmea não é influenciada pelas estações seca e chuvosa na região de estudo.

A análise do perfil genético das populações de *V. destructor* revelou a presença exclusiva do haplótipo K (Coreano) em todas as amostras analisadas. Contudo, apesar da predominância do haplótipo K em nossas amostras, nenhuma perda de colônias devido à infestação de *V. destructor* foi observada até ao momento.

Finalmente, os resultados deste estudo evidenciam que compreender a sazonalidade da infestação de *V. destructor* em apiários amazônicos pode ser crucial para o desenvolvimento de estratégias de manejo de colônias, especialmente durante a estação seca, quando a pressão parasitária é mais intensa. Esta abordagem pode ser fundamental para assegurar a preservação de colônias de abelhas africanizadas criadas racionalmente na Amazônia e, conseqüentemente, garantir a obtenção dos seus produtos apícolas e a manutenção dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelas abelhas.

### 3. REFERÊNCIAS

ALATTAL, Y.; ALGHAMDI, A.; SINGLE, A.; ANSARI, M. J.; *et al.* Fertility and reproductive rate of *Varroa* mite, *Varroa destructor*, in native and exotic honeybee, *Apis mellifera* L., colonies under Saudi Arabia conditions. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Riad, v. 24, n. 5, p. 992–995, jul. 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, dez. 2013.

ANDERSON, D. L.; FUCHS, S. Two genetically distinct populations of *Varroa jacobsoni* with contrasting reproductive abilities on *Apis mellifera*. **Journal of Apicultural Research**, Londres, v. 37, n. 2, p. 69–78, 1998.

ANDERSON, D. L.; TRUEMAN, J. W. H. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 24, n. 3, p. 165–189, mar. 2000.

BALL, B. V. Acute paralysis virus isolates from honeybee colonies infested with *Varroa jacobsoni*. **Journal of Apicultural Research**, Londres, v. 24, n. 2, p. 115–119, 1985.

BOECKING, O.; SPIVAK, M. Behavioral defenses of honeybees against *Varroa jacobsoni* Oud. **Apidologie**, Versailles, v. 30, n. 2-3, p. 141–158, 1999.

BROOKS, M. E.; KRISTENSEN, K.; VAN BENTHEM, K. J. glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. **The R Journal**, Vienna, v. 9, n. 2, p. 378–400, dez. 2017.

CARNEIRO, F. E.; BARROSO, G. V.; STRAPAZZON, R.; MORETTO, G. Reproductive ability and level of infestation of the *Varroa destructor* mite in *Apis mellifera* apiaries in Blumenau, state of Santa Catarina, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 36, n. 1, p. 109–112, jan./mar. 2014.

CASTILHOS, D.; POLESSO, A. M.; da SILVA, A. C. F.; dos SANTOS, A. B.; *et al.* *Varroa destructor* infestation levels in Africanized honey bee colonies in Brazil from 1977 when first detected to 2020. **Apidologie**, Versailles, v. 54, 5, jan. 2023.

CORRÊA-MARQUES, M.-H.; DE JONG, D. Uncapping of worker bee brood, a component of the hygienic behavior of Africanized honey bees against the mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. **Apidologie**, Versailles, v. 29, n. 3, p. 283–289, 1998.

CORREIA-OLIVEIRA, M. E.; MERCÊS, C. C.; MENDES, R. B.; NEVES, V. S. L.; *et al.* Can the environment influence varroosis infestation in Africanized honey bees in a Neotropical region? **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 101, n. 3, p. 464–469, set. 2018.

COSTA, F. M.; MIRANDA, S. B.; TOLEDO, V. A. T.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; *et al.* Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas na

região de Maringá, estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 101–108, 2007.

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. 3. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 193 p.

DeGRANDI-HOFFMAN, G.; AHUMADA, F.; ZAZUETA, V.; CHAMBERS, M.; *et al.* Population growth of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in honey bee colonies is affected by the number of foragers with mites. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 69, n. 1, p. 21–34, maio 2016.

DE JONG, D.; DE JONG, P. H.; GONÇALVES, L. S. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*. **Journal of Apicultural Research**, Londres, v. 21, n. 3, p. 165–167, 1982.

DE JONG, D.; ROMA, D. A.; GONÇALVES, L. S. A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honeybees. **Apidologie**, Versailles, v. 13, n. 3, p. 297–306, 1982.

DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, Bucks, v. 77, n. 2, p. 67–70, abr. 1996.

DE JONG, D.; GONÇALVES, L. S. The Africanized bees of Brazil have become tolerant to *Varroa*. **Apiacta**, Bucarest, v. 33, n. 3, p. 67–70, jul. 1998.

DUAY, P.; DE JONG, D.; ENGLÉS, W. Weight loss in drone pupae (*Apis mellifera*) multiply infested by *Varroa destructor* mites. **Apidologie**, Versailles, v. 34, p. 61–65, jan./fev. 2003.

