

Campus Colorado do Oeste
Coordenação do Curso em Engenharia Agrônoma

JOÃO PEDRO FERREIRA EVANGELISTA

**EFEITOS DA SAZONALIDADE SOBRE A INTENSIDADE DE INFECÇÃO DE *Nosema*
spp. (MICROSPORIDIA) EM COLÔNIAS DE ABELHAS AFRICANIZADAS NO CONE
SUL DE RONDÔNIA, NORTE DO BRASIL**

COLORADO DO OESTE

2025

JOÃO PEDRO FERREIRA EVANGELISTA

EFEITOS DA SAZONALIDADE SOBRE A INTENSIDADE DE INFECÇÃO DE *Nosema spp.* (MICROSPORIDIA) EM COLÔNIAS DE ABELHAS AFRICANIZADAS NO CONE SUL DE RONDÔNIA, NORTE DO BRASIL

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).

Evangelista, João Pedro Ferreira.
Efeito da sazonalidade sobre a intensidade de infecção de
Nosema spp.(Microsporidia) em colônias de abelhas africanizadas no
cone sul de Rondônia, norte do Brasil / João Pedro Ferreira
Evangelista, Colorado do Oeste-RO, 2025.
27 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.
Nosemose. 4. Patologia de abelhas. 5. Sanidade apícola. I. Puker,
Anderson (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140 (Campus Colorado do Oeste)

**EFEITOS DA SAZONALIDADE SOBRE A INTENSIDADE DE INFECÇÃO DE
Nosema spp. (MICROSPORIDIA) EM COLÔNIAS DE ABELHAS
AFRICANIZADAS NO CONE SUL DE RONDÔNIA, NORTE DO BRASIL**

EFFECTS OF SEASONALITY ON THE INTENSITY OF INFECTION OF *Nosema*
spp. (MICROSPORIDIA) IN AFRICANIZED HONEYBEE COLONIES IN THE
SOUTHERN CONE OF RONDÔNIA, NORTHERN BRAZIL

João Pedro Ferreira Evangelista¹

Anderson Puker²

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

²Prof. 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 nosemose, causada pelos fungos microsporídios do gênero *Nosema* (Fungi, Microsporidia), é uma doença que acomete as colônias de abelhas melíferas mundialmente. Ao nível de colônia, a doença produz reduções significativas no tamanho da colônia, número de crias e produção de mel. Apesar de sua notável importância à atividade apícola, pesquisas sobre a nosemose para região norte do Brasil ainda são incipientes. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar o perfil sanitário das colônias de abelhas africanizadas em apiários produtores de mel, localizados na região do Cone do Sul do estado de Rondônia, com enfoque sobre os agentes causadores da nosemose. Mais especificamente investigamos se há efeito da sazonalidade (estações seca e chuvosa) sobre a probabilidade e intensidade de infecção de *Nosema* spp. em colônias de abelhas africanizadas. Para tanto, foram selecionados 10 apiários estacionários (fixos) distribuídos nos municípios de Colorado do Oeste, Pimenteiras do Oeste e Vilhena, e que têm relevância na produção apícola regional. Assim, em cada apiário, três colônias foram selecionadas aleatoriamente e identificadas para coleta de amostras de abelhas campeiras nas estações seca (julho–agosto de 2022 e 2023) e chuvosa (fevereiro–março de 2023 e 2024). Nossa pesquisa registra, pela primeira vez, a presença de *Nosema* spp. para a região norte do Brasil. O patógeno se encontra presente e amplamente disseminado nos apiários do Cone Sul rondoniense, sendo diagnosticado em 80% dos apiários amostrados. Considerando ambas as estações, a intensidade média de infecção de *Nosema* spp. em abelhas adultas foi de 103.703,7 esporos/abelha (0,0–2.022.500). Entretanto, a intensidade de infecção variou muito entre as estações, sendo nove vezes maior na estação chuvosa.

Palavras-chave: Apicultura brasileira. *Apis mellifera* africanizada. Nosemose. Patologia de abelhas. Sanidade apícola.

ABSTRACT

Nosemosis, caused by microsporidian fungi of the genus *Nosema* (Fungi, Microsporidia), is a disease that affects honey bee colonies worldwide. At the colony level, the disease produces significant reductions in colony size, brood number and honey production. Despite its notable importance to beekeeping activity, research on nosemosis in the northern region of Brazil is still incipient. Therefore, this study aims to evaluate the health profile of Africanized honeybee colonies in honey-producing apiaries located in the Southern Cone region of the state of Rondônia, focusing on the causative agents of nosemosis. More specifically, we investigated whether there is an effect of seasonality (dry and rainy seasons) on the probability and intensity of *Nosema* spp. infection in Africanized honeybee colonies. For this purpose, were selected 10 stationary (fixed) apiaries distributed in the municipalities of Colorado do Oeste, Pimenteiras do Oeste and Vilhena, which are relevant to regional beekeeping production. Thus, in each apiary, three colonies were randomly selected and identified for collection of samples of field bees in the dry (July–August 2022 and 2023) and rainy (February–March 2023 and 2024) seasons. Our research record, for the first time, the presence of *Nosema* spp. for the northern region of Brazil. The pathogen is present and widely disseminated in the apiaries of the Southern Cone of Rondônia, being diagnosed in 80% of the apiaries sampled. Considering both seasons, the average intensity of infection of *Nosema* spp. in adult bees was 103,703.7 spores/bee (0.0–2,022,500). However, the intensity of infection varied greatly between seasons, being nine times higher in the rainy season.

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

1. INTRODUÇÃO

A prática da apicultura desenvolve a criação racional de abelhas melíferas, principalmente de *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae), com o intuito de obter diversos produtos de importância econômica, tais como mel, própolis, pólen, geleia real, cera e apitoxina (Couto; Couto, 2006). Além dos produtos apícolas que contribuem com a renda de pequenos produtores e a valorização das propriedades rurais, a atividade apícola possui também uma reconhecida importância ecológica e social. O trabalho das abelhas resulta na polinização de diversas espécies vegetais, algumas das quais dependem de agentes polinizadores para obter uma intensificação de sua capacidade produtiva (Brown; Paxton, 2009). Desse modo, as abelhas e outros polinizadores são responsáveis por manter a biodiversidade da flora e o funcionamento adequado dos ecossistemas, sendo muitas vezes essenciais para manutenção da produção de alimentos, e consequentemente a vida da humanidade (Brown; Paxton, 2009; FAO, 2018).

O território brasileiro como um todo possui um grande potencial apícola. O clima possibilita a produção de mel praticamente ao longo de todo o ano; e a biodiversidade da flora nacional e de ecossistemas envolvendo seis biomas distintos caracteriza o mel com propriedades, cores e sabores distintos. Além disso, a africanização das abelhas europeias que predominavam no País até meados do século passado foi um marco para apicultura brasileira (De Jong, 1996), pois as abelhas africanizadas como assim passaram a ser denominadas têm se mostrado mais resistentes e produtivas do que as abelhas europeias (Moretto *et al.*, 1991; De Jong, 1996). Contudo, este cenário favorável vem sofrendo mudanças em anos recentes, com declínio populacional e mortalidade de abelhas melíferas já registrados em apiários de diversas regiões brasileiras (Pires *et al.*, 2016). É patente a maior incidência de problemas sanitários nas colônias de abelhas africanizadas no País, em contraste com o que ocorria em décadas anteriores (Pires *et al.*, 2016).

As colônias de abelhas *A. mellifera* são acometidas por diversas doenças (Maggi *et al.*, 2016), acarretando problemas no desenvolvimento das abelhas (em crias e adultos), e interferindo negativamente na produtividade das colônias (Message; Teixeira; De Jong, 2012). As abelhas melíferas podem ser afetadas por vários patógenos e parasitas, incluindo os microsporídios do gênero *Nosema* (Fungi,

Microsporidia) (Fries, 2010). Os microsporídios *Nosema apis* e *N. ceranae* são os agentes causadores da doença conhecida como nosemose (Fries, 2010). A contaminação ocorre com a ingestão de esporos em alimentos contaminados ou durante o processo de limpeza ou forrageamento (Higes; Marín-Hernandez; Meana, 2010). A infecção afeta as células epiteliais do intestino das abelhas causando distúrbios no sistema digestório (Fries, 2010), bem como diminuindo a longevidade das operárias, culminando com a redução da população de abelhas na colônia (Botías *et al.*, 2013; Eiri *et al.*, 2015). Atualmente, a nosemose pode ser encontrada nos cinco continentes e quando atua sinergicamente com a contaminação por pesticidas pode afetar drasticamente a saúde das abelhas (Pettis *et al.*, 2012). Este efeito sinérgico entre nosemose e resíduos de pesticidas nas colônias tem sido apontado como um dos fatores responsáveis pelo declínio populacional de abelhas em alguns países (Pettis *et al.*, 2012). Especificamente no Brasil, a infecção por *N. ceranae* em abelhas africanizadas é reportada desde a década de 1970, mas a doença não causou grandes problemas no País até o momento (Teixeira *et al.*, 2013).

O estado de Rondônia, situado no sudoeste da Amazônia brasileira, possui uma vasta extensão territorial (237.765 km²) 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. Para o nosso conhecimento, até o presente momento, nenhuma pesquisa investigou a presença/prevalência da nosemose em Rondônia. Além disso, também não é conhecido se há efeito da sazonalidade (estações seca e chuvosa) sobre a intensidade de infecção de *Nosema* spp. em colônias de abelhas africanizadas criadas racionalmente nos apiários rondonienses. Por outro lado, em outras regiões do Brasil, estudos recentes sobre a nosemose têm sido realizados. Por exemplo, no estado da Bahia, a nosemose está amplamente distribuída por todas as regiões do estado, sendo que *N. ceranae* foi detectada na maioria (>60%) das colônias avaliadas, ao passo que *N. apis* não foi detectada (Lage *et al.*, 2022). De forma semelhante, em apiários no sul do Brasil, a prevalência de *N. ceranae* é bem expressiva, sendo detectada na maioria (58%) das colônias analisadas (Chagas *et al.*, 2020). Ademais, pesquisa realizada no estado de São Paulo demonstrou a influência da sazonalidade sobre a prevalência e intensidade de infecção por *N. ceranae* entre as estações outono e primavera (Guimarães-Cestaro *et al.*, 2017). Diante disso, o presente estudo