FAZA, A. P.; PINTO, I. S. B.; FONSECA, I.; ANTUNES, G. R.; *et al.* A new approach to characterization of the resistance of populations of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) to organophosphate and pyrethroid in the state of Minas Gerais, Brazil. **Experimental Parasitology**, San Diego, v. 134, n. 4, p. 519–523, ago. 2013.

FOGAÇA, M. J.; de MORAIS, A. L.; de PAULA, R.; MODRO, A. F. H.; *et al.* Infestação de *Varroa destructor* em colmeias de abelhas africanizadas em Novo Horizonte do Oeste – RO. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Rolim de Moura, v. 1, n. 1, p. 59–63, 2012.

FRANCA, R. R. da. Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 44–58, jan./jun. 2015.

GARRIDO, C.; ROSENKRANZ, P.; PAXTON, R. J.; GONÇALVES, L. S. Temporal changes in *Varroa destructor* fertility and haplotype in Brazil. **Apidologie**, Versailles, v. 34, p. 535–541, nov./dez. 2003.

GENERSCH, E.; von der OHE, W.; KAATZ, H.; SCHROEDER, A.; *et al.* The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. **Apidologie**, Versailles, v. 41, n. 3, p. 332–352, maio/jun. 2010.

GUIMARÃES-CESTARO, L.; ALVES, M. L. T M. F.; MESSAGE, D.; SILVA, M. V.G. B.; *et al.* Honey bee (*Apis mellifera*) health in stationary and migratory apiaries. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 64, n. 1, p. 42–49, maio 2017a.

GUIMARÃES-CESTARO, L.; SERRÃO, J. E.; MESSAGE, D.; ALVES, M. L. T M. F.; *et al.* A scientific note on occurrence of pathogens in colonies of honey bee *Apis mellifera* in Vale do Ribeira, Brazil. **Apidologie**, Versailles, v. 48, p. 384–386, maio 2017b.

GUZMAN-NOVOA, E.; EMSÉN, B.; UNGER, P.; ESPINOSA-MONTAÑO, L. G.; *et al.* Genotypic variability and relationships between mite infestation levels, mite damage, grooming intensity, and removal of *Varroa destructor* mites in selected strains of worker honey bees (*Apis mellifera* L.). **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v. 110, n. 3, p. 314–320, jul. 2012.

HARTIG, F. **DHARMa**: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models. R package version 0.4.4. 2021.

HARRISON, X. A.; DONALDSON, L.; CORREA-CANO, M.E. A brief introduction to mixed effects modelling and multi-model inference in ecology. **PeerJ**, Londres, v. 6, e4794, maio 2018.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Estado de Rondônia**: vegetação. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2006. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22460-vegetacao-por-estado>>. Acesso em: 26 mar. 2025, 10:35.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Cidades**: Território e ambiente. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/panorama>>. Acesso em: 26 mar. 2025, 09:28.

INVERNIZZI, C.; ZEFFERINO, I.; SANTOS, E.; SÁNCHEZ, L.; *et al.* Multilevel assessment of grooming behavior against *Varroa destructor* in Italian and Africanized honey bees. **Journal of Apicultural Research**, Londres, v. 54, n. 4, p. 321–327, maio 2016.

MEDINA, L.; MARTIN, S. J. A comparative study of *Varroa jacobsoni* reproduction in worker cells of honeybees (*Apis mellifera*) in England and Africanized bees in Yucatan, Mexico. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 23, n. 8, p. 659–667, ago. 1999.

MESSAGE, D.; TEIXEIRA, É. W.; DE JONG, D. Situação da sanidade das abelhas no Brasil, p. 237–256. *In*: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. (Orgs.). **Polinizadores no Brasil**: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: Edusp, 2012. 488 p.

MORETTO, G.; GONÇALVES, L. S.; DE JONG, D.; BICHUETTE, M. Z. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud infestations in Brazil. **Apidologie**, Versailles, v. 22, n. 3, p. 197–203, 1991.

MORETTO, G.; GONÇALVES, L. S.; DE JONG, D. Relationship between food availability and the reproductive ability of the mite *Varroa jacobsoni* in Africanized bee colonies. **American Bee Journal**, Hamilton, v. 137, n. 1, p. 67–69, jan. 1997.

NAVAJAS, M.; SOLIGNAC, M.; LE CONTE, Y.; CROS-ARTEIL, S.; *et al.* The complete sequence of the mitochondrial genome of the honey-bee ectoparasite *Varroa destructor* (Acari: Mesostigmata). **Molecular Biology and Evolution**, Cary, v. 19, n. 12, p. 2313–2317, dez. 2002.