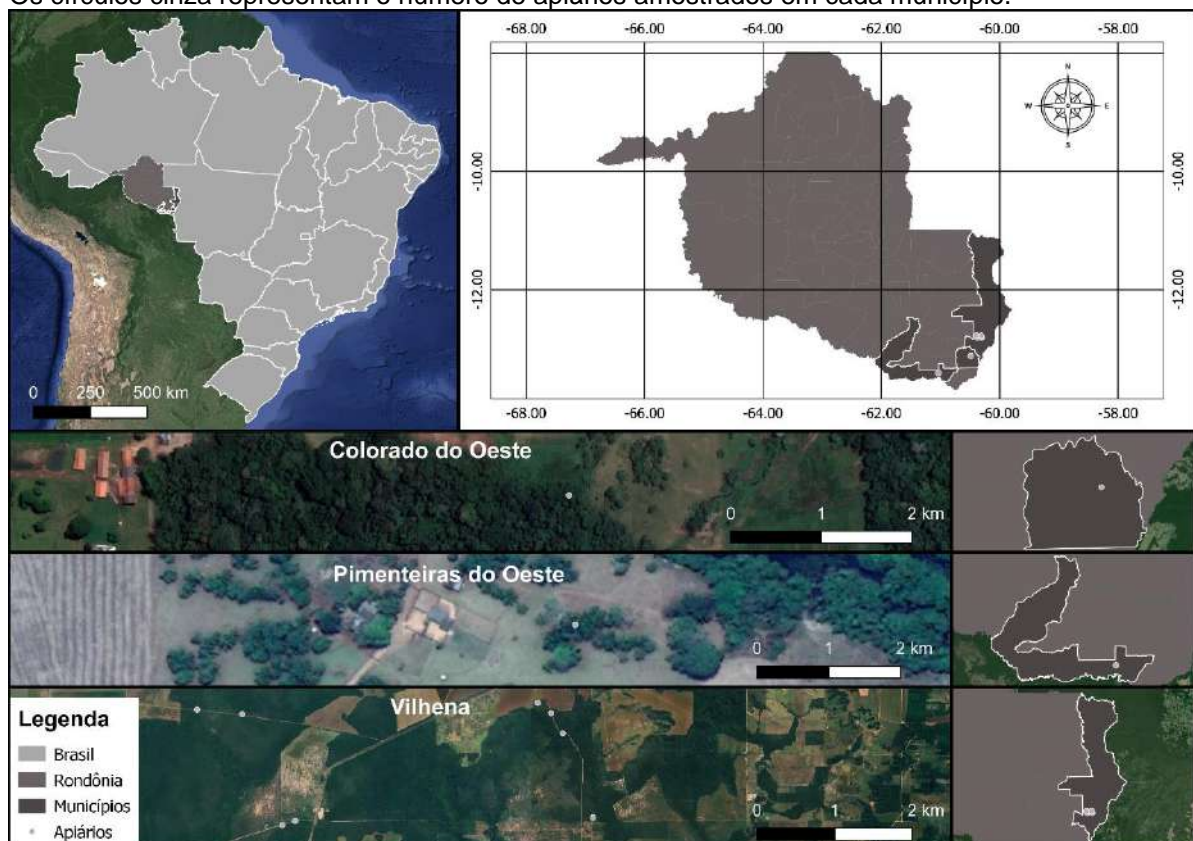
teve como objetivo investigar o efeito da sazonalidade (estações seca e chuvosa) sobre a probabilidade e intensidade de infecção de *Nosema* spp. em colônias de abelhas africanizadas criadas racionalmente em apiários no Cone Sul de Rondônia, norte do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO E DOS APIÁRIOS AMOSTRADOS

Em Rondônia, a apicultura está em processo dinâmico de desenvolvimento, sendo a região do Cone Sul do estado, uma das que mais se destaca em termos de produção de mel (Souza *et al.*, 2016). Desse modo, a presente pesquisa visou obter amostras representativas e equitativas de três municípios localizados na região do Cone Sul – Colorado do Oeste (13°07'15" S, 60°32'42" W; altitude de 430 m), Pimenteiras do Oeste (13°28'19" S; 61°02'48" W; 170 m) e Vilhena (12°44'18" S; 60°07'19" W; 602 m) – localizados em uma região do sudoeste da Amazônia brasileira (Figura 1). A vegetação nativa é caracterizada principalmente por Floresta Ombrófila Densa Submontana, com árvores típicas do bioma Amazônia (IBGE, 2006).

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



Fonte: Evangelista (2025).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é *Am* – tropical úmido (clima tropical de monção) (Alvares *et al.*, 2013), com os maiores índices de chuvas registrados em janeiro (média de 305,4 mm), fevereiro (281,1 mm) e dezembro (272,9 mm); e uma estação seca bem definida correspondente aos meses de 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), enquanto que a precipitação média anual é de aproximadamente 2.250 mm (Franca, 2015).

Foram selecionados um total de 10 apiários estacionários (fixos) destinados à produção de mel, sendo oito apiários no município de Vilhena, um apiário em Colorado do Oeste e um apiário em Pimenteiras do Oeste, em uma distância que varia de 0,5 a 105,0 km um do outro. Dentre esses 10 apiários está o apiário-escola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) – *Campus Colorado do Oeste*, o qual também é utilizado para atividades de ensino, pesquisa e extensão. Todos os apiários estão localizados no interior de 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.

Os apiários possuem em média oito colônias (6–12) padrão Langstroth, instaladas majoritariamente sobre cavaletes individuais, a uma distância que varia de 1,0 a 5,0 m entre uma da outra. As colônias constituem basicamente de caixa ninho (10 quadros), e as melgueiras são colocadas conforme a demanda da produção de mel. As práticas de manejo realizadas são as preconizadas para criação racional de abelhas africanizadas em colônias padrão Langstroth (Couto; Couto, 2006), incluindo substituição de quadros de crias, reposição de quadros com cera alveolada, divisão de enxames, alimentação artificial (energética e proteica) na entressafra, e na maioria dos apiários, realiza-se a substituição anual de rainha, as quais são produzidas nos próprios apiários. Além disso, nenhum dos apicultores usa quaisquer tipos de medicamentos para o controle de enfermidades das colônias e também não usam rainhas selecionadas para resistência/tolerância a patógenos e/ou parasitas.

2.2. OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

Todas as amostras foram colhidas, transportadas e acondicionadas conforme estabelecido no *Manual Veterinário de Colheita e Envio de Amostras* (TEIXEIRA; MESSAGE, 2010).

Em cada um dos 10 apiários, foram selecionadas aleatoriamente três colônias contendo enxames populosos e presumivelmente sadios, totalizando 30 colônias amostradas. As colônias selecionadas foram previamente identificadas para coleta de amostras nas estações seca (julho–agosto de 2022 e 2023) e chuvosa (fevereiro–março de 2023 e 2024) (Tabela 1). Entretanto, 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
Total	10	30	9	27	9	26	9	25

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 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 obtenção de amostras de abelhas campeiras para análise quanto à intensidade de infecção por *Nosema* spp., primeiramente foi tomado o devido cuidado em fechar o alvado das colônias com uma tira de espuma, o que permitiu a coleta apenas de operárias campeiras (Figura 2). Somente abelhas forrageadoras foram coletadas para avaliar a infecção por *Nosema* spp. por serem mais velhas, apresentando, provavelmente, maior número de esporos que os demais membros da

colônia (Meana; Martín-Hernández; Higes, 2010). Para coletar as abelhas foi utilizado um pincel comum de 3 cm de largura, a fim de “varrer” as abelhas para dentro de frasco de plástico (tipo coletor universal) contendo 25 mL de álcool 70% (Teixeira; Message, 2010) (Figura 3). Desse modo, foram colhidas no mínimo 30 operárias campeiras por colônia. Os frascos com amostras devidamente identificados foram mantidos sob temperatura ambiente até o seu processamento em laboratório (Teixeira; Message, 2010).

Figura 2 – Processo de fechamento do alvado com espuma.



Fonte: Evangelista (2024).

Figura 3 – Coleta de abelhas campeiras com pincel.



Fonte: Evangelista (2024).

2.3. PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS

Para analisar a intensidade de infecção por *Nosema* spp. em abelhas campeiras, inicialmente foram separadas 30 abelhas por amostra, as quais foram agrupadas e maceradas, usando 1 mL de água destilada por abelha (Figura 4). Em seguida, o macerado foi filtrado em camadas de algodão para remoção de partículas grosseiras e, posteriormente, filtrado em papel de filtro (poros de 14 μm) para obtenção dos esporos (Puker, 2011) (Figura 5). A solução contendo os esporos foi acondicionada em tubos cônicos de 50 mL estéreis para realizar o procedimento de contagem dos esporos. Imediatamente antes da contagem do número de esporos do patógeno, a solução foi submetida a agitação vigorosa e constante em agitador *vortex* (Figura 6). Em seguida, uma alíquota dessa solução devidamente homogeneizada foi transferida para câmara de Neubauer para contagem do número de esporos em microscopia de luz (aumento de 400 \times) (Cantwell, 1970; Fries *et al.*, 2013) (Figuras 7–8). A identificação taxonômica dos esporos foi realizada usando informações

disponíveis na literatura científica (Fries *et al.*, 1996, 2013). Em nosso estudo, os microsporídios causadores da nosemose foram identificados como *Nosema* spp., uma vez que as características morfológicas dos esporos de *N. apis* e *N. ceranae*, quando observadas por meio de microscopia ótica, são muito semelhantes (Chen *et al.*, 2009), o que dificulta a distinção e o diagnóstico diferencial, quando as abelhas estão infectadas por ambas as espécies (Fries *et al.*, 2013).

Figura 4 – Processamento e maceração dos abdomens de 30 abelhas.



Fonte: Evangelista (2024).

Figura 5 – Filtragem das amostras maceradas.



Fonte: Evangelista (2024).

Figura 6 – Agitação de amostra em agitador vortex.



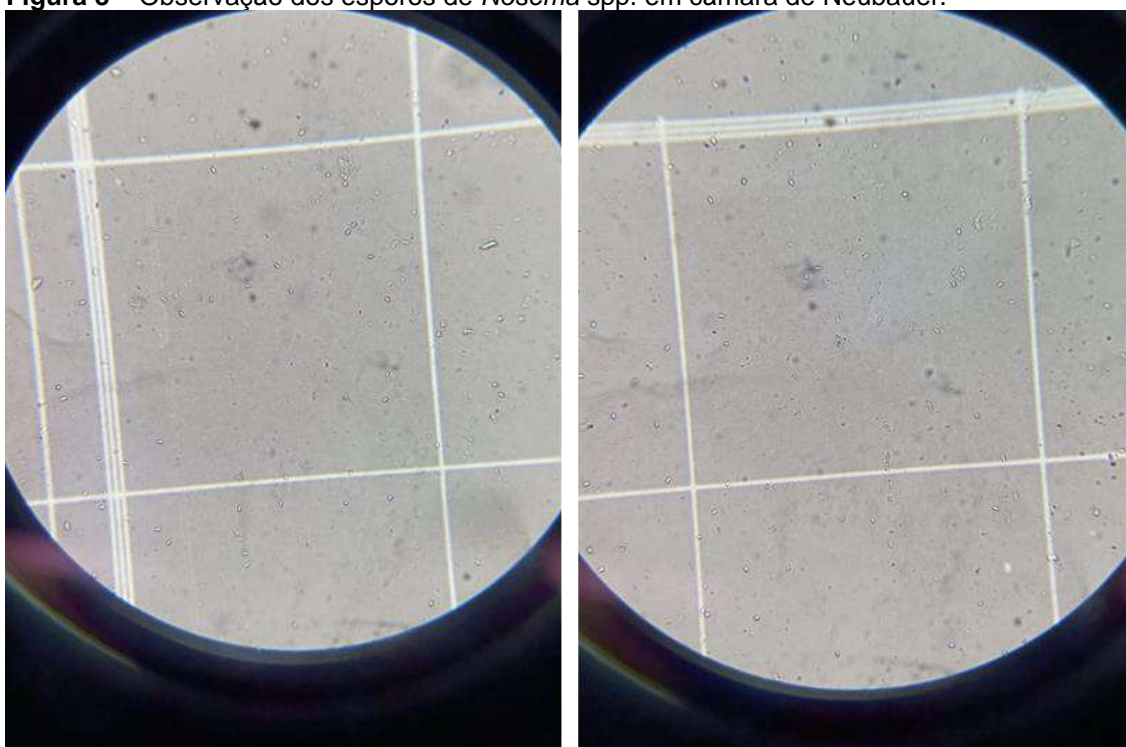
Fonte: Evangelista (2024).