OCTAVIANO-SALVADÉ, C. E.; LEHER, C. E.; DE JONG, D.; PINTO, P. M.; *et al.* A scientific note on genetic profile of the mite *Varroa destructor* infesting apiaries in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Apidologie**, Versailles, v. 48, n. 2, p. 621–622, set. 2017.

PEIXOTO, C. M.; CORREIA-OLIVEIRA, M. E.; SILVA, F. de L.; RAMOS, C. E. C. de O.; *et al.* *Varroa destructor* in *Apis mellifera* colonies in Brazil. **Journal of Apicultural Research**, Londres, v. 60, p. 1–7, ago. 2021.

PINTO, F. A.; PUKER, A.; MESSAGE, D.; BARRETO, L. M. R. C. *Varroa destructor* in Juquitiba, Vale do Ribeira, Southeastern Brazil: seasonal effects on the infestation rate of ectoparasitic mites on honeybees. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 57, n. 3, p. 511–518, dez. 2011.

PINTO, F. A.; PUKER, A.; BARRETO, L. M. R. C.; MESSAGE, D. The ectoparasite mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman in Southeastern Brazil apiaries: effects of the hygienic behavior of Africanized honey bees on infestation rates. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 5, p. 1194–1199, out. 2012.

PINTO, F. A.; PUKER, A.; MESSAGE, D.; BARRETO, L. M. R. C. Infestation rate of the mite *Varroa destructor* in commercial apiaries of the Vale do Paraíba and Serra da Mantiqueira, Southeastern Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 2, p. 631–635, mar./abr. 2015.

PINTO, F. A.; TEIXEIRA, É. W.; GUIMARÃES-CESTARO, L.; MARTINS, M. F.; *et al.* *Varroa destructor* in Africanized honey bees in Brazil: genetic and reproductive profile. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 69, n. 1, e7340, mar. 2022.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. 2023.

RAMSEY, S. D.; OCHOA, R.; BAUCHAN, G.; GULBRONSON, C.; *et al.* *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. **PNAS**, Washington, v. 116, n. 5, p. 1792–1801, jan. 2019.

RINDERER, T. E.; HARRIS, J. W.; HUNT, G. J.; de GUZMAN, L. I. Breeding for resistance to *Varroa destructor* in North America. **Apidologie**, Versailles, v. 41, n. 3, p. 409–424, maio/jun. 2010.

ROSENKRANZ, P. Honey bee (*Apis mellifera* L.) tolerance to *Varroa jacobsoni* Oud. in South America. **Apidologie**, Versailles, v. 30, n. 2-3, 159–172, 1999.

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

SANTOS, L. G.; ALVES, M. L. T. M. F.; MESSAGE, D.; PINTO, F. A.; *et al.* Honey bee health in apiaries in the Vale do Paraíba, São Paulo state, Southeastern Brazil. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 61, n. 3, p. 307–312, set. 2014.

SOUZA, J. A. de; de SOUZA, E. F. M.; MODRO, A. F. H.; PORTO, W. S.; *et al.* A apicultura em Rondônia (Amazônia Legal): estudo de caso sobre o arranjo produtivo local da apicultura no Cone Sul. **Revista Estudo & Debate**, Lajeado, v. 23, n. 2, p. 115–137, jun. 2016.

SPIVAK, M.; DANKA, R. G. Perspectives on hygienic behavior in *Apis mellifera* and other social insects. **Apidologie**, Versailles, v. 52, n. 1, p. 1–16, fev. 2021.

TEIXEIRA, É. W.; MESSAGE, D. Abelhas *Apis mellifera*, p. 175–216. In: **Manual veterinário de colheita e envio de amostras**: manual técnico. Cooperação Técnica MAPA/OPAS-PANAFTOSA para o Fortalecimento dos Programas de Saúde Animal do Brasil. Rio de Janeiro, RJ: PANAFTOSA-OPAS/OMS, 2010. 217 p.

WELLS, T.; WOLF, S.; NICHOLLS, E.; GROLL, H.; *et al.* Flight performance of active foraging honey bees is reduced by a common pathogen. **Environmental Microbiology Reports**, Londres, v. 8, n. 5, p. 728–737, out. 2016.

WIELEWSKI, P.; TOLEDO, V. A. A.; SEREIA, M. J.; FRAQUINELLO, P.; *et al.* Níveis de infestação do ácaro *Varroa destructor* em colônias de abelhas *Apis mellifera* L. africanizadas submetidas à produção de geleia real ou rainhas. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 25, n. 1, p. 14–23, 2013.

WILFERT, L.; LONG, G.; LEGGETT, H. C.; SCHMID-HEMPE, P.; *et al.* Deformed wing virus is a recent global epidemic in honeybees driven by *Varroa* mites. **Science**, Washington, v. 351, n. 6273, p. 594–597, fev. 2016.

WIESE, H. **Nova Apicultura**. 10. ed. Guaíba, RS: Agrolivros, 2020. 544 p.