Figura 7 – Transferência de alíquota da amostra para câmara de Neubauer.



Fonte: Evangelista (2024).

Figura 8 – Observação dos esporos de *Nosema* spp. em câmara de Neubauer.



Fonte: Evangelista (2024).

2.4. ANÁLISE DOS DADOS

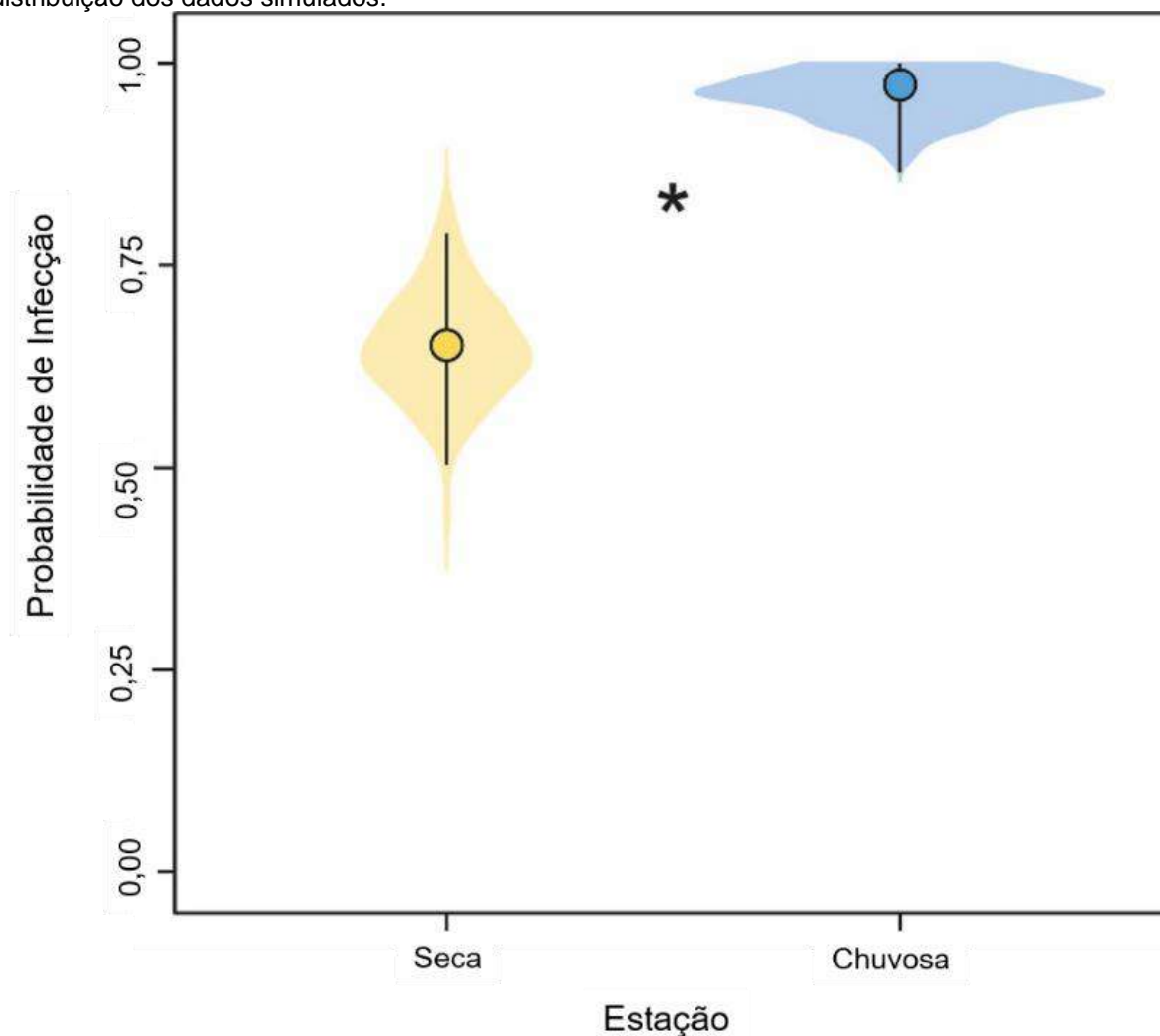
A intensidade de infecção por *Nosema* spp. sobre as abelhas campeiras foi aferida mediante a contagem do número de esporos por amostra formada de um conjunto (“pool”) de 30 abelhas. A partir da obtenção do número total de esporos de *Nosema* spp. por amostra, este valor foi dividido pelo número de abelhas analisadas. Desse modo, foi possível registrar os dados em número de esporos por abelha.

Para testar diferenças na probabilidade e intensidade de infecção em colônias e abelhas adultas (número de esporos/abelha) entre as estações seca e chuvosa, Modelos Lineares Generalizados de Efeitos Mistos (GLMMs) (Harrison *et al.*, 2018) foram utilizados. Como as colônias foram amostradas em períodos diferentes (duas estações em dois anos) e pertenciam ao mesmo apiário e ao mesmo município, utilizamos essas variáveis como efeitos aleatórios aninhados, da seguinte forma: probabilidade de infecção de uma colônia ou intensidade de infecção de abelhas adultas [variável resposta] \sim estação [variável preditora] + (1 | município/apiário/colônia) [efeitos aleatórios aninhados]. Utilizamos a função “glmmTMB” do pacote R “glmmTMB” (Brooks *et al.*, 2017) para executar esses modelos. Verificamos os resíduos para normalidade, homogeneidade de variância, presença de *outliers* e inflação zero usando o pacote R “DHARMA” (Hartig, 2021) para selecionar a melhor família de distribuição de erros. Como os valores de intensidade de infecção variaram amplamente (0 a $2,0 \times 10^{-6}$), os dados foram transformados em logaritmos naturais antes da análise. Usamos a função “ggpredict” do pacote R “ggeffects” (Lüdtke, 2018) para gerar estimativas baseadas em modelo e intervalos de confiança (IC) de 95% para os GLMMs com dados binomiais. Todas as análises foram realizadas usando o *software* estatístico R (R Core Team, 2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fungo microsporídio *Nosema* spp. foi encontrado em 80% dos apiários amostrados. Na estação chuvosa, apenas duas colônias (3,8%) não apresentaram infecção por *Nosema* spp., enquanto que na estação seca, 20 colônias (35,7%) não apresentaram infecção pelo patógeno. A probabilidade de infecção das colônias diferiu entre as estações ($\chi^2_{1,103} = 11,233$; $P < 0,001$), com uma probabilidade prevista de 97% (85–99%; \pm 95% IC) de uma colônia ser infectada na estação chuvosa e de 65% (50–78%) na estação seca (Figura 9).

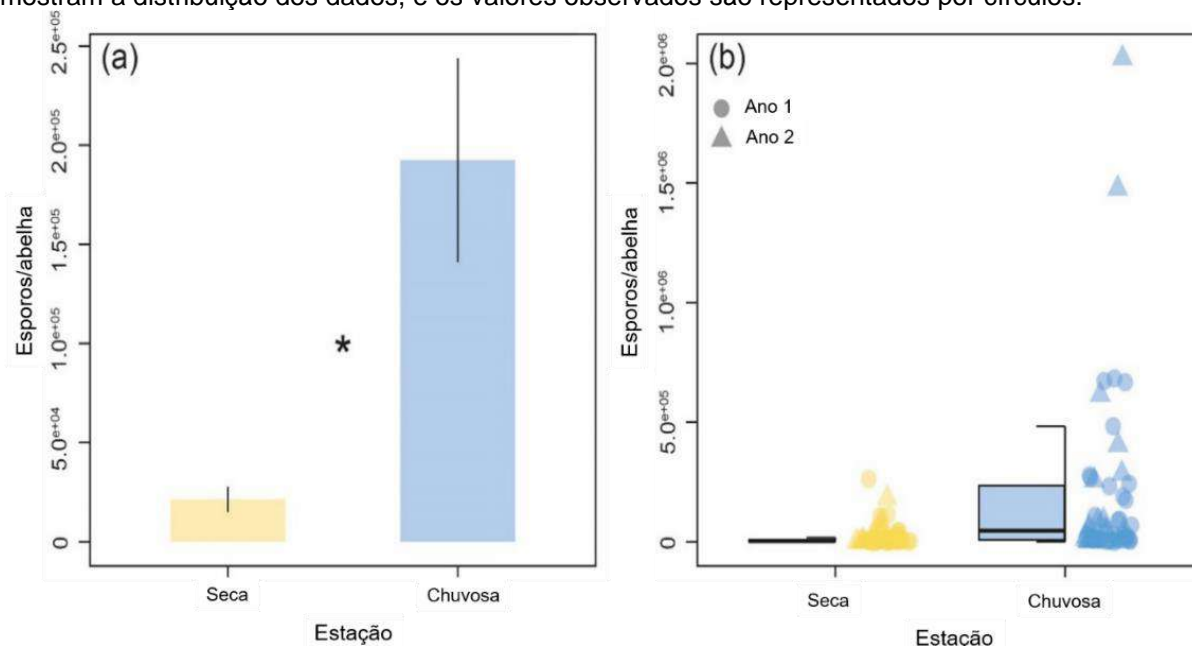
Figura 9 – Valores previstos (círculos) \pm IC 95% (barras) da probabilidade de infecção do fungo microsporídio *Nosema* spp. em colônias de *Apis mellifera* africanizadas entre as estações seca e chuvosa na região do Cone Sul do estado de Rondônia, norte do Brasil, sudoeste da Amazônia brasileira. O asterisco (*) indica diferenças estatísticas ($P < 0,05$). Os gráficos de violino mostram a distribuição dos dados simulados.



Fonte: Puker (2024).

Considerando ambas as estações de amostragem, a intensidade média de infecção de *Nosema* spp. em abelhas adultas foi de 103.703,7 esporos/abelha (0,0–2.022.500). Entretanto, a intensidade de infecção em abelhas adultas variou muito entre as duas estações ($\chi^2_{1,96} = 19,737$; $P < 0,001$), sendo nove vezes maior na estação chuvosa ($192.403,8 \pm 371.242,6$; média \pm Desvio Padrão) do que na estação seca ($21.339,3 \pm 47.953,5$) (Figura 10a). Na estação chuvosa, a intensidade de infecção variou entre as colônias de 0 a 2.022.500, com 36,7% das colônias ($n = 11$) apresentando intensidade de infecção maior que 50.000 esporos/abelha (Figura 10b). Por outro lado, na estação seca, a intensidade de infecção variou de 0 a 262.500, com 23,3% das colônias ($n = 7$) apresentando intensidade de infecção maior que 50.000 esporos/abelha (Figura 10b).

Figura 10 – Média \pm erro padrão (a) e distribuição dos dados (b) dos valores observados de intensidade de infecção do fungo microsporídeo *Nosema* spp. em abelhas adultas de *Apis mellifera* africanizadas entre as estações seca e chuvosa 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).

Este é o primeiro estudo a analisar os efeitos da sazonalidade sobre a probabilidade e intensidade de infecção do fungo microsporídeo *Nosema* spp. em colônias de abelhas africanizadas criadas racionalmente em apiários na região do Cone Sul do estado de Rondônia, sudoeste da Amazônia brasileira. Nossos achados revelaram que o patógeno encontra-se presente e amplamente distribuído na região de estudo, sendo encontrado em 80% dos apiários amostrados, e com maior

intensidade de infecção na estação chuvosa. Ademais, registra-se, pela primeira vez, a presença de *Nosema* spp. para região norte do Brasil, a qual é uma região ainda pobremente estudada em termos de sanidade apícola.

Embora nossas análises microscópicas não nos permitem distinguir claramente entre as espécies de *N. apis* e *N. ceranae*, amostras de meis obtidas das mesmas colônias em que colhemos amostras de abelhas adultas para análise de *Nosema* spp. foram enviadas ao Laboratório Especializado em Sanidade Apícola (Pindamonhangaba, São Paulo, Brasil) onde foram submetidas à análises moleculares para detecção de patógenos em mel (Puker, 2011). Os resultados dessas análises apontaram a presença apenas de *N. ceranae* nas amostras de meis analisadas (Puker *et al.*, em prep.). Portanto, muito provavelmente, as abelhas adultas colhidas e analisadas no presente estudo estavam infectadas por *N. ceranae*.

Nossos resultados apontam que a probabilidade e intensidade de infecção por *Nosema* spp. é maior na estação chuvosa do que na estação seca. Isso pode ser explicado levando-se em conta a dinâmica climática do bioma Amazônia e a interação entre o patógeno e as abelhas hospedeiras. Em nossa área de estudo, 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. Por outro lado, os índices de precipitação variaram consideravelmente entre as estações seca (6,4 mm) e chuvosa (247,4 mm) na região estudada. Assim, em dias nublados e/ou chuvosos, as abelhas tendem a permanecer mais tempo dentro da colônia (Wiese, 2020), o que potencialmente aumenta a probabilidade de contaminação e transmissão do patógeno entre os indivíduos da colônia. Isso porque a nosemose é uma doença que afeta as células epiteliais do intestino de abelhas adultas, apresentando sinais clínicos similares a “diarreia” (De Graaf *et al.*, 1994; García-Palencia *et al.*, 2010). A contaminação ocorre com a ingestão de esporos presentes na água ou no alimento (mel e pólen) ou ainda quando as operárias realizam a limpeza das fezes contendo esporos (Bailey; Ball, 1991). Por sua vez, a transmissão entre indivíduos da mesma colônia ocorre de forma horizontal (Webster *et al.*, 2008; Higes *et al.*, 2009). Portanto, tal como demonstramos em nosso estudo, espera-se mais colônias e abelhas com nosemose na estação chuvosa nas condições climáticas da Amazônia.

O número de esporos encontrado nas abelhas analisadas (máximo de 2.022.500 esporos/abelha na estação chuvosa) no presente estudo é similar ao encontrado nas abelhas de outras regiões brasileiras (Guimarães-Cestaro *et al.*,

2017). Por outro lado, na Europa, onde a nosemose mostra-se como grave problema à apicultura, tem sido registrado abelhas com cerca de 10 a 70 milhões de esporos (Paxton *et al.*, 2007). Experimentos realizados com abelhas europeias apontam que 10.000 esporos por abelha já são suficientes para desencadear a nosemose e causar a morte das abelhas (Forsgren; Fries, 2010). Ao nível de colônia, a nosemose produz reduções significativas no tamanho da colônia, no número de crias e na produção de mel (Botías *et al.*, 2013). Esses efeitos deletérios ao nível da colônia podem afetar a lucratividade da apicultura e ter consequências sérias na polinização (Botías *et al.*, 2013).

Em nosso estudo nós não observamos sinais clínicos de nosemose nas colônias avaliadas e não registramos relatos da mortalidade de colônias causada por qualquer tipo de enfermidade. Contudo, a presença de *Nosema* spp. na grande maioria dos apiários amostrados indica o risco que a doença representa para a apicultura rondoniense. Assim, entender a distribuição do patógeno em apiários na Amazônia, bem como os efeitos da sazonalidade sobre sua intensidade de infecção, possibilita o desenvolvimento de estratégias de manejo das colônias e apiários a fim de prevenir os problemas causados pela nosemose (Wiese, 2020).

4. CONCLUSÃO

Nossa pesquisa registra, pela primeira vez, a presença de *Nosema* spp. para a região norte do Brasil. O patógeno se encontra presente e amplamente disseminado nos apiários do Cone Sul de Rondônia, sendo diagnosticado em 80% dos apiários amostrados. Além disso, nossos resultados demonstram que a probabilidade e a intensidade de infecção de *Nosema* spp. em abelhas africanizadas é muito maior na estação chuvosa.

Finalmente, nossos achados poderão ser úteis aos envolvidos diretamente com a atividade apícola em Rondônia, incluindo apicultores, técnicos e extensionistas, no intuito de se adotar técnicas e estratégias de manejo de colônias e apiários a fim de prevenir prejuízos à apicultura regional.

REFERÊNCIAS

- 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.
- BAILEY, L.; BALL, B. V. **Honey bee pathology**. 2. ed. Londres, Academic Press, 1991. 208 p.
- BOTÍAS, C.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; BARRIOS, L.; MEANA, A. *Nosema* spp. infection and its negative effects on honey bees (*Apis mellifera iberiensis*) at the colony level. **Veterinary Research**, Londres, v. 44, n. 1, 25, abr. 2013.
- 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.
- BROWN, M. J. F.; PAXTON, R. J. The conservation of bees: a global perspective. **Apidologie**, Versailles, v. 40, n. 3, p. 410–416, maio 2009.
- CANTWELL, G. R. Standard methods for counting *Nosema* spores. **American Bee Journal**, Hamilton, v. 110, n. 6, p. 222–223, 1970.
- CHAGAS, D. B.; MONTEIRO, F. L.; BARCELOS, L. da S.; FRÜHAUF, M. I.; *et al.* Black queen cell virus and *Nosema ceranae* coinfection in Africanized honey bees from southern Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 11, p. 892–897, nov. 2020.
- CHEN, Y. P.; EVANS, J. D.; MURPHY, C.; GUTELL, R.; *et al.* Morphological, molecular, and phylogenetic characterization of *Nosema ceranae*, a microsporidian parasite isolated from the European honey bee, *Apis mellifera*. **The Journal of Eukaryotic Microbiology**, Hoboken, v. 56, n. 2, p. 142–147, mar./abr. 2009.
- COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. 3. ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2006. 193 p.
- DE GRAAF, D. C.; RAES, H.; SABBE, G.; DE RYCKE, P. H.; *et al.* Early development of *Nosema apis* (Microspora: Nosematidae) in the midgut epithelium of the honeybee (*Apis mellifera*). **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v. 63, n. 1, p. 74–81, jan. 1994.
- DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, Bucks, v. 77, n. 2, p. 67–70, 1996.
- EIRI, D. M.; SUWANNAPONG, G.; ENDLER, M.; NIEH, J. C. *Nosema ceranae* can infect honey bee larvae and reduces subsequent adult longevity. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 5, e0126330, maio 2015.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). **The importance of bees and other pollinators for food and agriculture: Why bees matter.** Roma: FAO, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i9527en/i9527en.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2025, 10:15.

FORSGREN, E.; FRIES, I. Comparative virulence of *Nosema ceranae* and *Nosema apis* in individual European honey bees. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v. 170, 3-4, p. 212–217, jun. 2010.

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.

FRIES, I.; FENG, F.; da SILVA, A.; SLEMENDA, S. B.; *et al.* *Nosema ceranae* n. sp. (Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae). **European Journal of Protistology**, Jena, v. 32, n. 3, p. 356–365, ago. 1996.

FRIES, I. *Nosema ceranae* in European honey bees (*Apis mellifera*). **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v. 103, p. S73–S79, jan. 2010.

FRIES, I.; CHAUZAT, M.-P.; CHEN, Y.-P.; DOUBLET, V.; *et al.* Standard methods for *Nosema* research. **Journal of Apicultural Research**, Londres, v. 52, n. 1, p. 1–28, abr. 2013.

GARCÍA-PALENCIA, P.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; GONZÁLEZ-PORTO, A. V.; MARIN, P.; *et al.* Natural infection by *Nosema ceranae* causes similar lesions as in experimentally infected caged-workers honey bees (*Apis mellifera*). **Journal of Apicultural Research**, Londres, v. 49, n. 3, p. 278–283, 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, mar. 2017.

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.

HIGES, M.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; GARCÍA-PALENCIA, P.; MARÍN, P.; *et al.* Horizontal transmission of *Nosema ceranae* (Microsporidia) from worker honeybees to queens (*Apis mellifera*). **Environmental Microbiology Reports**, Hobokenv. 1, n. 6, p. 495–498, dez. 2009.

HIGES, M.; MARTÍN-HERNANDEZ, R.; MEANA, A. *Nosema ceranae* in Europe: an emergent type C nosemosis. **Apidologie**, Versailles, v. 41, n. 3, p. 375–392, maio 2010.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Estado de Rondônia: vegetação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/unidades_da_federacao/ro_vegetacao.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025, 12:03.

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.

LAGE, V. M. G. B.; SANTANA, C. D.; PATROCÍNIO, E.; NORONHA, R. P.; *et al.* Prevalence of *Nosema ceranae* in apiculture regions of Bahia state, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 52, n. 9, e2021047, 2022.

LÜDECKE, D. ggeffects: tidy data frames of marginal effects from regression models. **Journal of Open Source Software**, v. 3, n. 26, 772, jun. 2018.

MAGGI, M.; ANTÚNEZ, K.; INVERNIZZI, C.; ALDEA, P.; *et al.* Honeybee health in South America. **Apidologie**, Versailles, v. 47, n. 6, p. 835–854, nov. 2016.

MEANA, A.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; HIGES, M. The reliability of spore counts to diagnose *Nosema ceranae* infections in honey bees. **Journal of Apicultural Research**, Londres, v. 49, n. 2, p. 212–214, abr. 2010.

MESSAGE, D.; TEIXEIRA, É. W.; JONG, D. Situação da sanidade das abelhas no Brasil. *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, p. 237–256, 2012.

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, p. 197–203, 1991.

PAXTON, R. J.; KLEEA, J.; KORPELAB, S.; FRIES, I. *Nosema ceranae* has infected *Apis mellifera* in Europe since at least 1998 and may be more virulent than *Nosema apis*. **Apidologie**, Versailles, v. 38, n. 6, nov./dez. p. 558–565, 2007.

PETTIS, J. S.; VanENGELSDORP, D.; JOHNSON, J.; DIVELY, G. Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. **Naturwissenschaften**, Berlin, v. 99, n. 2, p. 153–158, jan. 2012.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. do R.; NOCELLI, R. C. F.; *et al.* Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 5, p. 422–442, maio 2016.

PUKER, A. **PCR multiplex para detecção de patógenos de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) em mel**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

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.

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.

TEIXEIRA, É. W.; MESSAGE, D. Abelhas *Apis mellifera*. 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: PANAFTOSA-OPAS/OMS, p. 174–217, 2010.

TEIXEIRA, É. W.; SANTOS, L. G.; SATTTLER, A.; MESSAGE, D.; *et al.* *Nosema ceranae* has been present in Brazil for more than three decades infecting Africanized honey bees. **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v. 114, n. 3, p. 250–254, nov. 2013.

WEBSTER, T. C., THACKER, E. M.; POMPER, K.; LOWE, J.; *et al.* *Nosema apis* infection in honey bee (*Apis mellifera*) queens. **Journal of Apicultural Research**, Londres, v. 47, n. 1, p. 53–57, mar. 2008.

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